

Erkundung, Sicherung und Verwahrung von tagesnahen Muschelkalktiefbauen im Stadtgebiet von Schraplau (Saalekreis)

Investigation, safety works and safekeeping custody of shell limestone mining close to the surface in the area in the city of Schraplau (Saalekreis)

Dr.-Ing. habil. Günter Meier ¹⁾
Dipl.-Ing. Gerhard Jost ²⁾
Dipl.-Ing. Bernd Aberle ³⁾

¹⁾ Ingenieurbüro Dr. G. Meier, Wegefarth/Freiberg

²⁾ Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Halle/Saale

³⁾ BST Mansfeld GmbH & Co. KG, Niederröblingen

Zusammenfassung

Im Bereich des Kirchberges in der Stadt Schraplau wurde Kalkstein aus den Muschelkalkschichten zur Kalkproduktion über- und untertägig abgebaut. Umfangreiche tagesnahe altbergbauliche Grubenbaue unbekanntes Ausmaßes durchziehen das Gebirge. Zahlreiche Tagesbrüche und Deformationen führten zu erheblichen Einwirkungen auf die urbane Bebauung und die Zufahrtsstraßen. Zur Gewährleistung der Sicherheit an der Tagesoberfläche werden bohr- und bergtechnische Erkundungs- und Sanierungsarbeiten durchgeführt. Die teils verbrochenen Hohlräume unbekannter Lage erfordern durch die sehr instabilen Gebirgsverhältnisse aufwändige bergtechnische Erkundungs- und Sicherungsmaßnahmen. Mittels kontrollierter hohlraumfreier Verfüllung der Grubenbaue unter der Bebauung und dauerhafter Sicherung der Kontrollstrecken für ein Monitoring wird die Sicherheit an der urban genutzten Tagesoberfläche hergestellt.

Summary

Limestone was mined from layers of shell lime rock for the production of lime in the area of the Kirchberg in the city of Schraplau. The mining was carried out over- and underground. Extensive excavations of abandoned mining, close to the surface and of unknown dimension run through the formations. Plenty of caves to the surface and deformations caused a considerable impact on the urban construction and the access roads. To guarantee safety on the surface, drilling and mine engineering investigations and reconstruction work is being applied. The excavations of unknown location, partly downfallen, require extensive mine engineering investigations and measures of protection because of the very instable rock conditions. By means of a controlled filling without cavities of the mine opening below the construction and permanent maintenance of inspection drifts with a monitoring system the safety is established on the urban used surface.

1. Veranlassung und Ausgangssituation

Im Bereich der Stadt Schraplau wurde in den zurückliegenden Jahrhunderten umfangreicher Bergbau auf Kalkstein im Tagebau und Tiefbau betrieben. Ausgehend von den Talhängen wurden insbesondere von der Herrenstraße aus Steinbrüche angelegt, die horizontal in Tiefbaue übergingen. In einem tagesnahen regellosen Kammer-Pfeiler-Bergbau wurden nutzbare Schichtglieder des Muschelkalkes gewonnen und vorrangig vor Ort zur Kalkproduktion für die Bauindustrie verwertet. Die Auflassung des Bergbaues erfolgte im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts. Altes markscheiderisches Risswerk fehlt vollständig.



Bild 1: Verbruch der entfestigten Deckgebirgsschichten über den Grubenbauen

In der jüngeren Vergangenheit ereigneten sich im Bereich der öffentlichen Straße „Kirchberg“ mehrere Tagesbrüche, die von übertage unkontrolliert mit Erdstoff und Müll verfüllt wurden oder unverfüllt als Pingen außerhalb der Bebauung verblieben. Zudem sind im Asphaltbelag der Straße deutlich wellenartige Deformationen erkennbar, deren Ursache vor allem im untertägigen Altbergbau zu sehen ist. Nach dem Öffnen eines teilverbrochenen Zuganges an der Felsböschung im Bereich der Herrenstraße im Juli 2006 konnten im Rahmen einer Erstbefahrung ein intensives und aktives Verbruchsszenario in den umfänglichen, teilverbrochenen Grubenbauen und zahlreiche außergewöhnlich große Hochbrüche und Strecken- sowie Abbauverbrüche registriert werden (Bilder 1 und 2). Das Verbruchmaterial von zahlreichen Schuttkegeln verwies auf alte Tagesbrüche. Die vorhandenen Abbaupfeiler waren stark belastet, gerissen und nicht ausreichend dimensioniert. Die Abbaufirsten waren überwiegend hoch ausgebrochen und neigten bereichsweise sehr stark zum Firstfall. Es bestand an mehreren Stellen ein teils sehr hohes Tagesbruchrisiko. Im Übertagebereich liegt eine Wohnbebauung vor, die durch die Straße Kirchberg erschlossen wird.



Bild 2: Große teilverbrochene Abbaukammer bei der Erstbefahrung

Aufgrund dieser geotechnisch-markscheiderisch hochbrisanten Ausgangssituation beauftragte das Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt die Firma BST Mansfeld GmbH & Co. KG mit der sofortigen Durchführung von bergtechnischen Erstsicherungsmaßnahmen zur Gefahrenabwehr und das Ingenieurbüro Dr. G. Meier mit den über- und untertägigen markscheiderischen Vermessungsarbeiten einschließlich der ingenieurgeologischen Dokumentation der Grubenbaue (Bild 3).

Im Ergebnis der Auswertung der Vermessungs- und Dokumentationsarbeiten ergaben sich zahlreiche Verbruchbereiche, die ein aktives Verbruchpotential aufwiesen und ein sehr hohes Risiko für die öffentliche Sicherheit im Straßenbereich und für die angrenzende Bebauung darstellten. Auf der Grundlage dieser extrem ungünstigen geotechnisch-markscheiderischen Gebirgsverhältnisse erfolgten im Rahmen der begrenzt zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel weitere partielle Erstsicherungsmaßnahmen zur Gefahrenabwehr insbesondere im Straßenbereich und unter einem Wohngebäude bis Februar 2007.

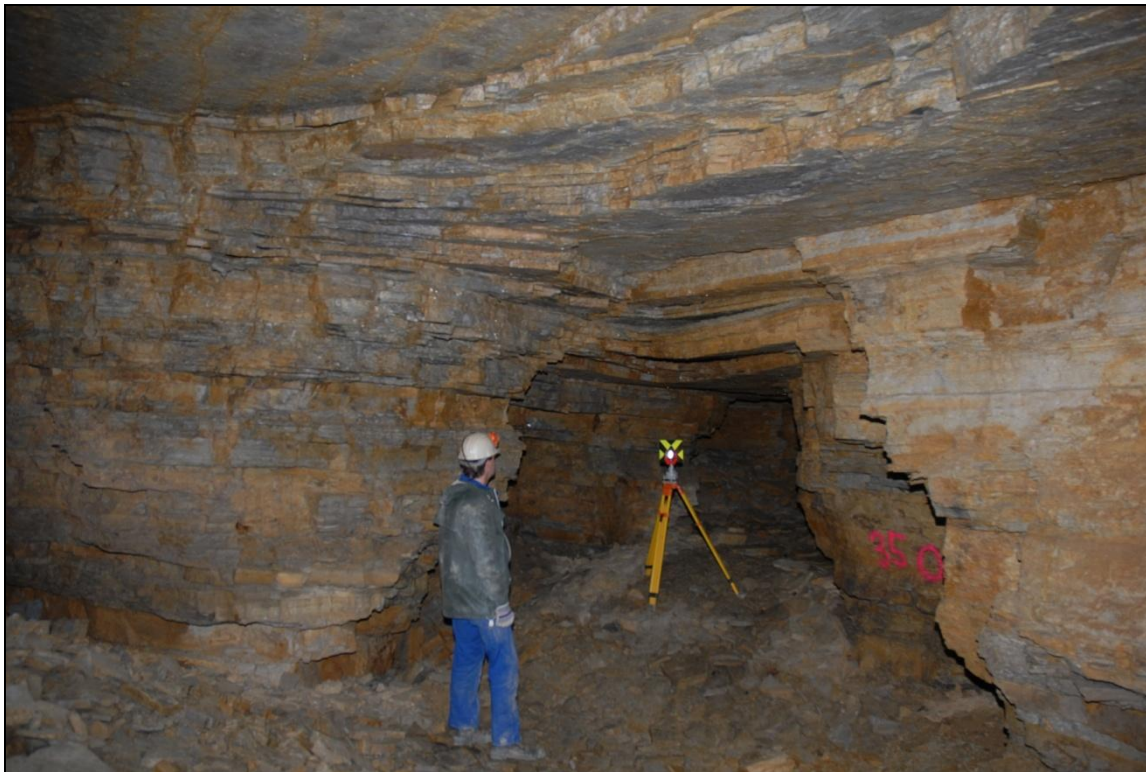


Bild 3: Vermessungsarbeiten in den Kammer-Pfeiler-Abbauen

Nach der Bereitstellung von weiteren finanziellen Mitteln für planmäßige bergtechnische Erkundungs-, Sicherungs- und Verwahrungsmaßnahmen wurden Planungsarbeiten durchgeführt und eine Leistungsbeschreibung sowie ein Leistungsverzeichnis erstellt. Die darin festgelegten bergtechnischen Maßnahmen begannen im September 2007 und sind vorerst bis Anfang 2009 vorgesehen.

Für die laufende Erkundung und Sanierung der tagesnahen Muschelkalktiefbaue kommen grundsätzlich folgende bergtechnische Maßnahmen zur Anwendung:

- Freilegen von verschütteten Zugängen im Hangbereich und deren Sicherung
- Erkundungsbohrungen insbesondere im Straßenbereich (Hammer- und Kernbohrungen)
- Bergmännische Aufwältigung und Sicherung der offenen, teilverfüllten und verbrochenen Grubenbaue sowie von Tagesbrüchen im Fahrbahnbereich
- Verwahrung und dauerhafte Sicherung der erkundeten Grubenbaue
- Verfüllung von Resthohlräumen durch Injektionen zwischen den verwahrten/ dauerhaft gesicherten Grubenbauen und der Tagesoberfläche

Baubegleitend sind ingenieurtechnische Leistungen erforderlich, die neben der Bauüberwachung auch eine intensive geotechnisch-markscheiderische Betreuung und Dokumentation zum Inhalt haben. Die markscheiderischen Aufmessungen stellen dabei die Basis für die weiteren zielgerichteten bergtechnischen Aufwältigungsarbeiten und für die damit in Zusammenhang stehenden Planungsanpassungen dar.

2. Geologische und lagerstättenkundliche Verhältnisse

Die Stadt Schraplau wurde am Zusammenfluss vom Weidabach und vom Weitzschkerbach gegründet. Auf dem dabei entstandenen Bergsporn befinden sich

die Reste einer alten Burg und die Kirche mit einer älteren, teils doppelseitigen Reihenbebauung entlang der Straße Kirchberg. Am Fuß der Festgesteinsböschung verläuft die Herrenstraße mit mehreren Einzelbebauungen. An den steilen Talflanken steht Muschelkalk (Trias) in der Stufe des Unteren Muschelkalkes an. Er wird durch die Gesteinstypen des Wellenkalkes und den dazwischengeschalteten Werksteinbänken charakterisiert. Diese Bänke sind gekennzeichnet durch eine oolithische, schaumige oder kristalline Gesteinsmatrix. An den Talflanken von Schraplau ist der Wellenkalk bis zur Schaumkalkzone und der Übergang zum Mittleren Muschelkalk aufgeschlossen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Petrographische Verhältnisse der Schaumkalkzone in Schraplau

Schicht	Mächtigkeit in m	Petrographische Verhältnisse
Mittlerer Muschelkalk mmCAu	>50	Unteres Karbonat mit Orbicularisschichten, bankig, plattig, unebenplattig, dolomitischer Kalkstein, an der Basis dolomitischer Kalkstein (1,4 m), darüber Mergel (2,25 m)
Obere Schaumkalkbank χ3, muS	0,1 – 0,15	Konglomeratisch, Gerölle dolomitischer Kalkstein
Zwischenmittel	1,0 – 1,1	Wellenkalk, dolomitischer Kalk
Mittlere Schaumkalkbank χ2, muS	0,4 – 0,7	Kristallin bis schwach schaumig
Zwischenmittel	4,35 – 4,5	Wellenkalk, dickbankige, dolomitische Kalksteine, plattig, unebenplattig, grobflaserige Ausbildung
Untere Schaumkalkzone χ1, muS	1,5 – 1,8	Oolithisch-schaumige Struktur, am Kopf 0,2 m grauer, auch gelblich-braun, dichter, mikritischer Kalkstein
Oberer Wellenkalk muW3	>25	Flaserig, plattig, unebenplattig, knaurige Ausbildung, eingelagerte kristalline Kalkbänkchen

Der bergmännische Gewinnungshorizont in Schraplau war die Zone der Schaumkalkbänke des Unteren Muschelkalkes, die eine Gesamtmächtigkeit gemäß der Tabelle 1 von 7,35 bis 8,25 m erreicht. Ausgangspunkt des Abbaues war jedoch die Untere Schaumkalkzone, die, von wenigen Ausnahmen abgesehen, die Sohle der Grubenbaue bildet. Für die notwendigen bergtechnischen Aufwältigungsmaßnahmen eignet sich deshalb dieses ungeschichtete Kalklager als „Leithorizont“.

Die Schichten verlaufen im Untersuchungsgebiet horizontal bis schwach geneigt, aber auch großwellig. Das generelle Einfallen der Schichten beträgt etwa 2 bis 3° bei einem NW-SE-Streichen und einem Einfallen nach SSW in Richtung der Querfurter Mulde. Das Kluftinventar ist herzyn und erzgebirgisch ausgerichtet. Großklüfte, Störungszonen und Verwerfungen sind vorrangig erzgebirgisch angelegt. Die Versetzungsbeträge können den m-Bereich übersteigen. An diese Elemente sind mehrfach Karststrukturen in Form von horizontalen und vertikalen Lösungshohlräumen gebunden. Im Allgemeinen weisen die Auslaugungshohlräume Durchmesser im

dm-Bereich auf, seltener können diese röhrenartigen Öffnungen m-Beträge erreichen. Größere Störungen sind häufig als Zonen mit parallel verlaufenden Rupturen ausgebildet.

Die Standsicherheit der Grubenbaue ist durch den hohen Auflockerungsgrad stark geschwächt. Dies ist primär durch die Ablaugung der tieferliegenden Salzschieben des Zechsteins und die damit verbundene Salinar tektonik bedingt, wodurch erhebliche und vor allem ungleichförmige Bewegungen die Deckschichten stark aufgelockert haben. Sekundär schwächte der Kammer-Pfeiler-Bergbau weiterhin die Standfestigkeit des Deckgebirges über den Grubenbauen soweit, dass permanent aktive Verbruchprozesse durch diese Verbandsauflockerung ablaufen, in deren Endphase Tagesbrüche und Deformationen an der Tagesoberfläche entstehen.

Die hydrogeologischen Verhältnisse werden bestimmt durch die hohe Durchlässigkeit des tektonisch stark beanspruchten Gebirges. Die trockenengefallenen Karststrukturen fungieren weiterhin als potentielle Wasserwege, was vor allem bei Injektions- und Verfüllmaßnahmen zu berücksichtigen ist. Da der Vorfluter einige Meter unter der Abbausohle liegt, ist im Grubengebäude kein Standwasser vorhanden. Lokal tritt Tropfwasser auf, das niederschlagsabhängig ist und durch anthropogene Einflüsse (z. B. defekte Rohrleitungen, undichter Swimmingpool) überprägt wird. Tropfwasser und sonstige Wasserzuläufe führen grundsätzlich zu intensiveren Verbruchprozessen in den Grubenbauen, wie die untertägigen Beobachtungen eindeutig belegen.

3. Historischer Abriss zum Altbergbau

Leider fehlen detaillierte Informationen über die Geschichte des Über- und Untertagebergbaues für den Bereich des Kirchberges in Schraplau. Nach den allgemeinen regionalhistorischen Erkenntnissen zum Werksteinabbau und der begrenzten Aktelage kann man davon ausgehen, dass die Werksteingewinnung mit dem Bau der ersten Gebäude und insbesondere der Burg und der Kirche beginnt. Diese übertägigen Gräbereien im Steinbruchbetrieb sind bis Anfang des 19. Jahrhunderts typisch. Mit der rasch einsetzenden Industrialisierung und einer generellen Bevölkerungszunahme entwickelte sich ein enormer Bedarf an Baumaterialien in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Diese Tendenz gipfelte in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts und reichte bis nach den 1. Weltkrieg. Anhand von Akten ist am 11. März 1850 im Steinbruch „Hoffmann“ eine Kalkbrennerei belegt, deren Einstellung zwischen 1920 – 1930 datiert wird. Ein weiterer Steinbruchbesitzer „Prinz“, der den südöstlichen Teil des Talhanges abbaute und auch Grubenbaue anlegte, ist ebenfalls in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts und im ersten Teil des 20. Jahrhunderts tätig. Abbauegenstand war der Bereich der Schaumkalkzonen mit den drei unterschiedlich mächtigen Schaumkalk-Horizonten. Der Schaumkalk selbst war für die Kalkbrennerei qualitativ am besten geeignet. Jeder Steinbruchbetreiber hatte einen Brennofen, deren Mauerreste auch heute noch an den alten Steinbruchböschungen zu sehen sind. Im Prinz'schen Steinbruch wurden zusätzlich in einem untertägig angelegten Brennofen Ziegel hergestellt.

Die untere Schaumkalkbank mit der größten Mächtigkeit war anfänglich auch Hauptgegenstand des Tiefbaues, wie die geometrischen und geologischen Verhältnisse in den alten Abbaufeldern belegen. Die untertägige bergmännische Gewinnung erfolgte in einem unregelmäßigen Kammer-Pfeiler-Bergbau. Mit der Zunahme des Baustoffbedarfes wurden auch die hangenden Schichten mit den beiden anderen Schaumkalkbänken in die Gewinnung einbezogen, wodurch sich auch maßgeblich die Abbauhöhen vergrößerten. Die Ausrichtungs- bzw. Hauptförderstrecken hatten Quer-

schnitte von ca. 2 x 2 m. Abbaustrecken waren ursprünglich 3,5 bis 4 m hoch und 3 m breit. Durch Teilversatz und Firstnachbrüche verringerten sich die Streckenhöhen auf ca. 3 m. Nur partiell wurde Sicherungsbau aus Holz gestellt. Durch das größtenteils gebräunte Deckgebirge und die geborstenen Pfeiler sowie durch Raubbau entstanden größere, domartige Verbruchshohlräume mit einem sehr latenten Standsicherheitszustand mit einem sehr hohen Tagesbruchrisiko (Bild 4).



Bild 4: Aktiver, domartiger Hochbruch in einer großen Abbaukammer

Mit der Einstellung des Kalkabbaues und der Kalkbrennerei in der Herrenstraße blieben die Steinbrüche und Tiefbaue auflässig. Etwa um 1930 endete nach mindestens 80 Jahren der Kalksteinabbau an der Herrenstraße. Die Tagebaue wurden teilweise mit Abraum oder sogar mit Müll verkippt. Im 2. Weltkrieg wurden sehr begrenzte Teile der untertägigen Grubenbaue für Luftschutzzwecke vorgerichtet. Im Bereich der Herrenstraße sind hinter der Einzelbebauung lokal Grubenbaue als Lagerkeller noch heute in Gebrauch.

4. Geotechnisch-markscheiderische Situation

Grundlage jeglicher geotechnisch-markscheiderischen Dokumentation ist die hinreichend genaue vermessungstechnische Aufnahme der Über- und Untertagesituation. Gemäß den Erkundungsmaßnahmen und bergtechnischen Aufwältigungsarbeiten ist die erfassbare Hohlräume situation kontinuierlich markscheiderisch nachzutragen. Weiterhin sind verfügbare Archivalien auszuwerten, die Georeferenzierung von verwertbaren Altrissen durchzuführen und die grundsätzlichen Erkenntnisse der geologisch-lagerstättenkundlichen Situation einzubeziehen. Die Klärung der hydrogeologischen Bedingungen ist auch in Verbindung mit den Karststrukturen ebenfalls zwingender Bestandteil der geotechnisch-markscheiderischen Bewertung.

Die geotechnisch-markscheiderische Situation ist im Untersuchungsbereich bezüglich der altbergbaulich bedingten Schadensbilder einerseits von den potentiellen Schäden durch die gravitativen Hangprozesse in den verbliebenen Steinbruchwänden gekennzeichnet. Andererseits nehmen die zahlreichen und großen Schadensbilder durch die verbrechenden Grubenbaue in Form von Tagesbrüchen maßgeblichen Einfluss auf die Sicherheit an der bebauten Tagesoberfläche. Die Kirchbergstraße und die zahlreichen Wohnbebauungen sind hiervon gleichermaßen betroffen.

Folgende altbergbaulich bedingten Erscheinungsbilder treten im Bearbeitungsgebiet über- und untertägig vordringlich auf:

Rutschungen und Steinschläge in unterschiedlicher Größe von den Steinbruchwänden beeinträchtigen die Gebäude und den Verkehr auf der Herrenstraße. Bei größeren Ablösungen sind auch Einwirkungen auf die oberhalb verlaufende Kirchbergstraße zu erwarten, die unmittelbar vor der Böschungskante endet. Teile der labilen Steinbruchböschungen am Kirchberg wurden 1987 bis 1991 auf ihre Standsicherheit bewertet und Maßnahmen zur Herstellung der öffentlichen Sicherheit gefordert. Veranlassung dazu war eine Rutschung Anfang Mai 1986 im Bereich des Gebäudes Kirchberg 14. Im Ergebnis der Standsicherheitsbewertung erfolgte ein Abriss des Wohnhauses, das unmittelbar an der Steinbruchoberkante stand. An den Steinbruchwänden selbst wurden jedoch keine grundhaften Sicherungsarbeiten durchgeführt.

Tagesbrüche sind in einem bebauten Gebiet die gravierendsten und schadensintensivsten altbergbaulich bedingten Erscheinungsbilder, die grundsätzlich unmittelbar beim Auftreten eine erhebliche Gefährdung der öffentlichen Sicherheit darstellen. Eine lückenlose Erfassung und Dokumentation der Tagesbrüche im Bereich des Kirchberges erfolgte über die Jahre leider nicht. Die teils nur fragmentarischen Informationen verweisen deutlich auf sehr aktive und intensiver werdende Verbruchprozesse. Im südöstlichen Abschnitt der Kirchbergstraße ereignete sich am 15.12.1993 ein Tagesbruch in Verbindung mit einer Rutschung. Unter der Kirchbergstraße kam es daraufhin in den Jahren 1994 bis 1996 partiell zu Verfüllungen von Grubenbauen mittels Bohrungen und den Verschluss von Tageszugängen, worüber leider keine verwertbaren Dokumentationen angefertigt wurden. Ein weiterer Tagesbruch auf der Straße am 03.05.1994 unterstrich die Notwendigkeit dieser bergtechnischen Maßnahmen. Außerhalb des Bearbeitungsbereiches ereignete sich im Asphaltband der Kirchbergstraße im Februar 2006 ein weiterer Tagesbruch. Unweit davon wurde bereits im Juli 1980 ein Tagesbruch auf der Straße registriert. Ein neuer Tagesbruch an der Garage Kirchberg 21 begann sich im September 2007 durch die Schräglage einer Gartenmauer und einer Betontreppe zu zeigen. Derzeit ist dieser Verbruch noch aktiv. Er unterliegt einer täglichen Überwachung im Rahmen der Baustellentätigkeit.

Senkungen werden an der Tagesoberfläche in den unmittelbaren Bebauungsbereichen dort beobachtet, wo eine starre oder befestigte Oberfläche vorhanden ist. Rissbildungen und Schief lagen am Mauerwerk sowie eine wellig bewegte Oberfläche der Straßenoberfläche sind weitere Merkmale für dieses Erscheinungsbild. Verursacht werden diese Schäden durch untertägige Verbruchprozesse in den Deckgebirgsschichten der Grubenbaue. Einige Teile der Abbaue sind bereits durch verkippten Abraum teilversetzt. Die Verbrüche legen sich auf diese eingebauten Massen auf. Durch den begrenzten Hohlraum läuft sich jedoch der Verbruchprozess „tot“ und nur die Auflockerung erreicht die Tagesoberfläche. Zahlreiche Resthohlräume und lo-

ckerste Lagerung dieser verbrochenen Schichten bestimmen dann die Eigenschaften des Deckgebirges.

Domartige Hochbrüche im Untertagebereich sind die Vorstufen für Tagesbrüche oder Senkungen an der Tagesoberfläche. In Abhängigkeit von den anstehenden Gesteinseigenschaften, der tektonischen Vorbeanspruchung und den geometrischen Verhältnissen der Grubenbaue ist das Gebirge als sehr aufgelockert und gebräch einzustufen. Die Stöße und Firstübergänge sind überwiegend stark entfestigt. In den Firsten sind unterschiedlich große Ablösungen und Ausbrüche vorhanden. Bei den Ablösungen handelt es sich meist um zentimeter- bis dezimeterdicke Gesteinschichten des plattigen bis dünnplattigen Kalksteins, die sich aus dem entfestigten Gefüge durch die Schwerkraft lösen. In den Firsten sind auch Bruchstrukturen zu beobachten, die infolge der Durchbiegung von Schichten entstanden sind. Die bankigen Dachsichten sind hier intensiv aufgeblättert.

In den meist unterdimensionierten Pfeilern sind häufig Scherrisse zu erkennen, die auf eine Überbeanspruchung verweisen. In den Grubenbauen haben sich Hochbrüche entwickelt, deren Kontur stark aufgelockert ist und somit intensiv zum permanenten Firstfall neigt. Größere Abbaukammern mit Hochbrüchen können sogar Abmessungen von 30 x 14 m (Länge x Breite) und Höhen von bis zu 14 m aufweisen. Die dabei entstandenen Verbruchdome reichen bis in die verwitterten, sehr weichen, tonig-mergeligen Gebirgsschichten. Bei einem Verbruch sind Tagesbruchdurchmesser von 10 bis 15 m und Tiefen von mehreren Metern zu erwarten, wie bereits vorhandene Ereignisse im Umfeld belegen. Oft sind die Hochbrüche auch an Streckenkreuze gebunden. Mit „hängenden“ Verbrüchen, die kurz vor dem Durchbruch zur Tagesoberfläche stehen, ist zu rechnen. Aufgrund dieser geotechnisch-markscheiderischen Situation ist im Zuge der bergtechnischen Arbeiten ein Ausbau bzw. eine Sicherung, teils in Form von vorauseilender Sicherung, unumgänglich.

Für eine schadensfreie Nutzung der Tagesoberfläche stellen diese geotechnisch-markscheiderischen Erscheinungsbilder grundsätzlich in der urbanen Bebauung ein sehr hohes Risiko dar. Diese Zielstellung für die Nutzung kann nur durch eine differenzierte bergtechnische Erkundung und dauerhafte Sicherung oder Verwahrung unter Berücksichtigung der konkreten Nutzungsverhältnisse erreicht werden.

5. Bergtechnische Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen

Maßgeblich wird die Effizienz von bergtechnischen Maßnahmen im Altbergbau durch die variable, objektspezifische Kombination von Erkundung und dauerhafter Sicherung sowie Verwahrung bestimmt. Erst die hinreichende Kenntnis zur Altbergbausituation gewährleistet unter Berücksichtigung der Nutzung der Tagesoberfläche das beste Ergebnis. Daraus ergibt sich für die Bearbeitungsreihenfolge von altbergbaulich beeinflussten Gebieten eine Unterteilung in eine *Erkundungsphase* und in eine *Sanierungsphase*, die sich aus dauerhaften Sicherungsmaßnahmen und Verwahrungen zusammensetzt. Für das Untersuchungsgebiet wurden daraus folgende Schwerpunkte abgeleitet:

Bohrtechnische Erkundung

Bohrungen werden im Altbergbau zur Erkundung, Verfüllung, Injektion und Kontrolle eingesetzt. Hammer- und Kernbohrungen werden für die Erkundung tagesnaher Grubenbaue genutzt. Neben gezielten Einzelbohrungen werden vor allem Bohrraster zur Ortung von Hohlräumen gestoßen. Die Bohrtiefe richtet sich nach der zu erwartenden Grubenbausohle. Im Allgemeinen werden die Bohrlochdurchmesser von Kernbohrungen > 90 mm gewählt. Bei Kernbohrungen ist stets ein vollständiger

Bohrkern zu fordern. Werden Hohlräume oder Auflockerungszonen durch Erkundungsbohrungen aufgeschlossen, so ist ihre Verwendbarkeit als Verfüll- oder Verpressbohrung zu prüfen. Der Einsatz von Fernseh- oder Fotosonden trägt bei offenen Grubenbauen in hohem Maße zu einem Informationszuwachs bei.

Am Ende der Verwahrungs- und Injektionsarbeiten werden Kernbohrungen zur Kontrolle des Versatz- und Verpresserfolges vorgesehen.

Sicherung der Zugänge an den Felsböschungen

Nach einer partiellen Beräumung der Felswand über dem zu öffnenden Zugang erfolgt ein ausreichend langer Vorbau mit Stahltürstöcken zur temporären Steinfallsicherung, der mit Blechen verkleidet wird. Eine Auflage aus Holz ist als Prallschutz sinnvoll. Durch den Einbau eines Tores wird die Verschlussicherheit hergestellt.

Horizontale Aufwältigung

Die streckenförmige horizontale Aufwältigung dient der Durchörterung von Verbruchzonen im Abbauhorizont, um mögliche Fortsetzungen von Grubenbauen hinter dem Verbruch zu erkunden



Bild 5: Aufwältigungs- und Sicherungsarbeiten in den teilverbrochenen Grubenbauen mittels Kleintechnik. Die Streckensicherung erfolgt mit Spritzbeton.

Der Streckenausbau erfolgt mit Stahltürstöcken und vorseilender Sicherung mit und ohne Baustahlmatten sowie Spritzbeton (Bild 5). Die Verwendung von Holz sollte zur Sicherung weitestgehend vermieden werden, da bei einer Verfüllung des Hohlraumes ein Rückbau des Holzes stets erforderlich ist. Müssen größere Verbrüche durchfahren werden, sollte ein Stoß aus gewachsenem Gebirge bestehen. Dies ist gebirgsmechanisch günstig und klärt mögliche seitliche Abgänge aus der Verbruchzone auf.

Große Abbaukammern und offene Hochbrüche lassen sich mit stählernen Druckkästen partiell sichern. Diese Kästen werden mit Steinen manuell gefüllt und mit Spritzbeton stabilisiert. Im Firstbereich werden überkragende Stahlträger bedarfsweise bis unter die Firstplatten der Muschelkalkschichten eingezogen. Ziel dieser pfeilerartigen, stützenden Sicherungsart ist die Verringerung der freien Firstflächen und die Stabilisierung von Verbrücherrändern.

Vertikale Aufwältigung

Die vertikalen Aufwältigungen werden schachtförmig in ehemaligen Tagesbruchbereichen positioniert. Im Untersuchungsgebiet sind bis zur Abbausohle Aufwältigungstiefen von 10 bis 12 m erforderlich. Der Ansatzpunkt der Schächte wird vorab bohrtechnisch erkundet. Im Schachttiefsten sind horizontale Erkundungsstrecken einzuplanen. Der Ausbau der Schächte kann mit Stahlausbaurahmen, Erdnägeln und bewehrtem Spritzbeton als Verzug zwischen den Rahmen erfolgen. Rundschächte mit bewehrter Spritzbetonsicherung und Erdnägeln sind ebenfalls möglich. Die im Schachttiefsten angeschlagenen horizontalen Strecken werden in Verbruchmassen aufgefahren und mit Stahltürstöcken sowie vorausseilender Sicherung aus Verzugsblechen oder Vorpfändschienen ausgebaut. Bedarfsweise wird bewehrter Spritzbetonausbau eingesetzt. Die Aufwältigung von Tagesbrüchen insbesondere im Straßenbereich macht sich durch die meist unkontrollierte Verfüllung der Verbrüche erforderlich. Häufig wurde in den Tagesbrüchen auch Müll entsorgt, den man im Untertagebereich in den Schuttkegeln antrifft.

Die **Verwahrung** der aufgewältigten und offenen Grubenbaue erfolgt mit dem Einbau von hydraulisch erhärtenden Versatzbaustoffen (z. B. Bergbaumörtel). Das Versatzmaterial soll sehr fließfähig, sedimentationsstabil und volumenbeständig sein. Mittels Prüfkörper wird die Qualität des Materials kontrolliert. Besonders fließfähiges Dämmmaterial ist nicht einsetzbar, da bei locker gelagerten Verbruch- und Versatzmassen, Klüften, Trockenmauern und Karststrukturen ein unkontrolliertes Abfließen zu erwarten ist. Die zu verfüllenden Bereiche sind durch Versatzdämme in einzelne Kammern zu unterteilen. Gemäß den statischen Erfordernissen sind standsicheres Mauerwerk oder Dämme in bewehrtem Spritzbeton auszuführen. Die Dämme sind für eine scheibenweise Verfüllung der Versatzabschnitte vorgesehen. Die verfüllte Scheibenhöhe sollte auf 1 m/Tag begrenzt werden. Die Verlegung der Verfüll- und Entlüftungsleitungen sollten eine hohlraumfreie Verfüllung mit Versatzstoff gewährleisten. In der Regel wird jedoch eine Verfüllung über Versatzbohrungen angestrebt. Diese Bohrungen sind aus einem sicheren Standort zu stoßen, auch Schrägbohrungen können dazu genutzt werden. Die vertikalen Aufwältigungen werden ebenfalls mit dem hydraulisch erhärtenden Versatzbaustoff im Rückbau verfüllt.

Die Technologien zur **dauerhaften Sicherung** von altbergbaulich überprägten Gebirgszonen kommen hauptsächlich in zwei Bereichen zur Anwendung. Insbesondere in Bebauungs- und Straßenbereichen ist vorgesehen, die vorhandenen Resthohlräume in der Auflockerungszone zwischen den mit Bergbaumörtel verfüllten Strecken und der Tagesoberfläche unter Einsatz von Manschettenrohren mit hydraulisch erhärtenden Verfüllbaustoff bei einem Injektionsdruck zwischen 3 bis 5 bar zu verpressen. Verbleiben aufgewältigte und ausgebaute Strecken zu Kontrollzwecken unverfüllt, so ist der Stahlausbau durch Spritzbetonauftrag korrosionssicher zu machen und gegen ein mögliches Auslaufen der Suspension abzudichten. Diese Grubenbaue bleiben als dauerhaft gesichert für Kontroll- und Wartungsarbeiten erhalten. Dies macht sich auch deshalb erforderlich, da nicht alle Grubenbaue, insbesondere die außerhalb der urbanen Nutzung liegen, erkundet und verwahrt werden können.

6. Zwischenbilanz

Zum derzeitigen Zeitpunkt sind die bergtechnischen Erkundungs- und Sanierungsarbeiten in Muschelkalktiefbauten am Kirchberg in Schraplau noch in der Phase der Erkundung. Bisher wurden 941,4 lfd. m Erkundungsbohrungen als Kern- und Hammerbohrungen zur Hohlräume suchende geteuft. Erkundungsschwerpunkt war hier die Kirchbergstraße. Dabei wurden fast durchgängig im Straßenbereich offene und teilverbrochene Hohlräume angetroffen. Zahlreiche Hochbrüche standen mit ihrem Bruchgewölbe nur wenige Meter unter der Tagesoberfläche. Eine vollständige Sperrung der Straße war die unumgängliche Folge.

Die systematische bergmännische Aufwältigung der alten Grubenbaue ist einerseits durch den äußerst labilen Gebirgszustand notwendig. Andererseits werden dadurch erst die wahren Dimensionen an Grubenbauten sichtbar. In der Tabelle 2 sind die Umfänge an bergbaulichen Hohlräumen am Beginn der bergtechnischen Erkundungsarbeiten und nach etwa 11 Monaten Bauzeit zusammengestellt.

Tabelle 2: Gegenüberstellung der ursprünglichen und der momentan erkundeten Grubenbaumfänge

	Zu Beginn der berg- technischen Erkundungs- und Sanierungsarbeiten (Stand:15.09.2007)	Erkenntnisstand nach ca. 11 Monaten (Stand: 15.08.2008)
Umhüllende Fläche mit bekanntem Abbau	2.900 m ²	7.000 m ²
Hohlraumvolumen	5.300 m ³	8.350 m ³
Fläche der bekannten Grubenbaue	1.950 m ²	3.100 m ²

Die Tabelle 2 zeigt deutlich, dass durch die systematischen bergtechnischen Erkundungsarbeiten sehr umfangreiche unbekannte Hohlräume vor allem unter den Wohngebäuden an der Kirchbergstraße und unter dem Straßenkörper freigelegt wurden. Eine ergänzende bohrtechnische Erkundung war außer im unmittelbaren Straßenbereich aus Sicherheitsgründen und durch die baulich sehr begrenzte Zugänglichkeit nicht möglich. Geophysikalische Erkundungsverfahren versprachen durch die intensiven anthropogenen Umgestaltungen des Kirchberges, der Bebauung und zahlreicher Leitungssysteme keinen brauchbaren Erfolg zu liefern, zumal dieses indirekte Verfahren stets ein direktes Aufschlussverfahren zur Klärung der angezeigten Anomalie erfordert.

Die weiteren bergtechnischen Maßnahmen werden sich auf die unumgängliche Erkundung der tagesnahen Grubenbaue unter der Bebauung und dem Straßenbereich konzentrieren. Nach der Klärung der Endschichten der Hohlräume werden systematisch die Sicherungs- und Verwahrungsarbeiten durchgeführt. Unter Beachtung der am Ende noch erforderlichen Hangsanierung sind verschlussichere Zugänge zu belassen, die ein Monitoring verbliebener unbearbeiteten Grubenbaue und der dauerhaft gesicherten Strecken ermöglichen.

Literatur

- PICARD, E. (1923): Beitrag zur Kenntnis des Muschelkalks bei Schraplau (Mansfelder Seekreis).- Jahrbuch der Preußisch-Geologischen Landesanstalt zu Berlin, Bd. XLIV, S. 396 – 404
- RADZINSKI, K.-H. (1962): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte M.: 1 : 25 000, Blatt Schraplau 4536.- Geologischer Teil, S. 133 – 146 Halle (Saale)
- MEIER, G. (2006): Holz im Altbergbau. - Tagungsband 6. Altbergbau-Kolloquium, 09. bis 11.11.2006, RWTH Aachen, S. 217 – 229, VGE Verlag GmbH, Essen
- MEIER, G. (2007): Geotechnisch-markscheiderische Anforderungen an Sicherungen und Verwahrungen von Schächten im Altbergbau. - Tagungsband 7. Altbergbau-Kolloquium, 08. bis 10.11.2007, TU Bergakademie Freiberg, S. 188 – 196, VGE Verlag GmbH, Essen
- KINNE, M. (2008): Stratigraphische Korrelation zwischen den untertägigen Muschelkalkabbauen und der stratigraphischen Situation im Bereich Schraplau-Stedten. - Dipl.-Arbeit, (unveröff.) Universität Leipzig, Fakultät f. Physik u. Geowissenschaften,