Dr.-Ing. habil. G. Meier
Oberschöna OT Wegefarth
http://www.dr-gmeier.de

Der Einsatz der Systemverwahrung im Ausbissbereich von steil stehenden Gängen und Flözen *

Günter Meier

Zusammenfassung:
Im Bereich von veränderlich festen Gesteinen und Lockergesteinen ist ein geeigneter Verwahrungshorizont in der Ausbisszone von steil stehenden bebauten Gängen und Flözen nicht immer vorhanden. Durch eine streckenartige, in Stahlausbau gesicherte Auffahrung im tagesnahen Bereich werden die alten Grubenbaue bergtechnisch überfahren. Durch eine kraftschlüssige Kombination von Stahlausbau in der bergtechnisch aufgefahrenen Strecke, hohlraumfrei eingebauter Beton und partiell stabilisierter Verwahrungshorizont wird ein lagestabiler, bewehrter Betonriegel geschaffen. Die Kriterien für eine Verwahrung werden dabei erfüllt. Der Einsatz von Dauerankern, Verfestigungsinjektionen und bohrtechnische Resthohlraumverfüllungen können flexibel an die Altbergbausituation angepasst werden, um den Wirkungsgrad und Dauerhaftigkeit der Verwahrungsmaßnahmen zu verbessern. Begrenzt wird die Anwendbarkeit der Systemverwahrung durch den Grundwasserspiegel und fließfähige Bodenschichten.

Abstract:
In areas of variable resistant and unconsolidated rocks are suitable conditions for long-term rehabilitation not always present. Solid rock horizons are absent. That concerns especially the outcrops of steeply dipping veins und seams.
The mine structures, which are at the level of near surface and at present abandoned are overrun by new driving sections with steel supporting system. Due to a force-fitted combination of steel supporting system in the driving section, to a placed concrete without any cavities and the partial stabilized rock horizon a position-stable reinforced concrete beam is created. Thereby the criteria of a long-term rehabilitation are fulfilled.
The application of permanent anchors, rock injections and finally the complete backfilling of underground cavities by drilling engineering may be adapted flexibly to the local situation of any old mining area.
As a result the level of efficiency and the durability of these rehabilitation measures can be improved.
The wide ranging applicability is limited by ground water level and liquified soil layers.

* Veröffentlicht in: Tagungsband 12. Altbergbau-Kolloquium, Goslar, 08. - 10.11.2012, S. 81 - 91, VGE Verlag GmbH, Essen 2012

1 Problemstellung

Die Verwahrung von Abbauen, Strecken, Überhauen und Schächten im Bereich von steil stehenden Gang- und Flözausbissen der unterschiedlichsten Bergbauzweige ist in den oberflächennahen Gebirgsschichten häufig kompliziert, da ein geeigneter Verwahrungshorizont nicht immer verfügbar ist. Dies ist insbesondere durch die Lockergesteinsschichten und den hohen Verwitterungsgrad der ausstreichenden Festgesteine sowie bei anstehenden Halbfestgesteinen gegeben. Eine stark geminderte Standfestigkeit des möglichen Verwahrungshorizontes ist hier vorherrschend. Auch historische, markscheiderische Risse und ihre Vollständigkeit sowie geotechnisch belastbare Aussagen zum aktuellen Gebirgszustand fehlen in der Regel. Nur durch den Einsatz direkter Erkundungsmethoden, insbesondere Kernbohrungen verbunden mit geeigneten Kernauswerteverfahren [1], können hinreichend genaue Informationsgehalte zu geotechnischen Fragestellungen liefern. Markscheiderische Aussagen zum räumlichen Verlauf von Hohlräumen lassen sich jedoch mittels Bohrungen der unterschiedlichsten Art nur sehr begrenzt und meist unzureichend ermitteln. Eine kontrollierte, vollständige Verfüllung über Versatzbohrungen der weitestgehend unbekannten Grubenbaue mit ihren Verbindungen ist somit nicht gegeben, da die vertikalen sowie horizontalen Reichweiten des selbst erhärtenden Versatzstoffes nicht exakt und sicher eingrenzbar sind. Eine Einstufung dieser bohrtechnischen Versatzarbeiten als Verwahrung entspricht auch nicht den Kriterien gemäß der Empfehlung des Arbeitskreises 4.6 „Altbergbau“ [2]. Eine weitere Schwierigkeit für eine dauerhaft wirkende Sanierung dieser Grubenbaue ergibt sich durch eine intensive Nutzung der Tagesoberfläche, wie beispielsweise durch eine Bebauung oder bei Verkehrsträgern. Eine bergtechnische Lösung dieses geotechnisch-markscheiderischen Problems bei steil stehenden Gang- und Flözabbauen bietet sich hier durch den Einsatz einer Systemverwahrung an, wo in einer geotechnisch geeigneten Tiefe horizontal eine tagesnahe Sanierung in den Gangabbauen systematisch vorgenommen werden kann.

Eine vergleichbare Ausgangssituation liegt bei der „Systemverwahrung“ von Schächten in Locker- und Halbfestgesteinen nach MEIER [3] vor.

2 Beschreibung der Systemverwahrung an steil stehenden Gängen und Flözen

Als Systemverwahrung wird die dauerhafte komplexe Verzahnung von verschiedenen berg- und geotechnischen Sicherungs- und Verwahrungstechnologien unter Berücksichtigung der ingenieur- und hydrogeologischen Verhältnisse verstanden. Eine kraftschlüssige Verkettung von dauerhaft wirkenden, bewährten Standardtechnologien und Baustoffen sowie auch eine Ertüchtigung des Verwahrungshorizontes sind die Kernelemente einer Systemverwahrung. Auf geringe Niveauunterschiede zwischen den verschiedenen Gleichgewichtselementen innerhalb des Verwahrungskörpers und den Gesteinseigenschaften des Verwahrungshorizontes sollte geachtet werden. In Abhängigkeit von der Nutzung und Zugänglichkeit an der Geländeoberfläche kann Großtechnik zur Freilegung der tagesnahen Grubenbaue zum Einsatz kommen. Mehrheitlich werden jedoch bergmännische Aufwältigungstechnologien eingesetzt. Über einen temporären Zugangsschacht werden in einer geeigneten Tiefe horizontal die tagesnahen Grubenbaue bergmännisch mittels Stahlausbau, Vorpfändung und Spritzbeton aufgewältigt. Bei kleinprofiligen Grubenbauen des historischen Bergbaues erfolgt ein Überfahren in einem größeren Profil, wodurch bereits eine gute Verzahnung mit dem Gestein des Verwahrungshorizontes als eine Art Widerlager erfolgt. Die massiv

mit Stahlelementen ausgebaute Strecke entspricht räumlich dem späteren Verwahrungskörper. Der dauerhafte Stahlausbau und seine Verzahnung mit dem anstehenden Gebirge bildet den Verbund mit dem Verwahrungshorizont. Eine anschließende abschnittsweise, kontrollierte, hohlraumfreie Betonverfüllung schafft einen bewehrten Betonriegel in den steil stehenden Gang- und Flözabbauen, der den Kriterien einer Verwahrung [4] entspricht. Verbleibende Hohlräume und Verbruchzonen über dem Verwahrungskörper sind mittels vertikaler oder geneigter Injektionsbohrungen von übertage durch eine gezielte Hohlraumverfüllung oder über verlorene Schlauchleitungen zu verschließen. Auch für diesen Gebirgsabschnitt ist im Rahmen der begleitenden Erkundungsphase stets das Altholzproblem [5] zu berücksichtigen. Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass der Einsatz der Systemverwahrung maßgeblich von der Tiefenlage des Grundwasserhorizontes bestimmt wird.

Bei der Auswahl der verschiedenen Sanierungstechnologien unter Berücksichtigung der anstehenden Gebirgseigenschaften und der Nutzungsart der Tagesoberfläche ist stets darauf zu achten, dass die Gleichgewichtsunterschiede zwischen den einzelnen, flexibel einsetzbaren Sanierungskomponenten minimal gehalten werden. Erst durch diese Ausgewogenheit der kraftschlüssigen Verzahnung wird die Dauerhaftigkeit einer „Systemverwahrung“ erreicht.

3 Verwahrungsbeispiele

3.1 Kupferschieferbergbau in steiler Lagerung

Der Kupferschieferbergbau im Mansfelder Land ist durch die schüsselförmige Lagerstätte geprägt. Mehrere herzyn verlaufende große Störungszonen durchtrennen jedoch diese großflächige, nur geringfügig geneigte Lagerstätte. Im Bereich von großen Verwerfungen wurde das Kupferschieferflöz jedoch räumlich verschoben, steilgestellt und sogar überkippt (Abb. 1).

Das Gebirgsgefüge wurde dabei stark zerrüttet und entfestigt. Die anstehenden Gesteinsschichten können deshalb zu einem großen Teil nur als Halbfestgesteine angesprochen werden. Durch den unmittelbaren Ausbiss des Kupferschieferflözes waren diese Lagerstättenteile jedoch bereits zu Beginn des Bergbaues ein intensiver Abbaugegenstand. Der Abbau des Flözes erfolgte im Firstenstoßbau bis an die aufliegende, 2 bis 3 m mächtige Verwitterungsdecke. Die typisch kleinprofilige Abbau- und Fördertechnologie des Kupferschieferbergbaues blieb trotz steiler Lagerung jedoch unverändert. Aufgrund des nicht dauerhaft tragfähigen Deckgebirges über den tagesnahen unverfüllten Flözabbauen kam und kommt es zwangsläufig zu Tagesbrüchen. In Bebauungsgebieten mit Straßen, Zufahrten, öffentlichen Plätzen und Leitungssystemen führen diese plötzlichen Bruchdeformationen zu einer Gefährdung der öffentlichen Sicherheit. Im April 2008 trat solch ein altbergbauliches Erscheinungsbild in Hettstedt, Ortsteil Kupferberg, ein. In einer Wohnsiedlung im öffentlichen Bereich ereignete sich über dem Ausbiss des steil aufgerichteten Kupferschieferflözes auf einer Pflasterfläche bei Schachtarbeiten ein Tagesbruch von ca. 1 m Durchmesser. Zu diesem historischen Bergbau waren keine Informationen bekannt. Markscheiderische Risse fehlen aus diesem Gebiet vollständig. Es ist nur bekannt, dass auf dem Kupferberg bereits 1199 der Kupferschieferbergbau im Mansfelder Land begann. Dendrochronologische Untersuchungen an Einbauten aus Fichtenholz im freigelegten Abbau wiesen ein Fälldatum von 1370 auf.

Abb.1: Aufgerichtetes und überschobenes Kupferschieferflöz sowie teilversetzter Abbau

Im Ergebnis einer bergtechnischen Vorerkundung wurden steil stehende Flözabbaue, eine alte horizontale Förderstrecke und ein alter teilverfüllter vertikaler Schacht angetroffen. Durch die sehr tagesnahen, tagesbruchgefährdeten Abbaue und ihren Verlauf unter einer Straße wurden finanzielle Mittel aus dem Europäischen Fond für regionale Entwicklung (EFRE IV) durch die Stadt Hettstedt beantragt, um den altbergbaulich beeinflussten Straßenabschnitt auf einer Länge von 100 m zu verwahren.

Die alte horizontale Förderstrecke war 0,6 m breit und 0,4 bis 0,6 m hoch. Ihr Verlauf war ein „Wegweiser“ zu weiteren alten Förderschächten. Sie wurde durch bergtechnische Maßnahmen auf einen mittleren Querschnitt (H x B) von 2,1 x 1,7 m schonend erweitert und mit Stahlrahmen in einem Abstand von 1 m ausgebaut. Im Firstbereich wurde vorgepfändet und die Stöße wurden zu einem Großteil mit Stahlblechen verzogen. In besonders labilen Bereichen wurde bewehrter Spritzbeton eingesetzt. In der Ortsbrust der Riegelstrecke stand das abgebaute Kupferschieferflöz vorwiegend mit einem Einfallen von 75 bis 80° an (Abb. 2).

Abb.2: Ortsbrust am steil stehenden, teilverfüllten Flözabbau. Die Erkundungs- und Verwahrungsstrecke ist mit Stahlausbau gesichert.

Bei der Aufwältigung wurden 4 alte vertikale, teilverfüllte Förderschächte in Abständen von 23 m, 17,5 m und nochmals 17,5 m angetroffen. Die kleinen Schachtquerschnitte betrugen 0,8 x 1,1 m (B x L). Aufgrund der kleinen Querschnitte wurden sie in den Betonriegel integriert. Die Sohle der alten Förderstrecke und somit des Betonriegels verlief ca. 10 bis 12 m unter der Tagesoberfläche. Um ein Auslaufen der Betonverfüllung auszuschließen, wurden seitlich abgehende und vertikal verlaufende Abbaue mit Spritzbeton verschlossen. Die verbliebenen Hohlräume über dem Betonriegel wurden mit verlorenen Schlauchleitungen bis in die obere Abbaukontur zur Verpressung mit Versatzmörtel vorbereitet. In besonders instabilen Abbaubereichen wurde noch eine Zwischensohle im steil stehenden Flözbereich aus den beiden Zugangsteufen zwischen der Riegelsohle und der Tagesoberfläche aufgefahren und für die Verwahrung genutzt.

Die beschriebene Systemverwahrung im steil stehenden Kupferschieferabbauen beinhaltet folgende Verwahrungselemente, die zu einem kraftschlüssigen Gleichgewichtssystem zusammengeführt wurden:

- Kontrolliert eingebrachter Betonriegel in 10 bis 12 m Tiefe in Anlehnung an die Standardtechnologie eines Scherbetonpfropfens als horizontal liegender, bewehrter Verwahrungskörper. Der pumpfähige Beton wies eine Festigkeitsklasse C 25/30 auf. Die Expositionsklassen XC4, XF1 und XA1, die Konsistenzklasse und die Druckfestigkeiten des Betons wurden nachgewiesen.
- Massiver Stahlausbau im Randbereich des Betonriegels und dichte, kraftschlüssige Verzahnung zum Nebengestein als Verwahrungshorizont. Der Stahlausbau wurde zuerst als Sicherungsausbau genutzt und später bei der Betonverfüllung als dauerhaftes Bewehrungselement integriert.

- Kontrollierte, hohlraumfreie Verfüllung von Resthohlräumen und Hochbrüchen mit Versatzmörtel bzw. Porenleichtbeton in der überlagernden Gebirgsschicht vom Betonriegel bis zur Geländeoberfläche. Lokal kam auch eine Spritzbetonverfüllung zur Anwendung.

3.2 Gangbergbau

Im Bereich des erzgebirgischen Gangbergbaues, beispielsweise auf Silber-, Zinn- und Uranerze, sind zahlreiche steil stehende Gänge zum Teil sehr oberflächennah abgebaut oder sogar bis zur Felsoberfläche durchgebaut, was zu einem hohen Tagesbruchrisiko führt. Das Nebengestein aus Granit, Gneis oder metamorphen Schiefern ist hydrothermal zersetzt und damit für einen lagestabilen, punktuellen Verwahrungskörper nur beschränkt oder nicht geeignet. Auch unter diesen ingenieurgeologischen Bedingungen lässt sich die Systemverwahrung erfolgreich einsetzen. Durch die Verwendung verschiedener Ausbau- und Sanierungstechnologien kann ein dauerhafter und lagestabiler Verwahrungskörper herstellt werden, der den Kriterien einer Verwahrung gerecht wird.

Abb.3: Tagesbruch auf der S 276 als Folge eines Wasserrückstaues

Als Beispiel einer Systemverwahrung im Gangbergbau kann eine Verwahrung in Kombination mit einer dauerhaften Sicherung von zwei wasserführenden Stollen vorgestellt werden. Im Bereich der Staatsstraße 276 im Westerzgebirge kam es, ausgelöst durch Standwasserbildungen, zu drei Tagesbrüchen. Durch großflächige Verkippungen von lehmigen Aushubmassen zur Schaffung eines Parkplatzes wurden zwei kleinere verbrochene, jedoch noch funktionierende Wasserlösestollen an der Straßenböschung unwissentlich abgedichtet. Es kam zu einem größeren Wasserrückstau und damit zu einem ca. 2 m tiefen Tagesbruch im asphaltierten Fahrbahnbereich (Abb. 3).

Nach dem bergtechnischen Öffnen des Tagesbruches wurde im Granit ein vollständig abgebauter, fast senkrecht stehender und einen Meter mächtiger Zinnerzgang angetroffen (Abb. 4), der seitlich in ein Tal durch die kleineren Stollen ehemals entwässert wurde.

Abb.4: Verbrochener bzw. verfüllter, senkrecht stehender Erzgang im Straßenbereich vor dem Einbau einer Firstsicherung.

Als bergtechnische Sanierungsmaßnahme wurde die funktionale Herstellung einer kontrollfähigen Wasserwegigkeit in den Stollen zur Entwässerung des abgebauten Erzganges veranlasst. Im Entwässerungsniveau wurde im abgebauten und teilverbrochenen Erzgang eine Strecke mit Stahlausbau im spitzwinklig schneidenden Straßenbereich in ca. 5 bis 7 m Tiefe und auf einer Länge von ca. 110 m angelegt sowie die Stollen funktional wieder hergestellt. Im Straßenbereich wurde eine Systemverwahrung realisiert. Abschnittsweise wurden in die mit Stahlelementen massiv

ausgebaute Strecke Entwässerungsrohre verlegt. Dämme begrenzten die jeweiligen Versatzabschnitte, in denen eine kontrollierte Betonverfüllung hohlraumfrei vorgenommen wurde. Der Verwahrungskörper nahm in diesem Falle die Wasserableitung im Straßenbereich auf, die in die Stollen eingebunden wurde. Die bergtechnische Streckenauffahrung wurde in einer größeren Breite als der Gangabbau hergestellt, wodurch eine gute Verzahnung mit dem hydrothermal angegriffenen Nebengestein erreicht wurde (Abb. 5).

Abb.5: Abgemauerte Versatzkammer vor der kontrollierten Verfüllung mit erhärtendem Versatz. Massiver Stahlausbau unter der Straße wird als dauerhaft stabilisierendes Ausbauelement in den Verwahrungskörper aufgenommen. Eine ausnivellierte, großdimensionierte Rohrleitung führt das Stollenwasser ab.

Durch die kraftschlüssige Verzahnung der stählernen Ausbauelemente wurde ein starrer Verwahrungskörper geschaffen, der lagestabil auch die statischen und dynamischen Einwirkungen des Straßenverkehrs dauerhaft aufnimmt. Mögliche Resthohlräume über dem Verwahrungskörper wurden über Injektionsbohrungen mit Verfüllmörtel verschlossen.

3.2.1 Werksteintiefbau

Die grundlegenden Elemente einer Systemverwahrung und ihrer kraftschlüssigen Verkettung lassen sich auch bei horizontalen und geneigten Grubenbauen in nicht sehr standfesten, tagesnahen Gebirgsschichten insbesondere in veränderlich festen Gesteinen (Halbfestgesteinen) oder auch im verkarsteten Gebirge (Karbonatkarst) erfolgreich einsetzen.

In der Stadt Schraplau (Sachsen-Anhalt) wurden im Kirchberg in den zurückliegenden Jahrhunderten geeignete Muschelkalkschichten zur Kalk- und Werksteinproduktion untertägig abgebaut [6]. Der sehr tagesnahe bergmännische Abbau erfolgte in regellosem Kammer-Pfeiler-Bergbau. Die Tagesoberfläche ist bebaut und infrastrukturell durch Straßen und verschiedene Leitungssysteme erschlossen. Durch das nicht sehr standfeste, aufgelockerte Deckgebirge aus Muschelkalk und die stark unterdimensionierten Pfeiler kam es in den letzten Jahren verstärkt zu Tagesbrüchen und zur Ausbildung verschiedener Deformationsstrukturen an der Tagesoberfläche, wie beispielsweise Fahrbahneinsenkungen und Rissbildungen an Gebäuden. Mit zahlreichen hängenden Verbrüchen im Deckgebirge musste gerechnet werden. Im Rahmen eines umfangreichen Erkundungs- und Sanierungsprogrammes mit Hilfe von EFRE-Mitteln wurden die sicherheitsrelevanten Bereiche untertägig durch bergtechnische Maßnahmen systematisch aufgewältigt und die angetroffenen Hohlräume mit Bergbaumörtel hohlraumfrei versetzt. Bei der bergmännischen Erkundung der Werksteinabbaue wurde zur Sicherung der untertägigen Verbruch- und Deformationszonen Stahlausbau mit Vorpfändungen und Spritzbeton eingesetzt (Abb. 6).

Abb.6: Stahlausbau mit Spritzbeton sichert die Erkundungs- und Verwahrungsstrecken. In der Bildmitte sind die Verfüll- und Entlüftungsleitungen im Versatzdamm zu erkennen.

Dadurch war die Sicherheit für das bergtechnische Personal und gleichzeitig für die urban genutzte Tagesoberfläche gegeben. Durch den Stahlausbau mit Spritzbetonsicherung wurde der freigeräumte Hohlraum gesichert und stabilisiert. Die gesicherten

Grubenbaue dienten als Transport- und Fahrwege sowie zur Bewetterung. Im Ergebnis der systematischen Erkundung und Aufwältigung konnte abschnittsweise, getrennt durch Versatzdämme, eine Verfüllung der freigelegten und ausgebauten Hohlräume durch selbsterhärtende Versatzstoffe erfolgen (Abb. 7).

Abb.7: Verfüll- und Entlüftungsleitungen wurden zur hohlraumfreien Verfüllung im Höchsten des Hochbruches eingebaut.

Der Ausbau der instabilen Abbaubereiche mit Stahl und eine hohlraumfreie Verfüllung der Grubenbaue stellen somit eine „Systemverwahrung“ dar. Der massive Sicherungsausbau wird dabei vollständig in die Sanierung integriert. Zusätzlich bedarf es einer flächendeckenden bohrtechnischen Erkundung über den hohlraumfrei verfüllten Grubenbauen, um insbesondere hängende Verbrüche anzubohren und zu verfüllen sowie injektionstechnisch die größeren Auflockerungsbereiche zu stabilisieren.

4 Fazit und Ausblick

Die Systemverwahrung mit ihren komplexen Verzahnungen verschiedener geo- und bergtechnischer Sanierungstechnologien kann auch bei steil stehenden Gängen und Flözen, aber auch bei horizontal liegendem, regellosem Kammer-Pfeiler-Bergbau erfolgreich eingesetzt werden. Der Verwahrungskörper wird horizontal im tagesnahen Gebirgsbereich eingebaut und mit dem liegenden und hangenden Gebirge des abgebauten Flözes oder Ganges als Verwahrungshorizont kraftschlüssig und dauerhaft verzahnt. Grundsätzlich wird der vorerst temporäre stählerne Sicherungsausbau mit Spritzbetonsicherung in den lagestabilen Verwahrungskörper integriert, wodurch Gleichgewichtsunterschiede zwischen den Sanierungselementen minimiert werden. Unter Beachtung der fachlichen Grundsätze für eine Systemverwahrung lassen sich eine Vielzahl von geo- und bergtechnisch derzeit komplizierten altbergbaulichen

Erscheinungsbildern erfolgreich sanieren, was vor allem eine Verwahrung aber auch eine dauerhafte Sanierung beinhalten kann. Eine hinreichende Kenntnis der geotechnisch-markscheiderischen Verhältnisse ist für den Erfolg eine entscheidende Grundlage. Durch die systematische horizontale bergtechnische Aufwältigung erfolgt auch eine Detailerkundung, die Grundlage einer operativen Anpassung ist. Für die verschiedenen Bergbauzweige macht sich eine spezifische Modifikation an die altbergbaulichen, geotechnischen und hydrogeologischen Gegebenheiten bezüglich einer Effizienz der Maßnahmen notwendig. Diese komplexe Verwahrungsvariante bietet auch viele Ansätze für Forschungen auf bergbautechnologischen, geotechnischen und baustoffbezogenen Fachgebieten, um die Möglichkeiten und Grenzen der Systemverwahrung auszuloten.

5 Literatur

[1] MEIER, G. (1999): Ein repräsentatives Verfahren zur ingenieurgeologischen Bohrkernauswertung im Fels in Altbergbaugebieten. - Berichte 12. Nat. Tagung f. Ing.-Geologie, Halle, S.192 bis 199, Selbstverlag Fachbereich Geowissenschaften Uni. Halle/Saale

[2] AUTORENKOLLEKTIV (2010): Empfehlung des Arbeitskreises 4.6 der DGGT „Sicherungs- und Verwahrungsarbeiten im Altbergbau“. - Tagungsband 10. Altbergbau-Kolloquium, 4. bis 6.11.2010, TU Bergakademie Freiberg, Anhang: S. 1 bis 18, VGE Verlag GmbH, Essen

[3] MEIER, G. (2011): Eine neue Verwahrungsmethode von Schächten in Locker- und Halbfestgesteinen.- Tagungsband 11. Altbergbau-Kolloquium 3.-5. Nov. 2011, TU Wroclaw, S. 71-78, VGE Verlag GmbH, Essen

[4] MEIER, G. (2007): Geotechnisch-markscheiderische Anforderungen an Sicherungen und Verwahrungen von Schächten im Altbergbau. - Tagungsband 7. Altbergbau-Kolloquium 8. bis 10.11.2007, TU Bergakademie Freiberg, S.188 bis 196, VGE Verlag GmbH, Essen

[5] MEIER, G. (2006): Holz im Altbergbau.- Tagungsband 6. Altbergbau-Kolloquium 9. bis 11.11.2006, RWTH Aachen, S. 217 - 229, VGE Verlag GmbH, Essen

[6] MEIER, G.; JOST, G.; ABERLE, B. (2008): Erkundung, Sicherung und Verwahrung von tagesnahen Muschelkalktiefbauen im Stadtgebiet von Schraplau (Saalekreis).- Tagungsband 8. Altbergbau-Kolloquium 6. bis 8. 11.2008, TU Clausthal, S. 278 – 290, VGE Verlag GmbH, Essen