

## **Geotechnisch-markscheiderische Anforderungen an Sicherungen und Verwahrungen von Schächten im Altbergbau \***

Günter Meier

### **ZUSAMMENFASSUNG:**

*In den historischen Bergbaurevieren besitzen die zahlreichen Schächte mit ihren sehr unterschiedlichen altbergbaulich bedingten Eigenschaften und Erscheinungsbildern sehr differenzierte Gefahren- und Risikopotentiale. Durch Erkundungen und bergtechnische Sicherungs- und Verwahrungsmaßnahmen können die notwendigen Sicherheitsanforderungen an der Tagesoberfläche nutzungsabhängig hergestellt werden. Ausgehend von den Definitionen für Erstsicherung, dauerhafte Sicherung und Verwahrung von Schächten werden die wichtigsten Merkmale und Inhalte aufgezeigt. Besonders hohe Anforderungen werden an Verwahrungen gestellt. Dabei sind die Eigenschaften von Verwahrungshorizont und Verwahrungskörper zu beachten. Den Abschluss von Sicherungs- und Verwahrungsmaßnahmen bildet stets eine umfassende Dokumentation zu allen ingenieur- und bergtechnischen Aktivitäten.*

### **1 Ausgangssituation**

Von den zahllosen tagesnahen Grubenbauen in den historischen Bergbaurevieren besitzen neben wasserführenden Stollen und tagesnahen Abbauen, Strecken und Überhauen vor allem Tagesschächte eine signifikante sicherheitsrelevante Bedeutung. In Abhängigkeit von einer Vielzahl von Einflussgrößen wie beispielsweise Abbauepoche, Bergbauegegenstand, Neigung und Querschnitt der Schachtröhre, Ausbauart des Schachtes, Lagerstättentyp, Schachtfunktion oder Gebirgsverhältnisse weisen die Schächte sehr unterschiedliche Eigenschaften auf. Einen sehr großen Einfluss auf die Gefahren- und Risikopotentiale von alten Schächten nehmen auch der jeweilige Erhaltungszustand und bereits durchgeführte bergtechnischen Veränderungen nach der Aufgabe des Schachtes. Offene oder teilverfüllte Schächte, Schachtverbrüche, Nachrutschen von Verfüllsäulen, beispielsweise bei Verspiegelungen und durch Holzvolumenschwund oder auch der Funktionsverlust des alten Ausbaus sowie von alten Sicherungs- und Verwahrungsmaßnahmen sind markante, teilweise katastrophale Erscheinungsbilder mit großem Gefährdungs- und Risikopotential für die Sicherheit an der Tagesoberfläche. Aufgrund dieser Ausgangssituation und der Nutzungsverhältnisse an der Tagesoberfläche, der möglichen Einwirkungen von Extremwasser durch Niederschläge und Überschwemmungen oder auch durch Grundwasserwiederanstieg in stillgelegten Bergbaurevieren besteht zunehmend für eine einheitliche geotechnisch-markscheiderische Bewertung und für eine wirkungsvolle, dauerhafte und effiziente bergtechnische Sicherung und Verwahrung von Schächten ein abgestimmter Handlungsbedarf auf hohem wissenschaftlich-technischen Niveau. Dabei ist stets zu beachten, dass im Altbergbau nur die Einheit von Erkundung, Bewertung und bergtechnischen Maßnahmen die höchste Effizienz aufweist.

---

\* Veröffentlicht in: Tagungsband 7. Altbergbau-Kolloquium, TU Bergakademie Freiberg, 08. - 10.11.2007, S. 188 bis 196, VGE Verlag GmbH, Essen 2007

Die Basis für die Durchführung aller Sicherungs- und Verwahrungsmaßnahmen bilden einerseits die rechtlichen Rahmenbedingungen und andererseits die wissenschaftlich-fachtechnischen Festlegungen, Definitionen und Zusammenhänge wie beispielsweise zu Technologien, sicherheitstechnischen Anforderungen, technischen Regeln oder Standards. Grundsätzlich gibt es keine allumfassenden, einheitlich verbindlichen Festlegungen und Regelungen für den Altbergbau. Die unterschiedlichen Erkenntnisstufen aus den allgemeingültigen Gesetzmäßigkeiten zum Altbergbau, den bergbauzweigbezogenen und revierspezifischen Erkenntnissen sowie örtliche und ggf. objektspezifische Erfahrungen sind zu berücksichtigen (Meier et al. 2004).

Bei stillzulegendem Bergbau wird der rechtliche Rahmen durch das Bundesberggesetz (BBergG § 55 Absatz 1 Ziffer 5 und Absatz 2 Ziffer 1) geregelt. Beim Bergbau ohne Rechtsnachfolger wird die Polizeiverordnung der Bundesländer herangezogen. Darauf basieren länderspezifische Verordnungen zur Gefahrenabwehr und zur Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit mit recht unterschiedlichen Inhalten.

Zahlreiche spezielle Verwaltungsvorschriften, technische Regeln, Patentschriften, Richtlinien, Empfehlungen, Grundsätze und Verordnungen zum Problem der Schachtverwahrung wurden seit den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts insbesondere durch Bergbehörden erarbeitet und häufig auch den jeweiligen bergbauzweigspezifischen Erfordernissen angepasst. In zahlreichen Veröffentlichungen werden objekt- oder bergbauzweigbezogene Sicherungs- und Verwahrungsbeispiele vorgestellt.

Durch den Arbeitskreis „Altbergbau“ wird seit 1996 im Rahmen von Empfehlungen angestrebt, einheitliche fachspezifische Definitionen zu erarbeiten und die Herangehensweise bei der geotechnisch-markscheiderischen Erkundung und Bewertung von Hinterlassenschaften des Bergbaus zu ordnen sowie bei der bergtechnischen Umsetzung die Sicherungs- und Verwahrungsmaßnahmen für den Altbergbau auf ein einheitliches wissenschaftlich-technisches Niveau anzuheben. Der bergrechtliche Rahmen wird dabei nur tangiert. Auf der Grundlage der fachspezifischen Definition „Altbergbau“ ergeben sich keine grundlegenden Unterschiede zwischen stillzulegendem, aktivem Bergbau und historischem Bergbau. Hier gilt der Grundsatz: Der Bergbau von heute ist der Altbergbau von morgen. (Meier et al. 2004)

Seitens einiger Bergbehörden wird derzeit ein Leitfaden für das Verwahren von stillzulegenden Tagesschächten erarbeitet, der Festlegungen zu ingenieurtechnischen Voruntersuchungen, verfahrenstechnischen Maßnahmen, Anforderungen an das Verfüllgut und bergrechtliche sowie arbeitsschutztechnische Regelungen beinhaltet. Schwerpunkte in diesem Leitfaden werden vor allem in Richtung Steinkohlen- und Salzbergbau sowie auf Untertagedeponien und Endlager gesetzt (Lampe, W. et al. 2007).

Die Anfänge von geordneten Sicherungs- und Verwahrungsmaßnahmen unter heutigen Aspekten gehen bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts zurück, wo die ersten planmäßigen und geordneten Stilllegungen von Bergbaurevieren oder Feldesteilen stattgefunden haben. Gezielte Verfüllungen von Schächten mit Haldenberge, der Einbau von Ziegel- oder Natursteingewölben in Schachtröhren und die Abdeckung von offenen Schächten waren die häufigsten durchgeführten Maßnahmen. Mit der Gründung von Bergsicherungsbetrieben ab 1957 wurden Bergbauspezialfirmen geschaffen, deren Aufgabe es war, Sicherungs- und Verwahrungsarbeiten sowie Maßnahmen zur Wiederurbarmachung durchzuführen. Etwa seit 1970 wurden dazu Standardtechnologien entwickelt und bergbehördlich genehmigt. Dabei gab die Stilllegung des Zwickau-Oelsnitzer Steinkohlenrevier einen erheblichen Innovationsschub. Ähnliche Entwicklungen sind aus dem Steinkohlenbergbau des Ruhrgebietes ebenfalls ab den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts bekannt, deren Ergebnisse in den Mitteilungen der Westfälischen Berggewerkschaftskasse veröffentlicht wurden (Hülsmann 1992).

Bei der bergtechnischen Bearbeitung von altbergbaubedingten Erscheinungsbildern und Einwirkungsbereichen werden Sicherung und Verwahrung unterschieden (Abbildung 1).

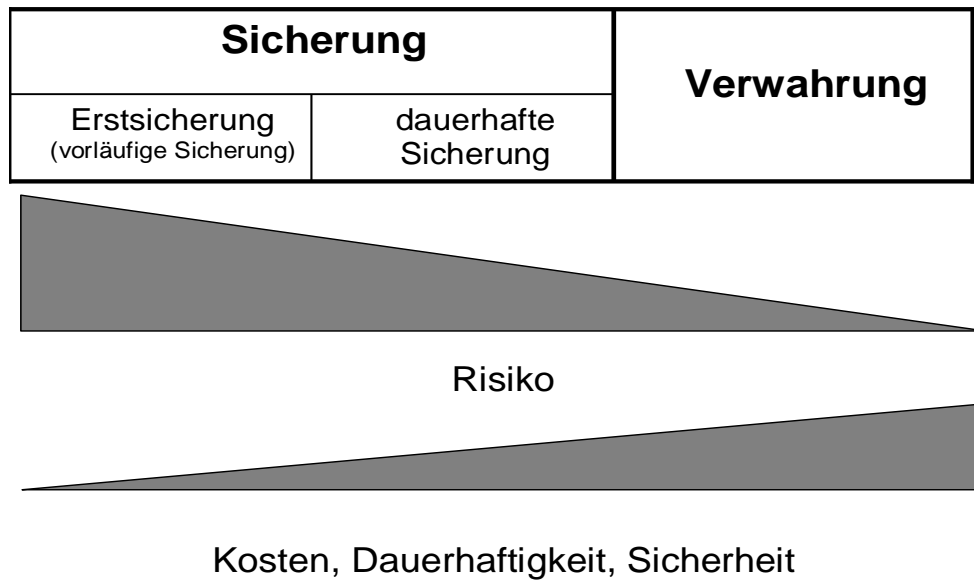


Abb.1 : Sicherung und Verwahrung und deren Beziehung zu Risiko, Kosten, Dauerhaftigkeit und Sicherheit

## 2 Erstsicherung

Die Erstsicherung ist eine Sofortmaßnahme. Sie wird auch als vorläufige Sicherung bezeichnet, ihre Haltbarkeit ist sehr begrenzt. Die wichtigsten Merkmale einer Erstsicherung sind:

- Maßnahmen zur umgehenden Gefahren- bzw. erhöhten Risikoabwehr und zur Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit, z. B. mittels Warnband, Bau- und Drahtzaun, Beschilderung.
- Monitoring und Wartung in kurzen Intervallen, als Monitoringmaßnahmen können z. B. auch Nivellements und der Einsatz von Rissmonitoren zur Anwendung kommen.
- Temporäre bergtechnische Maßnahmen nur bei Notwendigkeit zur Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit, z. B. Spritzbeton-Anker-Baustahlmatten, Aufbau von Stützkonstruktionen aus Stahl, Beton oder Holz.

Die Haltbarkeit und Wirksamkeit der eingesetzten Mittel ist sehr begrenzt. Zeitnah sollten deshalb Maßnahmen zur dauerhaften Sicherung und/oder Verwahrung des altbergbaubedingten Erscheinungsbildes folgen.

## 3 Dauerhafte Sicherung

Unter einer dauerhaften Sicherung im Altbergbau wird die Gesamtheit aller über- und untertägigen bergtechnischen Maßnahmen zur Abwehr von Gefahren und erhöhten Risiken (z. B. an Leben und Gesundheit von Personen, bedeutende Sachwerte, Natur und Umwelt) verstanden. Die Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit und die meist eingeschränkte, aber sichere Nutzung der Tagesoberfläche stellen dabei die Zielstellungen dar. Im Allgemeinen wird erwartet, dass ihre Haltbarkeit und volle Funktionalität Jahre, Jahrzehnte oder länger beträgt. Ein

abgestimmtes Monitoringregime ist fester Bestandteil der dauerhaften Sicherung. Vergleichsweise werden bei Talsperren 80 Jahre und bei Verkehrstunneln 100 Jahre als Betriebszeit angenommen, danach sind generelle Revisionen und Ertüchtigungsmaßnahmen vorzunehmen, um eine weitere volle Funktionalität zu gewährleisten. Dabei werden auch neue Sicherheitsanforderungen nach dem Stand der Technik berücksichtigt. Die wichtigsten Merkmale und Inhalte einer dauerhaften Sicherung sind:

- Gefahren- bzw. Risikostelle des Altbergbaus wird bei den bergtechnischen Maßnahmen nicht beseitigt.
- Art und Umfang von bergtechnischen Maßnahmen setzt eine geotechnisch-markscheiderische und hydrologische Bewertung der Gefahren- bzw. Risikolage voraus.
- Die Wirksamkeit wird durch Monitoring und periodische Wartung erhalten. Sie richten sich nach den örtlichen Gegebenheiten.
- Eine Nachnutzung des Bergbauobjektes ist stets mit einer dauerhaften Sicherung verbunden.
- Zur dauerhaften Sicherung von Schächten und deren altbergbaubedingten Einwirkungsbereiche kommen sehr differenzierte bergtechnische Maßnahmen sowie deren Kombinationen zum Einsatz.
- Abdeckung des Schachtkopfes mittels Stahlbetonplatte (mit und ohne Kontrollluke) einschließlich deren Gründung auf Bohrpfahlrängen. Eine frostsichere Gründung und ein statischer Nachweis sind nicht zwingend erforderlich. Ein Betreten oder Befahren der Abdeckung einschließlich des möglichen Einwirkungsbereiches ist durch Absperrung auszuschließen.
- Umgrenzung des Einwirkungsbereiches mit massiven Zäunen, Seilabsperrungen, Erdwällen, Gräben, Hecken, Umbauung (z. B. sogenannter Orlas-Verschluss)
- Netz-, Stahlseil- und Stahlgitterabdeckung, Einbau von Absturzsicherungen im Schachtkopfbereich (z. B. kegelartige Metallkörper) einschließlich Absperrungen
- Verfüllung des Schachtes mit Haldenberge oder vergleichbaren Materialien und Erdanhäufung (Aufhügelung) zum Volumenausgleich bei Bewegungen in der Schachtröhre mit Absperrung des Einwirkungsbereiches.
- Partielle Injektion der Verfüllsäule insbesondere im tagesnahen Bereich oder Einbau von einem oder mehreren Betonkörpern in den Schacht ohne Nachweis eines Verwahrungshorizontes und eines definierten Verwahrungskörpers.
- Schachtkopfsicherung durch Verpresspfähle, Hochdruckinjektionen (HDI) oder sonstige Injektionsverfahren
- Ertüchtigung oder Erneuerung des Schachtausbaus bei Nachnutzungen
- Kombinationen verschiedener Verfahren

Als Sicherungsbereiche werden über- und untertägige Gebirgszonen bezeichnet, die sich weitestgehend mit den altbergbaubedingten Einwirkungsbereichen decken, von den Veränderungen des Gebirges und Ausbaus zu erwarten sind und Gefahren bzw. größere Risiken für die Tagesoberfläche und öffentliche Sicherheit ausgehen können.

#### *Übertägiger Sicherungsbereich*

- Einwirkungsbereich um altbergbaubedingte Schadstellen mit Gefahren bzw. erheblichen Risiken, z. B. um offene oder unsicher verfüllte Schächte, Schachtverbrüche, Tagesbrüche u. a.

#### *Untertägiger Sicherungsbereich*

- Grubenbaue mit verringerter Standsicherheit, z. B. um unsicher verfüllte Schächte, tagesnahe Abbaue, Strecken, Stollen, Überhauen
- Grubenbaue, die nachgenutzt werden, z. B. für Gas- und Wassergewinnung, Geothermie, Lagerräume, Besucherbergwerke

Bei einer dauerhaften Sicherung sollte beachtet werden, dass massive Körper bei einer späteren Verwahrung zu einem erheblichen Verwahrungshindernis werden und zu erheblichen Mehrkosten führen können.

## **4 Verwahrung**

Der Begriff „Verwahrung“ wird von Bergbehörden seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts im untertägigen Bereich in verschiedenen Bergbauzweigen Mitteldeutschlands insbesondere bei Zechenstilllegungen benutzt. Später wurde als Synonym „Sanierung“ auch als übergreifende Definition für die Sicherung und Verwahrung eingesetzt. Beim Braunkohlenbergbau bilden Verwahrungen im Tiefbaubereich und Sicherungsarbeiten in den auflässigen Tagebauen einschließlich Kippen häufig Kombinationen, wobei hier die „Sanierung“ als übergeordneter Begriff vor allem verwendet wird.

Im Detail ergeben sich für eine Verwahrung in Ergänzung der Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ (MEIER et al. 2004) folgende wichtigen Merkmale und Inhalte:

- Gesamtheit aller über- und untertägigen bergtechnischen Maßnahmen zur dauerhaften Abwehr und Beseitigung von Gefahren und erhöhten Risiken
- Das Bearbeitungsobjekt (Schadstelle bzw. altbergbaubedingter Einwirkungsbereich) wird wesentlich verändert oder beseitigt.
- Art, Umfang und Wirksamkeit der Maßnahmen werden der aktuellen oder geplanten Nutzung der Tagesoberfläche angepasst. Verändert sich die Nutzung, so können sich auch die Anforderungen an die Verwahrung ändern.
- Die Maßnahmen sind nach dem Stand der Technik wartungs- und überwachungsfrei in definierten Grenzen auszuführen.
- Die Basis für eine Verwahrung ist ein geeigneter, frostfreier, dauerstandsicherer Verwahrungshorizont und langzeitstabiler Verwahrungskörper.
- Eine Verwahrung ist stets mit einer Dokumentation abzuschließen, die alle bergtechnischen Maßnahmen in Qualität und Quantität nachvollziehbar zusammenstellt.

Ist ein Verwahrungsmerkmal nicht erfüllt, so erfolgt eine Einstufung in die Kategorie „dauerhafte Sicherung“. Eine Verwahrung beinhaltet grundsätzlich langzeitstabile und dauerstandsichere bergtechnische Maßnahmen. Über die Mindesthaltbarkeit einer Verwahrung gibt es keine verbindlichen Festlegungen. Intakte historische Natursteingewölbe im Erzbergbau sind über 300 Jahre alt. Stabile Schachtverfüllungen aus dem Feuersteinbergbau Mitteleuropas besitzen sogar ein Alter von über 6.500 Jahren (Rind & Roth 2007). Sonderbauwerke, wie sie beispielsweise bei Endlagern für radioaktive Abfälle oder untertägigen Deponien hergestellt werden müssen, bedürfen einer gesonderten Betrachtung und Einzelfallprüfung. Hier handelt es sich um spezielle Nachnutzungen von Grubenbauen. Bergbauzweigbezogene Besonderheiten ergeben sich insbesondere im Salzbergbau oder bei Schächten, die auslaugbare

Gesteinsschichten durchteufen, wo die Karstprozesse auf die Langzeitsicherheit und Dauerhaftigkeit von Verwahrungsmaßnahmen einen wesentlichen Einfluss nehmen.

Da eingebaute Verwahrungskörper Bauwerke innerhalb des Grubengebäudes darstellen und auf sie Verwitterungseinflüsse, Gebirgsdruck und Alterungsprozesse einwirken können ist es naheliegend, dass in größeren Zeitintervallen ( $\geq 100$  Jahre) Bewertungen oder Kontrollen und bei Bedarf Ertüchtigungsmaßnahmen erforderlich werden können. Sind Veränderungen der gebirgsmechanischen und hydraulischen Eigenschaften im Gebirge zu erwarten, wie beispielsweise beim Grundwasserwiederanstieg oder bei Standwasserbildungen, müssen die vorhandenen Verwahrungen einer aktuellen Bewertung ihrer Stabilität und Funktionalität unterzogen werden. Eine neue Verwahrung oder Ertüchtigung der alten bergtechnischen Maßnahmen ist dabei nicht auszuschließen.

Vor der Durchführung von Verwahrungen sind geotechnisch-markscheiderische Untersuchungen und ingenieurtechnische Planungen unter Berücksichtigung der Nutzung der Tagesoberfläche durchzuführen. Die hydraulischen Verhältnisse im Über- und Untertagebereich einschließlich der Grubengassituation sind zu beachten. Die Einheit von Erkundung und Verwahrung bei der Durchführung von bergtechnischen Arbeiten haben sich dabei als effizient erwiesen, da stets auf die angetroffenen Bergbau- und Gebirgsverhältnisse operativ reagiert werden muss. Baubegleitende Vermessung und ingenieurgeologische Dokumentation bilden dann stets die Grundlage für eine planerische Anpassung der Verwahrungsmaßnahmen.

Eine Verwahrung wird grundsätzlich durch den **Verwahrungshorizont** und den **Verwahrungskörper** charakterisiert (Abbildung 2).

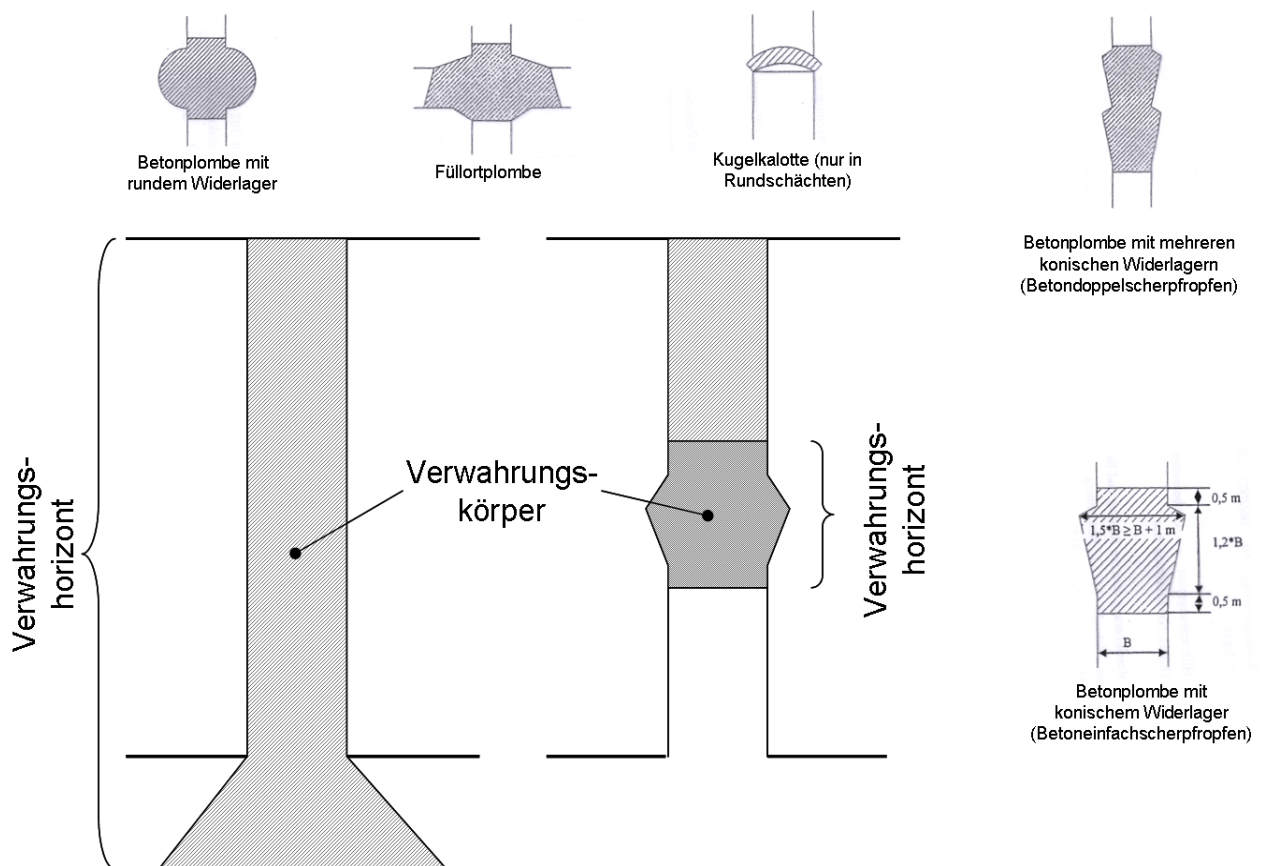


Abb.2 : Lage und Form vom Verwahrungshorizont und von Verwahrungskörpern (ergänzt nach Voigt & Eckart 1976)

Ein **Verwahrungshorizont** weist folgende Eigenschaften und Merkmale auf:

- Frostsichere Gebirgszone mit ausreichender Dauerstandsicherheit und Langzeitstabilität gemäß der Zielstellung und Geländenutzung.
- Gebirgszone muss geotechnisch-markscheiderisch und hydrogeologisch hinreichend bekannt sein. Im Festgestein ist die Erkundung und Bewertung  $\geq 2$  m unter die geplante Untergrenze des Verwahrungskörpers zu führen.
- In diesem Gebirgsniveau des Verwahrungshorizontes (Verwahrungsteufe) wird der Verwahrungskörper eingebaut. Die bergtechnische Maßnahme kann objektspezifisch auch aus mehreren Verwahrungskörpern bestehen.
- Der Einbau des Verwahrungskörpers erfolgt erst nach einer ingenieurgeologischen Dokumentation, Bewertung und Freigabe des Verwahrungshorizontes.
- Eine bohrtechnische Erkundung in Verbindung mit einem ingenieurgeologischen Eignungsnachweis des Verwahrungshorizontes ist zulässig.
- Durch geeignete technische Verfahren und Maßnahmen kann ein Verwahrungshorizont geschaffen bzw. ertüchtigt werden.

Im Lockergestein befindet sich die Basis des Verwahrungshorizontes auf der unteren Sohle der Grubenbaue bzw. im Schachtsumpf. Der Verwahrungshorizont reicht durch mögliche hängende Verbrüche bis zur Tagesoberfläche. Im Fels ist die Tiefenlage von den Eigenschaften des Gebirges, der Hohlraumsituation und der Art des Verwahrungskörpers abhängig. Im günstigsten Fall befindet sich der Verwahrungshorizont im frostsicheren Niveau der Felsoberfläche.

Ein **Verwahrungskörper** besitzt folgende Eigenschaften und Merkmale:

- Bau-, berg- oder injektionstechnisch hergestellter Körper aus erhärtendem oder nicht erhärtendem Versatzmaterial im Bereich des Verwahrungshorizontes.
- Zur Ausführung kommen Teilverfüllungen oder hohlraumfreier und sandwichartiger Versatz sowie statisch oder geometrisch bestimmte Versatzkörper mit definierten Grenzen.
- Eine Integration des alten oder neuen dauerhaften Schachtausbaus in den Verwahrungskörper ist bei nachgewiesener Eignung oder Ertüchtigung möglich.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass Verwahrungskörper und Verwahrungshorizont funktional im Locker- und Festgestein eine dauerhaft wirkende statische und geometrische Einheit bilden. Eine Verwahrungsmaßnahme kann sich auch aus verschiedenen Verwahrungskörpern zusammensetzen.

An Schächten kommen folgende grundsätzliche Verwahrungsverfahren zum Einsatz:

- Kontrollierte Verfüllung von vollständig leeren Schächten mit geeigneten kohäsionslosen Verfüllstoffen, z. B. mit Schotter oder schotterähnlichem Material
- Einbau einer kohäsiven Versatzsäule, z. B. aus Beton, Mörtel, Dämmer
- Einbau von geometrischen und/oder statisch bestimmten Betonkörpern im Bereich des Verwahrungshorizontes, z. B. Plomben, Stahlbetonplatten, Gewölben, Kalotten
- Kombinationen

Nach dem derzeitigen Bearbeitungsstand zeichnen sich bei den Verwahrungsarbeiten folgende innovative Trends ab:

- Weiterentwicklung ingenieurgeologischer und markscheiderischer Bewertungsverfahren für den Verwahrungshorizont, z. B. Bohrkernauswerteverfahren, Quantifizierung von Grenzkennwerten, räumliche Darstellungen der Grubenbaue sowie der ingenieurgeologischen und bergtechnischen Verhältnisse
- Verfahren zur Ertüchtigung bzw. Schaffung von Verwahrungshorizonten, z. B. durch bohr-, injektions- und bergtechnische Maßnahmen
- Kombinationen der verschiedenen Verfahren einschließlich Integration von dauerhaft funktionsfähigen oder ertüchtigten Altausbau und Einbeziehung von neuen Sicherungsausbau
- Einsatz von neuen Baustoffen für den Verwahrungskörper
- Eine gründliche Prüfung einer möglichen Nachnutzung des Schachtes sollte vor jeder Verwahrung erfolgen (z. B. Geothermie, Gas- und Wassergewinnung).

Das Abteufen neuer Schächte zur Verwahrung älterer Schächte ist im Allgemeinen ineffizient und sollte nur in Ausnahmen vorgenommen werden, da der hangende Schachtröhrenbereich ebenfalls noch erkundet und ertüchtigt werden muss. Die neu geteufte Schächte sind ebenfalls zu verwahren.

## **5 Dokumentationen zur Sicherung und Verwahrung**

Fester Bestandteil von dauerhaften Sicherungsmaßnahmen und Verwahrungen ist eine zusammenfassende Dokumentation aller bergtechnischen Aktivitäten (MEIER 2006).

Die wesentlichen Inhalte sind:

- Textliche, rissliche und fototechnische Zusammenstellung aller geotechnischen, hydraulischen, markscheiderischen, altbergbaulichen und bergtechnischen Informationen
- Grafische, höhen- und koordinatenbezogene Darstellung nach den Normen des Bergmännischen Risswerks (DIN 21 901-21)
- Lückenlose Reproduzierbarkeit aller bergtechnischen Maßnahmen anhand der erarbeiteten Unterlagen
- Markierung der Leistungsgrenzen im Risswerk
- Zusammenstellung von Volumenbilanzen, Verfüllungsgraden (evtl. unter Nutzung von Kontrollbohrungen) und geotechnischen Materialeigenschaften der eingesetzten Bau- und Versatzstoffe
- Hinweise auf verbleibende Gefahren und Risiken für die Nutzung der Tagesoberfläche
- Vermerke zu notwendigem Monitoringregime bei Sicherungen und zu Nutzungseinschränkungen

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die abschließenden Dokumentationen für Sicherungen und Verwahrungen für nachfolgende sicherheitsrelevante Bewertungs- und Entscheidungsvorgänge von großer Bedeutung sind. Eine zentrale behördliche oder archivalische Lagerung und Verwaltung ist zu empfehlen.



## 6 Literatur

- DIN 21 913-6 (2003): Bergmännisches Risswerk, Tiefbau, Teil 6: Verwahrung bergmännisch hergestellter Hohlräume. - Mai 2003
- HÜLSMANN, K. H. (1992): Gesichtspunkte bei der Sicherung stillgelegter Tagesschächte. - Neue Bergbautechnik 22. Jg., H. 1, S. 3 bis 8
- LAMPE, W. et al. (2007): Leitfaden des .... für das Verwahren von Tagesschächten. (Entwurf, Stand 27.06.2007). - Arbeitsgruppe der Bergbehörden der Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen, Hessen, Saarland, Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen, (unveröff.)
- MEIER, G. (2001): Verwahrungsgrundsätze bei tagesnahem Altbergbau. - 1. Altbergbau-Kolloquium, 08. bis 09. Nov. 2001, TU Bergakademie Freiberg, S. 134 bis 137, Verlag Glückauf GmbH, Essen
- MEIER, G. (2006): Geotechnisch-markscheiderische Dokumentationen bei Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen im Altbergbau. - Schriftenreihe des Institutes für Markscheidewesen und Geodäsie an der TU Bergakademie Freiberg, Heft 2006-1, S. 332 bis 345, 7. Geokinematischer Tag, 11. bis 12. Mai 2006, Verlag Glückauf GmbH, Essen
- MEIER, G. (2006): Holz im Altbergbau. - Tagungsband 6. Altbergbau-Kolloquium, 09. bis 11. Nov. 2006, RWTH Aachen, S. 217 bis 229, VGE Verlag GmbH, Essen
- MEIER, G. (1981): Bemerkungen zu Erkundungs- und Verwahrungsmaßnahmen an alten Tagesschächten. - Neue Bergbautechnik (11) 6, S. 357 bis 361
- MEIER et al. 2004: Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ des Arbeitskreises 4.6 der Fachsektion Ingenieurgeologie der DGGT e. V. – Tagungsband 4. Altbergbau-Kolloquium, 04. bis 06.11.2004, Leoben, Anhang S. 1 bis 23, Verlag Glückauf, Essen
- RIND, M. M.; ROTH, G. (2007): Ausgrabungen in Deutschlands größtem Feuersteinbergwerk. - Archäologie in Deutschland (2007) 4, S. 8 bis 13
- VOIGT, J.; ECKART, D. (1976): Grundsätze für die Verwahrung von Tagesschächten. - Institut für Bergbausicherheit Leipzig, Forschungsabteilung Geomechanik, Leipzig August 1976 (unveröff.)