

# **Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Bewertung und Sanierung von altbergbaulich beeinflussten Gebieten hinsichtlich ihrer baulichen Nachnutzung“ \***

Autorenkollektiv

## **Zusammenfassung**

*Die sichere und nachhaltige bauliche Nutzung altbergbaulich beeinflusster Flächen ist für Behörden, Planer, Grundstückseigentümer und Sanierungsfirmen eine grundlegende Zielstellung. Ausgehend von den bereits vorliegenden drei Empfehlungen des Arbeitskreises „Altbergbau“ der DGGT e. V. in Kooperation mit dem DMV e. V. wurden die Grundlagen zum Umgang mit diesen Problemen zusammenfassend aufgeführt und die verschiedenen fachlichen und behördlichen Aspekte zusammengefasst. Wichtige ergänzende Fachbegriffe wurden definiert und ein Überblick über geltende Rechtsvorschriften, Verwaltungsanweisungen und Normen gegeben. Möglichkeiten und Grenzen der bergtechnischen Sanierung der sicherheitsrelevanten Hinterlassenschaften des Altbergbaues wurden unter Berücksichtigung der baulichen Nachnutzung aufgezeigt.*

## **Vorbemerkung**

Der Arbeitskreis 4.6 „Altbergbau“ der DGGT e. V. in Kooperation mit dem DMV e. V. hat sich das Ziel gesetzt, zu verschiedenen Schwerpunkten der Erkundung, Sanierung und Nachnutzung der Hinterlassenschaften des Altbergbaues Empfehlungen zu erarbeiten, um eine einheitliche, effiziente Bewertung und Herangehensweise zu schaffen. Dabei sind die ingenieur- und bergtechnischen Maßnahmen insbesondere auf die sicherheitsrelevanten Zielstellungen ausgerichtet. Gebiete mit Bebauung und Infrastruktur haben bei altbergbaulich beeinflussten Einwirkungsbereichen für die Risikobewertung und für die Festlegung von erforderlichen Sanierungsmaßnahmen eine besonders große Bedeutung.

Bei der Anwendung der vorliegenden Empfehlung bilden die bereits vorliegenden drei Empfehlungen eine wichtige Bezugsbasis.

## **1. Zielstellung**

Bei der Nutzungs- und Bebauungsplanung einschließlich der infrastrukturellen Erschließung sind die Einflüsse und Auswirkungen des Altbergbaues zu berücksichtigen. Die vorliegende Empfehlung richtet sich insbesondere an Behörden, Planer, Grundstückseigentümer sowie Sanierungsfirmen und beinhaltet folgende Themenkreise:

---

\* Veröffentlicht in: Tagungsband 13. Altbergbau-Kolloquium, Freiberg, 07. - 09.11.2013, Anhang S. 1 - 15, Wagner Digitaldruck und Medien GmbH, Nossen 2013

- Zu beachtende Rechtsvorschriften, Verwaltungsanweisungen und Normen
- Geotechnisch-markscheiderische Untersuchungen mit den altbergbaulichen Erscheinungsbildern und deren Einfluss auf die Bebauung
- Einfluss der geodynamischen Prozesse auf die Einwirkungsbereiche und deren Risikoklassen
- Einwirkungen von Grundwasserveränderungen auf die bebaute Tagesoberfläche
- Prognosen zu Erscheinungsbildern unter dem Einfluss der baulichen und infrastrukturellen Nutzung
- Berücksichtigung von altbergbaulich bedingten Ewigkeitslasten auf die sichere Nutzung der Tagesoberfläche
- Bergtechnische Sanierung mit der Festlegung von Sanierungsschwerpunkten, der Einschätzung des Langzeitverhaltens von Sanierungsmaßnahmen und der Festlegung von Monitoringmaßnahmen
- Bautechnische Sicherungen mit Erläuterungen zu Sicherungskonzepten, der Bestimmung der Art der bergbaulichen Einwirkungen, Festlegung der Methoden der bautechnischen Sicherung und dem bautechnischen Monitoring
- Hinweise zu Nutzungskonzepten und Nachnutzungen von Altbergbau

Mit der Anwendung dieser Empfehlung soll möglichen schädlichen Einwirkungen durch Hinterlassenschaften des Altbergbaues entgegengewirkt werden.

## **2. Begriffe**

Die Begriffsdefinitionen in den bereits vorliegenden drei Empfehlungen werden auch in der gleichen Art und Weise in dieser Empfehlung verwendet.

Weiterhin liegen der Empfehlung die folgenden neuen Begriffsdefinitionen zu Grunde:

### **Geotechnisches Gleichgewicht**

Unter einem Gleichgewicht wird die Ausgewogenheit aller Potentiale und Flüsse in einem geschlossenen oder offenen System verstanden. Im Altbergbau werden die verschiedenen offenen Gleichgewichtssysteme und deren Wirkungsprovinzen von Gesetzmäßigkeiten und Zufälligkeiten geprägt, vergleichbar mit Homogenbereichen in der Geotechnik. Für den Altbergbau sind instabiles, metastabiles und stabiles Gleichgewicht von Bedeutung. Im Rahmen der Bewertung altbergbaulicher Erscheinungsbilder und deren geotechnischen Gleichgewichtszuständen erfolgt grundsätzlich eine abgestufte Risikobewertung unter Berücksichtigung der Nutzung der Geländeoberfläche zwischen „sicher“ und „unsicher“ (Abb. 1).

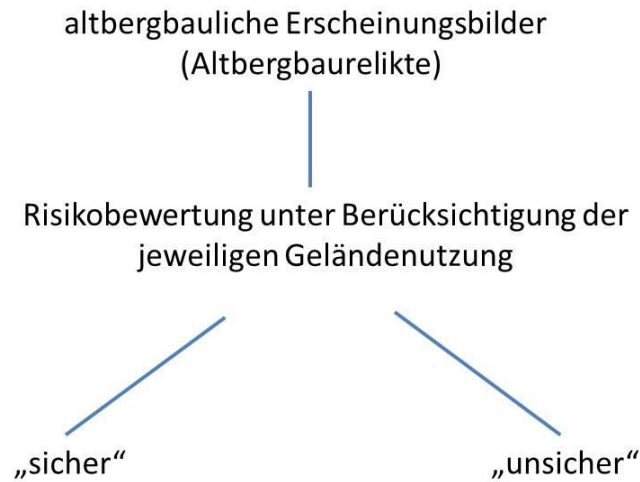


Abb.1 : Grundsätzliches Bewertungsschema von altbergbaulichen Erscheinungsbildern

### Geodynamische Prozesse

Exogene, endogene und anthropogene Einwirkungen auf die geologischen Körper und deren Eigenschaften an der Tagesoberfläche und in den oberen Gebirgsschichten, die auf Baugrund, Untergrund und Lagerstätten oder auf sonstige natürliche Ressourcen, wie Boden, Wasser und Umwelt, einwirken (Abb. 2).

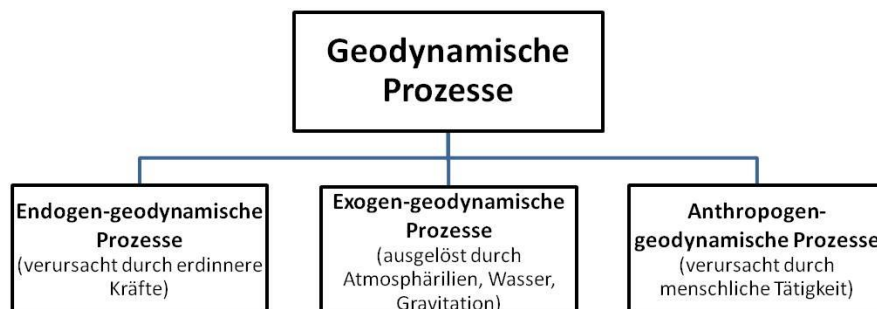


Abb.2 : Grundelemente der geodynamischen Prozesse

Kombinationen der verschiedenen Grundelemente treten häufig auf und sind bei der Bewertung zu beachten.

### Monitoring

Monitoring im Altbergbau ist die geplante und wiederkehrende Überwachung von Objekten und deren Erscheinungsbildern mit dem Ziel, ihre Veränderungen zu kontrollieren und zu dokumentieren. Gegebenenfalls können daraus geeignete Maßnahmen zur Risikominderung abgeleitet werden. Unter dem Objektbegriff sind in diesem Zusammenhang altbergbauliche Objekte selbst so wie auch vom Altbergbau beeinflusste Objekte und deren Umfeld zu verstehen.

### Grubenwasser

Der Begriff "Grubenwasser" wird verwendet für alle Wässer, die durch unter- oder übertägigen Bergbau hinsichtlich des Volumenstromes und/oder der hydrochemischen Zusammensetzung beeinflusst sind.

Im Rahmen der Passage durch die bergbaulich beeinflussten Locker- oder Festgesteine, Halden und Kippen oder Deformationsbereiche führen hydrogeochemische Prozesse zu einer Veränderung der Wasserqualität sowie zur Durchmischung von Wässern, die natürlicherweise nicht miteinander in Kontakt stehen. Darüber hinaus ist mit einer Beeinflussung der Wasserqualität durch Betriebswasser und Betriebsstoffe zu rechnen. Grubenwasser bezeichnet in diesem Sinne auch das im Rahmen des Grubenwasseranstieges aus den untertägigen Abbaubereichen in das Deckgebirge aufsteigende Wasser, das sich im Deckgebirge mit dem natürlich zirkulierenden Grundwasser mischt. Wesentlich für die Beurteilung/Bewertung ist dessen Nettoalkalität oder Nettoacidität.

Die Unterscheidung Grubenwasser/Grundwasser stellt ausdrücklich keine rechtliche Bewertung dar.

### **Grundwasser**

Grundwasser ist das unterirdische Wasser, das die Hohlräume der Lithosphäre zusammenhängend ausfüllt und dessen Bewegungsmöglichkeit ausschließlich durch die Schwerkraft bestimmt wird (DIN 4049-3: 1994-10).

### **Ewigkeitslasten**

Ewigkeitslasten infolge des Altbergbaues beinhalten dauerhaft anhaltende, ohne zeitlich absehbare Begrenzung differenzierte, sicherheits- und umweltrelevante berg- und bautechnische sowie wasserbauliche Maßnahmen zur Gewährleistung einer sicheren, nachhaltigen Nutzung der Tagesoberfläche. Ebenfalls wird dazu Monitoring gezählt.

Ewigkeitslasten bedeuten somit auch Ewigkeitskosten.

## **3. Zu beachtende Rechtsvorschriften, Verwaltungsanweisungen und Normen**

### Rechtsvorschriften

Für die Bundesrepublik Deutschland gilt, dass Flächen, unter denen der Bergbau umgeht, in den Flächennutzungsplänen und den nachgeordneten Bebauungsplänen (Bauleitplanung) entsprechend § 5 Abs. 3 Nr. 1 und 2 bzw. § 9 Abs. 5 Nr. 1 und 2 Baugesetzbuch (BauGB) zu kennzeichnen sind. Das gilt für aktive Bergbaubereiche und Altbergbaugebiete gleichermaßen. Die Kennzeichnung in diesen Plänen erfolgt nach der „Verordnung über die Ausarbeitung der Bauleitpläne und die Darstellung des Planinhalts“, hier: Sonstige Planzeichen Nr. 15.11.

Die Inhalte der §§ 5 und 9 BauGB (s. o.) richten sich hinsichtlich der Kennzeichnungspflicht in der Bauleitplanung zwar nur an den Bergbau, der unter den Planungsflächen umgeht (oder umgegangen ist). Gleichwohl sind die benannten Rechtsvorschriften erff. auch auf sonstige Hinterlassenschaften des Bergbaues an der Tagesoberfläche, wie z. B. stillgelegte Tagebaue, Halden und Restlöcher, analog anwendbar.

Hinweise auf Altbergbaugebiete und mögliche Einwirkungen auf die Tagesoberfläche erhalten die planenden Kommunen im Rahmen der Beteiligung der Behörden und Träger öffentlicher Belange gemäß § 4 Abs. 1 BauGB in der Regel von den zuständigen Bergbehörden.

In den Bauordnungen der einzelnen Bundesländer ist gesetzlich vorgeschrieben, dass zu errichtende bauliche Anlagen standsicher sein müssen. Ferner muss die Verkehrssicherheit gewährleistet sein. Die Quellen ergeben sich aus den in den Tabellen 1 und 2 aufgeführten Vorschriften.

Tab.1 : Rechtsvorschriften der Bundesrepublik Deutschland bezüglich der Standsicherheit

<b>Bundesland</b>	<b>Gesetz</b>	<b>Paragrafen / Art.</b>
Baden-Württemberg	Landesbauordnung	§§ 13 (1), 16 (1)
Bayern	Bauordnung	Art. 10; Art. 14
Berlin	Bauordnung	§§ 12 (1), 16 (1)
Brandenburg	Bauordnung	§ 11 (1)
Bremen	Landesbauordnung	§§ 12 (1), 16 (1)
Hamburg	Bauordnung	§§ 15 (1); 19 (1)
Hessen	Bauordnung	§§ 11 (1), 15 (1)
Mecklenburg-Vorpommern	Landesbauordnung	§§ 12 (1), 16 (1)
Niedersachsen	Bauordnung	§§ 18, 23
Nordrhein-Westfalen	Landesbauordnung	§§ 15 (1), 16, 19 (1)
Rheinland-Pfalz	Landesbauordnung	§§ 13 (1), 17 (1)
Saarland	Landesbauordnung	§§ 13 (1), 17 (1)
Sachsen	Bauordnung	§§ 12 (1), 16 (1)
Sachsen-Anhalt	Bauordnung	§§ 12 (1), 16 (1)
Schleswig-Holstein	Landesbauordnung	§§ 13 (1), 17 (1)
Thüringen	Bauordnung	§§ 15 (1), 19 (1)

Tab.2 : Rechtsvorschriften der Republik Österreich bezüglich der Standsicherheit

<b>Bundesland</b>	<b>Gesetz</b>	<b>Paragrafen / Art.</b>
Burgenland	Bauordnung	§ 3 Nr. 3a
Kärnten	Bauordnung	§ 26
Niederösterreich	Bauordnung	§ 6 (2)
Oberösterreich	Bautechnikgesetz	§ 3 (1)
Salzburg	Bautechnikgesetz	§ 1 (1)
Steiermark	Baugesetz	§ 43 (2)
Vorarlberg	Bautechnikverordnung	§ 3
Wien	Bautechnikverordnung	Anhang 3 (OBI- Richtlinie 1 Nr. 2.1.1)

Über das UIG (Umweltinformationsgesetz) bzw. über das IFG (Informationsfreiheitsgesetz) können Auskünfte über mögliche Risikobereiche des Altbergbaues erlangt werden.

Neben den Rechtsvorschriften, Verwaltungsanweisungen und Normen werden im Internet von einigen Bundesländer Plattformen über die Bereiche mit Risiken des Altbergbaues geführt, z. B.:

[http://www.gdu.nrw.de/GDU\\_Buerger/Buerger.html](http://www.gdu.nrw.de/GDU_Buerger/Buerger.html)

<http://www.lbeg.niedersachsen.de/>

<http://www.bergbau.sachsen.de/8159.html>

<http://www.sachsen-anhalt.de/index.php?id=23495>

<http://www.lbgr.brandenburg.de/sixcms/detail.php/lbm1.c.361093.de>

[http://www.bezregarnsberg.nrw.de/themen/a/altbergbau\\_bergschaeden/karte\\_altbergbau.pdf](http://www.bezregarnsberg.nrw.de/themen/a/altbergbau_bergschaeden/karte_altbergbau.pdf)

Insbesondere sind folgende Gesetze/Verordnungen/Verwaltungsanweisungen und Normen fall- und ortsbezogen zu beachten:

#### Gesetze/Verordnungen/Verwaltungsanweisungen

- Bauliche Sicherungsmaßnahmen in Bergsenkungsgebieten (Rd.-Erlass d. Ministeriums für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten NRW vom 08.10.1963; Mbl. Nr. 127, S. 1713 ff.)
- Bundesberggesetz (BBergG) vom 13.08.1980 (BGBl. I S. 1310), zuletzt geändert durch Artikel 15a G vom 31.07.2009 (BGBl. I S. 2585, 2619), s. hier §§ 110 ff.
- Gesetz über Aufbau und Befugnisse der Ordnungsbehörden des Landes Nordrhein-Westfalen – Ordnungsbehördengesetz NRW - (OBG NRW) vom 13.05.1987 (GV. NW. S. 528), zuletzt geändert durch Gesetz vom 08.12.2009 (GV. NW. S. 757), s. hier § 48 Abs. 3
- Gesetz über Aufbau und Befugnisse der Ordnungsbehörden des Landes Brandenburg – Ordnungsbehördengesetz - (OBG), in der Fassung der Bekanntmachung vom 21.08.1996 (GVBl. I/96), [Nr. 21] S. 266), zuletzt geändert durch Gesetz vom 20.12.2010 (GVBl. I/10), [Nr. 47]), s. hier § 47 Abs. 4;
- Hessisches Gesetz über die öffentliche Sicherheit und Ordnung (HSOG) vom 26. Juni 1990 (GVBl. I S. 197) in der Fassung vom 22.12.2004 (GVBl. I S. 14);
- Leitfaden für das Verwahren von Tagesschächten (in NRW vom 05.12.2007, in Sachsen vom 10.12.2007, Saarland 12/2007)
- Niedersächsisches Gesetz über die öffentliche Sicherheit und Ordnung (Nds.SOG) vom 19.01.2005 (Nds.GVBl.2/2005 S.9), zuletzt geändert durch Art. 3 des Gesetzes v. 12.12.2012 (Nds.GVBl. Nr.32/2012 S.566) i. V. m. § 6b Verordnung über Zuständigkeiten auf verschiedenen Gebieten der Gefahrenabwehr (ZustVO-SOG);
- Polizeiverordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr über die Abwehr von Gefahren aus unterirdischen Hohlräumen sowie Halden und Restlöchern (Sächsische Hohlraumverordnung – SächsHohlVO) SächsGVBl., Jg. 2012 Bl.-Nr. 5 S. 191 Fsn-Nr.: 22-1.10/3, Fassung gültig ab: 16.03.2012;
- Saarländisches Polizeigesetz (SPolG) vom 08.11.1989 in der Fassung der Bekanntmachung vom 26.03.2001 (Amtsbl. S. 1074), zuletzt geändert durch Gesetz vom 12.09.2007 (Amtsbl. S. 2032), s. hier § 80;
- Thüringer Gesetz zur Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung in Objekten des Altbergbaues und in unterirdischen Hohlräumen (Thüringer Altbergbau- und unterirdische Hohlräume-Gesetz -ThürABbUHG) vom 23.05.2001 (veröffentlicht im ThürGVBl. Nr. 4 vom 31.05.2001, S. 41) i. d. F. der Änderung durch das Thüringer Gesetz zur Anpassung von Behördenbezeichnungen in der Bergverwaltung vom 03.12.2002 (GVBl. S. 430, 431);
- Verordnung zur Übertragung von Zuständigkeiten im Altbergbau des Landes Sachsen-Anhalt in der Fassung vom 19.12.2007.

- Verordnung über Organisation und Zuständigkeiten der Bergbehörden in der Fassung des Landes Bayern vom 20.12.1994, zuletzt geändert durch Dritte Verordnung zur Änderung der Bergbehörden-Verordnung vom 17.8.2010

#### Normen

- DIN EN 1997-1: 2009-09 (EC Code 7): Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik  
Teil 1: Allgemeine Regeln (deutsche Fassung EN 1997-1: 2004+ AC: 2009)
- DIN EN 1997-2: 2010-10 (EC Code 7): Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik  
Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds (deutsche Fassung EN 1997-2: 2007 + AC:2010)
- DIN 1054: 2010-12: Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
- DIN 4020: 2010-12: Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke

Insbesondere wird auch auf den Abschnitt 4 der 1. Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ (<http://www.dr-gmeier.de/onlineartikel/oa0037.pdf>) verwiesen.

## **4. Altbergbauliche Erscheinungsbilder und ihr Einfluss auf die Bebauung**

### **4.1 Grundlagen**

Die altbergbaulichen Erscheinungsbilder sind in den oben genannten Empfehlungen von 2004 und 2009 hinreichend beschrieben und klassifiziert. Im Rahmen der Bebauung und infrastrukturellen Nutzung von Flächen sind vor allem die Erscheinungsbilder des Altbergbaues von sicherheitsrelevanter Bedeutung, die Gefahren bzw. erhöhte Risiken für die öffentliche Sicherheit sind und welche die Geländennutzung massiv einschränken (Tabelle 3).

Tab.3 : Altbergbauliche Erscheinungsbilder mit hohen sicherheitsrelevanten Risiken

<b>Altbergbauliche Erscheinungsbilder</b>	<b>Auswirkungen und Risikopotentiale</b>
<i>Unstetige Bodenbewegungen:</i> Erdstufte, -spalte und -riss Tagesbruch Rutschung	Einsturz, Kollaps, Verlust, Verschüttung von Personen und Sachgütern Rissbildungen Massenumlagerung
<i>Stetige Bodenbewegungen:</i> Senkung/Hebung – Schiefelage – Krümmung – Verschiebung – Längenänderung	Verlust der Gebrauchstauglichkeit oder der Standsicherheit (insbesondere schlanke Bauwerke) Rissbildung infolge von Zerrungen oder Pressungen Umkehr des Gefälles von Leitungen oder deren Bruch (Relativer) Grundwasseranstieg

<b>Altbergbauliche Erscheinungsbilder</b>	<b>Auswirkungen und Risikopotentiale</b>
Wasseraustritt	Vernässung, Verockerung, Versalzung, Verschlammung Aus- und Unterspülung Verlust der Gebrauchstauglichkeit oder der Standsicherheit
Gasaustritt	Gesundheitsschäden Explosion

Besonders hohe Risiken weisen Tagesbrüche der unterschiedlichsten Genese auf. Wasser- und Gasaustritte aus Stollen, Abbauen, Halden und Schächten sind weitere altbergbauliche Schadensschwerpunkte.

Bei einer baulichen und infrastrukturellen Nutzung von altbergbaulich überprägtem Gelände ergeben sich grundsätzlich folgende Betrachtungsvarianten:

1. Vollständige Neuerschließung des altbergbaulich beeinflussten Geländes.
2. Es liegt ein bereits genutztes Baugebiet vor, in dem verschiedene sicherheitsrelevante altbergbauliche Erscheinungsbilder die „sichere“ Nutzung beeinträchtigen.
3. Es ist eine Nutzungserweiterung bzw. Umwidmung der Nutzung des bebauten Gebietes vorgesehen.

Es ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass sich durch rechtliche Veränderungen und die sich verändernde Akzeptanz von altbergbaulichen Einwirkungen auf die bebaute Tagesoberfläche die Anforderungen an die Sicherungs- und Verwahrungsziele ändern können und daraus „Nachbesserungen“ notwendig werden. Durch die stete Wirkung der geodynamischen Prozesse tritt ein „Verschleiß“ von bereits durchgeführten Sanierungsmaßnahmen ein, woraus ebenfalls bergtechnische Maßnahmen resultieren. Altbergbauliche Ewigkeitslasten, wie z. B. wasserführende Stollen oder sich verändernde Grundwasserstände, sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Ein besonders hohes Gefährdungspotential stellen vor allem Gashochdruckleitungen in bebauten Gebieten in Verbindung mit Altbergbau dar. In Abhängigkeit von den Durchmesser und dem Zustand der Rohre sind Monitoringmaßnahmen unabdingbar. Ein maximaler Tagesbruchdurchmesser ist im Leitungsbereich zu ermitteln.

#### **4.2 Einfluss der geodynamischen Prozesse auf die Einwirkungsbereiche und deren Risikoklassen**

Die geodynamischen Prozesse mit ihren endogenen, exogenen und anthropogenen Grundelementen (Abb. 2) verändern stetig und unstetig die Eigenschaften des altbergbaulich beeinflussten Gebirgsverbandes einschließlich übertägiger Hinterlassenschaften, wie Halden, Kippen und Böschungen. Insbesondere wirken sich chemische Verwitterungsprozesse, der Einfluss des Wassers sowie Lösungs- und Umlagerungsprozesse auf das Gleichgewicht im Gebirge und im Oberflächenbereich aus. Daraus resultieren auch die Veränderungen von sicheren zu unsicheren Risikoverhältnissen im Altbergbau. Die jeweiligen Nutzungsbedingungen an der Tagesoberfläche, z. B. der Eintrag von dynamischen und statischen Lasten, wirken beschleunigend auf die ablaufenden Prozesse.



### **4.3 Einwirkungen von Grundwasserveränderungen auf die bebaute Tagesoberfläche**

Mit der Beendigung der Bergbautätigkeit und dem Fluten der Grubenbaue kann der Grundwasserstand auf unterschiedliche Art und Weise dauerhaft verändert werden. Die Auswirkungen können ungleichförmige Hebungen und Senkungen der Tagesoberfläche sein, wobei Bereiche je nach Grundwasserstandsänderung trockenfallen oder vernässen bzw. unter Wasser geraten können und nur mit besonderen technischen Maßnahmen ein sicheres Bauen möglich ist.

Dabei sind zwei Aspekte zu beachten:

1. Grundwasserhydraulik
2. Grundwasserchemismus

Der Einfluss von Grundwasserveränderungen auf die bebaute Tagesoberfläche ist von folgenden zu untersuchenden Faktoren abhängig:

- Geotechnische und hydraulische Gesteins- und Gebirgseigenschaften
- Bergbauart (Art und Form der entstandenen Hohlräume und Restlöcher)
- Art und Zustand der Ausbaues
- Sicherungs- und Verwahrungszustand der bergbaulichen Hinterlassenschaften
- Wasserqualität (Chemismus, Lösungsprozesse, Betonaggressivität, Entgasungen)
- Hydraulische Einflüsse (Grundwasserdynamik)

Wesentliche Elemente bei der Einstellung des Grundwasserstandes sind die natürlich vorhandenen Wasserwegsamkeiten (Poren-, Trennflächen- und Störungssystem des Gebirges) sowie die Grubenbaue. Durch Wasserstandsänderungen werden Druckunterschiede und Änderungen der Fließrichtungen provoziert sowie Erosions-, Löse- bzw. Ablagerungsprozesse ausgelöst, die sich negativ auf die Standsicherheit von bergbaulichen Hinterlassenschaften auswirken können.

#### Hydraulische Einflüsse:

Der Einflussbereich hydraulischer Verbindungen beruht auf dem Auflockerungs- und Durchörterungsgrad des Gebirges infolge der bergbaulichen Tätigkeit und der in der Gebirgsbewegung begründeten Veränderung der Kluft- und Störungszonen sowie der Veränderung der Durchlässigkeit des Deckgebirges.

Für die Entwicklung der Wasserzuläufe in den einzelnen Gruben sind die räumliche Erstreckung der Abbaubereiche und die sich daraus ergebenden Wechselwirkungen mit dem Deckgebirge von Bedeutung. Die heutigen Verhältnisse sind das Resultat der historischen Entwicklung im Bergbaurevier, der Einflussnahme der geodynamischen Prozesse auf die vorhandenen Gleichgewichtsverhältnisse im anthropogen beeinflussten Gebirge und der Einwirkung von bereits durchgeführten bergtechnischen Stilllegungsmaßnahmen.

In Bergwerken fungieren Schächte, Tiefbausohlen und Abbaubereiche als Wassersammler. Das Grubenwasser tritt direkt in das Deckgebirge ein oder wird über wasserlösende Stollen oder Pumpen dem nächsten Vorfluter zugeführt.

Neben den bergmännisch geschaffenen Verbindungen einschließlich Erkundungs- und Produktionsbohrungen sind auch die Grundwasserleiter an der Deckgebirgsbasis als hydraulisch wirksame Verbindungen zwischen den Gruben zu berücksichtigen.

In einigen ehemaligen Bergbaugebieten wird zur Verringerung bzw. zur Vermeidung von negativen Umwelteinflüssen der Grubenwasserspiegel durch Abpumpen auf einem definierten Niveau gehalten.

#### **4.4 Altbergbaulich bedingte Erscheinungsbilder und deren Ewigkeitslasten für eine sichere Nutzung der Tagesoberfläche**

Die Inhalte der verschiedenen Gleichgewichtsstrukturen und deren Wirkungsprovinzen im Altbergbau werden von Gesetzmäßigkeiten und Zufälligkeiten geprägt. Vergleichbar sind diese Gleichgewichtsstrukturen mit den ebenfalls eigenschaftsbezogenen „Homogenbereichen“ bei der ingenieurgeologischen Klassifizierung eines Gebirgsverbandes. Aufgrund der sehr komplexen geodynamischen Einflussprozesse kann nur eine datumsbezogene Risikobewertung durchgeführt werden, in deren Ergebnis zwischen „sicher“ und „unsicher“ klassifiziert wird. Eine weitere Differenzierung erfolgt dabei im Rahmen einer Vergabe von Risikoklassen. Dadurch werden Prioritäten bei der Erkundung und Sanierung unter dem Aspekt einer sicheren Nutzung der Tagesoberfläche gesetzt. Die notwendigen Umfänge an Erkundung und Sanierung von Altbergbau sind stets von der Art und Intensität der Nutzung abhängig.

Die zunehmende Einwirkung der Zufälligkeiten (Entropie) auf die herrschenden Gleichgewichtsstrukturen schränkt die Bewertung von Mittel- und Langzeitprognosen erheblich ein. Unter dem Einfluss der jeweiligen Nutzung, der Qualität der durchgeführten ingenieur- und bergtechnischen Maßnahmen und dem Wirkungsgrad der geodynamischen Prozesse kann ein sicheres Gleichgewicht in ein unsicheres Stadium übertreten, was bei einem rechtzeitigen Erkennen durch ingenieur- und bergtechnische Maßnahmen zeitnah verhindert oder schadensunwirksam werden kann. An allen altbergbaulichen Erscheinungsbildern ist eine bergtechnische Wiederherstellung des ursprünglichen Gebirgszustandes aus der naturgesetzlichen Tatsache der Irreversibilität von Ereignissen ausgeschlossen. Wird ein Erscheinungsbild grundhaft beseitigt, so werden dabei stets neue Gleichgewichtsstrukturen geschaffen, die wiederum Risikopotentiale aufweisen oder entwickeln können. Eine großräumige, umfängliche bergtechnische Sanierung ist dabei oft aus wirtschaftlichen Gründen nicht realisierbar. Um die Nutzungsmöglichkeiten zu erweitern, sind vor allem dauerhafte bau- und bergtechnische sowie wasserbauliche Maßnahmen erforderlich. Trotz dieser Maßnahmen kann eine Ewigkeitsbelastung für die Nutzung der Tagesoberfläche nicht ausgeschlossen werden.

Altbergbauliche Ewigkeitslasten sind stets an eine anthropogene Nutzung von altbergbaulich beeinflussten Flächen gebunden. Eine sichere, nachhaltige Langzeitnutzung dieser Flächen ist oft nur durch umfangreiche Sanierungsmaßnahmen möglich, deren Betrieb, Wartung und Monitoring laufende Kosten verursachen. Dabei sind die im anthropogen überprägten Gebirge vorhandenen verschiedenen Gleichgewichtssysteme in einem geringen Differenzniveau zueinander zu halten, um eine nachhaltige Sicherheit der Nutzung an der Tagesoberfläche zu gewährleisten. Eine dominante Bedeutung haben für die Standsicherheit der tagesnahen Grubenbaue die geodynamischen Prozesse unter den Haupteinflüssen des Menschen und des Wassers.

## 5. Bergtechnische Sanierung

### 5.1 Art der bergbaulichen Einwirkungen auf die Tagesoberfläche

Generell ist bei Fragestellungen zur Bebauung bzw. Nachnutzung in Altbergbaugebieten eine detaillierte Untersuchung zur jeweiligen Montanhistorie am Standort erforderlich. Wesentliche Zielsetzung dieser Untersuchung sollte sein, dass alle bergbaubedingten Faktoren, die ggf. zu einer Beeinflussung der geplanten Oberflächennutzung führen können, ermittelt und bewertet werden. Grundsätzlich schließt der Altbergbau eine zukünftige bauliche Nutzung nicht aus. Dieser kann aber zu erheblichen Einschränkungen in der Nutzung und/oder zu notwendigen Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen führen. Ersatzweise oder auch zusätzlich sind Restriktionen denkbar, die dauerhafte Maßnahmen (Ewigkeitslasten) oder die Einrichtung eines geeigneten Monitorings erfordern.

Auswirkungen auf die Tagesoberfläche können von nicht oder unzureichend gesicherten untertägigen bergbaulichen Hohlräumen (Grubenbauen), verlassenen Tagesöffnungen des Bergbaues und in deren jeweiligen Einwirkungsbereichen (z. B. Auflockerungszonen) ausgehen. Bei der geotechnisch-markscheiderischen Einschätzung der möglichen Auswirkungen auf die Tagesoberfläche ist die vom Bergbauzweig abhängige Auswahl und Kombination sowie das Zusammenspiel der entsprechenden Aspekte und Parameter zu berücksichtigen.

Für Hohlräume treffen in den verschiedenen Bergbauzweigen unterschiedliche geotechnisch-markscheiderische Modellansätze zu. Die Dauer, die zeitliche Charakteristik und die Art von möglichen Auswirkungen auf die Tagesoberfläche in Form von Bodenbewegungen werden u. a. durch folgende Aspekte und Parameter bestimmt:

- Art und Beschaffenheit des Bodenschatzes (z. B. Stein- und Braunkohle, Salz, Erze und Spate, Steine und Erden)
- Art und Beschaffenheit der Lagerstätte (z. B. flöz-, gangartig, Mächtigkeit, Einfallen)
- Auffahrungs- und Gewinnungsverfahren
- Behandlung der Dachschichten, Art und Dauerhaftigkeit des Ausbaues
- Art und Umfang des eingebrachten Versatzes (z. B. Bruchbau, Hand-, Spülversatz)
- äußere Einflüsse (z. B. durch Wassereintritt)
- Art und Beschaffenheit des Deckgebirges sowie gegebenenfalls des Nebengesteins (z. B. Fest- oder Lockergestein bzw. deren Kombinationen, deren Kennwerte sowie das Trennflächengefüge und gegebenenfalls der Wassergehalt)
- Form und Abmessungen des Hohlraums (Höhe, Länge, Breite)
- Abstand zur Tagesoberfläche/Festgesteinsoberfläche (Teufe)
- Parameter, welche die Gebirgsspannungsverhältnisse und die tektonischen Randbedingungen charakterisieren

Diese Aspekte und Parameter gelten übertragen auch für nicht bergbauliche Hohlräume.

Die zusammenfassende Einschätzung der vorgenannten Aspekte und Parameter ist Gegenstand einer montanhistorischen Recherche mit dem Ziel einer spezifischen geotechnisch-markscheiderischen Bewertung. Daneben sind selbstverständlich auch die Anforderungen an die geplante Oberflächennutzung zu berücksichtigen.

Aus geotechnisch-markscheiderischer Sicht bestehen bei der Einschätzung der Auswirkungen durch Tagesöffnungen keine gravierenden Unterschiede zwischen den verschiedenen Bergbauzweigen. Bei Tagesschächten muss bei einer nicht oder unzureichenden Sicherung immer von Auswirkungen für die Tagesoberfläche bis hin zu einem Tagesbruch ausgegangen werden.

Für untertägige Grubenbaue und Hohlräume führt die Auswahl, die Kombination und das Zusammenspiel der o. g. Aspekte und Parameter zu der folgenden erfahrungsgemäßen Kategorisierung der bergbaulichen Hinterlassenschaften mit Festgesteinsüberdeckung:

- **Hohlräume im tagesnahen Bereich** (Teufe: 0 - 20 m +/- 10 m)
- **Hohlräume im oberflächennahen Bereich** (Teufe: 20 - 50 m +/- 10 m)
- **Hohlräume im tiefen Bereich** (Teufe: > 50 m +/- 10 m)

Als mögliche Einwirkungen auf die Tagesoberfläche können dabei stetige Bodenbewegungen in Form von Senkungen und unstetige Bodenbewegungen in Form von Tagesbrüchen, Erdstufen, Erdspalten sowie von Erdrissen auftreten. Die Wahrscheinlichkeit von unstetigen Bodenbewegungen nimmt mit zunehmender Teufe ab.

Unter anderen Gegebenheiten ist in Abhängigkeit von der konkreten Hohlraumgeometrie im Verhältnis zur Deckgebirgsart und -mächtigkeit eine objektbezogene geotechnisch-markscheiderische Bewertung erforderlich.

Die Grundsätze der geotechnischen-markscheiderischen Bewertung und Sanierung von Altbergbau wurden bereits umfänglich in den letzten drei Empfehlungen des Arbeitskreises dargelegt. [1., 2. und 3. Empfehlung in den Tagungsbänden zum Altbergbau-Kolloquium 2004, 2009 und 2010]

## **5.2 Sanierungsschwerpunkte**

Es liegt im öffentlichen Interesse, Flächen, die früher bergbaulich genutzt wurden, einer Folgenutzung zuzuführen. Diese Nutzung kann von touristischen Zielen bis hin zu baulichen Aspekten im Rahmen geänderter Oberflächennutzungen liegen. Im Regelfall werden die Sanierungsschwerpunkte durch die zukünftige Nutzung bestimmt.

Demgegenüber stehen jedoch Restriktionen aus den Hinterlassenschaften des Bergbaues, die bei einer sicheren Folgenutzung zu beachten sind und diese in der Regel einschränken. Diese Einschränkungen sind abhängig vom jeweiligen Zustand der bergbaulichen Hinterlassenschaften.

Bei der Wiedereingliederung von Grundstücken mit altbergbaulichen Einwirkungsbereichen in den Wirtschaftskreislauf sind die Beteiligten über diese Restriktionen zu informieren. Ein Abgleich mit diesbezüglichen Eintragungen (Dienstbarkeiten) im Grundbuch wird empfohlen.

Bei der Festlegung der Sanierungsschwerpunkte sind neben den bisher betrachteten Bodenbewegungen folgende Aspekte zu beachten:

- Ausgasungen (Methan, Radon, sonstige Gase)
- Änderung der hydraulischen Bedingungen
- gravitative Einflüsse auf Hänge und Böschungen
- Nachhaltigkeitsbetrachtungen

## **5.3 Nachhaltigkeitsbetrachtungen zu bergtechnischen Sanierungsmaßnahmen**

Die Maßnahmen sind ausgehend vom jeweiligen Stand der Technik und vom Langzeitverhalten der eingesetzten Baustoffe abhängig. Dabei müssen auch veränderte Randbedingungen im Umfeld der Sanierungsmaßnahmen beachtet werden. Gleichfalls spielen wirtschaftliche

Erwägungen eine Rolle. Vor diesem Hintergrund kommt der Dokumentation und Archivierung der bergtechnischen Maßnahmen eine besondere Bedeutung zu.

Die Beurteilung des Langzeitverhaltens der Maßnahme orientiert sich sowohl an der angewandten Sanierungstechnologie als auch an der Nutzung. Einen Überblick über die gängigen Verfahren gibt die 3. Empfehlung des AK 4.6.

## **6. Bautechnische Sicherung**

### **6.1 Grundlagen**

Möglichen Risiken durch Altbergbau kann entweder durch die bergtechnische Sanierung oder Maßnahmen der bautechnischen Sicherung begegnet werden.

Zu schützende Objekte sind z.B. Gebäude, Straßen, Bahntrassen und Leitungen im Einwirkungsbereich der bergbaulichen Hinterlassenschaften.

Bei bautechnischen Sicherungsmaßnahmen in altbergbaulich beeinflussten Gebieten ist stets eine Beweissicherung erforderlich.

In vielen Fällen kommen aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen, z. B. bei großflächigen oder unzugänglichen bergbaulichen Hinterlassenschaften auch nur bautechnische Sicherungen an Bauwerken oder im Baugrund in Frage.

Die bautechnischen Sicherungen können wie folgt eingeteilt werden:

#### Voll- oder Teilsicherung

Bei einer Vollsicherung ist der vollständige und dauerhafte Erhalt der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit das Ziel. Für den Fall einer tagesbruchgefährdeten Trasse kommt hierfür z. B. der Einsatz von einer bewehrten Betonplatte in Frage.

Bei einer Teilsicherung soll ein Totalversagen verhindert werden. Der Verlust der Gebrauchstauglichkeit wird dabei einkalkuliert. Ein Beispiel ist der Einbau von Geogittern, die bei einem Verbruchprozess zwar den Einsturz der Trasse verhindern aber dabei tolerierbare Deformationen zulassen.

#### Sicherungen nach dem Widerstands- oder Ausweichprinzip

Beim Widerstandsprinzip besteht die Sicherung darin, den auftretenden Kräften vollständig zu widerstehen (starre Sicherung bzw. biegesteifes Bauwerk).

Beim Ausweichprinzip werden Verformungen in bestimmten Größenordnungen an vorgegebenen Bauwerkselementen (z. B. Dehnungsfugen, Sollbruchstellen) zugelassen (flexible Sicherung bzw. biegeweiches Bauwerk).

#### Sicherungen am Bauwerk oder im Baugrund

Die bautechnischen Maßnahmen können das Bauwerk selbst ertüchtigen, wie z. B. eine ausgesteifte Konstruktion. Alternativ oder in Kombination hierzu kann auch der Baugrund z. B. durch Injektionen stabilisiert werden.

#### Erhaltende oder wiederherstellende Sicherungen

Erhaltende Sicherungsmaßnahmen werden eingesetzt, wenn bereits Schäden (z. B. Rissbildung, Schiefstellung) eingetreten sind. Dadurch sollen weitere Schäden verhindert werden. Wiederherstellende Verfahren (z. B. Hebungsinjektionen) kommen zum Einsatz, wenn die Schäden zumindest teilweise beseitigt oder der Ausgangszustand wieder hergestellt werden soll.

Die genannten, unterschiedlichen Sicherungsprinzipien können auch in Kombination zum Einsatz kommen.

Planungsvorhaben bei Altbergbaurisiken sind stets den Geotechnischen Kategorien GK 2 oder GK 3 nach DIN 4020: 2010-12 zuzuordnen. Daraus resultieren zwingend projektbezogene Untersuchungen sowie im Fall der GK 3 auch die ausdrückliche Beteiligung von geotechnischen Sachverständigen mit vertieften Kenntnissen und Erfahrung in Altbergbaufragen. Vorgaben zu den notwendigen Untersuchungen und Nachweisen enthalten insbesondere die DIN 4020: 2010-12 sowie die DIN EN 1997-1: 2009-09 und die DIN EN 1997-2: 2010-10 (Eurocode 7).

## 6.2 Methoden der bautechnischen Sicherung

Für die bautechnische Sicherung von Gebäuden, Straßen, Bahntrassen und Leitungen steht eine Vielzahl von Methoden zur Verfügung. Oftmals handelt es sich um Methoden des Spezialtiefbaues, die auch bei anderen Baugrundrisiken, wie z.B. unzureichend tragfähiger oder ungleichmäßiger Baugrund, Subrosions- oder Rutschungsrisiken sowie standsicherheitsrelevanten Bauwerksschäden zum Einsatz kommen.

Die Tabelle 5 gibt einen Überblick zu den bautechnischen Sicherungen. Dabei werden die Sicherungsmaßnahmen den altbergbaulichen Erscheinungsbildern zugeordnet.

Tab.4 : Altbergbauliche Erscheinungsbilder und daraus resultierende Sicherungsmaßnahmen

<b>Altbergbauliche Erscheinungsbilder</b>	<b>Bautechnische Sicherung</b>
<p><i>Unstetige Bodenbewegungen:</i>                      Erdstufe, -spalte und -riss                      Tagesbruch                      Rutschung</p>	<p>Überbrückung / Aussteifung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Konstruktive Lastumlagerung (Kragarm)</li> <li>- bewehrte, fugenlose Stahlbetonplatte</li> <li>- Balkenrostgründung</li> <li>- massives, bewehrtes Untergeschoss</li> <li>- Hochzugfeste Geotextilien / Geogitter</li> </ul>
<p><i>Stetige Bodenbewegungen:</i>                      Senkung/Hebung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schiefelage</li> <li>- Krümmung</li> </ul> <p>Verschiebung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Längenänderung</li> </ul>	<p>Ausgleich</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estrich, Verkleidung</li> </ul> <p>Aussteifung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauerwerksanker / Stahlbänder</li> <li>- s.o.</li> </ul> <p>Nachgründung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pfähle</li> <li>- Injektionen</li> <li>- Unterfangungen</li> </ul> <p>Aufrichtung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nachjustierung mit Pressen</li> <li>- Druckkissen</li> <li>- Spezialpfähle</li> <li>- Hebungsinjektionen</li> </ul> <p>Dehner</p>

<b>Altbergbauliche Erscheinungsbilder</b>	<b>Bautechnische Sicherung</b>
	Fugen Flexible Anschlüsse und Leitungen Schutz vor Wassereinfluss <ul style="list-style-type: none"><li>- Wasserdichte Ausbildung</li><li>- Grundwasserabsenkung mit Drainagen, Brunnen o.ä.</li><li>- Auftriebssicherung</li></ul> Einsatz korrosionsbeständiger Baustoffe
Wasseraustritt	Schutz vor Wassereinfluss (s. o.) Nachgründung (s. o.)
Gasaustritt	Gasdrainage Abdichtung Einsatz korrosionsbeständiger Baustoffe

### **Liste der Autoren der Empfehlung**

Dr. R. Bergner  
Prof. Dr.-Ing. W. Busch  
Dipl.-Ing. O. Heinke  
Dr.-Ing. M. Heitfeld  
Dr.-Ing. W. Hüls  
Prof. Dr.-Ing. H. Klapperich  
Dr.-Ing. K.-H. Löbel  
Dipl.-Ing J.-P. Lux  
Dr.-Ing. habil. G. Meier (Obmann des Arbeitskreises)  
Dipl.-Ing. H. Mühlenbeck  
Dipl.-Ing. H.-R. Neumann  
Dipl.-Chem. J. Schreyer  
Dipl.-Ing. E. Schuscha  
Dipl.-Ing. M. Speer  
Prof. Dr.-Ing. habil. Anton Sroka  
Dipl.-Ing. P. Steinmetz  
Dipl.-Geol. D. Tondera  
Dipl.-Geol. A. Wehinger