Ingenieurbüro Dr. G. Meier
Ingenieurgeologie – Geotechnik – Bergbau
Onlineartikel

Dr.-Ing. habil. G. Meier
Wegefarth / Freiberg
http://www.dr-gmeier.de/
gmeier@dr-gmeier.de

Gefährdungspotentiale durch Altbergbau unter Deponien an ausgewählten Fallbeispielen im Freistaat Sachsen (BRD)*

Kurzfassung

Im Freistaat Sachsen entwickelten sich zahlreiche Altbergbaustandorte der unterschiedlichsten Art bevorzugt zu Deponien, die durch Bestandsschutz nach der Wiedervereinigung von 1990 auch heute noch betrieben werden. Tagesnahe Grubenbaue und Schächte der verschiedenartigen Lagerstätten im Festgesteinsbereich stellen dabei erhebliche Gefährdungspotentiale für die Standsicherheit von Deponieaufstandsflächen dar. Insbesondere für den Wasserpfad, aber auch für die gefahrlose Deponienutzung sind diese Altbergbaurelikte grundlegende Schwäche- und Gefahrenzonen. Auch bei Deponieerweiterungen oder Sanierungen des Altkörpers besteht hier Handlungsbedarf zur Gewährleistung der dauerhaften Sicherheit. An drei Fallbeispielen werden aus geotechnischer Sicht die altbergbaulichen Gefahrenpotentiale analysiert sowie Erkundungs- und Verwahrungsmaßnahmen vorgestellt. Grundlegende Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen werden für die mittel- und langfristige Deponiesicherheit gezogen.

1 Problemstellung

Der Freistaat Sachsen ist ein altes traditionsreiches Bergbauland. Über 800 Jahre Silberbergbau prägten das Erzgebirge. Es folgten der untertägige Abbau zahlreicher Erze zur Gewinnung von Zinn, Eisen, Kobalt und anderen Metallen, aber auch Steine und Erden waren im Tiefbau Bergbaugegenstand. Landschaftsprägende Bergbauhinterlassenschaften des Stein- und Braunkohlentiefbaus sowie des jungen Uranbergbaus überziehen ebenfalls die Region und stellen insbesondere in den intensiv besiedelten Gebieten durch mögliche Verbruch- und Deformationsereignisse partiell erhebliche Gefährdungspotentiale dar.

In vielen Fällen wurden die abgeworfenen Relikte des Altbergbaus als Verkippungsflächen für Abfälle aus Industrie und Haushalt genutzt. Vor allem an Halden und Schächten, in größeren Verbrüchen oder Restlöchern wurde Deponiegut der unterschiedlichsten Art unkontrolliert verkippt. Einige dieser Standorte entwickelten sich dabei im Laufe der Zeit

* Veröffentlicht in: Bericht 14. Tagung f. Ing.-Geol., 26.-29. März 2003, Kiel, S.353-358

zu offiziellen Deponien, die auch heute noch durch Bestandsschutz genutzt werden und in vielen Fällen saniert und planmäßig erweitert wurden. Stets wurde ein angepasstes Monitoringsystem installiert und bei Bedarf eine Altlastsicherung durchgeführt. An den altbergbaubelasteten Standorten machten sich zur Gewährleistung der Sicherheit beim Betrieb der Deponie, aber insbesondere zur Schaffung eines modernen Deponiekonzeptes sowie zur Vermeidung oder zumindest Minimierung von möglichem Schadstoffeintrag in den Untergrund weiterhin differenzierte bergtechnische Erkundungs- und Verwahrungsarbeiten an tagesnahen Altbergbaurelikten unumgänglich. Zur Beseitigung oder Reduzierung von Gefährdungspotentialen durch die tagesnahe Hohlraumsituation bestehen in Abhängigkeit von den altbergbaulichen Gegebenheiten des jeweiligen Deponiestandortes sehr unterschiedliche Anforderungen an die bergtechnischen Erkundungs- und Verwahrungsarbeiten. Als Verwahrung von tagesnahen Grubenbauen des Altbergbaus wird das Verschließen von Hohlräumen oder Verbrüchen im Untergrund verstanden, um einen dauerhaft verbruchsicheren Baugrund zu erhalten.

Anhand von drei Fallbeispielen werden unter geotechnischen Aspekten unterschiedliche Altbergbausituationen und deren Bearbeitung im Festgesteinsbereich von Deponien vorgestellt.

2 Beschreibung der Fallbeispiele

Die Darstellung der Erkundungs- und Verwahrungsmaßnahmen erfolgt ausschließlich aus geotechnischer Sicht. Im Mittelpunkt stehen dabei vor allem die Verfahrensweisen bei der Erkundung und den bergsicherungsspezifischen Maßnahmen zur Herstellung der dauerhaften Sicherheit im Bereich der Deponieaufstandsfläche.

Fallbeispiel 1 – Geplante Erweiterung der Hausmülldeponie „Himmlisch Heer“ bei Annaberg-Buchholz

Im Rahmen einer vorgesehenen Erweiterung der Hausmülldeponie „Himmlisch Heer“ sollte eine altbergbaudurchsetzte Fläche von etwa 5,5 ha so ertüchtigt werden, dass keine schadensrelevanten Bewegungen, Rissbildungen und Verbrüche im Untergrund unter Berücksichtigung der Baugrundsituation des Deponiebaus entstehen, damit die vorgesehene Basisabdichtung dauerhaft funktionsfähig bleibt. Das altbergbaubedingte Restrisiko war auf ein vertretbares Minimum zu reduzieren.

Der Deponiebereich erstreckt sich im Zentrum des mittelalterlichen Silberbergbaus vom Annaberger Bergrevier mit dem ergiebigsten Grubenfeld „Himmlisch Heer“. Mit sehr

vielen tagesnahen Altbergbaurelikten musste gerechnet werden. Insbesondere durch zahlreiche Kreuzungen von Erzgängen erbrachte der Bergbau im Deponiebereich oberflächennah allein in den Jahren 1536 bis 1538 eine Ausbeute von 9.200 kg Silber. Der Erzanbruch enthielt bis 37 % gediegenes Silber. Mit Unterbrechungen sind Bergbauaktivitäten bis ins 19. Jahrhundert bekannt. Markscheiderische Aufmessungen zum Altbergbau fehlen vollständig. In tieferen Gebirgszonen ging in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts Uranerzbergbau um, der jedoch unterhalb einer Tiefe von ca. 70 m vorwiegend nur streckenartige Auffahrungen aufweist und vollständig unter Wasser steht. Durch das standfeste Gebirge können direkte Einwirkungen durch Grubenbaue dieses Bergbaus auf die Geländeoberfläche im Bearbeitungsbereich ausgeschlossen werden. Die dazugehörigen Tagesöffnungen (Schacht, Stollen) befinden sich außerhalb der Erweiterungsfläche der Deponie.

Im Untergrund stehen Gneise verschiedener Varietäten an, die von einer 1 bis 2 m mächtigen Verwitterungsschicht, bestehend aus Mutterboden, Verwitterungslehm und Hangschutt, abgedeckt sind. Die Gneise sind teilweise tiefgründig zersetzt oder auch quarzreich, fest und verwitterungsbeständig. Lokal bildeten sich mächtigere Vergrusungszonen, die in früheren Zeiten zur Sandgewinnung genutzt und später mit Müll aufgefüllt wurden. An die Erzgänge des mittelalterlichen Silberbergbaus sind vielfältige Bergbauspuren gebunden, deren genaue Lage, Tiefe und Zustand unklar waren. Diese Strukturen als mögliche potentielle Gefährdungsbereiche sollten erkundet und einer Verwahrung unterzogen werden. Durch die vorgesehene Nutzung der lehmigen Verwitterungsdecke zum Deponiebau wurde flächendeckend die Felsoberfläche freigelegt, dabei selektiv Mutterboden und Verwitterungslehm gewonnen. Alle sichtbaren Bergbauspuren wurden nach der Flächenfreilegung vermessungstechnisch erfasst, dokumentiert und gezielt erkundet. Als direkte Erkundungsverfahren kamen Flächenfreilegungen mittels Raupe und Bagger, Schürfe, Bohrungen und bergmännische Aufwältigungsarbeiten zum Einsatz. Folgende bergsicherungsspezifische Technologien kamen bei den komplexen bergmännischen Erkundungs- und Verwahrungsarbeiten zur Anwendung:

- Haldenabtrag
- Schachtverplombung
- Verfüllung mit erhärtendem Versatz bei Hohlräumen
- Lagenweiser Einbau von geeigneten Lockermassen in geöffneten und freigelegten Hohlräumen, die eine feste Sohle aufwiesen

Für die Verwahrung der Altbergbaurelikte wurden grundsätzlich bergbehördlich genehmigte Standardtechnologien verwendet, die objektspezifisch eine Anpassung erfuhren. Dies trifft insbesondere für die Schachtaufwältigung und Verplombung mittels Scherbetonpfropfen zu. Bei jedem Plombeneinbau wurde eine ingenieurgeologische Abnahme der Widerlager vorgenommen, um einen geeigneten Verwahrungshorizont zu nutzen.

Im Bearbeitungsbereich wurden folgende Umfänge an tagesnahen Gefährdungspotentialen des Altbergbaus einer Verwahrung unterzogen:

- 9 Tagesschächte
- 5 Blindschächte
- ca. 600 m aufgemessene Strecken
- 75 m zur Geländeoberfläche durchgebaute Gangzonen
- 3 Sandgruben

Zur Verwahrung der bergmännisch freigelegten Altbergbauzonen wurden 20 Betonplomben (Scherbetonpfropfen) in Größen von 11 bis 129 m³ eingebaut, wofür insgesamt 998 m³ Beton B 25 Verwendung fanden. Tagesnahe Abbaustrecken wurden durch 158 m³ Verfüllbeton (B 10, B 25) stabilisiert. In altbergbauliche Hohlformen wurden insgesamt 9.934 m³ Lockermassen (vorwiegend geeignetes Haldenmaterial) lagenweise eingebaut, wovon 4.845 m³ in den alten, von Müll freigelegten Sandgruben zur Geländeregulierung verstürzt wurden.

Im Ergebnis der bergmännischen Verwahrungsarbeiten kann eingeschätzt werden, dass die Zielstellung, eine sichere Aufstandsfläche für die geplante Deponiererweiterung zu schaffen, erreicht wurde. Alle erkennbaren oberflächennahen Altbergbaurelikten wurden erkundet und einer Verwahrung unterzogen.

Fallbeispiel 2 – Hausmülldeponie Zobes

Die Hausmülldeponie Zobes befindet sich unmittelbar über einem umfangreichen, tagesnahen Gangbergbau des Uranerzbergbaus aus der Zeit von 1949 bis 1963. Zahlreiche Schächte, tagesnahe Gangabbaue, Tagesbrüche und Deformationszonen liegen direkt unter dem alten Deponiekörper. Im Ergebnis von Untersuchungen musste eingeschätzt werden, dass der Sanierungserfolg der Deponie, deren Standsicherheit und die Funktionsfähigkeit der neu einzubauenden Deponiebasisabdichtung entscheidend von den dauerhaft verbruchsicheren untertägigen Grubenbauen bestimmt wird. Durch Kernbohrungen wurde

das Deckgebirge erkundet und die Tragfähigkeit bewertet sowie die Vollständigkeit des vorhandenen markscheiderischen Grubenrisswerkes überprüft. Dabei musste festgestellt werden, dass die Endkonturen auf den Abbaublöcken nicht immer aufgemessen wurden. Überhauen und Abbaufirsten weisen gegenüber den Markscheiderrissen Höhendifferenzen von 0,5 bis 4,5 m auf.

Im Untergrund stehen kotaktmetamorph veränderte Schluff- und Tonschiefer sowie kohlenstoffreiche Schiefer, Marmore, Skarne, Diabase und Granit an. Die Gesteinspakete sind verfaltet und verkippt. Bis zu 5 m mächtige Störungszonen und steil stehende Gangstrukturen durchziehen das Gebirge. Durch den intensiven Bergbau muss auch im gesamten Betrachtungsbereich mit erheblichen anthropogenen Veränderungen der oberflächennahen Gebirgszone gerechnet werden. Neben Haldenaufschüttungen unterschiedlicher Mächtigkeit sind alte Schürfe und Bohrungen zu erwarten. Durch bergbaulich bedingte Senkungsprozesse tritt besonders in den Gangzonen eine erhöhte Zerstückelung des Gebirges auf, die bereits durch die tektonische Vorgeschichte latent vorgegeben ist. Gemäß der bergschadenkundlichen Gesetzmäßigkeiten sind Zerrungs-, Pressungs- und Senkungszonen ausgebildet. Teilweise liegen Spaltenbildungen und sogar Tagesbrüche vor. Den Fels decken durch die Lage der Deponie in einem kleinen Tal Aue- und Verwitterungslehme in einer Mächtigkeit von 3 bis 7 m ab.

Hydrogeologisch wird die Situation maßgeblich durch den Bergbau geprägt. Der Bergwasserspiegel befindet sich etwa 10 m unter der ursprünglichen Geländeoberfläche. In den Grubenbauen über dem Wasserspiegel zersetzt sich zunehmend das Grubenholz, wie Kernbohrungen und bergmännischen Aufwältigungen gezeigt haben. Das Ausbauholz unter Wasser wird konserviert und besitzt noch eine hohe Stabilität.

Im Rahmen der Beseitigung von instabilen Altbergbaurelikten wurden insbesondere Tagesbrüche und Schächte im Deponiebereich einer Verwahrung unterzogen. Folgende Objekte wurden durch bergmännische Maßnahmen dauerhaft saniert:

- als Tagesbruch vorliegendes Überhauen am oberen Rand des Deponiekörpers
- Überhauenverbruch im alten Deponiekörper
- Hauptförderschacht 354
- Schurfschacht 23

Bild 1: Statisch dimensionierte Stahlbetonplatte über dem Schacht 354. Die Baugrube wurde im Deponiekörper (ca. 8 m mächtig) und Verwitterungsdecke (ca. 7 m mächtig) mittels Bagger hergestellt und durch Spritzbeton, Baustahlmatten und Erdnägel gesichert.

Das verbrochene Überhauen, das als Tagesbruch am Rand des Deponiekörpers vorlag, wurde bergmännisch bis zum Bergwasserspiegel geöffnet und als kontrollfähiges Versturzbauwerk für den Hochwasserschutz in Form einer Betonröhre ausgebaut.

Das verbrochene Überhauen im Deponiekörper wurde nach einer Bohrerkundung durch Baggerarbeiten freigelegt und bergmännisch bis zum Bergwasserspiegel geöffnet, ein geeigneter Verwahrungshorizont ausgewählt und mit einem geometrisch bemessenen Betonscherpfropfen verschlossen. Zur Abdichtung wurde die Schachtröhre beim Rückbau mit Lehm aufgefüllt.

Der Zustand einer alten Verwahrung des Hauptförderschachtes 354 unter dem Deponiekörper wurde durch Kernbohrungen erkundet. Es musste festgestellt werden, dass der alte Schachtverschluss für die vorgesehene Aufstockung des Deponiekörpers auf 32 m und eine Verkehrsbelastung durch SLW 60 nicht ausgelegt war. Der Schachtkopf unter der Deponie wurde durch einen ca. 15 m tiefen Einschnitt freigelegt, mit einer statisch bemessenen Stahlbetonplatte in einer Größe von 7 m x 9 m verschlossen und mit einer 2 m mächtigen Lehmschicht vor kontaminierten Deponiesickerwässern geschützt.

Der Schurfschacht 23 war nach den alten Unterlagen etwa 1954 mit Haldenmaterial verkippt worden, wobei alle hölzernen Ein- und Ausbauten in der Schachtröhre verblieben waren. Infolge des Holzvolumenschwundes musste mit Bewegungen in der Schachtröhre gerechnet werden. Ein sicherer Verschluss war deshalb die Voraussetzung für eine geplante Überdeckung von über 35 m. Der angetroffene Verwahrungshorizont entsprach für eine Stahlbetonplatte nicht den Anforderungen und so wurde eine geometrisch bemessene Betonplombe eingebaut.

Fallbeispiel 3 – Bauschuttdeponie Ludwigsdorf

Im östlichen Teil von Sachsen, unweit der Stadt Görlitz, befindet sich die Bauschuttdeponie Ludwigsdorf. Ehemals wurde hier seit Jahrhunderten Kalkstein in Steinbrüchen abgebaut, die bis zu 70 m tiefe Restlöcher hinterlassen haben. Ab 1957 begann die untertägige Kalksteingewinnung im Kammerbau mit Magazinierung des Haufwerkes. Dieser Tiefbau wurde 1984 eingestellt. Auf der Sohle des Bruches I war ein Förderstollen aufgefahren, von dem seitlich die Magazinabbaue in regelmäßigen Abständen angelegt wurden. Die Kammern erreichten Höhen von 20 bis 40 m. Sie waren etwa 8 m breit und bis zu 130 m lang. Die verbliebenen Pfeiler hatten eine Mindeststärke von 8 m. Das Deckgebirge erreichte Mächtigkeit von etwa 25 bis 35 m.

Im geologischen Profil stehen an der Geländeoberfläche quartäre sandig-schluffige Lockergesteine von mehreren Metern Mächtigkeit an. Darunter folgt kaolinisierter Porphyr geringer Festigkeit und kambrischer Kalkstein, der starke Verkarstungserscheinungen aufweist. Das Kalksteinlager ist durch Störungen horstartig in einen Schiefermantel eingebettet und besitzt komplizierte Verbandsverhältnisse. Die schlotartigen Karsthohlräume sind mit Lehm ausgefüllt. Bei Wassersättigung neigen die Karstsedimente zum Ausfließen. Aufgrund dieser ingenieurgeologischen Situation mussten beim untertägigen Kalksteinabbau bereits zahlreiche Abbaumagazine durch Lehmeinbrüche aufgegeben werden. Teilweise entstanden dabei Tagesbrüche mit erheblichen Ausmaßen.

Nach der Stilllegung der untertägigen Kalkgewinnung im Jahre 1984 wurde die Wasserhaltung bis 1994 aufrecht erhalten. Gutachterliche Prognosen verwiesen beim Wasseranstieg auf ein sich aktivierendes Tagesbruchgeschehen und Bewegungen in bereits mit Müll und industriellen Abprodukten (Schleifschlamm) verfüllten Tagebaurestlöchern und Verbruchtrichtern (Pingen). Durch den Bestandsschutz der Deponie entwickelte sich zwischenzeitlich eine geordnete Bauschuttdeponie der Deponieklasse I mit einer peripheren Pegelüberwachung im Schiefermantel. Im Jahr 1999 kam es dann zu einer

plötzlichen Reaktivierung des Bruchgeschehens. Über einem bereits beim Abbau abgeworfenen Magazin entstand ein Verbruchtrichter mit einem Durchmesser von ca. 28 m und einem Volumen von ca. 2.500 m³. Dieses Ereignis riss einen Teil der Zufahrtsstraße zur Deponie mit in die Tiefe. Wenige Monate später folgten im unmittelbaren Deponiekörper weitere Deformationsereignisse, die einer Aktivierung von alten Verbrüchen zuzuordnen waren. Durch das extreme Gefährdungspotential für die Bewirtschaftung musste der Deponiebetrieb aus Sicherheitsgründen eingestellt werden. Geotechnische Untersuchungen ergaben, dass die untertägigen Grubenbaue zwar standsicher sind, es aber 1999 zu einer Reaktivierung des Bruchgeschehens durch das gegenwärtig um 1 cm/Tag ansteigende Grundwasser gekommen ist. Erreicht das aufsteigende Wasser die alten mit Lehm gefüllten Karstschlote, so ändern sich grundlegend die bodenmechanischen Eigenschaften und es kommt zum Ausfließen der lehmigen Massen in den jetzt wassererfüllten Abbaukammern. Nach den derzeitigen Prognosen werden 2005 die Abbaukammern wassererfüllt und 2010 der natürliche Grundwasserstand erreicht sein. Bis zu diesem Zeitpunkt ist ein besonders großes Verbruchrisiko zu erwarten und ein Deponieabschluss nur mit besonders großem sicherheitstechnischen Aufwand möglich.

Bild 2: Beginnender Tagesbruch im Deponiekörper. Die äußeren konzentrischen Risse erreichen bereits Durchmesser von bis zu 50 m.

3 Schlussfolgerungen

Ein besonders großes Gefährdungspotential für die Bewirtschaftung von Deponien und für die Funktionalität der Basisabdichtung stellen instabile tagesnahe Hohlräume des Altbergbaus unter Deponiekörpern dar.

Bei der Neuanlage von Deponien ist es unumgänglich, den Untergrund nach Altbergbaurelikten systematisch zu erkunden und zu verwahren. In Abhängigkeit von der gegebenen Hohlraumsituation unter Altdeponien sind die Erkundungs- und Verwahrungsmaßnahmen so durchzuführen, dass keine Gefährdung für das Betreiben der Deponie besteht, Basis- und Zwischenabdichtungen funktionstüchtig bleiben und somit langfristig kein Schadstoffeintrag in den Untergrund möglich ist. Da vorwiegend Detaiunterlagen zur Altbergbausituation fehlen, ist die fachspezifische Bearbeitung nur effektiv im Komplex von Erkundung und Verwahrung durchführbar.

Werden Zwischenabdichtungen im Deponiekörper eingebaut, so bedarf es nicht nur eines setzungsarmen Altkörpers, sondern auch eines verbruch- und deformationssicheren Untergrundes. Neben tagesnahen instabilen Hohlräumen sind vor allem alte Tagesbrüche, Stollen und unverwahrte Schächte wichtige Objekte von Bergsicherungsmaßnahmen. Das partielle Öffnen des Altkörpers ist dabei unumgänglich, um einen dimensionierten Verwahrungskörper in einen dauerhaft tragfähigen Verwahrungshorizont einzubinden. Stets ist zu prüfen, ob nicht das Bergbaurelikt in die Nutzung und Kontrolle der Deponie integriert werden kann.

Für die Stabilität der tagesnahen Grubenbaue ist auch eine dauerhafte Konstanz der Bergwasserverhältnisse im Untergrund unerlässlich. Das Wasser besitzt in den Hohlräumen stabilisierende und konservierende Funktionen. Größere Schwankungen und Veränderungen führen zu Instabilitäten im Deckgebirge und damit zu einem meist nicht kalkulierbaren Verbruch- und Deformationsrisiko. In besonders kritischen Fällen kann es aus Sicherheitsgründen sogar zu einer Einstellung des Deponiebetriebes führen. Die Untergrundverhältnisse mit tagesnahem Altbergbau und Karst stellen grundsätzlich komplizierte geotechnische Gegebenheiten dar. Gründliche ingenieur- und hydrogeologische Untersuchungen sind für ein effektives und wirkungsvolles Gelingen von Ertüchtigungs- und Neubaumaßnahmen an Deponien eine maßgebliche Voraussetzung, um auch das unvermeidbare Restrisiko in Altbergbaugebieten in Grenzen zu halten.

Literatur

Meier, G. (1999): Verfahren zur ingenieurgeologischen Bohrkernauswertung im Fels in Altbergbaugebieten. - 12. Nationale Tagung für Ingenieurgeologie in Halle/Saale, S.192-199, Halle, Deutschland, Selbstverlag Univ. Halle.

Meier, G. (2001): Verwahrungsgrundsätze im Altbergbau. - 1. Altbergbaukolloquium in Freiberg, 8. 9.11.2001, S. 134-140, Essen, Deutschland, Verlag Glückauf GmbH.