

Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (Hrsg.)

Geotechnisch- markscheiderische Untersuchung, Bewertung und Sanierung von altbergbaulichen Anlagen

Empfehlungen des
Arbeitskreises Altbergbau

■ **Praxisgerechte Darstellung einer
komplexen Problemstellung**

Die Empfehlungen des Arbeitskreises Altbergbau geben eine systematische Anleitung zur Erkundung, Risikobewertung, Sicherung, Verwahrung und Nachnutzung von altbergbaulichen Hinterlassenschaften durch untertägige Bergwerke oder Tagebaue im Locker- und Festgestein.

BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-236

marketing@ernst-und-sohn.de

www.ernst-und-sohn.de/3296



2020 · 180 Seiten · 15 Abbildungen ·
20 Tabellen

Hardcover

ISBN 978-3-433-03296-1 € 59*

eBundle (Print + PDF)

ISBN 978-3-433-03297-8 € 79*

ÜBER DAS BUCH

Seit dem frühen Mittelalter werden in weiten Bereichen des mitteleuropäischen Raums Bodenschätze abgebaut. Dabei entstanden zahlreiche tages- und oberflächennahe Hohlräume, aber auch Halden, Kippen und Restlöcher. Die Standfestigkeit der untertägigen Grubenbaue sowie der Tagebaurestlöcher, Kippen und Halden im Locker- und Festgestein unterliegen in Abhängigkeit von der Zeit grundlegenden geomechanischen und hydrogeologischen Veränderungen.

Bei Versagen der Standfestigkeit sind Tagesbrüche und Einsenkungen an der Tagesoberfläche, Böschungsrutschungen, Felsstürze und Steinschläge typische Schadensbilder, die lokal katastrophale Größenordnungen annehmen. Standorte des Altbergbaus können daher, je nach Nutzung der Tagesoberfläche, ein hohes Risikopotential für Menschen und Sachwerte aufweisen.

BESTELLUNG

Anzahl	ISBN /	Titel	Preis
	978-3-433-03296-1	Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung, Bewertung und Sanierung von altbergbaulichen Anlagen	€ 59*
	978-3-433-03297-8	Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung, Bewertung und Sanierung von altbergbaulichen Anlagen (Print + PDF)	€ 79*

Privat

Geschäftlich

Bitte richten Sie Ihre Bestellung an:

Tel. +49 (0)30 47031-236

Fax +49 (0)30 47031-240

marketing@ernst-und-sohn.de

Firma, Abteilung

UST-ID Nr.

Name, Vorname

Telefon

Fax

Straße, Nr.

PLZ/Ort/Land

E-Mail

Datum/Unterschrift



www.ernst-und-sohn.de/3296

Herausgeber

Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT)

Hollestraße 1g
45127 Essen

*Deutsche Geologische Gesellschaft –
Geologische Vereinigung e. V. (DGGV)*

Rhinstraße 84
12681 Berlin

Deutscher Markscheider-Verein e.V. (DMV)

Eschenstr. 55
31224 Peine

DGGT-Arbeitskreis 4.6 „Altbergbau“

Obmann: Dr.-Ing. habil. G. Meier

Ingenieurbüro Dr. G. Meier GmbH
Ingenieurgeologie – Geotechnik – Bergbau
Am Schirmbach 7
09600 Oberschöna OT Wegefath

Titelbild

Tagesbrüche durch Altwismutbergbau in
einem Wohngebiet (Quelle: G. Meier)

Alle Bücher von Ernst & Sohn werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2020 Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Rotherstraße 21, 10245 Berlin, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

Print ISBN 978-3-433-03296-1

ePDF ISBN 978-3-433-61016-9

ePub ISBN 978-3-433-61015-2

oBook ISBN 978-3-433-61014-5

Umschlaggestaltung Design Pur GmbH

Satz le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Druck und Bindung

Gedruckt auf säurefreiem Papier.

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Inhaltsverzeichnis

Vorwort *IX*

1	Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ des Arbeitskreises 4.6 der Fachsektion Ingenieurgeologie der DGGT e. V.	1
1.1	Zielstellung	2
1.2	Begriffe	2
1.3	Bearbeitungsetappen und Erkenntnisstufen	4
1.4	Zu beachtende Rechtsvorschriften und Normen	5
1.5	Recherchen, Aufbereitung und Analyse von Informationsquellen	7
1.6	Geotechnisch-markscheiderische Grundlagen	10
1.6.1	Ursache-Wirkung-Beziehungen	10
1.6.2	Altbergbau bedingte Erscheinungsbilder an der Tagesoberfläche	13
1.6.3	Geotechnische und messtechnische Verfahren mit Anwendungsbereichen	14
1.6.4	Verfahren zur Beurteilung und Prognose von Tagesbrüchen	16
1.6.5	Risikoanalyse und -bewertung	16
1.7	Mustergliederung für eine geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung	23
1.8	Literaturhinweise	24
2	Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Tagebaurestlöchern, Halden und Kippen des Altbergbaus“	25
2.1	Zielstellung	26
2.2	Begriffe	26
2.3	Bearbeitungsetappen und Erkenntnisstufen	27
2.4	Zu beachtende Rechtsvorschriften, Verwaltungsanweisungen und Normen	28
2.5	Recherchen, Aufbereitung und Analyse von Informationsquellen	30
2.6	Geotechnisch-markscheiderische Grundlagen	31
2.6.1	Ursache-Wirkung-Beziehungen	31
2.6.2	Böschungsbewegungen und deren Erscheinungsbilder	32
2.6.3	Geotechnische und messtechnische Verfahren mit Anwendungsbereichen	33

2.6.4	Verfahren zur Untersuchung und Prognose von Böschungsbewegungen	35
2.6.5	Risikoanalyse und -bewertung	35
2.7	Mustergliederung für eine geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung	36
3	Empfehlung „Sicherungs- und Verwehrungsarbeiten im Altbergbau“	43
3.1	Zielstellung	43
3.2	Begriffe	44
3.3	Geotechnisch-bergtechnische Randbedingungen	46
3.3.1	Grubenwasser	46
3.3.2	Gase	49
3.3.3	Deckgebirge	50
3.3.4	Vorhandener Ausbau und Versatz	50
3.3.5	Bergbauzweigbezogene Besonderheiten und Bohrungen	50
3.4	Ingenieurgeologische Dokumentation und Bewertung des Verwahrungshorizontes	51
3.5	Sicherungs- und Verwehrungsmaßnahmen	54
3.5.1	Einsatzbereich	54
3.5.2	Erstsicherung	54
3.5.3	Dauerhafte Sicherung	55
3.5.4	Verwahrung	57
3.6	Dokumentation von Sicherungs- und Verwehrungsmaßnahmen	59
4	Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Bewertung und Sanierung von altbergbaulich beeinflussten Gebieten hinsichtlich ihrer baulichen Nachnutzung“	63
4.1	Zielstellung	63
4.2	Begriffe	64
4.3	Zu beachtende Rechtsvorschriften, Verwaltungsanweisungen und Normen	66
4.4	Altbergbauliche Erscheinungsbilder und ihr Einfluss auf die Bebauung	69
4.4.1	Grundlagen	69
4.4.2	Einfluss der geodynamischen Prozesse auf die Einwirkungsbereiche und deren Risikoklassen	70
4.4.3	Einwirkungen von Grundwasseränderungen auf die bebaute Tagesoberfläche	70
4.4.4	Altbergbaulich bedingte Erscheinungsbilder und deren Ewigkeitslasten für eine sichere Nutzung der Tagesoberfläche	71
4.5	Bergtechnische Sanierung	72
4.5.1	Art der bergbaulichen Einwirkungen auf die Tagesoberfläche	72
4.5.2	Sanierungsschwerpunkte	74
4.5.3	Nachhaltigkeitsbetrachtungen zu bergtechnischen Sanierungsmaßnahmen	75

- 4.6 Bautechnische Sicherung 75
- 4.6.1 Grundlagen 75
- 4.6.2 Methoden der bautechnischen Sicherung 77

- 5 Empfehlung „Wasserführende Stollen: Erkundung – Bewertung – Sanierung“ 79**
- 5.1 Zielstellung 79
- 5.2 Wichtige Stollenarten, Begriffe und Definitionen 80
- 5.3 Zu beachtende Rechtsvorschriften, Verwaltungsanweisungen und Normen 82
- 5.4 Kurzer historischer Abriss zum Stollenvortrieb und Röschenbau mit speziellem Bergrecht 82
- 5.5 Hydraulische und hydrogeologische Grundlagen 85
- 5.5.1 Hydraulische Grundlagen 85
- 5.5.2 Über- und untertägige Wasserzuläufe und deren Wirkungen 86
- 5.5.3 Ermittlung der Wassermenge und der Wasserqualität 86
- 5.5.4 Einwirkungen und Folgen von wetterbedingten Extremereignissen 87
- 5.6 Geotechnisch-markscheiderische Erkundung und Bewertung 88
- 5.6.1 Datengrundlage zur Erkundung und Beschreibung des Stollensystems 88
- 5.6.2 Gebirgsmechanische Bewertung des Deckgebirges über dem Stollensystem 88
- 5.6.3 Geotechnisch-markscheiderische Zustandsdokumentation 91
- 5.7 Monitoring 93
- 5.8 Schadensanalyse und Risikobewertung 93
- 5.8.1 Schadensformen an Wasserlösestollen 93
- 5.8.2 Klassifizierung von wasserführenden Stollen unter Berücksichtigung der Risikobewertung 94
- 5.9 Grundsätze zu Sanierungsmaßnahmen 96
- 5.10 Nachnutzung von Wasserlösestollen 97

- 6 Empfehlung „Grubengase im Altbergbau“ 99**
- 6.1 Zielstellung 99
- 6.2 Wichtige Grubengasarten im Altbergbau 100
- 6.3 Zu beachtende Rechtsvorschriften, Verwaltungsanweisungen und Normen 102
- 6.4 Grubengastransport und -strömung 103
- 6.5 Grubengase bei der Altbergbauerkundung und -sanierung 104
- 6.6 Nachnutzung von Grubengasen 106
- 6.7 Ausgewählte Beispiele von sicherheitsrelevanten Grubengasen im Altbergbau 106
- 6.7.1 Unfall beim Sümpfen eines alten Schachtes in Ilmenau 106
- 6.7.2 Grundlagen zu Radon im Altbergbau 107

7	„Bergschadenkundliche Analyse“	
	Grundlagen – Stand – Inhalt – Risikobewertung	111
7.1	Ausgangssituation	111
7.2	Wichtige Definitionen und Begriffe	113
7.3	Historischer Hintergrund, rechtliche Grundlagen und Definitionen	120
7.4	Bearbeitungsschwerpunkte	122
7.4.1	Sichtung von Literatur, Archivalien und markscheiderische Arbeiten	122
7.4.2	Geotechnische Dokumentationen und Erkundungsmaßnahmen	123
7.5	Numerische Tagesbruchabschätzung	124
7.5.1	Grundlagen, Randbedingungen und Formeln	124
7.5.2	Parameterermittlung	126
7.6	Altbergbauliche Einwirkungsbereiche – Problemstellung und Definitionen	128
7.7	Abgrenzungen von altbergbaulichen Einwirkungsbereichen	130
7.7.1	Schächte	130
7.7.2	Strecken, schiefe Ebenen, Tageszugänge und Stollen	136
7.7.3	Abbaue	138
7.8	Prognose von altbergbaulichen Ereignissen	140
7.9	Schlussfolgerungen	142
7.10	Vergabe von Risikoklassen	143
7.10.1	Grundlagen	143
7.10.2	Ermittlung der Risikoklassen und empfohlene Maßnahmen	144
7.11	Prioritätenliste, Empfehlungen von Erkundungs- und Sanierungsvarianten	149
7.12	Gliederung einer BSA, Nachträge und Aktualisierungen	150
	Literatur	152
8	Empfehlung „Monitoring im Altbergbau“	155
8.1	Monitoring im Altbergbau – Aufgaben und Zielstellung	155
8.2	Wechselbeziehungen Risiko und Monitoring	155
8.3	Grundlagen des Monitorings	156
8.4	Monitoring – Verfahren und Sensoren	157
8.5	Monitoringmethodik	159
8.5.1	Grundlagen	159
8.5.2	Mess- bzw. Überwachungsprogramm	160
8.5.3	Zusammenstellung über Erfassungs-, Mess- und Überwachungssysteme	160
8.6	Ergebnisdokumentation/Protokolle	161

Vorwort

Die bergbauliche Gewinnung von Rohstoffen der verschiedensten Art im Tief- und Tagebau ist so alt wie die Menschheit. Der progressive Abbau von Steinen und Erden, Erzen, Braun- und Steinkohle sowie Salzen orientierte sich immer an den Bedürfnissen der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung. In den traditionsreichen Lagerstättenrevieren sind in den vergangenen Bergbauepochen großflächige Bereiche mit tages- und oberflächennahen Hohlräumen, Tagebauen und Restlöchern sowie weitere Nutzungseinschränkungen durch anthropogene Veränderungen verblieben.

Aus den über die Jahrhunderte entstandenen altbergbaulichen Hinterlassenschaften ergeben sich zunehmend Risiken für die Sicherheit an der Tagesoberfläche.

In der Regel sind es vor allem polymetallische Gang- und flötzartige Lagerstätten, deren Abbau zu weiträumigen und nicht zu unterschätzenden Eingriffen in die Standsicherheit der Tagesoberfläche geführt hat. Die hervorgerufenen gebirgsmechanischen Veränderungen innerhalb des Gebirges und im Umfeld der tagesnahen Grubenbaue unterliegen darüber hinaus weiteren geodynamischen Verbruch- und Deformationsprozessen. Diese weisen zeitliche Entwicklungen auf und werden durch natürliche und anthropogene Einwirkungen beeinflusst.

Durch den Verlust der Standfestigkeit kommt es zu verschiedenen Arten von ungleichförmigen Deformationen an der Tagesoberfläche bis hin zum Tagesbruch.

Es zeigen sich typische Schadensbilder, die lokal für die Nutzung der Tagesoberfläche ein hohes Risikopotential für Menschen und Sachwerte aufweisen können.

Die systematischen und fachgerechten Untersuchungen sowie Risikobewertungen der zahlreichen Schadensereignisse bilden die Grundlage für eine effiziente und dauerhafte Altbergbausanie rung. Diese Arbeiten gewinnen durch die intensivere Nutzung der Tagesoberfläche stetig an Bedeutung, zumal sich auch die geodynamischen Prozesse wie beispielsweise Starkregen- und Extremereignisse verstärken.

Aber auch der Rückgang der Bergbauaktivitäten in Europa wirft zunehmend die Frage auf, welche zeitabhängigen Risikopotentiale für die Tagesoberfläche von in Stilllegung befindlichen oder noch stillzulegenden bergbaulichen Betrieben ausgehen. Es gilt der Grundsatz: *Bergmännische Aktivitäten von heute sind der Altbergbau von morgen.*

Vor diesem Hintergrund entwickelte sich in den letzten Jahrzehnten die Forderung nach einer Systematisierung und bundesweiten Vereinheitlichung der fachlichen Bearbeitungskriterien für die Behandlung von altbergbaulichen Hinterlassenschaften. Mit der Ausnahme von Besucherbergwerken tangiert das Bundesberggesetz das Thema „Altbergbau“ nur in geringem Umfang. Durch die Kooperation der DGGT mit dem DMV wurde in der Folge das *Bergmännische Risswerk* um die markscheiderische Erfassung und Dokumentation des Altbergbaus erweitert.

Der Arbeitskreis 4.6 „Altbergbau“ der Fachsektion Ingenieurgeologie in der DGGT hat sich 1996 inhaltlich neu formiert und sich verstärkt auf die geotechnische Erkundung, Dokumentation, sicherheitsrelevante Risikobewertung und Sanierung der altbergbaulichen Hinterlassenschaften sowie die Erarbeitung von „Bergschadenkundlichen Analysen“ konzentriert.

In diesem Zusammenhang erarbeiteten die Mitglieder des AK 4.6 im Rahmen eines ausführlichen fachlichen Meinungsaustausches sechs Empfehlungen zu ausgewählten wichtigen Themenkomplexen des Altbergbaus. Diese Sammlung wird um eine weitere Empfehlung „Monitoring im Altbergbau“ eines DMV-Arbeitskreises ergänzt.

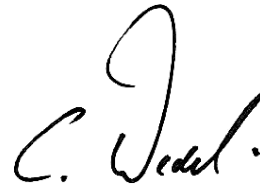
Folgende geotechnisch-markscheiderischen Empfehlungen wurden als Schwerpunkte erarbeitet:

- 1) *Empfehlung: Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau.* – 4. Tagungsband zum Altbergbau-Kolloquium, Leoben, 2004, 23 Seiten
- 2) *Empfehlung: Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Tagebaurestlöchern, Halden und Kippen des Altbergbaus.* – 9. Tagungsband zum Altbergbau-Kolloquium, Leoben, 2009, 16 Seiten
- 3) *Empfehlung: Sicherungs- und Verwahrungsarbeiten im Altbergbau.* – 10. Tagungsband zum Altbergbau-Kolloquium, Freiberg, 2010, 18 Seiten
- 4) *Empfehlung: Geotechnisch-markscheiderische Bewertung und Sanierung von altbergbaulich beeinflussten Gebieten hinsichtlich ihrer baulichen Nachnutzung.* – 13. Tagungsband zum Altbergbau-Kolloquium, Freiberg, 2013, 15 Seiten
- 5) *Empfehlung: Monitoring im Altbergbau.* – 14. Tagungsband zum Altbergbau-Kolloquium, Bochum, 2014, 8 Seiten, (DMV)
- 6) *Empfehlung: Wasserführende Stollen (Erkundung Bewertung – Sanierung).* – 17. Tagungsband zum Altbergbau-Kolloquium, Freiberg, 2017, 19 Seiten
- 7) *Empfehlung: Grubengase im Altbergbau.* – 18. Tagungsband zum Altbergbau-Kolloquium, Wieliczka (Polen), 2018, 10 Seiten
- 8) *Bergschadenkundliche Analyse – Grundlagen, Stand, Inhalt, Risikobewertung.* – 15. Tagungsband des Altbergbau-Kolloquiums, 47 Seiten, Leoben, 2015 (BSA) – „lebendes Dokument“ der Komplexbearbeitung von altbergbaulichen Objekten und Flächen

Die vorliegende Zusammenstellung der in sich abgeschlossenen Einzelempfehlungen soll als Grundlage in der Lehre und Forschung die fachlichen Inhalte und Definitionen zum jungen Fachgebiet „Altbergbau“ zusammenfassen und vereinheitlichen sowie in der Praxis als solides Handwerkszeug bezüglich der altbergbaulichen Schwerpunkte der Erkundung, Bewertung und Sanierung sowie markscheiderischen Dokumentation und Risikoermittlungen dienen.



Dr.-Ing. habil. Günter Meier
Obmann des AK 4.6 der DGGT e.V.
von 1996–2018



Dipl.-Ing. Carsten Wedekind
Assessor des Markscheidefachs
Vorsitzender des DMV e.V.

1

Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ des Arbeitskreises 4.6 der Fachsektion Ingenieurgeologie der DGGT e. V.

Vorbemerkungen

Seit dem frühen Mittelalter setzte in weiten Bereichen des mitteleuropäischen Raumes eine zum Teil intensive über- und untertägige bergmännische Gewinnung von Bodenschätzen ein. Dieser Abbau der letzten 1000 Jahre hinterließ zahlreiche tages- und oberflächennahe Hohlräume. Diese Relikte der bergmännischen Tätigkeiten sind vor allem in den traditionsreichen Lagerstättenrevieren vorzufinden. Insbesondere die Standfestigkeit und Funktionalität der Grubenbaue unterliegen durch anthropogene und natürliche Einflüsse in Abhängigkeit von der Zeit grundlegenden Veränderungen. Beim Versagen der Standfestigkeit sind beispielsweise Tagesbrüche und Einsenkungen an der Tagesoberfläche typische Schadensbilder, die lokal katastrophale Größenordnungen annehmen und somit, je nach der Nutzung der Tagesoberfläche, ein hohes Risikopotential für Menschen und Sachwerte aufweisen können. Die systematische und fachgerechte Untersuchung und Bewertung der zahlreichen Altbergbaurelikte mit ihren Schadensbildern und die Bewertung der möglichen Risikopotentiale bilden die Grundlage für eine effiziente Sanierung. Diese Problemstellungen gewinnen durch die zunehmend intensivere Nutzung der Tagesoberfläche stetig an Bedeutung. Aber auch der gravierende Rückgang der Bergbautätigkeiten in Europa wirft verstärkt die Frage auf, welches Risikopotential für die Tagesoberfläche von in Stilllegung befindlichen oder noch stillzulegenden bergbaulichen Betrieben ausgeht, denn es gilt der Grundsatz: Bergmännische Aktivitäten von heute sind der Altbergbau von morgen.

Aufgrund dieser Sachlage entwickelte sich die Forderung nach einer Systematisierung und weitreichenden Vereinheitlichung der Bearbeitungskriterien für die Behandlung von Altbergbauproblemen. Mit der Neuformierung des Arbeitskreises 4.6 „Altbergbau – geotechnische Erkundung und Bewertung“ in der Fachsektion Ingenieurgeologie der DGGT im Jahr 1996 setzten sich die Mitglieder des Arbeitskreises das Ziel, eine Empfehlung zur Thematik der Untersuchung und Bewertung von Problemen, die hauptsächlich von altbergbaulichen Hohlräumen ausgehen, unter geotechnisch-markscheiderischen Aspekten zu erarbeiten. Die Empfehlung soll vor allem Behörden, Ingenieurbüros und Fachfirmen für eine vereinheitlichte Ansprache und Entscheidungsfindung bei der Bewältigung von altbergbaulichen Hinterlassenschaften dienen. Es wird darauf hingewiesen, dass

grundsätzlich die fachspezifischen Aspekte im Vordergrund stehen und juristische Fragen nur tangierend in dieser Empfehlung behandelt werden.

1.1 Zielstellung

Ziel der Empfehlung ist es, nach dem Stand der Technik einen Leitfaden für die geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung insbesondere der Standfestigkeit der Hangendschichten oberhalb bergmännischer Hohlräume bzw. der angeschnittenen Schichten im Bereich von Tagesöffnungen des Altbergbaus, von Bohrlöchern, äquivalent auch zu Tagebauen einschließlich Restlöchern, Kippen und Halden verfügbar zu machen. Letztlich soll der Leitfaden der Untersuchung und Bewertung möglicher Einwirkungen von versagenden Gebirgsschichten auf die Tagesoberfläche dienen. Schwerpunkte stellen dabei die Hohlraum- und Deckgebirgsanalyse einschließlich deren Randbereiche und die Risikoabschätzung durch differenzierte Untersuchungs- und Bewertungsverfahren unter Berücksichtigung der Nutzung der Tagesoberfläche dar. In die interdisziplinäre geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung werden die natürlichen und/oder vortriebs- und abbaubedingt gestörten Gas- und Wasserwegigkeiten eingebunden. Die Ergebnisse der Untersuchung und Bewertung der örtlichen altbergbaulichen Verhältnisse bilden die Grundlage für die Planung der Geländenutzung. Weitere Untersuchungen und daraus resultierende dauerhafte Sicherungs- und Verwahrungsmaßnahmen werden eingestuft. Als Sammelbegriff für die dauerhafte Sicherung und Verwahrung wird der Überbegriff **Sanierung** verwendet.

1.2 Begriffe

Der Empfehlung liegen weitere grundlegende Begriffe aus dem Themenbereich „Altbergbau“ zu Grunde:

Altbergbau

Gesamtheit aller bergmännisch hergestellten Hohlräume (Grubenbaue) einschließlich Bohrungen sowie Tagebaue, Halden, Kippen und Restlöcher, die bergbaulich nicht mehr genutzt werden.

Sonstige aufgefahrenen unterirdischen Hohlräume nicht bergbaulichen Ursprungs wie z. B. Bergkeller, Höhlen, Luftschutzzollen und Tunnel erfahren durch ihre Vergleichbarkeit mit Grubenbauen eine sinngemäße Zuordnung (siehe DIN 21 913, Teil 6).

Anmerkung: Tagebaue, Halden, Kippen und Restlöcher werden in dieser Empfehlung nicht behandelt. Eine sinngemäße Anwendung der Empfehlung wird empfohlen.

2

Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Tagebaurestlöchern, Halden und Kippen des Altbergbaus“

Vorbemerkungen

Die vorliegende Empfehlung zur geotechnisch-markscheiderischen Untersuchung und Bewertung von Tagebaurestlöchern, Halden und Kippen des Altbergbaus ist eine Erweiterung der Empfehlung *Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau*, die vom Arbeitskreis 4.6 erstmals zum 4. Altbergbau-Kolloquium in Leoben 2004 vorgestellt wurde. Insbesondere die Abschn. 2.2 und 2.6.5 der vorliegenden Empfehlung erfordern die Verwendung der Empfehlung *Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau*.

Die Relikte der bergmännischen Tätigkeiten, z. B. Tagebaurestlöcher, Halden und Kippen, sind sowohl im Locker- wie auch im Festgestein vorzufinden. Die Standsicherheit entstandener Böschungen kann durch anthropogene und natürliche Einflüsse in Abhängigkeit von der Zeit grundlegenden Veränderungen unterliegen. Beim Versagen der Standsicherheit sind beispielsweise Rutschungen, Felsstürze und Steinschlag typische Erscheinungsbilder, die lokal katastrophale Größenordnungen annehmen können. Somit ist, je nach der Nutzung der Tagesoberfläche, ein hohes Risikopotential für Menschen und Sachwerte möglich. Die systematische und fachgerechte Untersuchung und Bewertung der zahlreichen Altbergbaurelikte mit ihren möglichen Erscheinungsbildern und die Bewertung der Risikopotentiale bilden die Grundlage für eine effiziente Sicherung und/oder Sanierung. Diese Problemstellungen gewinnen durch die zunehmend intensivere Nutzung der Tagesoberfläche stetig an Bedeutung.

Bei der aktuellen Bearbeitung wurden die Untersuchung und Bewertung von Aufbereitungs- und Verhüttungsrückständen, Deponien usw. ausgeklammert, da hierfür die Berücksichtigung eines anderen rechtlichen Rahmens (Abfallrecht) erforderlich ist.

Die Empfehlung *Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Tagebaurestlöchern, Halden und Kippen des Altbergbaus* soll vor allem Behörden, Ingenieurbüros und Fachfirmen für eine vereinheitlichte Ansprache und Entscheidungsfindung bei der Bewältigung von altbergbaulichen Hinterlassenschaften dienen. Es wird darauf hingewiesen, dass grundsätzlich die fachspezifischen Aspekte im Vordergrund stehen und juristische Fragen in dieser Empfehlung nur tangierend behandelt werden.

2.1 Zielstellung

Ziel der Empfehlung ist es, einen Leitfaden für die geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung insbesondere der Standsicherheit der Böschungen von Tagebaurestlöchern, Kippen und Halden verfügbar zu machen. Der Leitfaden soll der Untersuchung und Bewertung möglicher Einwirkungen von versagenden Böschungen auf das Umfeld dienen. Schwerpunkte stellen dabei die Standsicherheitsanalyse für Böschungen einschließlich deren Vorfelder und die Risikoabschätzung durch differenzierte Untersuchungs- und Bewertungsverfahren unter Berücksichtigung der Nutzung der Tagesoberfläche dar. In der interdisziplinären geotechnisch-markscheiderischen Untersuchung und Bewertung werden die natürlichen und/oder abbaubedingt gestörten Wasserwegigkeiten berücksichtigt. Die Ergebnisse der Untersuchung und Bewertung der örtlichen altbergbaulichen Verhältnisse bilden die Grundlage für die Planung der Geländenutzung, ggf. erforderliche weitere Untersuchungen und daraus resultierende notwendige Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen.

2.2 Begriffe

Die in der *Empfehlung – Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau* definierten, grundlegenden Fachbegriffe werden hier in gleicher Weise verwendet.

Weiterhin liegen der Empfehlung die folgenden Begriffsdefinitionen zu Grunde:

Tagebau

Ein Tagebau ist ein von der Erdoberfläche aus hergestellter Abbauraum zur Gewinnung mineralischer Rohstoffe.

Tagebaurestloch

Ein Tagebaurestloch ist ein Tagebauraum nach Beendigung der bergbaulichen Tätigkeit.

Halde

Eine Halde ist eine Aufschüttung auf unverritztem oder wieder urbar gemachtem Gelände, die im Wesentlichen aus mineralischen Rohstoffen oder Abraum besteht.

Kippe

Eine Kippe ist eine Aufschüttung innerhalb des Tagebaurestloches, die im Wesentlichen aus mineralischen Rohstoffen oder Abraum besteht.

Böschung

Eine Böschung ist eine durch Einschnitt oder Aufschüttung entstandene geneigte Lockergesteins- oder Felsoberfläche.

3

Empfehlung „Sicherungs- und Verwahrungsarbeiten im Altbergbau“

Vorbemerkung

Der Arbeitskreis 4.6 „Altbergbau“ erarbeitet zu verschiedenen Schwerpunkten des Altbergbaus Empfehlungen. Sie sind Anleitungen zum einheitlichen und effizienten ingenieur- und bergtechnischen Umgang mit den altbergbaulichen, schadensrelevanten Hinterlassenschaften. Die differenzierten bergtechnischen Maßnahmen kommen zur Gewährleistung der Sicherheit insbesondere in Abhängigkeit von der Nutzung der Tagesoberfläche zum Einsatz.

Die vorliegende Empfehlung zu Sicherungs- und Verwahrungsarbeiten im Altbergbau behandelt den praktischen Teil der inhaltlich vielschichtigen Aufgabenstellung von bergtechnischen Maßnahmen im Locker- und Festgesteinsbereich. Sie baut insbesondere auf den Empfehlungen Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau und Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Tagebaurestlöchern, Halden und Kippen des Altbergbaus auf.

3.1 Zielstellung

Bei der Bearbeitung von altbergbaulichen Hinterlassenschaften stellen die Sicherungs- und Verwahrungsarbeiten im Ergebnis der geotechnisch-markscheiderischen Untersuchung und Bewertung den praktischen Schwerpunkt zur Beseitigung und Vermeidung von altbergbaulich bedingten Schäden dar. Durch häufig fehlende und unzureichende Datenbasis zum Altbergbau besteht bei den meisten bergtechnischen Maßnahmen eine untrennbare Einheit von Erkundung und Sicherung/Verwahrung. Mittels differenzierter bergtechnischer Maßnahmen werden die altbergbaulichen Erscheinungsbilder und deren Einwirkungsbereiche beseitigt, grundhaft verändert oder dauerhaft gesichert, um nachteilige Veränderungen an der Tagesoberfläche bei einer Nutzung auszuschließen und insbesondere die öffentliche Sicherheit nachhaltig zu gewährleisten. Grundsätzlich wird durch die bergtechnischen Maßnahmen im Unter- und Übertagebereich das Ausgangsrisiko auf ein akzeptables Restrisiko reduziert. Mittel- bis langfristig kann dann von einer zweckgebunden sicheren Nutzung der Tagesoberfläche in einem altbergbaulich beeinflussten Gebiet ausgegangen werden. In Abhängigkeit von den eingesetzten Maßnahmen sind dabei dauerhafte Si-

cherungen und Verwahrungen zu unterscheiden. Als „Ewigkeitslast“ verbleibt jedoch in einem altbergbaulich überprägten Gebiet trotz hergestellter Sicherheit das altbergbaulich bedingte Restrisiko.

Die Empfehlung soll praxisorientierte, fachspezifische Grundlagen nach dem Stand der Technik aufzeigen und einen Überblick über die Herangehensweise bei den bergtechnischen Arbeiten im Altbergbau geben. Der Umfang der notwendigen Maßnahmen wird maßgeblich von der derzeitigen oder geplanten Nutzung der Tagesoberfläche bestimmt.

3.2 Begriffe

Bereits in den ersten beiden Empfehlungen des AK 4.6 *Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau* von 2004 und *Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Tagebaurestlöchern, Halden und Kippen des Altbergbaus* von 2009 wurden wichtige Begriffe definiert. Auf diese wird in dieser Empfehlung aufgebaut. Bei einigen Definitionen war eine geringfügige Ergänzung notwendig:

Grubenbaue

Alle bergmännisch angelegten Hohlräume zum Zwecke der Aufsuchung und Gewinnung von natürlichen Rohstoffen. Als wichtige Grubenbaue sind u. a. zu nennen: Schächte, Abbaue, Stollen, Strecken, Überhauen, Gesenke.

Sonstige bergmännisch angelegte Hohlräume (z. B. Tunnel, Bergkeller, Kaverne, Luftschutzanlagen) sowie Bohrungen und Brunnen sind äquivalent zu behandeln.

Sanierung

Die Sanierung ist die Gesamtheit aller bergtechnischen Maßnahmen zur Herstellung der unter- und übertägigen Sicherheit im Einwirkungsbereich von altbergbaulichen Erscheinungsbildern.

Die Sanierung umfasst die Begriffe Sicherung und Verwahrung. In der Abb. 3.1 sind die inhaltlichen Zusammenhänge grafisch dargestellt.

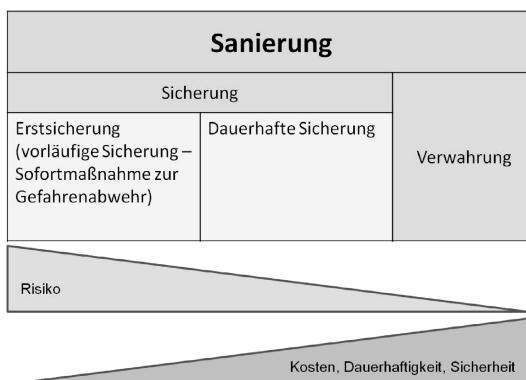


Abb. 3.1 Inhalte der bergtechnischen Sanierungsmaßnahmen.

4

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

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 Altbergbaus 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.

4.1 Zielstellung

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

- 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 bebauten 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 Altbergbaus entgegengewirkt werden.

4.2 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. 4.1).

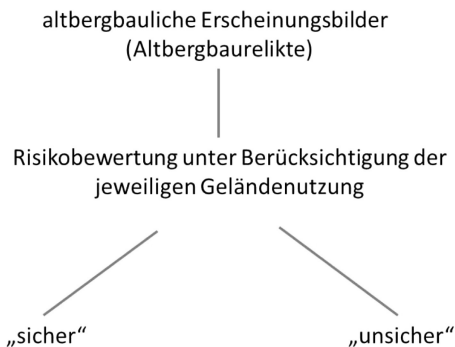


Abb. 4.1 Grundsätzliches Bewertungsschema von altbergbaulichen Erscheinungsbildern.

Geodynamische Prozesse

Exogene, endogene und anthropogene Einwirkungen auf die geologischen Körper und deren Eigenschaften an der Tagesoberfläche und in den oberen Gebirgs-

5

Empfehlung „Wasserführende Stollen: Erkundung – Bewertung – Sanierung“

Vorbemerkungen

Die vorliegende Teilempfehlung ist Bestandteil einer abgestimmten Reihe von praxisorientierten Empfehlungen zum Umgang mit altbergbaulichen Hinterlassenschaften, die der Arbeitskreis 4.6 „Altbergbau“ der Fachsektion Ingenieurgeologie der DGGT e. V. in Kooperation mit dem DMV e. V. in loser Folge erarbeitet. Die Empfehlung zielt vor allem auf eine einheitliche, effiziente Bewertung und Herangehensweise an die Erkundung, Bewertung, Risikoziordnung, Sanierung und Nachnutzung des Altbergbaus. Die bereits vorliegenden vier Teilempfehlungen stellen für das Verständnis dieser Ausarbeitung eine wichtige Bezugsbasis dar.

5.1 Zielstellung

Wasserführende Stollen bilden ein untertägliches Drainage- und Abflusssystem, dessen Erhalt und Fortbestand in vielen Bergbauregionen wesentliche Voraussetzung für stabile hydraulische und geotechnische Verhältnisse ist. Ebenfalls haben die Stollen eine große Bedeutung für den konvektiven Grubengastransport im Deckgebirge. Der dauerhafte, kontrollierbare und störungsfreie Wasserabfluss bestimmt als Ewigkeitslast des Altbergbaus die grundlegenden sicherheitsrelevanten Eigenschaften für eine sichere Nutzung der Tagesoberfläche. Die wasserführenden Stollen stellen daher von allen schadensrelevanten Hinterlassenschaften des historischen sowie noch stillzulegenden Bergbaus einen bedeutenden Schwerpunkt bei der geotechnischen, hydrogeologischen und markscheiderischen Untersuchung, Bewertung sowie bergtechnischen Sanierung dar. Wasserausbrüche aus Stollen, hervorgerufen durch unkontrollierte Standwasserbildungen im zu entwässernden Grubengebäude oder durch verströmende Wässer von der Tagesoberfläche in Grubenbaue über Schächte und Abbaue bei Extremniederschlägen, Hochwasser oder Tauwetter können die öffentliche Sicherheit gefährden und zu erheblichen Schadensereignissen führen. Die Veränderungen der physikochemischen Eigenschaften des Stollenwassers bergen Potentiale für Umweltschäden. Die zunehmenden klimatischen Veränderungen in Form von Extremwetterlagen stellen wachsende Anforderungen an die Sanierungsplanung von Wasserlösestollen.

Unter Ausnutzung der Morphologie und des freien Gefälles wurde mit erheblichen Kostenaufwendungen in fast allen Bergbaurevieren Mitteleuropas eine Vielzahl von Stollen zur Ableitung des Gruben- und Betriebswassers sowie zur Gebirgsdrainage angelegt. Wasserlösestollen besaßen und besitzen für den Altbergbau eine signifikante Bedeutung. In vielen Fällen sind sie als technische Jahrhundertbauwerke einzustufen. An die Erkundung und Sanierung stellen sie hohe Anforderungen.

Die vorliegende Empfehlung beinhaltet die notwendigen Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen für Wasserlösestollen aus geotechnischer, hydrogeologischer und markscheiderischer Sicht. Sie zeigt die erforderlichen Erkundungs- und Bewertungskriterien auf und umreißt die hydraulischen Rahmenbedingungen.

5.2 Wichtige Stollenarten, Begriffe und Definitionen

Die verschiedenen Stollenarten und wasserführenden Grubenbaue haben unterschiedliche Funktionen und Aufgaben zu erfüllen:

- komplexe unter- und übertägige Ableitung des Grubenwassers bis zum Vorfluter;
- Drainage des durchfahrenen Gebirges und insbesondere der Lagerstätte;
- Bewetterung des Grubengebäudes;
- Lagerstättenerkundung;
- Abbau der Lagerstätte im unmittelbaren Stollenbereich;
- Zugang und Transportweg nach über- und untertage;
- aus den Stollenarten ergeben sich auch differenzierte schadensrelevante altbergbauliche Einwirkungen. Wasserlösestollen werden dabei in der nachfolgenden Beschreibung in den Fokus der Betrachtungen gestellt. Hierbei sind nicht nur aktive wasserführende Stollen, sondern auch solche, die diese Funktion einmal innehatten bzw. zukünftig wieder erhalten können, zu betrachten.

Wasserlösestollen (auch Erbstollen, tiefer Stollen, Hauptstollen, Revierstollen, Königlicher Stollen, Communstollen, fiskalischer Stollen, wasserführender Stollen) sind streckenartige Grubenbaue zur Entwässerung des Gebirges im freien Gefälle. Sie wurden von Talflanken aus leicht ansteigend aufgefahren. Wasserlösestollen können als kapitale Grubenbaue enorme Längen erreichen (z. B. der Roths Schönberger Stollen bei Freiberg mit ca. 50 km), zumal auch die abzweigenden Flügelörter (Haupt- und Nebenflügel) zur Gesamtlänge gezählt werden. Aufgrund der großen Längen waren zur Auffahrung der Stollen oft zahlreiche Lichtlöcher zur Förderung und Bewetterung notwendig. Insbesondere kann davon ausgegangen werden, dass – je älter ein Stollen und je geringmächtiger die Überdeckung – umso mehr Lichtlöcher pro Längeneinheit abgeteuft wurden. Untertägige Abzweigungen werden als **Stollenflügel** bezeichnet. Zum Stollen gehören auch die **Lichtlöcher**, die insbesondere zur Bewetterung und zum Transport bei der Auffahrung des Stollens angelegt wurden. Dabei handelt es sich vorrangig um vertikale Schächte, die bis zum Stollenniveau reichen und während der Betriebszeit und danach zur Wartung sowie Unterhaltung des Wasserlöse-

6

Empfehlung „Grubengase im Altbergbau“

Vorbemerkungen

Der Arbeitskreis 4.6 „Altbergbau“ der Fachsektion Ingenieurgeologie der DGGT e. V. in Kooperation mit dem DMV e. V. erarbeitet in loser Folge fachlich orientierte Teilempfehlungen zu verschiedenen praxisbezogenen Schwerpunkten beim Umgang mit altbergbaulichen Hinterlassenschaften im Unter- und Über Tagebereich. Ein weiterer, sicherheitsrelevanter Eckpfeiler zu den bisher erarbeiteten Empfehlungen beinhaltet die vorliegende Thematisierung „Grubengase im Altbergbau“.

Diese Teilempfehlung konzentriert sich aus geotechnischer und bergtechnischer Sicht vor allem auf eine einheitliche, effiziente Herangehensweise beim Umgang mit grubengasführenden Altbergbaurelikten. Die Schwerpunkte liegen dabei auf der Risikozuordnung, Sanierung und Nachnutzung von Grubenbauen der unterschiedlichsten Art sowie auch von Halden, Kippen und Restlöchern. Die bereits vorliegenden fünf Teilempfehlungen sind Bestandteile einer einheitlichen sicherheitsbezogenen Gesamtbetrachtung der Altbergbauproblematik. Diese Empfehlung rundet die ganzheitliche Betrachtungsweise der fachspezifischen Gesteins- und Gebirgseigenschaften mit ihren festen, flüssigen und gasförmigen Grundkomponenten ab. Es wird empfohlen, bei der Anwendung dieser nunmehr 6. Teilempfehlung die bisherigen Empfehlungen des Arbeitskreises 4.6 in die Gesamtbetrachtung mit einzubeziehen.

6.1 Zielstellung

Die vorliegende Empfehlung hat die Zielstellung, die unterschiedlich anfallenden Grubengase und den Grubengastransport in altbergbaulich überprägten und insbesondere in luftegefüllten Grubengebäuden zu analysieren. Die Naturgesetze und ihr Wechselspiel mit dem Grubenwasser sowie mit dem felsigen bis steinig-sandig-tonigen Deckgebirge sind in ihrer Komplexität bei der Erkundung und Sanierung von Altbergbaurelikten zu berücksichtigen. Primär sind giftige Gase, oft lagerstättenbedingt und in Verbindung mit Grubenwasser, Gegenstand von notwendigen Gefahrenabwehrmaßnahmen. In übertägigen Bereichen kann es zu Halden- und Kippenbränden mit giftigen Gasaustritten kommen, was in bebauten Gebieten zu erheblichen Gefährdungen für Mensch und Umwelt sowie Be-

lästigungen führen kann. Auch Rutschungen oder Verflüssigungen von sandig-schluffigen Sedimenten sind hier schadensrelevant. Liegt eine Bebauung vor, sind bei permeablem Deckgebirge Wechselwirkungen zwischen Grube und Bebauung zu erwarten. Die Richtung und Intensität der Migration der Grubengase hängen vom Luftdruckverlauf und von den Temperaturdifferenzen zwischen Grube und Außenluft ab.

Die grundsätzliche Zielstellung der Empfehlung umfasst vor allem die Beschreibung der geotechnisch-bergtechnischen und sicherheitsrelevanten Rahmenbedingungen. Die Gaszirkulation ist in ihrer Komplexität den geodynamischen Prozessen zuzuordnen. Insbesondere bei den geotechnisch-markscheiderischen Erkundungsmaßnahmen sowie bergtechnischen Sanierungsarbeiten im Altbergbau sind diese Zusammenhänge zu berücksichtigen. Die vermessungstechnische Erfassung der Gaswegigkeit in einer dreidimensionalen Darstellung ist dabei fester Bestandteil von bergtechnischen über- und untertägigen Arbeiten. Archivrecherchen sind ebenfalls Bestandteil einer aufgabenbezogenen Sichtung und Nutzung von historischen Unterlagen, was auch Inhalt von bergschadenkundlichen Analysen ist.

Die rechtlichen und ausschließlich sicherheitsbezogenen Bewertungen der Grubengase (z. B. zulässige Grenzwerte, MAK-Werte) sind nicht Gegenstand dieser Empfehlung. Ebenfalls werden die unterschiedlichen natürlichen und künstlichen Gefährdungspotentiale sowie Gesundheitsrisiken auf den Menschen im Rahmen dieser Empfehlung nur begrenzt berücksichtigt.

6.2 Wichtige Grubengasarten im Altbergbau

Die Arten der Grubengase im Altbergbau unterscheiden sich nicht grundlegend von denen des aktiven Bergbaus. Es dominieren im Altbergbau die Grubengase, die durch natürliche physikalisch-chemische Prozesse entstehen. Als Folge von Grubengaszutritten können böse (giftige), schlagende (explosible) und matte (sauerstoffarme) Wetter entstehen, die durch eine Bewetterung verdünnt und abgeführt werden müssen. Im Rahmen der Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen im Altbergbau kann es auf der Grundlage von Wettermessungen in den abgeworfenen Grubenbauen erforderlich werden, dass temporär und partiell ein künstliches Wetterregime installiert werden muss. Durch technische Maßnahmen wird zur Wetterführung im Grubengebäude ein permanent fließender Wetterstrom erzeugt. Es werden dabei blasender, saugender und natürlicher Wetterzug unterschieden. In der Tab. 6.1 sind die gefährlichen Eigenschaften von matten, bösen und schlagenden Wettern zusammengestellt. Die sicherheitsrelevanten Probleme des Radongases werden im nachfolgenden Text gesondert behandelt.

Im Bereich des Altbergbaus sind Haldenbrände (Schwelbrände) in Verbindung mit Pyrit und kohlenstoffreichen Nebengesteinen keine Seltenheit. Insbesondere ist bei der Umlagerung von kohlenstoffreichem Haldenmaterial auf Selbstentzündungen zu achten. Der exotherme Vorgang führt auch zu weiteren Gasentwicklungen einschließlich Gasgemischen der unterschiedlichsten Art mit schadenswirksamen Gefährdungspotentialen.

7

„Bergschadenkundliche Analyse“ Grundlagen – Stand – Inhalt – Risikobewertung

7.1 Ausgangssituation

Die Menschen unternahmen bereits sehr früh in ihrer Entwicklung bergbauliche Aktivitäten, bspw. in Form von Gräbereien auf Feuerstein und Rötel oder Stollenbetrieb sowie Solegewinnung aus Salzquellen, was auch in Mitteleuropa mehrfach nachgewiesen wurde. Intensiver, über tausend Jahre alter tagesnaher und oberflächennaher Bergbau fand, beginnend am Harzer Rammelsberg bei Goslar, seit dem 11. Jahrhundert mit geregelter Abbau u. a. von Gold-, Silber-, Zinn-, Eisen- und Kupfererzen in den deutschen Mittelgebirgen statt. Aber auch die Gewinnung von Natursteinen als Baumaterial hinterließ fast flächendeckend tiefgreifende gebirgsmechanische und strukturelle Veränderungen im tages- sowie oberflächennahen Gebirge. Die hydrogeologischen Verhältnisse wurden dadurch ebenfalls grundhaft verändert. Seit dem 18. Jahrhundert kam es zunehmend zu größeren flächendeckenden, umweltbeeinflussenden und sicherheitsrelevanten bergbaulichen Eingriffen in das Gebirge. Bis heute finden diese irreversiblen anthropogenen Veränderungen noch in einem großen Umfang statt. Dazu zählen vor allem der Braun- und Steinkohlenbergbau sowie die Steine- und Erdenindustrie aber auch der Kali- und Salzbergbau. In vielen Bergbaurevieren gab es über die Jahrhunderte mehrfache Abbauepochen. Oft kamen in einem bestimmten Gebiet auch verschiedene Rohstoffe, meist zeitlich verschoben, zum Abbau.

Im Rahmen der Durchsetzung der industriellen Revolution mit dem Beginn des 19. Jahrhunderts wurden der Braun- und Steinkohlentiefbau, aber auch der Steinsalz- und Kalibergbau forciert. Der Braunkohlenbergbau wurde durch die Entwicklung der Tagebautechnik seit etwa um 1900 verstärkt übertägig betrieben. Begrenzter untertägiger Braunkohlenbergbau ging jedoch bis in die 80er-Jahre des 20. Jahrhunderts um. Insbesondere in den mitteldeutschen Braunkohlenrevieren einschließlich der Lausitz kam es durch die großflächige Tief- und Tagebautätigkeit zu einer scherenartigen Entwicklung zwischen Abbau und Sanierung, wo zunehmend devastierte Flächen brachfielen und somit einer Nutzung entzogen wurden. Nach 1945 erfolgte diese progressive Landnahme in fast allen Bergbauzweigen, wie z. B. im Braun- und Steinkohlenbergbau oder im Uran-, Zinn-, Eisen- und Spatbergbau.

Diese tiefgreifenden anthropogenen Veränderungen des tages- und oberflächennahen Gebirgskörpers führten zu zahlreichen altbergbaulichen Ewigkeitslasten sowie zu sicherheits- und schadensrelevanten Einwirkungen auf die Ta-

gesoberfläche. Sie bilden heute die Ausgangssituation für notwendige ingenieur- und bergtechnische Erkundungs- und Sanierungsarbeiten an verschiedenen Altbergbauobjekten sowie deren Einwirkungsbereichen in fast allen Bergbauzweigen. Dabei nehmen die stets angreifenden geodynamischen Prozesse in ihrer Einheit von endogenen, exogenen und anthropogenen Bestandteilen z. T. massiven Einfluss auf den Zustand der Altbergbaurelikte und deren schadensrelevante Veränderungen. Durch die zunehmende intensive Nutzung der bergbaulich überprägten Geländeoberfläche sind die Verhinderung bzw. Minimierung der altbergbaulichen Einwirkungen, insbesondere auf die öffentliche Sicherheit, zwingende ingenieur- und bergtechnische Aufgaben.

Die Hinterlassenschaften des Altbergbaus sind in Abhängigkeit von den Eigenschaften der hangenden Gesteinsschichten, den Lagerstättenverhältnissen, dem Abbauegegenstand, dem Alter der Auffahrungen, der Wassersituation und den eingesetzten Abbautechnologien sehr vielschichtig. Weitere Unterschiede ergeben sich durch die Überlagerung von über- und untertägigem Bergbau oder deren Kombination. Die altbergbaulichen Gegebenheiten sind bei der Bearbeitung von möglichen schadensrelevanten Einwirkungen auf die Tagesoberfläche in ihrer Komplexität zu behandeln. Die geotechnischen Eigenschaften des bergbaulich überprägten Gebirges sind auch in den drei physikalischen Phasen (fest, flüchtig, gasförmig) zu bewerten. Einen sehr hohen Einfluss auf die Schadenswirkung nehmen dabei die hydrogeologischen Verhältnisse.

Mit den teils flächendeckenden Stilllegungen von Tage- und Tiefbauen sowie ganzer Reviere nach dem 2. Weltkrieg und insbesondere nach der „Wende“ ergab sich verstärkt die Notwendigkeit, die Hinterlassenschaften dieser Bergbauepochen zu erfassen, zu dokumentieren und bei Bedarf zu sanieren. Zusätzlich zu der Beseitigung von zahlreichen Schadensereignissen war es notwendig, neben der Wiederherstellung der Sicherheit an der Geländeoberfläche, besonders die bergbaulich in Anspruch genommenen Flächen einer sicheren, umweltgerechten Nachnutzung zuzuführen. Ein wichtiges Instrumentarium bildete und bildet dabei die bergschadenkundliche Analyse (BSA). Sie ist die komplexe Grundlage für die Vorbereitung der nutzungsorientierten sowie der umweltgerechten, bergtechnischen Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen [9].

Mit der Erstellung einer BSA sollten folgende Schwerpunkte aus fachlicher Sicht bearbeitet werden:

- Klare Trennung von sicheren und unsicheren altbergbaulich beeinflussten Bereichen.
- Bei der fachlichen Bewertung sind allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten, revierbezogene Zusammenhänge und objektspezifische Besonderheiten der altbergbaulichen Einwirkungen zu trennen.
- Der Inhalt einer BSA sollte sich an dem derzeitigen Stand der Technik orientieren. Die Grundlagen dazu sind die Empfehlungen des Arbeitskreises „Altbergbau“ der DGGT und DMV.
- Der Umfang einer BSA sollte überschaubare Größenordnungen aufweisen und stets auf die fachlich orientierte Aufgabenstellung mit einem klaren Sanierungsziel fokussiert sein.

- Bergschadenkundliche Analysen sind anwenderfreundlich und klar verständlich zu gestalten. Eine Vereinheitlichung von Text, Riss und Dokumentation erleichtert die Arbeit mit verschiedenen BSA eines Revieres oder einer Bergbauregion.
- Die Vergabe von Risikoklassen an altbergbauliche Einwirkungsbereiche sollte unter Zugrundelegung der Genese von altbergbaulichen Erscheinungsbildern und aktuellen, objektspezifischen, geotechnischen Kennwerten erfolgen.
- Im Ergebnis einer BSA sind nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung der Sanierungsziele und der Nutzung der Tagesoberfläche angepasste Erkundungs- und Sanierungstechnologien vorzuschlagen [4, 11]. In vielen Fällen werden auch Kostenbetrachtungen und eine Prioritätenliste der Sanierungsobjekte gewünscht.

7.2 Wichtige Definitionen und Begriffe

Altbergbau

Aus fachlicher Sicht wird unter Altbergbau die Gesamtheit aller bergmännisch hergestellten Hohlräume (Grubenbaue) einschließlich Bohrungen sowie Tagebaue, Kippen und Restlöcher verstanden, die bergbaulich nicht mehr genutzt werden.

Sonstige in geschlossener Bauweise aufgefahrene unterirdische Hohlräume nicht bergbaulichen Ursprungs wie z. B. Bergkeller, Höhler, Luftschutzstollen und Tunnel erfahren durch ihre Vergleichbarkeit mit Grubenbauen eine sinnge- mäße Zuordnung [1, 2]. Sie werden äquivalent betrachtet.

Von Altbergbau wird aus fachlicher Sicht dann gesprochen, wenn die unmittelbaren Abbaueinwirkungen des aktiven Bergbaus abgeklungen sind und die Gebirgs- sowie Grubenbauveränderungen auf den Einwirkungen der geodynamischen Prozesse beruhen.

Geodynamische Prozesse

Es handelt sich um Veränderungen der geologischen Körper und deren sicherheitsrelevanten Eigenschaften an der Tagesoberfläche sowie in den oberen natürlichen und künstlichen Gebirgsschichten, die vor allem auf die Nutzung als Bau-

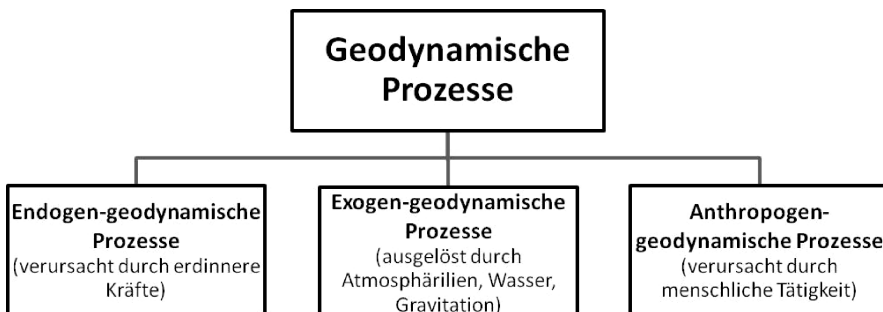


Abb. 7.1 Bestandteile der geodynamischen Prozesse.

8

Empfehlung „Monitoring im Altbergbau“

Vorbemerkung

Der Arbeitskreis 4.6 „Altbergbau“ der DGGT e. V. in Kooperation mit dem DMV e. V. erarbeitet zu verschiedenen Schwerpunkten des Altbergbaus Empfehlungen. Sie sind Anleitungen zum einheitlichen und effizienten ingenieur- und bergtechnischen Umgang mit den schadensrelevanten, altbergbaulichen Hinterlassenschaften.

Dabei sind die ingenieur- und bergtechnischen Maßnahmen insbesondere auf die sicherheitsrelevanten Zielstellungen ausgerichtet. Die Einbeziehung eines ziel- und zweckorientierten Monitorings ist dabei in allen Phasen der Bearbeitung altbergbaulicher Objekte zu prüfen.

Die vorliegende Empfehlung zum Monitoring im Altbergbau behandelt die in diesem Zusammenhang mit anfallenden differenzierten und vielschichtigen Aufgabenstellungen. Bei der Anwendung der vorliegenden Empfehlung bilden die bereits vorliegenden vier Empfehlungen eine wichtige Bezugsbasis.

8.1 Monitoring im Altbergbau – Aufgaben und Zielstellung

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 sowie auch vom Altbergbau beeinflusste Objekte und deren Umfeld zu verstehen (Quelle: 4. Empfehlung des AK 4.6).

Der Problemkreis der Risikoanalyse und -bewertung wird in der 1. Empfehlung des AK 4.6 behandelt. Weiterhin wird in der 1.–4. Empfehlung des AK 4.6 auf entsprechende Monitoringaufgaben für Altbergbauobjekte hingewiesen.

8.2 Wechselbeziehungen Risiko und Monitoring

Ist durch bergtechnische und/oder bautechnische Maßnahmen sowie auch Absperrungen das Risiko von Schadensereignissen an über- und untertägigen Alt-