

## **Empfehlung**

### **„Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Tagebaurestlöchern, Halden und Kippen des Altbergbaus“ \***

Autorenkollektiv

#### **Zusammenfassung**

*Unter dem Dach des Arbeitskreises 4.6 „Altbergbau“ der Fachsektion Ingenieurgeologie der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V. (DGGT) und des Deutschen Markscheidervereins e. V. (DMV) haben Fachleute aus Lehr- und Forschungseinrichtungen, Fachbehörden, Ingenieurbüros sowie Bergbau- und Sanierungsunternehmen ihre vielfältigen Erfahrungen auf dem Gebiet der geotechnisch-markscheiderischen Untersuchung und Bewertung von Tagebaurestlöchern, Halden und Kippen des Altbergbaus zusammengetragen. Ziel des Arbeitskreises war es, eine Empfehlung zu erarbeiten, welche die gegenwärtige, dem Stand der Technik entsprechende Vorgehensweise beschreibt. Die vorliegende Empfehlung soll vor allem Ingenieurbüros und Fachfirmen, aber auch Behörden bei der Planung, Durchführung und Dokumentation geotechnisch-markscheiderischer Untersuchungen und Bewertungen von Tagebaurestlöchern, Halden und Kippen des Altbergbaus unterstützen.*

#### **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 Abschnitte 2 und 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

---

\* Veröffentlicht in: Tagungsband 9. Altbergbau-Kolloquium, Leoben, 05. - 07.11.2009, Anhang S. 1 - 16, VGE Verlag GmbH, Essen 2009

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.

## **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 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 Abbauraum 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 Tagebaurestlochraumes, die im Wesentlichen aus mineralischen Rohstoffen oder Abraum besteht.

### **Böschung**

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

### **Böschungsbewegung**

Lageveränderung einer Böschung oder eines Böschungssystems infolge Schwerkraftwirkung und/oder Zusatzkräften.

### **Gefährdung**

Die Gefährdung ist ein sich durch geogene oder durch anthropogene Veränderungen der Gebirgsverhältnisse ergebender Zustand an der Tagesoberfläche, der beim Zusammentreffen mit einem Schutzgut zur Gefahr wird und ggf. zu Schäden führen kann (in Anlehnung an EN ISO 12100-1:2003).

### **Sicherheit gegenüber einer Gefährdung**

Zustand, in dem die Gefährdung durch geeignete Maßnahmen unter Kontrolle gehalten oder auf ein akzeptables Maß beschränkt bleibt.

### **Geotechnische Sicherheit**

Die Geotechnische Sicherheit gewährleistet die weitgehende Abwendung von Risiken aus ingenieurgeologischen, hydrologischen, boden- bzw. felsmechanischen und technologischen Gegebenheiten.

## **3 Bearbeitungsetappen und Erkenntnisstufen**

Die geotechnisch-markscheiderischen Untersuchungen und Bewertungen werden im Allgemeinen durch einzelne Schadensereignisse, Erschließungsarbeiten oder örtliche, räumlich meist eng begrenzte, prophylaktische Untersuchungen von Altbergbaugebieten ausgelöst. Die grundlegenden Schritte bei der Risikountersuchung und –bewertung sowie bei der Gefahrenabwehr in Altbergbaugebieten sind in der Abbildung 1 der Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ dargestellt.

Bei der geotechnisch-markscheiderischen Untersuchung und Bewertung von altbergbaulichen Einwirkungen auf die Tagesoberfläche ergeben sich unterschiedliche Erkenntnisstufen.

- I. Allgemeingültige Erkenntnisse und Gesetzmäßigkeiten zum Altbergbau als Untersuchungs- und Bewertungsgrundlage
- II. Bergbauzweigbezogene und revierspezifische Erkenntnisse und Gesetzmäßigkeiten
- III. Örtliche und ggf. objektspezifische Erkenntnisse und Gesetzmäßigkeiten

In der Empfehlung werden nur die Erkenntnisse zum Altbergbau berücksichtigt, deren Verbreitung eine Systematisierung rechtfertigt. Bezogen auf bergbauliche Aktivitäten im Tagebaurestlochbereich sowie an Halden und Kippen gehören hierzu insbesondere folgende Bergbauzweige:

- Erzbergbau
- Kali- und Steinsalzbergbau
- Steinkohlenbergbau
- Braunkohlenbergbau
- Steine und Erden-Bergbau

#### **4 Zu beachtende Rechtsvorschriften, Verwaltungsanweisungen und Normen**

Die geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau erfolgt vor dem Hintergrund einer Vielzahl verschiedener, bundeseinheitlicher, teilweise aber auch länderspezifischer Rechtsvorschriften (z. B. Gesetze, Verordnungen) und Verwaltungsanweisungen (z. B. Richtlinien, Erlasse), die in Abhängigkeit von der jeweiligen Aufgabenstellung insbesondere bei der Risikobewertung zu beachten sind. Hier gilt es, die von einem Altbergbau bedingten Einwirkungsbereich ausgehenden Risiken mit einem vertretbaren Risiko in Bezug zu setzen.

Für Deutschland seien beispielhaft folgende **bundeseinheitliche Rechtsvorschriften** genannt:

- **Rechtsvorschriften des Baurechts**  
Bereiche, in denen Maßnahmen gegen Altbergbau bedingte Einwirkungen auf die Tagesoberfläche zu ergreifen sind, sind im Regelfall in der Bauleitplanung gekennzeichnet. In Baugenehmigungen werden die tatsächlich zu ergreifenden Maßnahmen häufig in Abstimmung mit den zuständigen Bergbehörden konkretisiert.
- **Rechtsvorschriften des Wasserrechts**  
Schädliche Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit eines Gewässers, z. B. durch das Einleiten von Grubenwässern, sind zu vermeiden.
- **Rechtsvorschriften des allgemeinen Polizei- und Ordnungsrechts**  
Die Vorschriften des allgemeinen Polizei- und Ordnungsrechts kommen nur dann zur Anwendung, wenn spezialgesetzliche Regelungen fehlen oder in diesen keine abschließenden Regelungen enthalten sind. Das allgemeine Polizei- und Ordnungsrecht befasst sich ausschließlich mit der Beseitigung konkreter Gefahren.

Anmerkung 1:

*Solche Zustände sind nur dann gegeben, wenn der Schadenseintritt in überschaubarer Zukunft mit hinreichender Wahrscheinlichkeit absehbar ist und eine Bedrohung von Schutzgütern der öffentlichen Sicherheit (insbesondere Leib und Leben von Menschen oder Sachgüter von hohem Wert) vorliegt. Eine präventive Untersuchung und Bewertung von Altbergbaugebieten ist dem*

*allgemeinen Polizei- und Ordnungsrecht unbekannt. Da polizei- und ordnungsrechtliche Angelegenheiten in die Gesetzgebungskompetenz der Länder fallen, kommt für die Abwehr Altbergbau bedingter Gefahren das jeweilige (Landes-) Polizei- bzw. Ordnungsbehördengesetz zur Anwendung.*

Anmerkung 2: BBergG

*Die Vorschriften des Bundesberggesetzes kommen in diesem Kontext nicht zur Anwendung, da das BBergG nur auf unter Bergaufsicht stehende Betriebe anzuwenden ist und einmal beendete Bergaufsicht nicht mehr aufleben kann.*

In einigen Bundesländern Deutschlands wurden ergänzende **Rechtsvorschriften** und **Verwaltungsanweisungen** zur Ermittlung und Beseitigung Altbergbau bedingter Gefahrenstellen erlassen. Nachfolgend sind Beispiele dazu aufgeführt.

Baden-Württemberg:

- Verordnung des Wirtschaftsministeriums über die Zuständigkeit für stillgelegte Bergwerke und andere künstliche Hohlräume vom 21.11.1994 (GBl. S. 1)

Brandenburg:

- Rechtsgrundlage für das Tätigwerden des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe ist das Gesetz über Aufbau und Befugnisse der Ordnungsbehörden (Ordnungsbehördengesetz – OBG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. August 1996 (GVBl.I/96, [Nr. 21], S.266), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 29. Juni 2004 (GVBl.I/04, [Nr. 13], S.289, 294)

Mecklenburg-Vorpommern:

- Verordnung zur Übertragung von Zuständigkeiten für die Gefahrenabwehr in Altbergbauen (Altbergbauzuständigkeitsverordnung – AltBZVO M-V vom 27. Februar 1998 Mecklenburg-Vorpommern)

Sachsen:

- Polizeiverordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Arbeit über die Abwehr von Gefahren aus unterirdischen Hohlräumen sowie Halden und Restlöchern (Sächsische Hohlraumverordnung – SächsHohlVO) vom 6. März 2002 (SächsGVBl. S. 117), geändert durch Art. 2 der Verordnung vom 21. Dezember 2004 (Sächs GVBl S. 589)
- Erlass des Sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Arbeit zur Finanzierung von Maßnahmen zur Abwehr von Gefahren und zur Beseitigung von Störungen im Rahmen der Sächsischen Hohlraumverordnung sowie für Maßnahmen der nachträglichen Wiedernutzbarmachung (Bergsicherungserlass) vom 7. September 2004

Thüringen:

- Thüringer Gesetz über die Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung in Objekten des Altbergbaus und in unterirdischen Hohlräumen (Thüringer Altbergbau- und Unterirdische-Hohlräume-Gesetz – ThürABbUHG) vom 23. Mai 2001

## **DIN-Normen und Eurocodes**

Bei der Anfertigung risslicher Unterlagen zur Dokumentation der Ergebnisse der geotechnisch-markscheiderischen Untersuchung und Bewertung sind die Zeichen und Symbole der Normen für das Bergmännische Risswerk (DIN 21 901 bis DIN 21 921) anzuwenden, um die Eindeutigkeit der Darstellungen zu sichern. Für den Altbergbau ist besonders auf die Normen DIN 21 912-2 Tagebau, Teil 2: Sanierung und DIN 21 913-6 Tiefbau, Teil 6: Verwahrung bergmännisch hergestellter unterirdischer Hohlräume hinzuweisen.

Auf geotechnischem Gebiet kommen hauptsächlich folgende Normen zur Anwendung:

- DIN 1054 Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
- DIN 4084 Baugrund – Gelände- und Böschungsbruchberechnungen
- DIN 4149 Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten
- DIN EN 1997-1 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
- DIN EN 1997-2 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds

## **5 Recherchen, Aufbereitung und Analyse von Informationsquellen**

Im Rahmen geotechnisch-markscheiderischer Untersuchungen sind insbesondere folgende Informationsquellen auszuwerten:

- Markscheiderische Altrisse
- Bergmännisches Risswerk und Bergbaukartenwerk
- Bergbehördliches Kartenwerk
- Historische Karten und Stadtpläne
- Geologische, ingenieurgeologische und hydrogeologische Karten mit Beschreibungen
- Textliche und bildliche Archivalien (z. B. Behörden- und Betriebsakten)
- Literatur (z. B. Fachbuch, Heimat- und Regionalliteratur)
- Historische Luftbilder
- Archäologische Quellen

In der Regel bedarf es einer Einsichtnahme in Unterlagen, Pläne, Karten- und Rissmaterial in Archiven, bei Behörden und Bergbauunternehmen. In Abhängigkeit vom Bergbaualter kann eine Befragung von Zeitzeugen ergänzende Informationen liefern.

Historisches Kartenmaterial und Risswerk sind markscheiderisch aufzuarbeiten und in das aktuelle Kartenwerk einzupassen. Dabei ist zu beachten, dass neben der unterschiedlichen Genauigkeit der alten Pläne teilweise nur eine zeitbezogene, unvollständige Darstellung der Altbergbausituation vorliegen kann.

In Abhängigkeit von den jeweiligen Bergbauzweigen und deren Gewinnungszeitraum kann nicht immer davon ausgegangen werden, dass markscheiderische Aufmessungen angefertigt wurden oder noch vorhanden sind.

Die Informationsquellen lassen sich in Unterlagen, die der Allgemeinheit öffentlich zur Verfügung stehen, und in nicht öffentlich zugängliche Unterlagen, die von Fachleuten bei Bedarf bei den Behörden eingesehen werden können, unterteilen.

In der Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ ist eine Tabelle mit einer Zusammenstellung der Informationsquellen enthalten. Diese Tabelle gibt weitere Hinweise auf nutzbare Informationsquellen und Herausgeber bzw. Bezugsquellen.

## **6 Geotechnisch-markscheiderische Grundlagen**

### **6.1 Ursache-Wirkung-Beziehungen**

Die Standsicherheit von Böschungen in Tagebauen und Restlöchern bzw. an Kippen und Halden wird von der Geländeform, der Böschungsgeometrie, den boden-, den felsmechanischen und geochemischen Eigenschaften des Fest- und Lockermaterials sowie den hydrologischen Verhältnissen bestimmt. Hinzu können Einwirkungen und Beanspruchungen aus ständig bzw. zeitweise wirkenden Lasten, wie dem Eigengewicht von Bauwerken, Verkehrslasten oder Erschütterungen kommen. Auch in oder unter Böschungen liegende Hohlräume können die Böschungsstandsicherheit beeinflussen.

Das Maß der Standsicherheit von Böschungen ergibt sich aus dem Verhältnis der materialbedingten Widerstände, wie z.B. vorhandenen Scherfestigkeiten, zu den tatsächlich auftretenden Einwirkungen aus dem Eigengewicht des Bodenmaterials, zusätzlichen ständig bzw. zeitweise wirkenden Lasten sowie weiteren Beanspruchungen aus Verkehrserschütterungen, Erdbeben und anderem.

In der Regel liegen für aufgelassene Objekte des Bergbaus und des Steine- und Erdenabbaus mit Abschluss des Betriebes Standsicherheitsnachweise vor. Bei Altobjekten können diese Nachweise fehlen, so dass zur Klärung der damit verbundenen Risiken geotechnisch-markscheiderische Untersuchungen und Bewertungen zur Feststellung der geotechnischen Sicherheit notwendig werden.

Untersuchungserfordernisse treten z. B. ein, wenn Rutschungen, die im Festgestein auch mit Felsstürzen oder Steinschlag verbunden sein können, erhöhte Risiken für die öffentliche Sicherheit erkennen lassen.

Gleiches gilt für standsicherheitsrelevante Veränderungen von Böschungen in ehemaligen Tagebauen und Restlöchern bzw. an Kippen und Halden wie z. B. durch:

- Änderung der Auflasten auf der Böschungsschulter (Aufschüttungen, Bauwerke, Verkehrswege u. ä.)
- Änderung der Geometrie (Versteilen der Böschungsflächen oder Abtrag von Böschungsteilen im Fußbereich durch Abgrabungen oder Erosion u. ä.)
- Scherfestigkeitsveränderungen durch Verwitterung u. a. in Folge von Mineralumbildungen, durch Verkarstung, durch Wurzeldruck und Frost-Tauwechsel, Holzvolumenschwund, Haldenbrände sowie durch Materialumlagerungen
- Veränderung von Kluft- und Porenwasserdrücken durch Änderung von Wasserständen vor und hinter Böschungen, Grundwasseranstieg bzw. Grundwasserabsenkung, insbesondere in Kippenböden Veränderungen von

Porenwasserdrücken durch äußere Belastungen wie Aufschüttungen und Verkehrslasten (dynamische Erschütterungen).

Schließlich können Nutzungsänderungen wie das Anlegen von Verkehrswegen, vorgesehene Bebauungen oder das Einrichten von Erholungsgebieten zum Erfordernis geotechnisch-markscheiderischer Untersuchungen und Bewertungen für Tagebaurestlöcher, Kippen und Halden führen.

Folgende Mindestanforderungen sind an Standsicherheitsuntersuchungen zu stellen:

- a) Die kinematisch möglichen Bruchmechanismen sind unter Berücksichtigung der geometrischen Bewegungsgrößen sowie der für die Böschungsstandsicherheit relevanten Lastfälle, Belastungen und Festigkeitseigenschaften hinsichtlich der vorhandenen Standsicherheit zu beurteilen.
- b) Die Beurteilung ist qualitativ und quantitativ möglich, eine quantitative Bewertung ist anzustreben.
- c) Berechnungsergebnisse sind zu begründen, zu bewerten und zu diskutieren. Insbesondere hat dies unter dem Aspekt der Berücksichtigung der bei der ingenieurgeologischen Aufnahme ausgewiesenen Sachverhalte zu erfolgen.
- d) Im Ergebnis der Standsicherheitsuntersuchung der Böschung sind die nichtstandsicheren Bereiche zu charakterisieren durch
  - die Abmessungen, die Volumina und die Lage,
  - die Bruchmechanismen, die zur Bewegung führen und
  - Aussagen zur Bruchwahrscheinlichkeit (verbal, Sicherheitskoeffizient, probabilistische Angaben, Bedingungen, die für den Bruch vorhanden sein müssen).

## **6.2 Böschungsbewegungen und deren Erscheinungsbilder**

Böschungsbewegungen werden im Allgemeinen als Rutschungen bezeichnet. Sie entstehen beim Überschreiten von Grenzzuständen und können die gesamte Böschung oder Böschungsteile erfassen.

Hinweise auf alte Böschungsbewegungen in Tagebauen und Restlöchern bzw. an Kippen und Halden deuten auf mögliche Beeinträchtigungen der Standsicherheit hin. Die Erfassung und Berücksichtigung von alten Böschungsbewegungen und dazugehörigen Gleitflächen ist deshalb besonders wichtig.

In Tabelle 1 sind die nach internationaler Nomenklatur heute unterschiedenen Rutschungstypen aufgeführt.



Tab. 1: Rutschungstypen nach der internationalen Nomenklatur der UNESCO Working Party for World Landslide Inventory (1993)

<b>Rutschungstyp</b>	<b>Kinematik</b>
Fallen	Lösen von Boden- oder Felsmaterial an einem Steilabschnitt entlang einer Fläche oder aus einer Schuttmasse, wobei nur geringe oder keine Scherbewegungen stattfinden. Das Material stürzt dann größtenteils frei fallend, springend oder rollend ab.
Kippen	Vorwärtsrotation aus der Böschung heraus von Blöcken aus Fels- oder kohäsivem Bodenmaterial um einen Punkt oder eine Achse unterhalb ihres Schwerpunktes.
Gleiten	Abwärts gerichtete Bewegung von Boden- oder Felsmassen auf Gleitflächen oder auf verhältnismäßig dünnen Zonen intensiver Scherverformung.
Driften	Laterale Bewegung von Fels- oder kohäsivem Bodenmassen bei gleichzeitigem Einsinken in liegende, weniger kompetente Schichten. Intensive Scherung auf Gleitflächen findet nicht statt. Driften kann durch Liquefaktion (Verflüssigen) oder Fließen (und Extrusion) des liegenden, weniger kompetenten Materials entstehen.
Fließen	Räumlich kontinuierliche Bewegung, bei der Scherflächen nur kurzzeitig vorhanden, dicht angeordnet und gewöhnlich nicht erhalten sind. Die Geschwindigkeitsverteilung der bewegten Masse gleicht der einer viskosen Flüssigkeit.

### **6.3 Geotechnische und messtechnische Verfahren mit Anwendungsbereichen**

Zur Untersuchung, messtechnischen Erfassung und Überwachung von übertägigen Altbergbaurelikten können zur dreidimensionalen Lagebestimmung die bekannten Verfahren der Vermessungstechnik verwendet werden.

Deformationen und andere Veränderungen an der Tagesoberfläche (Senkungen, Risse, etc.) lassen sich mittels geodätischer, photogrammetrischer und anderer fern-erkundlicher Verfahren beobachten.

Weiterhin kommen Verfahren zur geotechnischen Erkundung sowie zur Bestimmung von felsmechanischen bzw. bodenmechanischen Parametern zur Anwendung. Auf die Einhaltung der europäischen bzw. nationalen Normen sei ausdrücklich verwiesen.

In Tabelle 2 sind einige Verfahren und Anwendungsbereiche geotechnisch-markscheiderischer Untersuchungsmethoden zusammengestellt.

Bei Bedarf ist die Installation von Monitoringsystemen zu berücksichtigen.

Tab. 2: Verfahren und Anwendungsbereiche geotechnisch-markscheiderischer Untersuchungsmethoden

	<b>Verfahren</b>	<b>Anwendungsbereiche</b>	
Markscheiderische Messungen	Lage- Höhenvermessungen u.	Lagepläne	
		Schnitte	
		Digitale Geländemodelle	
	Überwachungsmessungen	Punktlagemessungen	Riss- Spaltbreitenmessungen u.
			Neigungsmessungen
			Konvergenzmessungen
			Extensometermessungen
			Inklinometermessungen
			Sonstige Messungen
	Felduntersuchungen	Kartierungen	Ingenieurgeologische Pläne
Kluftmessungen			
Gebirgsklassifikation			
Direkte Aufschlüsse		Bohrungen	Schürfe u. a.
			Indirekte Aufschlüsse
Bohrloch-/ Pegelmessungen		Grundwasserverhältnisse	Ramm- u. Drucksondierungen
			Durchlässigkeiten
			geophysikalische Messungen
			Laboruntersuchungen
Laboruntersuchungen		Festigkeitskennwerte	Druck- u. Zugfestigkeiten, Scherfestigkeitsparameter
	Laboruntersuchungen	Verformungskennwerte	Steifezahl, Verformungsmodul, Poissonzahl
Längs- Scherwellengeschwindigkeit u.			

#### **6.4 Verfahren zur Untersuchung und Prognose von Böschungsbewegungen**

Nach Vorliegen entsprechender Untersuchungsergebnisse zur Geometrie, zu den ingenieurgeologischen und hydrogeologischen Verhältnissen sowie zu den fels- oder bodenmechanischen Eigenschaften kann die Standsicherheit von Böschungen bewertet werden.

Angewendet werden empirische Verfahren, die auf Erfahrungswerten oder Auswertungen von Vergleichsrechnungen beruhen sowie analytische und numerische Berechnungsverfahren.

Empirische Bewertungsverfahren

- Grenzneigungen für standsichere Böschungen im Locker- und Festgestein
- Nomogramme für Lockergestein
- Gebirgsklassifikation für Festgestein

Berechnungsverfahren

- Grenzgleichgewichtsverfahren (Analytische Verfahren)
  - Lamellenverfahren
  - Lamellenfreie Verfahren
  - Blockgleitverfahren
- Numerische Berechnungsverfahren
  - Finite-Elemente-Methode
  - Finite-Differenzen-Methode
  - Randelemente-Methode

Die Wahl der Bewertungs- und Berechnungsverfahren sollte unter Beachtung der vorhandenen Situation, ihrer Komplexität sowie der qualitativ und quantitativ verfügbaren Eingangswerte und Randbedingungen erfolgen.

Beachtet werden muss, dass eine Reihe von Grenzgleichgewichtsverfahren national und international genormt sind. Empirische Bewertungsverfahren und numerische Berechnungsverfahren sind nicht genormt.

## **6.5 Risikoanalyse und -bewertung**

Die Methodik der Risikoanalyse und -bewertung wird in der „Empfehlung – Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ ausführlich dargestellt und erläutert. In der vorliegenden Empfehlung wird deshalb auf eine Wiederholung verzichtet und die sinngemäße Anwendung der genannten Unterlage empfohlen.

Zur Demonstration der Definition von Risikoklassen werden in den Anlagen 1 und 2 je ein Beispiel für die Bewertung von Böschungen im Festgestein bzw. Lockergestein angeführt.

## **7 Mustergliederung für eine geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung**

Im Zusammenhang mit den Untersuchungen zur Böschungsstandsicherheit ergibt sich als Grundlage der Risikoabschätzung unter Beachtung der spezifischen und standortabhängigen Besonderheiten folgende Mustergliederung:

1. Inhaltsverzeichnis
2. Veranlassung  
Aufgabenstellung, Zielsetzung, Auftraggeber
3. Verwendete Unterlagen  
Risse, Karten, Pläne, Akten u. a.
4. Lage des Untersuchungsbereiches  
geographische Lage, Morphologie, Nutzung, Bebauung
5. Geologische und lagerstättenkundliche Situation  
Regionalgeologie, Stratigraphie, Lithologie, Tektonik, Lagerstättenausbildung
6. Ingenieur- und hydrogeologische Situation  
Eigenschaften des Böschungsmaterials, Grundwasser, Chemismus, Auslaugungsprozesse
7. Bergbauhistorischer Abriss  
Zeitliche Abfolge des Bergbaus, Beschreibung der angewandten Abbauverfahren einschließlich der technischen Entwicklung, bergbauliche Eigentumsverhältnisse, Nachnutzung
8. Bekannte Schadensabfolge und durchgeführte Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen
9. Verfügbare Unterlagen und deren Bewertung
10. Messungen und Untersuchungen
  - 10.1 Vermessungen  
Mess- und Auswerteverfahren, Anschluss- und Festpunkte u. a.
  - 10.2 Geotechnische Untersuchungen  
direkte, indirekte Methoden und Sonderverfahren, Laboruntersuchungen, geotechnische Kennwertbestimmungen, Wassermessungen
  - 10.3 Beschreibung der Einwirkungsbereiche  
mit Angaben zu den Schutzgütern
11. Risikoanalyse und -bewertung  
Beschreibung des Analyse- und Bewertungsverfahrens sowie des Grenzzrisikos, Kategorisierung der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Schadensausmaßes, Prognose der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Schadensausmaßes, Klassifizierung und Wertung der Einwirkungsbereiche, Angaben zur Zuverlässigkeit der Risikoanalyse und -bewertung
12. Empfehlungen zur Durchführung von Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen  
mit Grobkostenschätzung
13. Zusammenfassung
14. Anlagenverzeichnis  
Anlagen  
verwendete Unterlagen, rissliche Darstellungen, Dokumentationen, Berechnungen, Laboruntersuchungen, Fotodokumentation

**Hinweis:**

Die vorliegende Mustergliederung ist für spezielle Aufgabenstellungen sinngemäß anzupassen.

**Anmerkung:**

Auf ein Literaturverzeichnis wurde im Rahmen der Empfehlungserarbeitung verzichtet.

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

Dipl.-Ing. C. Ackermann

Prof. Dr.-Ing. W. Busch

Prof. Dr.-Ing. K. P. Gilles

Dr.-Ing. D. Grießl

Dr.-Ing. U. Groß

Dr.-Ing. W. Hüls

Dr.-Ing. K.-H. Löbel

Dr.-Ing. habil. G. Meier (Obmann des Arbeitskreises)

Dipl.-Ing. H. Michaely

Dipl.-Ing. H. Mühlenbeck

Dipl.-Ing. H. R. Neumann

Dipl.-Ing. S. Paul

Dipl.-Ing. U. Pichler-Anegg

Prof. Dr.-Ing. A. Preuße

Dr.-Ing. H. Rauche

Dr.-Ing. J. Skrzyppek

Dipl.-Ing. H. G. Schramm

Dipl.-Ing. E. Schuscha

Dipl.-Ing. U. Süselbeck

Dipl.-Ing. C. Wedekind

Dipl.-Ing. A. Welz

Dipl.-Ing. E. Wildhagen

## Anlage 1

### Bewertungsbeispiel der Risikoklassen an Böschungen im Festgesteinsbereich

<b>Risiko- klasse</b>	<b>Geotechnische Situation und Schadensbilder</b>	<b>Vorhandene Nutzung der Geländeoberfläche im Einwirkungsbereich</b>	<b>Einschätzung der Dauerstand- sicherheit und Einwirkungs- intensität von "unerwünschten Ereignissen"</b>	<b>Empfohlene Maßnahmen</b>
I (rot)	<p>aktive Massenbewegungen (Felssturz, Steinschlag, Rutschung, Spaltenbildung)</p> <p>sehr hohe Wahrscheinlichkeit des Abkippens, Abgleitens und Fallens größerer Blöcke</p> <p>stark aufgelockerte und bewegte Kluftkörperverbände, Blöcke und Felspartien</p> <p>sehr labile Überhänge</p> <p>sehr intensive Auflockerung von Kluftverbänden durch aktive Verwitterungsprozesse</p>	<p>unmittelbare Überbauung, Bereiche mit erhöhter statischer, dynamischer und hydrologischer Belastung</p> <p>Flächen mit intensiver land- und forstwirtschaftlicher sowie gärtnerischer Nutzung</p> <p>Verkehrswege</p> <p>stark frequentierte öffentliche Bereiche</p>	<p>sehr geringe und geringe Dauerstandsicherheit</p> <p>akute Gefährdung der öffentlichen Sicherheit</p>	<p>Erstsicherung umgehend erforderlich</p> <p>dringender Handlungsbedarf für dauerhafte Sicherungsmaßnahmen oder Sanierungsarbeiten</p> <p>Nutzungseinschränkungen oder Sperrung der Geländeoberfläche notwendig</p>
II (gelb)	<p>kleinere und begrenzt aktive Massenbewegungen (Steinschlag, Rutschung, Spaltenbildung)</p> <p>hohe Wahrscheinlichkeit des Abkippens, Abgleitens und Fallens großer Blöcke</p> <p>aufgelockerte und bewegte Kluftkörperverbände, Blöcke und Felspartien</p> <p>intensive Auflockerungen durch aktive Verwitterungsprozesse und Baumbewuchs</p>	<p>Bebauungsgebiet, jedoch keine direkte Bebauung bzw. in deren unmittelbarem Einflussbereich</p> <p>Land- und forstwirtschaftliche Flächen</p> <p>gering frequentierte öffentliche Bereiche</p>	<p>sehr geringe und geringe Dauerstandsicherheit</p> <p>hohe Rutschgefährdung</p> <p>hohe Gefährdung der öffentlichen Sicherheit</p>	<p>Erstsicherung umgehend erforderlich</p> <p>Handlungsbedarf für dauerhafte Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen</p> <p>Nutzungseinschränkungen oder Sperrung der Geländeoberfläche notwendig</p>

Risiko- klasse	Geotechnische Situation und Schadensbilder	Vorhandene Nutzung der Geländeoberfläche im Einwirkungsbereich	Einschätzung der Dauerstand- sicherheit und Einwirkungs- intensität von "unerwünschten Ereignissen"	Empfohlene Maßnahmen
III (grün)	<p>fossile Massenbewegungen (Felssturz, Steinschlag, Rutschung)</p> <p>beginnendes Versagen bereits bestehender Sicherungsmaßnahmen (z.B. Steinschlagschutznetze, Stützmauer)</p> <p>starke Auflockerung durch aktive Verwitterungsprozesse und Baumbewuchs</p>	<p>Randlage von Bebauungen, jedoch außerhalb deren unmittelbarer Nutzung</p> <p>Land- und forstwirtschaftliche Fläche</p>	<p>mittelfristig ist eine Schwächung der Dauerstandsicherheit gegeben</p> <p>kurz- und mittelfristig sind keine gravitativen Massenbewegungen zu erwarten</p> <p>kurz- und mittelfristig keine unmittelbare Gefährdung der öffentlichen Sicherheit</p>	<p>periodische Kontrollen werden empfohlen (monatlich bis jährlich)</p> <p>mittel- bis langfristig sind Untersuchungs-, Sicherungs- und Sanierungsarbeiten vorzunehmen</p>
IV (blau)	<p>stabile fossile Massenbewegungen (Felssturz, Talzuschub, Rutschung)</p> <p>kein Steinschlag, jedoch Absandungen und Abgrusungen möglich</p> <p>geordneter und kontrollfähiger Wasserabfluss</p> <p>begrenzte Auflockerung durch aktive Verwitterungsprozesse und niedriger Baum- und Strauchbewuchs (&lt; 3 m)</p> <p>intakte Sicherungsmaßnahmen und/ oder Gras-/ Strauchbewuchs</p>	<p>keine Nutzungseinschränkungen</p>	<p>Dauerstandsicherheit ist gegeben</p> <p>keine Gefährdung der öffentlichen Sicherheit</p>	<p>periodische Kontrollen und Unterhaltungsmaßnahmen in größeren Intervallen</p>

Anlage 2

Bewertungsbeispiel der Risikoklassen an Böschungen im Lockergesteinsbereich

<b>Risiko- klasse</b>	<b>Geotechnische Situation und Schadensbilder</b>	<b>Vorhandene Nutzung der Geländeoberfläche im Einwirkungsbereich</b>	<b>Einschätzung der Dauerstand- sicherheit und Einwirkungs- intensität von "unerwünschten Ereignissen"</b>	<b>Empfohlene Maßnahmen</b>
I (rot)	aktive Rutschungen  Rissbildungen auf Böschungsschulter  Ausbauchungen in der Böschung  Grundbrüche am Böschungsfuß  Sehr hohe Wahrscheinlichkeit des Setzungsfließens	Bebauung  Verkehrswege  Erholungsgebiete  intensive land- und forstwirtschaftliche Nutzung	sehr geringe und geringe Dauerstand- sicherheit  aktute Gefährdung der öffentlichen Sicherheit	Absperrung als Erstsicherung  Sanierung durch Abköpfen, Gegenschütten, Rückverankern o.ä.
II (gelb)	Rissbildungen auf Böschungsschulter  Ausbauchungen in der Böschung  Grundbrüche am Böschungsfuß  hohe Wahrscheinlich- keit des Setzungs- fließens bei Grundwasseranstieg	Bebauungsgebiet, jedoch keine direkte Bebauung bzw. in deren unmittelbarem Einflussbereich  Land- und forstwirtschaftliche Flächen  gering frequentierte öffentliche Bereiche	sehr geringe und geringe Dauerstandsicherheit  hohe Rutschgefähr- dung  hohe Gefährdung der öffentlichen Sicherheit	Erstsicherung umgehend erforderlich  Handlungsbedarf für dauerhafte Sicherungs- und Sanierungs- maßnahmen  Nutzungseinschränku- ngen oder Sperrung der Geländeober- fläche notwendig
III (grün)	Begrenzte, abge- klungene Böschungs- bewegungen  zu erwartender Grundwasseranstieg  Änderungen der Böschungsgeometrie durch Baumaß- nahmen oder geogene Prozesse	Randlage von Bebauungen, jedoch außerhalb deren unmittelbarer Nutzung  Land- und forstwirtschaftliche Fläche	mittelfristig ist eine Schwächung der Dauerstandsicherheit gegeben  kurz- und mittelfristig sind keine gravitativen Massenbewegungen zu erwarten  kurz- und mittelfristig keine unmittelbare Gefährdung der öffentlichen Sicherheit	periodische Kontrollen werden empfohlen (monatlich bis jährlich)  mittel- bis langfristig sind Untersuchungs-, Sicherungs- und Sanierungsarbeiten vorzunehmen
IV (blau)	Änderungen der Böschungsgeometrie durch geogene Prozesse	keine Nutzungseinschränku- ngen	Dauerstandsicherheit ist gegeben  keine Gefährdung der öffentlichen Sicherheit	periodische Kontrollen und Unterhaltungs- maßnahmen in größeren Intervallen