1. ALTBERGBAU-KOLLOQUIUM

8. bis 9. November 2001

TU Bergakademie Freiberg

Herausgeber: H. Klapperich, G. Meier, A. Sroka, D. Tondera und W. Busch

VGE
Verlag Glückauf Essen

Verlag Glückauf GmbH · Essen

1. ALTBERGBAU-KOLLOQUIUM

08. bis 09. November 2001
FREIBERG

Veranstalter:

Prof. Dr.-Ing. H. Klapperich & Dipl.-Geol. D. Tondera
Institut für Geotechnik, TU Bergakademie Freiberg
Gustav-Zeuner-Str. 1 09599 Freiberg

Prof. Dr.-Ing. A. Sroka
Institut für Markscheidewesen und Geodäsie, TU Bergakademie Freiberg
Agricolastraße 1, 09599 Freiberg

Dr.-Ing. habil. G. Meier
Ingenieurbüro Dr. G. Meier
Am Schirmbach 7, 09600 Wegefarth / Freiberg

Prof. Dr.-Ing. W. Busch
Institut für Geotechnik und Markscheidewesen
Technische Universität Clausthal
Erzstraße 18, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Erfassung, Satz und Seitenlayout der einzelnen Manuskripte dieses Tagungsbands lagen in der Verantwortung der jeweiligen Autoren.

© Copyright VGE 2001

Produktion:
Verlag Glückauf GmbH, Postfach 18 56 20, D-45206 Essen, Telefon (0 20 54) 9 24-1 20, Telefax (0 20 54) 9 24-1 29, E-Mail vertrieb@vge.de, Internet www.vge.de
Druck und Verarbeitung: Druckerei Runge GmbH, D-49661 Cloppenburg
ISBN 3-7739-5972-9

Vorwort

Als Veranstalter des 1. Altbergbaukolloquiums am 08. und 09. November 2001 fungieren die Institute für Geotechnik sowie Markscheidewesen und Geodäsie der TU Bergakademie Freiberg und der Arbeitskreis „Altbergbau – geotechnische Erkundung und Bewertung" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik, sowie das Institut für Geotechnik und Markscheidewesen der TU Clausthal. Als Tagungsort wurde die traditionsreiche Bergstadt Freiberg mit der ältesten Montanhochschule der Welt gewählt.

Mit dieser Tagung soll den im Bereich des Altbergbaus in Praxis, Forschung und Lehre tätigen Geotechnikern, Markscheidern, Bergingenieuren, Spezialtiefbauern und Bauingenieuren und Vertretern anderer mit der Thematik befasster Berufsfamilien einschließlich Juristen sowie Behördenvertretern aus Bergämtern, Landesverwaltungen und dem kommunalen Bereich Gelegenheit gegeben werden, sich mit neuen Ergebnissen, Arbeitsmethoden sowie technischen Lösungen auf dem Gebiet der Erkundung, Bewertung, Sicherung und Verwahrung von altbergbaulichen Gefahrenstellen und Risikobereichen vertraut zu machen, Erfahrungen dazu auszutauschen und Kontakte zu pflegen.

Die zahlreichen Themenschwerpunkte des Kolloquiums haben das Ziel, die Entwicklungsmöglichkeiten und Grenzen der interdisziplinären Altbergbauproblematik aufzuzeigen, um neue Lösungsansätze für die Praxis abzustecken. Unter Einbeziehung von Rechts- und Wirtschaftsexperten sollen dabei Aspekte einer effektiven und effizienten Folgenutzung der durch Bergbau beeinflussten Flächen aufgezeigt werden. Die Realisierung der Bergbaufolgelandschaft in planerischer und sicherheitstechnischer Sicht bedingt auch die Beachtung und Einbeziehung rechtlicher und ökonomischer Randbedingungen.

Eine Exkursion in den historischen Bergbau Freibergs während der Tagung veranschaulicht eindrucksvoll die verschiedenartigsten Altbergbauhinterlassenschaften der traditionsreichsten Ganglagerstätte des Silbererzbergbaus im erzgebirgischen Raum.
Die Veranstaltung wurde durch die DGGT und der Fachsektion für Ingenieurgeologie unterstützt.

An dieser Stelle sei den zahlreichen Fachkollegen gedankt, die durch ihre tatkräftige Mithilfe wie auch durch ihre konstruktive Kritik das Zustandekommen dieses Kolloquiums erst ermöglicht haben. Wir danken auch den Unternehmen, die durch ihre Beteiligung an der Fachausstellung das Kolloquium inhaltlich flankieren.

Die in diesem Band zusammengestellten Beiträge umfassen die Manuskripte der Vorträge, die im Rahmen des 1. Altbergbaukolloquiums in Freiberg gehalten wurden.

Freiberg, November 2001 Die Herausgeber

Inhaltsverzeichnis

Seite

G. Meier

Tagesnaher Altbergbau in Deutschland Eröffnungsreferat 5

K. Jägersberg

Handlungsfelder der Bergbehörden in NRW bei der Bewältigung der Altbergbau-Problematik nach dem Tagesbruch in Bochum-Höntrup am 2. Januar 2000 18

P. Nestler

Alter Braunkohlentiefbau in Brandenburg als Gefahr für die öffentliche Sicherheit – Ergebnisse und Probleme aus der Sanierungstätigkeit 22

M. Siegmundt

Hinterlassene bergmännische Hohlräume im sächsischen Erzgebirgsraum – vorherrschende Lagerstättenformen, hauptsächliche Abbauverfahren und noch verbliebene Gefährdungen für eine Nutzung der Erdoberfläche 30

O. Hartmann; G. Meyer; G. Schönberg

Altbergbau auf Kali- und Steinsalz im Nordharzrevier von Sachsen-Anhalt 36

T. Scheytt

Einfluss des Altbergbaus auf das Grundwasser – eine Übersicht mit Beispielen 46

J. Skrzyppek

Felduntersuchungen und quantitative hydrogeologische Modelle – Anwendungsmöglichkeiten bei der geotechnischen Erkundung und Bewertung von Altbergbaustandorten 49

A. Welz

Vorgehensweise bei der Grundlagenerarbeitung für die Untersuchung und Sicherung der Tagesoberfläche in Altbergbaugebieten am Beispiel „Bochum-Höntrop“ 58

Seite

P. Knoll; T. Friedrich

Ergebnisse der Ursachenuntersuchung der Tagesbrüche vom 2./3.2000 in Bochum-Wattenscheid 63

C. Wedekind

Bergschadenkundliche Analysen – ein Instrument zur qualifizierten Einschätzung von Gefährdungen aus dem Altbergbau bzw. stillzulegenden Bergbau 64

A. Sroka; K.-H. Löbel

Markscheiderische Modelle für die Prognose von stetigen und unstetigen Verformungen an der Tagesoberfläche 71

J. Fenk

Tagesbrüche über Hohlräumen im Lockergebirge mit geneigter Schichtlagerung – Ergebnisse eines DFG-Projektes 85

M. Lobin; S. Paul; J. Kowarik

Altbergbau in den Braunkohlenrevieren der Lausitz – eine Herausforderung für die Regional- und Stadtentwicklung 90

K. Mrotzek

Die Erstellung einer bergschadenkundlichen Analyse für ein Braunkohlentiefbauobjekt im Land Brandenburg 98

J. Preuß

Neue Methoden der Erkundung und Sanierung altbergbaugefährdeter Flächen – ein Beispiel aus dem Siegener Erzbergbau 104

St. Lösch

Mittelalterliche Keller- und Ganganlagen der Stadt Oppenheim – vom Standsicherheitsproblem zur Zukunftsperspektive 116

M. Thomä

Mittelalterliche Keller- und Ganganlagen der Stadt Oppenheim – Erkundung und Sicherung 128

G. Meier

Verwahrungsgrundsätze bei tagesnahem Altbergbau 134

Seite

E. Popiolek; Z. Niedojadlo; J. Ostrowski

Klassifizierung der Tagesoberfläche im Hinblick auf die zukünftige Nutzung beim Altbergbau **141**

W. Eckert

Straßenbau in Altbergbaugebieten des Erzgebirges und Vogtland **148**

J. Kardel

Injektionstechnische Methoden bei der Sicherung von Altbergbau **156**

H. Vöhl

Praktische Erfahrungen bei der Sanierung der Altbergbauobjekte „Lusatin/Concordia" und „Vereinigt" im Stadtgebiet von Spremberg **172**

B. Leißring

Radon – ein Problem des sächsischen Altbergbaues **178**

M. S. Delibalta; E. Nasuf

Entscheidungsgrundlagen für Sicherungs- und Sanierungskonzepte von Folgelandschaften im Braunkohlentagebau TKI/ Mugla **195**

W. Gühlstorf

Tagesnaher Bergbau – von der Gefährdungsabschätzung zur Sicherung – anhand eines aktuellen Praxisbeispiels wird die Vorgehensweise beim Nachweis bzw. zur Wiederherstellung der Standsicherheit der Geländeoberfläche oberhalb eines tagesnahen Bergbaus aufgezeigt **204**

J. Mittrach

Abgeworfene Schächte – Sichere Nutzung des Schachtgefährdungsbereiches – nach einer kurzen Erläuterung des Gefährdungspotentials für die Tagesoberfläche werden Varianten zum Umgang mit dieser Problematik aus heutiger Sicht vorgestellt **207**

H. J. Benning

Altbergbau – Unterschätztes Gefährdungspotential ? Anhand von ausgesuchten Fallbeispielen wird das Gefährdungspotential des Altbergbaus aufgezeigt und die Ursachen beschrieben

Altbergbau in Deutschland

Umfänge – Probleme – Bearbeitung

Dr.-Ing. habil. G. Meier

Ingenieurbüro Dr. G. Meier, Wegefarth/Freiberg

Zusammenfassung

Unmittelbar mit der steinzeitlichen Besiedelung Europas begann auch die bergbauliche Nutzung der Naturressourcen. Für die Gefährdungsproblematik durch tagesnahe Hohlräume ist jedoch vor allem die bergmännische Tätigkeit der letzten 1 000 Jahre von Bedeutung. Der Begriff „Altbergbau" wird aus juristischer und geotechnisch-bergschadenkundlicher Sicht definiert. Die Altbergbauumfänge werden analysiert und anhand von Beispielen erläutert. Neben zahlreichen kleineren Tagesbrüchen und Einsenkungen treten lokal Schadensereignisse mit katastrophalen Größenordnungen auf, die ein besonders hohes Gefährdungspotential für die öffentliche Sicherheit besitzen. Die Verteilungsintensität von Schadensereignissen in Deutschland ist sehr unterschiedlich und vor allem auf die traditionsreichen Bergbaureviere konzentriert. Eine Übersicht über den Stand der Erkundung, Bewertung und Sanierung von Schadensereignissen des Altbergbaus wird gegeben

1. Grundsätzliches

Für die Entwicklung der menschlichen Gesellschaft war und ist die Nutzung der natürlichen Rohstoffe ein maßgeblicher Eckpfeiler. Es wird eingeschätzt, dass in Europa der übertägige Bergbau mit der ersten steinzeitlichen Besiedlung vor mehren hunderttausend Jahren begann. Die zahlreichen untertägigen Feuersteinabbaue in Europa sind der jüngeren Steinzeit vor etwa 8 000 Jahren bis kurz vor der Zeitenwenden zuzuordnen.[1] So ist beispielsweise aus England bekannt, dass auf etwa 8,5 ha über 360 Schächte bis 13 m Tiefe vorhanden sind, wo im Duckelbergbau ab 1130 v. Chr. Feuersteinknollen abgebaut wurden.[2]

Auf dem Gebiet des heutigen Deutschlands sind ebenfalls mehrere übertägige Silexabbaue nachweisbar, deren Größe und Umfänge jedoch nur lokale Bedeutung besitzen, wie Fundstellen in Bayern, Baden-Württemberg und Sachsen belegen.

Die Kelten entwickelten in der Bronzezeit und in der darauffolgenden Eisenzeit umfangreiche Bergbauaktivitäten, wobei Gold, Kupfer, Zinn, Blei, Rötel und Eisen Gewinnungsgegenstand waren. Zahlreiche bedeutende Lagerstätten in Deutschland führen ihre Entdeckung darauf zurück, wie beispielsweise die bayrischen Goldseifen.[3] Neben Bergbau auf Metalle und Farberden folgten größere römische Bergbauaktivitäten bezüglich der Natursteingewinnung. Hervorzuheben sind dabei u. a. die Mühlsteintiefbaue in der Osteifel (Balsalte von Mayen).[4]

Eine besondere Bedeutung für die Menschen erlangte zu jeder Zeit das Salz. Die Nutzung von Salzquellen, die sich später zu bedeutenden Salinen entwickelten, ist vor allem seit dem frühen Mittelalter zu beobachten, z. B. Lüneburg, Halle/Saale, Bad Reichenhall.

Aus heutiger Sicht ist der bisher aufgeführte ur- und frühgeschichtliche Bergbau bezüglich negativer Auswirkungen auf die Geländeoberfläche durch seine Begrenztheit nur sehr lokal von Bedeutung. Erst durch die rasche Bevölkerungszunahme, die damit einhergehende flächendeckende Landnutzung und mit der Durchsetzung differenzierter Abbau- und Verhüttungsprozesse bei der Herausbildung mittelalterlicher Gesellschafts- und Wirtschaftsstrukturen wurden auch im Tiefbau umfangreiche tagesnahe Grubenbaue aufgefahren, deren ver-

bruchgefährdende Oberflächennähe noch heute Auswirkungen auf die Sicherheit der Geländeoberfläche zeigen. Der Harz, das Erzgebirge, der Schwarzwald, das Mansfelder Land, die fränkisch-oberpfälzische Region, die Eifel, der Lahn-Dillbezirk sowie das Sauer- und Siegerland sind aus einer Vielzahl von lokalen Abbauversuchen als bedeutende historische Lagerstättenzentren herauszuheben. Gold und vor allem Silber, aber auch Zinn, Kupfer, Blei, Alaun und Eisen sowie Edelsteine und Salz führten zu flächendeckenden Prospektionen und Bergbauversuchen. Mit der sprunghaften wirtschaftlichen Entwicklung ab dem 15. Jahrhundert erlangte der Bergbau neue Dimensionen. Ein ähnlicher Qualitätssprung ist in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts zu beobachten, wo durch die einsetzende industrielle Revolution der Stein- und Braunkohlenbergbau zu enormer Blüte kam. Der Tiefbau und auch der Tagebau nahmen dabei landschaftsverändernde Formen an, deren Folgen bis heute grundlegenden Einfluss auf die Geländenutzung und maßgeblich auch auf die Gefährdung der öffentlichen Sicherheit ausüben. Als markante Beispiele seien das Ruhr- und Saargebiet sowie die Erzgebirgsvorsenke für den Steinkohlenbergbau und der mitteldeutsche Raum und der Niederrheinische Bezirk für den Braunkohlenbergbau genannt.

Die Bergbauaktivitäten erfassten alle Rohstoffbereiche. Der Kalibergbau begann in Staßfurt am 31. Januar 1852 mit der Teufe des Schachtes von Manteuffel.[5] In Folge des historischen Salz- und Kalibergbaus und dessen Auswirkungen auf die Geländeoberfläche mussten sogar ganze Stadtteile abgerissen werden (z. B. in Staßfurt). Nicht nur die Abbauumfänge sondern auch die Abbautiefen entwickelten sich schnell und erreichten rasch die 1 000 m-Grenze. Auch die bergmännische Gewinnung von Industriemineralen wie z. B. Flussspat, Baryt, Talk, Graphit, Schwefel- und Magnetkies erlangten größere Dimensionen. Der Eisenerzbergbau als Basis der Schwerindustrie entwickelte sich an zahlreichen Lagerstätten, wie z. B. in Bayern, Thüringen, im Rheinischen Schiefergebirge, Harz und Erzgebirge. In der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts kam der Uranbergbau dazu, wo im sächsisch-thüringischen Raum die größte Uranlagerstätte Europas durch die „Wismut" im Über- und Untertagebereich bis 1990 ausgeerzt wurde.

Nicht nur der Bergbau mit seinen Stollen, Schächten, Abbauen und Halden, sondern vor allem die Aufbereitungsrückstände und die Verhüttungsstandorte rückten durch ihre Umweltbelastungen als Altlasten in den letzten Jahrzehnten in den Mittelpunkt von aufwendigen Sanierungsmaßnahmen.

Eine sehr progressive Entwicklung nahm der Braunkohlenbergbau fast flächendeckend in Deutschland ab den Beginn des 19. Jahrhunderts. Mit der Einführung von Großtechnik, insbesondere von leistungsfähiger Baggertechnik, rückte der Tagebaubetrieb durch seine Gewinnungsvorteile gegenüber dem Tiefbau etwa an der Wende zum 20. Jahrhundert an die erste Stelle in der Förderleistung. Grundlegende landschaftliche Umgestaltungen waren und sind die Folge. Diese bergbauliche Rohstoffnutzung ist zum Teil noch im vollen Gange und ist dann durch die aktuelle Berggesetzgebung in ihrem Ablauf bis zur Schließung geregelt. Als Abbaubezirke sind die Vorkommen am Niederrhein, im Westerwald, im Rhein-Main-Gebiet, Niederhessen, in der Region Braunschweig-Magdeburg, im Thüringisch-Sächsischen Bezirk, in der Lausitz, in Süddeutschland und Einzelvorkommen im norddeutschen Raum zu nennen.[6]

Steine und Erden haben von Beginn an eine wichtige Rolle in der menschlichen Nutzung der natürlichen Ressourcen gespielt. Vor allem mit der Zunahme der Bevölkerung, der Urbanisierung und der Entwicklung der Industrie sowie von Handel und Handwerk kam es bedarfsgemäß, bevorzugt aus Tagebauen heraus, zum untertägigen Abbau von Baustoffen, beispielsweise von Kalkstein, Gips, Anhydrit, Sandstein, Sand, Ton und Dachschiefer.

Mittels bergmännischen Mitteln wurden in Deutschland in den zurückliegenden Jahrhunderten nicht nur untertägig Erze, Kohle, Salze, Industrieminerale, Steine und Erden abgebaut, sondern es wurden unzählige unterirdische Hohlräume auf bergmännische Weise insbesondere unter Städten und Gemeinden angelegt. Die unterschiedlichsten Nutzungsvarianten reichen beispielsweise in Oppenheim am Rhein für die Lagerung von Bier und Wein oder im sächsischen Crimmitschau nur zur Bierlagerung im ausgehenden Mittelalter oder auch für militärische Zielstellungen wie Luftschutz oder unterirdische Rüstungsproduktion und Bunker in jüngerer Vergangenheit. Auf die

zahlreichen Tunnels als Verkehrswege der unterschiedlichsten Art sei hier verwiesen.

Nicht zu vergessen sind bei der Aufzählung von Bergbauhinterlassenschaften auch Einwirkungen auf die Geländeoberfläche durch die flächendeckende Suche und Erkundung von Lagerstätten mittels Schüfen und Bohrungen.

Im Rahmen der Bearbeitung dieser unterschiedlichen bergmännischen untertägigen aber auch übertägigen Relikte und deren Spätfolgen taucht als zentraler, übergreifender Begriff „Altbergbau" auf. Bei der Definition bestimmen einerseits die gesetzlichen und andererseits die geotechnisch-bergschadenkundlichen Aspekte den jeweiligen Inhalt.

Im Bundesberggesetz ist der Begriff „Altbergbau" nicht enthalten. Altanlagen ohne Eigentümer oder Rechtsnachfolger unterliegen nur der Bergaufsicht, wenn sie als Besucherbergwerke oder Schauanlagen vorgerichtet und nachgenutzt werden. Verschiedene Bundesländer regeln die Zuständigkeiten zur Abwehr von Gefahren aus unterirdischen Hohlräumen und die damit in Zusammenhang stehenden Bergbauspätfolgen im Rahmen des Polizeirechts durch Gesetze oder spezielle Verordnungen, wie z. B. der Freistaat Sachsen durch die Hohlraumverordnung[7] oder der Freistaat Thüringen durch das Thüringer Altbergbau- und Unterirdische-Hohlräume-Gesetz[8].

Aus *juristischer* Sicht gehören zum „Altbergbau" Anlagen und deren Spätfolgen von bergbaulichen Erkundungs- und Gewinnungsbetrieben, die nicht der Bergaufsicht nach dem Bundesberggesetz unterliegen. Dieser historische Bergbau im Unter- und Übertagebereich ist in vielen Fällen ohne Eigentümer oder Rechtsnachfolger. Klare Gesetzlichkeiten insbesondere bei Schadensereignissen und deren finanzielle Regelung fehlen, so ergibt sich häufig der Grundsatz: Jeder Fall ein Einzelfall. Bei den Betroffenen liegt zumeist ein Verständnis zur Sachlage vor, jedoch fehlt eine Akzeptanz ihrer Zuständigkeit aus besitzrechtlicher Sicht. Selbst beim Uranbergbau der Wismut wird noch Altwismutbergbau (vor dem 31.12.1962) und Wismutbergbau unterschieden, woraus sich auch hier sehr unterschiedliche Zuständigkeiten ergeben. Somit wird der Altwismutbergbau dem Altbergbau zugeordnet. Eine besondere Häufung von Bergbau ohne Eigentümer oder Rechtsnachfolger und damit Altbergbau ist in Ostdeutschland vorhanden, da ab 1945 Verstaatlichungen und Enteignungen von Bergbaubetrieben durchgeführt wurden und die neuen Eigentümer (zumeist volkseigene Betriebe) nicht in die Rechtsnachfolge ihrer Vorgänger eintraten. In vielen Fällen werden auch nicht zu bergbaulichen Zwecken aufgefahrene historische unterirdische Hohlräume (nicht in offener Bauweise hergestellt, z. B. Bergkeller) unter fachlicher und teilweise rechtlicher Betrachtung wie Altbergbau behandelt.

Aus *geotechnisch-bergschadenkundlicher* Sicht ist für den Untertagebereich die Begriffsdefinition „Altbergbau" durch folgende Kriterien bestimmt:

- Bergbau, der in seinen Auswirkungen (insbesondere Bodenbewegungen) zeitlich nicht mehr den bergschadenkundlichen Gesetzmäßigkeiten der aktiven Abbauphase unterliegt.
- Altbohrungen, die den gleichen o. g. Kriterien entsprechen.
- Historische unterirdische Hohlräume, die mit bergmännischer Vortriebsweise aufgefahren wurden.

Die geotechnisch-bergschadenkundliche Definition ist vor allem aus fachlicher Sicht von Interesse, da hierbei eigene spezifische Gesetzmäßigkeiten bei der Deformations- und Schadensentwicklung als Bergbauspätfolgen an den tagesnahen Altbergbaurelikten wirken. Nur ihre umfassende Kenntnis erlaubt, auch schadensrelevante Schlussfolgerungen für eine effektive Erkundung und Verwahrung zu ziehen.

Im Rahmen der weiteren Ausführungen wird schwerpunktmäßig nur untertägiger Altbergbau behandelt.

2. Altbergbauumfang

Die unzähligen anthropogenen Eingriffe bergmännischer Art in die tagesnahen Erdschichten seit der Landnahme der Menschen lassen sich heute nicht mehr exakt nachvollziehen. Für die Bearbeitung der Altbergbauproblematik bezüglich der Gefährdungsbeeinflussung der Geländeoberfläche sind vor allem die Bergbauaktivitäten in den letzten 1 000 Jahren auf deutschen Gebiet bedeutsam. Hauptsächlich in Bebauungsgebieten und im Bereich von Verkehrsträgern kann von diesen Relikten ein ho-

hes Gefährdungspotential für Leib und Leben sowie für Sachwerte ausgehen oder sie schränken die Geländenutzung gravierend ein. Lokale Veränderungen der Gebirgswasserverhältnisse, Erhöhungen von Auflasten durch Nutzungsänderungen und Festigkeitsminderungen des Deckgebirges durch Verwitterungsprozesse über diesen tagesnahen Hohlräumen führen wiederholt zu Senkungen und Verbrucherscheinungen als Spätfolge in sehr differenzierten Größenordnungen an der Geländeoberfläche mit teilweise katastrophalen Auswirkungen.[9] Aufgrund der sehr unterschiedlich lang zurückliegenden Bergbauaktivitäten, der fehlenden oder unvollständigen Unterlagen, insbesondere von bergmännischem Risswerk, und der vorherrschenden Unzugänglichkeit der tagesnahen Hohlräume wird die Bewertung der Umfänge und möglichen Auswirkungen des Altbergbaus sehr erschwert.[10]

Die regionale Verteilung der Altbergbaurelikte ist in Deutschland sehr unterschiedlich. Eine besondere Anhäufung ist in den traditionsreichen Revieren der verschiedenen Bergbauzweige vorhanden. Zur Systematisierung der bergbaulichen Hinterlassenschaften lässt sich eine Einteilung nach folgenden Bergbauzweigen rechtfertigen:

- Gangerzbergbau
- Sonstiger untertägiger Erzbergbau
- Steinkohlenbergbau
- Braunkohlenbergbau
- Steine- und Erdenbergbau
- Kupferschieferbergbau
- Altwismutbergbau
- Kali- und Steinsalzbergbau
- Sonstige bergmännisch aufgefahrene Hohlräume

Um einen Eindruck von den Umfängen und Dimensionen der Altbergbaurelikte der aufgeführten Bergbauzweige und deren Spätfolgen zu erhalten, werden nachfolgend einige Beispiele aufgeführt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass in Deutschland fast flächendeckend etwa zwischen der nördlichen Mittelgebirgszone und den Alpen unzählige untertätige Bergbauversuche stattgefunden haben, die lokal Gefährdungsbereiche darstellen können.

In den meisten Fällen fehlen historische Aufzeichnungen, Risse und Beschreibungen zu den einzelnen Gruben oder die Archivalien sind lückenhaft. Grundsätzlich muss man davon ausgehen, dass verwertbare rissliche Darstellungen erst nach dem 30-jährigen Krieg angefertigt wurden. Davor fehlen mindestens 600 Jahre markscheiderisches Risswerk, wenn man sich auf die etwa 1 000-jährige deutsche Bergbaugeschichte bezieht. Zwar ist die Bergbautätigkeit in diesen Jahrhunderten in ihrem Umfang größtenteils begrenzt gewesen, jedoch liegen dafür die Hohlräume sehr tagesnah vor. Ihre Gefährdungspotentiale für die Geländeoberfläche und damit auch für die öffentliche Sicherheit müssen deshalb vor allem in Bebauungsgebieten als sehr hoch eingestuft werden.

Als traditionelle Schwerpunkte des *Gangerzbergbaus* heben sich die deutschen Mittelgebirge wie beispielsweise der Harz, das Erzgebirge, der Schwarzwald, das Sauerland, der Bayrische Wald und der Thüringer Wald hervor.

Im Erzgebirge sind es die großen historischen Bergbaureviere von Freiberg, Annaberg, Buchholz, Schneeberg, Marienberg, Johanngeorgenstadt, Eibenstock, Geyer, Ehrenfriedersdorf, Altenberg und Zinnwald, die vor allem Silber-, Zinn-, Blei-, Kupfer-, Eisen-, Wismut-, Kobalt-, Zink-, Nickel- und Uranerze lieferten.

In Freiberg begann der Bergbau 1168 auf Silbererze und breitete sich von dort etappenweise auf alle anderen Lagerstättenbezirke des Erzgebirges aus (Tabelle 1).

Nach dem derzeitigen Erkenntnisstand kann beispielsweise davon ausgegangen werden, dass etwa 75 % der besiedelten Fläche des Freistaates Sachsen durch Altbergbau beeinflusst sind.[11] Vom Sächsischen Oberbergamt in Freiberg wurden bisher insgesamt über 6 500 Schadensmeldungen registriert, von denen bisher nur etwa 1 500 einer Sanierung unterzogen werden konnten. Jährlich muss mit bis zu etwa 150 neuen Gefahrenstellen gerechnet werden.[12]

Tabelle 1: Ausgewählte Beispiele von Altbergbauumfängen im Erzgebirge

Revier	Bergbauumfang / Lagerstättenverhältnisse
Freiberg (ab 1168)	> 1 100 bebaute Erzgänge auf ca. 150 km² (Kernrevier); Einzelgänge bis 15 km lang und 10 m mächtig (∅ 0,1 bis 1,0 m), maximale Abbauteufe 500 bis 700 m, minimale Schachtabstände 20 bis 50 m, derzeit sind 943 Schächte und 388 Stollen bekannt; Abbau vor allem von Silber- und Buntmetallerzen
Schneeberg (ab ca. 1450)	> 150 bebaute Gänge mit Silber-Wismut-Kobalt-Nickel-Uran-Erzen auf etwa 15 km², Abbauteufe bis ca. 400 m, über 500 Tagesöffnungen bekannt
Annaberg-Buchholz (ab 1492)	> 300 bebaute Gänge mit Silber-Wismut-Kobalt-Nickel-Uran-Erzen auf etwa 56 km², Abbauteufe bis ca. 400 m, über 1 000 Schächte

An dieser Stelle sei eingefügt, dass leider flächendeckend für Deutschland keine einheitliche und vollständige Erfassung von Schadensereignissen mit vergleichbaren Kriterien vorliegt, wodurch eine Gegenüberstellung und territoriale Bewertung nicht möglich ist. So basieren die 6 500 Schadensmeldungen in Sachsen vollkommen auf anderen Erfassungsinhalten wie beispielsweise die oft zitierten 60 000 Schadstellen im Ruhrgebiet.

Zweifelsohne ist das Ruhrgebiet mit seinen 40 bis 60 Tagesbrüchen pro Jahr[13] ein zentraler Bereich von Bergschäden, wobei jedoch viele Gefährdungszonen einem Eigentümer oder Rechtsnachfolger zugeordnet werden können. Auch in der Erzgebirgsvorsenke sind zahlreiche größere und kleinere Steinkohlenbecken ausgebildet, die über Jahrhunderte Bergbauzentren waren. Das Revier von Zwickau – Oelsnitz – Lugau ist mit etwa 60 km² das größte Abbaugebiet. Die Gewinnung von bis zu 20 übereinander liegenden Flözen bei einer mittleren Mächtigkeit von je 1 bis 4 m erreichte Teufen bis 1 100 m. Geländeabsenkungen bis zu 17 m verursachten erhebliche Schäden an der Bebauung und an den Leitungssystemen. Die bis heute noch nicht abgeschlossene Flutung führt zu ungleichförmigen Bewegungen an der Geländeoberfläche, wie beispielsweise im Stadtkern von Zwickau. Nach dem derzeitigen Erkenntnisstand sind über 1 200 Schächte in diesem Revier vorhanden und ein Großteil muss als nicht oder unzureichend verwahrt eingestuft werden. Sogar bis zu einer Teufe von 600 m offenstehende alte Schächte bedurften einer Verwahrung.

Bedeutung erlangte auch das Steinkohlenrevier von Freital bei Dresden mit etwa 25 km² und einer maximalen Abbauteufe von ca. 700 m. Durch den Abbau der Kohle als Uranerzlagerstätte ergibt sich beispielweise hier der Fall, dass Altbergbau, Altwismut- und Wismutbergbau in einem Revier zu bearbeiten sind.

Auch die historischen Steinkohlengruben mit mehr als 250 Schächten unbekannten Zustandes in dem dicht besiedelten Raum bei Wettin, Löbejün und Halle-Dölau in Sachsen-Anhalt mögen für den ostdeutschen Steinkohlenaltbergbau als Beispiel dienen.[14]

Einen besonderen Schwerpunkt des Altbergbaus stellen die Braunkohlentiefbaue des mitteldeutschen Raumes dar. Folgende wichtige Braunkohlenreviere Mitteldeutschlands lassen sich ausgliedern:[15]

- *Braunschweig-Magdeburger Bezirk*
  Mit den Braunkohlenbecken von Helmstedt-Oschersleben, Egeln-Staßfurt, Nachterstedt-Aschersleben sowie zahlreichen Einzelbecken am Huy, Wienrode-Thale und zwischen Bernburg und Schönebeck
- *Thüringisch-Sächsischer Bezirk*
  Mit den Revieren von Köthen, Halle, Geiseltal, Zeitz-Weißenfels, Meuselwitz-Altenburg, Borna, Bitterfeld und den Vorkommen in der Altmark.

Die Zusammenstellung zeigt, dass der mitteldeutsche Raum großflächig von zahlreichen Relikten des Braunkohlenbergbaus beeinträchtigt wird. Der Tagebau ist die vorherrschende Abbaumethode ab etwa dem 20. Jahrhundert. Im 19. Jahrhundert ist vor allem mit Braunkohlentiefbau zu rechnen. So ist bekannt, dass auf dem Gebiet des ehemaligen Bezirkes Halle (8 771 km^2 – entspricht etwa dem Zuständigkeitsbereich des jetzigen Bergamtes Halle) etwa 120 km^2 mit Braunkohlentiefbau durchsetzt sind, Entwässerungsstrecken der Tagebaue (237 km^2) sind hierbei nicht berücksichtigt.[16]
In diesem Gebiet ereignen sich durchschnittlich etwa 53 Schadensereignisse im Jahr, wobei die Häufigkeiten zwischen 11 und 200 Ereignisse schwanken. Den enormen Umfang an Altbergbaurelikten verdeutlicht beispielhaft das kleine tertiäre Braunkohlenbekken Riestedt-Emseloh am Südharz (Sachsen-Anhalt) mit einem Abbaufeld von 2,8 km^2, wo sich 266 Schächte und 3 Stollen befinden. Neben vorwiegend landwirtschaftlicher Nutzfläche wird dieses Gebiet durch die Bundesstraßen 80 und 86 durchschnitten sowie von den beiden Ortslagen tangiert.
Auf dem heutigen Territorium von Sachsen konzentriert sich der alte Braunkohlentiefbau auf die Gebiete Nordwest- und Nordostsachsens sowie Ostsachsens. Die Abbauteufen betrugen bis zu 100 m. Die Flözmächtigkeit schwankte von wenigen Metern bis etwa 30 m. Der vorherrschende Kammerpfeilerbruchbau beeinflusste grundlegend die Geländeoberfläche. Die Lagerstätten wurden durch unzählige Schächte aufgeschlossen, deren Zustand heute meist unbekannt ist. Oftmals liegen die alten Grubenbaue in bebauten Gebieten, z. B. in Zittau fast im Stadtzentrum.
Zum Altbergbau des Kali- und Steinsalzbergbaus werden in Sachsen-Anhalt 59 Schächte gezählt, wovon der größte Teil noch einer Erkundung und Verwahrung bedarf.
Vor allem in den Ländern Thüringen, Sachsen-Anhalt und Hessen befinden sich die Verbreitungsgrenzen des historischen Kupferschieferbergbaus. In Sachsen-Anhalt konzentriert er sich auf die Mansfelder und Sangerhäuser Mulde. Hier rechnet man mit etwa 3 000 bis 4 000 Schächten des Kupferschieferbergbaus, dazu sind weiterhin einige tausend kleinere Halden-Pingen-Komplexe im unmittelbaren Flözausbissbereich des schüsselförmigen Lagerstättentyps zu zählen.
Das Muldenzentrum ist etwa 1 000 m tief und die abbauwürdige Flözverbreitung umfasst etwa 200 km^2. Die Flözmächtigkeit beträgt ca. 60 cm, davon sind maximal 24 bis 32 cm vererzt. In der Tabelle 2 sind die Förderzahlen aus dem Mansfelder Land zusammengestellt.[17]

Tabelle 2: Förderzahlen des Kupferschieferbergbaus im Mansfelder Land

Abbauzeitraum	Bergbaubezirk	Erz in t	Kupfer in t	Silber in t
1200 bis 1990	Mansfeld	80 760 000	2 009 800	11 111
	Sangerhausen	28 140 000	619 200	3 102
	Gesamt	108 900 000	2 629 000	14 213

Der Altwismutbergbau ist außer auf die bekannten Zentren bei Ronneburg und Aue insbesondere durch eine Vielzahl von kleineren Lagerstättenrevieren gekennzeichnet, die sich auf das gesamte Erzgebirge und dem Thüringer Wald erstrecken. Weitere Schurfaktivitäten sind aus dem Harz und dem Steinkohlengebiet nördlich von Halle bekannt. Nur auf sächsischen Gebiet sind etwa 2 300 Gefahrenstellen dem Altwismutbergbau zuzuordnen, wovon bisher nur ca. 10 % einer Sanierung unterzogen werden konnten. Die Bewältigung der bekannten Strahlungsproblematik und die Reduzierung der Radonbelastung insbesondere in Bebauungsgebieten sind im Altwismutbergbau wichtige Arbeitsschwerpunkte. Jedoch treten diese Probleme lagerstättenbedingt auch im historischen Silbererzbergbau des Erzgebirges auf.
Neben diesen bisher aufgeführten wirtschaftlich dominanten Bergbauzweigen wären noch zahlreiche Gangbergbaue auf Eisen, Baryt und Flussspat vor allem aus den Mittelgebirgsbereichen zu nennen. Der untertägige Steine- und

Erdenbergbau erlangte territorial ebenfalls größere Bedeutung. Basalt, Kalkstein, Sandstein, Gips, Anhydrit, Alaunschiefer, Sand oder Schiefer hinterließen regional teils erhebliche tagesnahe Hohlräume. So wurden beispielsweise in den Städten Gerbstedt und Hettstedt im Mansfelder Land umfangreiche untertägige Zechsteinkalkabbaue in den zurückliegenden Jahrhunderten angelegt. Mit den Steinen baute man Häuser, Stadt- und Stützmauern sowie Sakralbauten (Tabelle 3).

Tabelle 3: Abbauumfänge von Zechsteinkalktiefbauen in Gerbstedt und Hettstedt (Stand 2000)

Umfänge	Gerbstedt	Hettstedt
Abbaufläche in m^2	14 975	12 455
Davon Pfeilerfläche in m^2	2 476	1 815
Gesamtvolumen in m^3	54 115	37 365
Davon Hohlraum in m^3	22 600	8 985

Zu den umfangreichen historischen anthropogenen Hohlräumen bergmännischen Ursprungs sind die Bergkeller, Felsenkeller, Tiefkeller oder Höhler zu zählen. Diese Lagerkeller für Wein, Bier und auch Feldfrüchte sind fast in allen Siedlungsbereichen Deutschlands anzutreffen. Ihre Standsicherheit ist vor allem in Lockergesteinsbereichen begrenzt, als besonders kritisch treten dabei Lößgebiete hervor. Besonders gehäuft sind diese tagesnahen Hohlräume unter den Ansiedelungen Mitteldeutschlands vorhanden. Mit der Einführung des Brauens von Lagerbier durch die braubberechtigte Bürgerschaft etwa ab dem Jahr 1509 wurden besonders umfangreiche Kellersysteme angelegt. Vor allem in den Städten Mitteldeutschlands, aber auch des Frankenlandes machten die Privilegien des Brauens und Schenkens der Bürger das Brauwesen zu einem bedeutenden Wirtschaftszweig. Nur tiefe Keller mit einer Mindestüberdeckung von 3 bis 4 m zusätzlich zu den Hauskellern gewährleisteten eine qualitätsgerechte Bierlagerung. Welche Umfänge diese Tiefkelleranlagen bergmännischen Ursprungs aufweisen, verdeutlicht die Tabelle 4.

Tabelle 4: Ausgewählte Städte Mitteldeutschlands mit Tiefkelleranlagen

Stadt	Anzahl	Länge in km	Geologische Verhältnisse
Altenburg	300	9	Lößlehm / Löß
Crimmitschau	60	3	Zechsteinkonglomerat
Gera	230	9	Auesedimente, Zechsteinkalk
Glauchau	80	4	Lößlehm / Löß
Hohenstein	40	2	Glimmerschiefer
Lichtenstein	50	2	Rotliegendes
Lommatzsch	85	3	Lößlehm / Löß
Mittweida	50	2	Granulit
Ronneburg	38	2	Schiefer, Diabas
Waldenburg	90	3	Lößlehm / Löß, Phyllit
Zeitz	200	8	Unterer Buntsandstein, Lößlehm / Löß
Zwickau	80	4	Rotliegendes

3. Schadensbilder und Auswirkungen auf die Geländeoberfläche

In Abhängigkeit vom bergmännischen Hohlraum, den geologischen Deckgebirgsverhältnissen sowie den Einfluss- und Nutzungsbedingungen an der Geländeoberfläche treten über tagesnahen Hohlräumen eine Vielzahl möglicher Schadensereignisse als Bergbauspätfolgen auf (Tabelle 5).

Tabelle 5: Schadensformen an der Geländeoberfläche durch Altbergbau

Tagesbrüche	Verbruch des natürlichen Deckgebirges über tagesnahem Hohlraum
Schachtverbrüche	Meist plötzliches Abgehen von Versatz- oder Verbruchmassen sowie Abbühnungen in oder auf Schächten
Mundlochverbrüche	Verschluss von horizontalen Tageszugängen durch Deformationen und Verbrüche der Übergangszone vom Mundloch zum standfesten Deckgebirge
Senkungen	Geländedeformationen über verbrochenen oder verbrechenden Hohlräumen, dabei kommt es zu Zerrungen, Pressungen, Schieflagen und Krümmungen
Riss- und Spaltenbildungen	Bruchartige Geländeverschiebungen am Rande von Deformationszonen und Verbrüchen
Wasserschäden	Vernässung, Wasseraustritte, Standwasserbildungen, Verockerungen, Aktivierung von Karstprozessen, Versalzung
Entgasung	Austritte von Grubengasen durch aufgelockertes Deckgebirge, Verbrüche, Risse, Spalten, verfüllte und offene Grubenbaue (z. B. Methan, Radon)

Die Beobachtungen zeigen, dass das Wasser der Haupteinflussfaktor auf die Schadensentwicklung ist. Die differenzierten Verwitterungs-, Umlagerungs- und Deformationsprozesse im geotechnisch-bergschadenkundlichen Betrachtungskomplex Deckgebirge - Hohlraum nehmen in Abhängigkeit von der Zeit einen unbestimmbaren temporären Verlauf. Deutlich hebt sich dieser Zusammenhang in der jahreszeitlichen Verteilung der Schadensereignisse hervor (Bild 1).

Bild 1: Monatliche Verteilung der gemeldeten Schadensereignisse von 1981 bis 2000 im Aufsichtsbereich des Bergamtes Halle/Saale

Die Grafik zeigt, dass jederzeit Schadensereignisse eintreten können, wobei die Monate März und April deutlich als Piks herausragen. Die jährlichen Schadenshäufigkeiten bezogen auf einen 20-jährigen Auswertezeitraum variieren ebenfalls sehr erheblich (Bild 2).
Die Größe des Schadensereignisses an der Geländeoberfläche wird durch die Geometrie und die Tiefenlage des verbrochenen bergmännischen Hohlraumes bestimmt.[18] Aus diesem Grunde sind naturgemäß die größten Ereignisse im Bereich des Kali- und Steinsalzbergbaus zu erwarten. Die Tagesbrüche bei Staßfurt legen hierfür ein eindrucksvolles Beispiel ab, deren Durchmesser die 100 m-Grenze weit überschreiten. Größere Kammerabbaue im Kalkstein oder im Schiefer lassen Tagesbruchdurchmesser von 50 m und mehr zu.

Bild 2: Jahresverteilung von gemeldeten Schäden von 1981 bis 2000 im Aufsichtsbereich des Bergamtes Halle/Saale

Als Beispiel sei hier auf den Tagesbruch im östlichen Teil der Fredeburger Dachschieferlagerstätte (Bergamtsbezirk Siegen) verwiesen (Bild 3). Ein Wohnkomplex vom Behindertenheim des Sozialwerkes St. Georg in Schmallenberg-Fredeburg wurde am 29.08.1990 gegen 6.30 Uhr vollständig zerstört.[19]

Bild 3: Zerstörter Wohnkomplex durch Verbruch von Abbauen der Fredeburger Dachschieferlagerstätte

Medienwirksam war auch das Verbruchereignis in der Wohnsiedlung Höntrop in Bochum-Wattenscheid am 02.01.2000. Über Nacht entstand ein Krater von 40 m Breite und Tiefe, dabei verschwand eine Garage samt Auto. Am nächsten Tag folgte eine weitere Garage. Im Bereich des 1905 stillgelegten Steinkohlenschachtes 4 der Zeche Annemarie traten plötzlich erhebliche Massenbewegungen in der alten, verspriegelten Schachtröhre auf, worauf sich an der Geländeoberfläche eine Hohlform von mehr als 7 500 m^3 einstellte, die mit Beton verfüllt werden musste.[20]

Schachtverbrüche im Altbergbau bilden vor allem beim Verstürzen von Abbühnungen oder Verspriegelungen ein hohes Gefahrenpotential. An der Geländeoberfläche stellen sich, insbesondere bei mächtigen Lockergesteinsüberdeckungen, große Verbruchtrichter von mehreren Dekametern Durchmesser (Bild 4) oder tiefe Öffnungen mit stark labilen Rändern ein.

Bild 4: Verbruchtrichter eines Schachtes im Erzgebirge

Eine statistische Auswertung von Verbruchereignissen im Ostthüringer Altbergbau ist in der Tabelle 6 zusammengestellt.

Die Tabelle 6 verdeutlicht, dass das herausragende Merkmal der Verbrüche von vertikalen Grubenbauen die wesentlich größere Tiefe gegenüber Tagesbrüchen ist.

Tabelle 6: Geometrische Daten von Verbruchereignissen in Ostthüringen

	Tagesbrüche	**Verbrüche von Schächten, Tagesüberhauen und Durchhieben**
prozentualer Anteil	58,9 %	41,1 %
Kontur	rund bis elliptisch (Verhältnis 1 : 1,42)	rund bis elliptisch (Verhältnis 1 : 1,22)
Durchmesser an der Tagesoberfläche	2,2 m	2,4 m
minimal	0,2 m	0,5 m
maximal	8,7 m	6,0 m
Tiefe	2,4 m	5,6 m
minimal	0,5 m	0,4 m
maximal	7,0 m	30,0 m

Bei Schadensereignissen im Braunkohlentiefbau herrschen anfängliche Verbruchdurchmesser bis in den 4 m-Bereich vor und erreichen selten lagerstätten- und abbaubedingt die 9 m-Grenze. Bei Schachtverbrüchen sind auch hier Durchmesser von 30 m und Tiefen von 15 m bekannt.

4. Erkundung, Sicherung und Verwahrung

Aufgrund der fehlenden Kenntnisse über unterirdische Hohlräume ist aus Effektivitätsgründen eine untrennbare Einheit von Erkundung und Sanierung geboten. Bei den standortspezifischen Untersuchungen werden Umfang und Untersuchungstiefe nicht nur vom Bergbauzweig und den anstehenden Gebirgsverhältnissen bestimmt, sondern sie orientieren sich wesentlich nach der gegenwärtigen und zukünftigen Nutzung der Geländeoberfläche sowie nach der ermittelten Risikoabschätzung.

Zu einem optimalen Erkundungsergebnis führt nur eine komplexe, interdisziplinäre Herangehensweise. Folgende wichtige Methoden kommen bei der Erkundung zum Einsatz:

- *Direkte Methode:* Bergmännische Aufwältigungen, Schürfe, Bohrungen, Flächenfreilegungen
- *Indirekte Methode:* Geophysik, Sondierungen
- *Spezialmethoden:* Foto- und Fernsehsonden, Luftbildauswertung, Tracerversuche bei Wasser- und Wetterbewegungen

Je genauer und vollständiger die Erkundungsergebnisse vorliegen, um so exakter ist die Gefährdungseinschätzung und um so zielgerichteter, wirkungsvoller und kostengünstiger können Sanierungsarbeiten angesetzt werden.[21] In allen Phasen der Erkundungs- und Verwahrungsarbeiten im Altbergbau nehmen Bohrungen der unterschiedlichsten Art einen hohen Stellenwert ein. Sondier-, Kern- und Vollbohrungen werden zu folgenden Erkundungsschwerpunkten eingesetzt:

- Räumliche Lokalisierung von tagesnahen Altbergbaurelikten insbesondere von Hohlräumen und Schächten
- Ermittlung von Lockergesteins- und Verbruchmächtigkeiten und deren geotechnischen Eigenschaften
- Qualitative und quantitative Bestimmung der Deckgebirgsverhältnisse über tagesnahen Hohlräumen
- Erkundung der hydrogeologischen Verhältnisse
- Geotechnische Kennwertermittlung des Verwahrungshorizontes
- Kontrolle der Versatzqualitäten und -quantitäten
- Komplexverwertung von Bohrungen für verschiedene Erkundungsmethoden und Sanierungszwecke

Zur Ausführung kommen Einzelbohrungen, Bohrraster oder Bohrfächer. Grundsätzlich ermöglichen Kernbohrungen eine wesentlich gesteigerte Informationsausbeute. In der Kombination mit ingenieurgeologischen Kernauswerteverfahren können wesentlich präzisere Aussageergebnisse erzielt werden.[22] Die Effekti-

vitätsanalyse von Bohraufschlüssen bei der Altbergbauerkundung zeigt, dass nur ein differenzierter Einsatz und vor allem eine Kombination mit anderen Erkundungsmethoden zu aussagefähigen, repräsentativen und komplex verwertbaren geotechnischen Daten führt.
Geophysikalische Erkundungsmethoden finden ebenfalls mit sehr wechselndem Erfolg Verwendung, jedoch bedarf es stets ergänzender direkter Aufschlussmethoden zur Ergebnisbestätigung.
Bei den Bergsicherungsarbeiten im Altbergbau werden folgende Leistungsphasen unterschieden:

- *Erstsicherung:* Diese vorläufige Sicherung soll unmittelbar die vom Schadensereignis oder vom Altbergbauobjekt selbst ausgehende Gefährdung der öffentlichen Sicherheit abwenden. Eine markante Umgrenzung mit Warnband, Seil, Zaun, Beschilderung u. ä. soll auf die unmittelbare Gefahr aufmerksam machen. Aufgrund der Zerstörungsanfälligkeit und geringen Haltbarkeit sind kurzperiodische Kontrollen notwendig.
- *Dauerhafte Sicherung:* Das Schadensereignis oder Altbergbaurelikt wird nicht grundlegend beseitigt oder verändert. Die Absperrung und Sicherungsmaßnahmen zur Abwehr einer öffentlichen Gefährdung werden für einen längeren Zeitraum ausgelegt und einer periodischen Kontrolle unterzogen. Als mögliche Maßnahmen kommen u. a. zum Einsatz: Abdeckung aus Geokunststoff, Stahlgitter, Betonplatte, Verfüllung, Erdwall, Graben, Hecken, Umhausung, Netz, massiver Zaun, Seilabsperrung oder Abmauerung.
- *Verwahrung:* Nachsorgefreie Maßnahme zur dauerhaften, wirkungsvollen Beseitigung oder maßgebliche Reduzierung des Gefährdungspotentials für die öffentlichen Sicherheit an einem Altbergbauobjekt unter Berücksichtigung der Nutzungsart der Geländeoberfläche. Als Dauerhaftigkeit werden mindestens 100 Jahre angesetzt. Dazu kommen unterschiedliche Verfahren zum Einsatz, die differenziert an die konkreten Altbergbauobjekte des jeweiligen Bergbauzweiges angepasst werden. In Abhängigkeit von den Zielstellungen, der Nutzung der Geländeoberfläche, des Bergbauzweiges, der Hohlraumsituation und der Gebirgsverhältnisse finden z. B. Versatz, bautechnische Maßnahmen, geotechnische Spezialgründungen oder Injektionen zur Herstellung eines Verwahrungskörpers Verwendung. Eine Anzahl von bewährten Standardtechnologien liegen hierzu vor, die jeweils einer objektbezogenen Anpassung bedürfen. Als grundlegende Voraussetzung für eine Verwahrung ist die Nutzung oder Herstellung eines geeigneten Verwahrungshorizontes herauszustellen, deren Bewertung durch ingenieurgeologische Erkundungs- und Dokumentationsmethoden erfolgt.
- Grundsätzlich lassen sich Erkundungs- und Verwahrungsarbeiten an Altbergbauanlagen nicht pauschalisieren, sondern es bedarf durch die Komplexität der Thematik stets einer Einzelfallbehandlung. Trotzdem lassen sich in vielen Fällen allgemeingültige geotechnisch-bergschadenkundliche Gesetzmäßigkeiten erkennen, deren Nutzung einen wesentlichen Zuwachs an Sicherheit und Dauerhaftigkeit bei Bergsicherungsmaßnahmen bringt.

Die Bearbeitung der aufgeführten Schwerpunkte sollte bergbauzweigbezogen und unter Berücksichtigung der regionalen Schadenskonzentrationen erfolgen.

Literaturverzeichnis

[1] WINKELMANN, A.: Gewinnung und Bearbeitung von Feuerstein. - Anschnitt 13 (1961) 2, S.9-12
[2] MERCER, R.: Die Reviere urgeschichtlichen Silexbergbaus in Europa. - Anschnitt 32 (1980) 1, S.2-10
[3] LEHRBERGER, G.: Goldlagerstätten und historischer Goldbergbau in Bayern. - Gold im Herzen Europas. Schriftenreihe des Bergbau- u. Industriemuseums Ostbayern, Bd. 34 (1996) S.17-63
[4] HUNOLD, A.; MANGARTZ, F.; SCHAAFF, H.: Steinabbau in der Osteifel. - Archäologie in Deutschland (2000) 3, S.26-27
[5] HILTSCHER, A.: 140 Jahre Salzbergbau in der Region Anhalt – Ein Überblick. - Aufschluss, Sonderband zur VFMG-Sommertagung in Halle, Heidelberg (Okt. 1999) S.103-116
[6] GRUMBRECHT, A.: Leitfaden des Braunkohlenbergbaus. - Verlag von Wilhelm Knapp Halle (Saale) 1939

[7] Polizeiverordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Arbeit über die Abwehr von Gefahren aus unterirdischen Hohlräumen (Hohlraumverordnung – HohlrV) vom 2. August 1996
[8] 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)
[9] MEIER, G.: Ingenieurgeologische Problemstellungen bei der Erkundung und Verwahrung von tagesnahen Hohlräumen und Altbergbau im mitteldeutschen Raum. - Tagungsband 12. Nat. Tag. F. Ing.-Geologie, Halle 1999, S.39-47
[10] MEIER, G.; SKRZYPPEK, J.: Altbergbau – geotechnische Erkundung und Bewertung. Bericht über den Arbeitskreis 4.6 der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT).- Taschenbuch FlächenRecycling GeoProfi 1999, S. 331-336, Verlag Glückauf GmbH, Essen 1998
[11] MEIER, G.: Erkundung und Verwahrung tagesnaher Hohlräume in Sachsen. - Glückauf 133 (1997) 5, S.241-245
[12] Bericht über die Entwicklung des Bergbaus und die Tätigkeit der Bergbehörden im Freistaat Sachsen im Jahr 1999.- Freiberg, Juli 2000
[13] CLOSTERMANN, M.; FLÜCHTER, U.: Tagesnahe Hohlräume im Ruhrgebiet und ihre Auswirkungen auf die Tagesoberfläche. - 2. Aachener Bergschadenkundliches Kolloquium 2000, H. 86, S.69-73, Schriftenreihe GDMB, Clausthal-Zellerfeld 2000
[14] BUNN, E.; HARTMANN, O.: Kali- und Steinsalzaltbergbau im Bereich des Bergamtes Halle. - Exkurs. F. Veröfftl. GGW 205 (1999) S.99-104
[15] PIETZSCH, K.: Die Braunkohlen Deutschlands – Handbuch der Geologie und Bodenschätze Deutschlands. - Verlag Gebrüder Borntraeger Berlin 1925
[16] OTT, M.: Gefährdung der Tagesoberfläche durch Tagesbrüche in Braunkohlentiefbaubereichen des Bezirkes Halle. - Diplomarbeit Bergakademie Freiberg 1976 (unveröff.)
[17] KNITZSCHKE, G.: Der Kupferschieferbergbau im Mansfelder Land (1200 – 1990).- Festschrift 225 Jahre Oberbergämter und Bergbehörden in Halle an der Saale, S. 135-150, Halle 1998
[18] MEIER, G.: Tagesbruchberechnung...
[19] ... Bericht über die Tätigkeit der Bergbehörden des Landes Nordrhein-Westfalen im Jahre 1990.- Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen
[20] VDI-Nachrichten, 7.1.2000
[21] MEIER, G.: Zur Effektivität von Bohraufschlüssen bei der Altbergbauerkundung. - Tagungsband 13. Nat. Tag. f. Ing.-Geol. Karlruhe 2001, S. 225-226
[22] MEIER, G.: Ein repräsentatives Verfahren zur ingenieurgeologischen Bohrkernauswertung im Fels in Altbergbaugebieten. - Berichte 12. Nat. Tagung f. Ing.-Geol., Halle 1999, S. 192-199