

Geotechnisch-markscheiderische Bewertungen und bergtechnische Maßnahmen zur geothermischen Grubenwassernutzung aus dem ehemaligen Wismutschacht 302 in Marienberg (Erzgebirge) *

Geotechnical and mine surveying evaluation as well as mining methods for geothermic use of mine water in the old Wismut-shaft 302 in Marienberg

Günter Meier
Jochen Schreyer

ZUSAMMENFASSUNG:

Der offene, unzureichend gesicherte Schacht 302 des ehemaligen Uranbergbaus im Stadtgebiet von Marienberg stellte ein erhebliches Gefahren- und Risikomoment für die öffentliche Sicherheit dar und war deshalb zur Verwahrung vorgesehen. Es bestand aber auch Interesse, das Grubenwasser in 107 m Tiefe für die Wärme- und Kälteversorgung des nahe liegenden Gewerbegebietes zu nutzen. Bei geotechnischer und hydraulischer Eignung des Schachtes sollte die Vorrichtung des Schachtes so erfolgen, dass außerdem eine dauerhafte Zugänglichkeit zum angeschlossenen Entwässerungsstollen des Reviers zu Kontroll- und Wartungszwecken bestehen bleibt. Im Rahmen der bergtechnischen Arbeiten waren eine operative geotechnisch-markscheiderische Bewertung der freigelegten und zugänglichen Altbergbausituation sowie die umgehende Anpassung der bergmännischen Sicherungsmaßnahmen an die gegebenen Gebirgsverhältnisse erforderlich.

Abstract:

The open and insufficient locked shaft 302 of the uranium mine in Marienberg has showed a very high danger for public safety. Therefore the shaft was planned to lock securely. Also there was the intention to use the mine water in a depth of 107 m to supply the near commercial area with heat and cooling energy. In case of geotechnical and hydraulic suitability a permanent access to the drainage gallery of the mining district for maintenance purposes should be established. During clearing out the shaft operational geotechnical and mine surveying evaluations as well as an immediate adaptation of the mining methods on the excavated situation would be necessary.

* Veröffentlicht in: Tagungsband 6. Altbergbau-Kolloquium, RWTH Aachen, 09. bis 11.11.2006, S. 400 bis 408, VGE Verlag GmbH, Essen 2006

1 Problemstellung

Die Bergstadt Marienberg wird von unzähligen Hinterlassenschaften des fast 500-jährigen Bergbaus umgeben. Nicht nur der Abbau von Silbererzen prägte die Bergbaugeschichte und das Landschaftsbild, sondern auch der Uranbergbau der SAG/SDAG Wismut zwischen 1947 und 1954 hinterließ umfangreiche Spuren unter der Erde und an der Geländeoberfläche. Ein Relikt aus dieser Ära ist der Schacht 302, der im Zentrum des Marienberger Reviers, in unmittelbarer Nähe des Freizeitbades „Aqua Marien“ und am Rand eines Gewerbegebietes der Bergstadt liegt. Der Schacht wurde mit der 1. Gezeugstrecke des alten Silberbergbaus von St. Georg in 143,6 m Tiefe durchschlägig. In einer Teufe von ca. 107 m ist im Niveau des Weißtaubner Stollens die erste und einzige Sohle angeschlagen. Unterhalb dieser Tiefe ist der Marienberger Bergbau mit Wasser erfüllt. Auch heute noch trägt der Weißtaubner Stollen sein Wasser in das 6 km entfernte Pockautal aus. Auf der Grundlage dieser hydraulischen Ausgangssituation wurde durch den Verein „Energiemodell Sachsen e. V.“ der Stadt Marienberg vorgeschlagen, eine geothermische Grubenwassernutzung, ähnlich wie im ehemaligen Zinnbergwerk auf dem Sauberg in Ehrenfriedersdorf, zu installieren. Das Wasser des Weißtaubner Stollens sollte als alternative Energiequelle insbesondere zur Wärme- bzw. Kälteversorgung des Freizeitbades „Aqua Marien“ und des angrenzenden Gewerbegebietes über den nahe liegenden Schacht 302 genutzt werden.



Abb.1 : Freigelegter und gesäuberter Schachtkopf am Beginn der bergmännischen Aufwältigung des Schachtes 302

Es war bekannt, dass der Schacht nur sehr labil durch zwei eingezogene Schienenroste unbekanntem Zustand gesichert war. Durch seine Lage an einer intensiv genutzten Bebauung wurde er deshalb mit einem hohen Gefährdungs- und Risikopotential eingestuft und durch den Projektträger Wismut-Altstandorte der WISMUT GmbH die Verwahrung vorgesehen. Das Sächsische Oberbergamt war andererseits interessiert, einen dauerhaften Kontroll- und Wartungszugang zum Weißtaubner Stollen als einen sehr wichtigen Entwässerungsstollen des Reviers zu erhalten. Diese äußerst günstige Konstellation der verschiedenen Interessen an dem ehemaligen Schacht 302 wirkte sich auch vorteilhaft auf die Finanzierung des Gesamtvorhabens aus. Unter der Regie der WISMUT GmbH, Projektträger des Freistaates Sachsen für die Sanierung der Wismut-Altstandorte, wurde im September 2005 mit dem Öffnen des Schachtes begonnen.

2 Geologische, geotechnische und hydraulische Situation

Die präkambrische Gesteinsfolge von Zweiglimmergneisen an der Nordflanke der Marienberger Gneiskuppel ist über 1000 m mächtig. Das tektonische Inventar wird durch herzyn und erzgebirgisch verlaufende Bruchstrukturen geprägt. Die NW-SE-streichenden Gänge weisen meist ein NE-Einfallen und Mächtigkeiten von 2 cm bis 1,5 m auf. Die NE-SW-orientierten Gänge zeigen NW- oder SE-Einfallen mit 50° bis 70°. Bei Mächtigkeiten von 0,2 bis 2 m erreichen die Ganglängen bis zu 5 km.

Der seigere Schacht 302 wurde außerhalb der Vererzung abgeteuft, so dass als anstehendes Gestein standfester Gneis vorherrscht. Aufgrund des Kluftgefüges, der langen Standzeit und des Verwitterungseinflusses wurden insbesondere im oberflächennahen Bereich bis in ca. 40 m Tiefe partiell aufgelockerte und teils nachbrüchige Gebirgsabschnitte angetroffen.

In der Schachtröhre treten lokal intensive Tropfwasserbildungen auf, die eine starke Abhängigkeit von den Niederschlägen besitzen.

Die Wasserlösung erfolgt im Höhenniveau der Weißtaubner Stollensohle. Der Gesamtwasserzulauf des Marienberger Reviers schwankte in der Vergangenheit witterungsbedingt zwischen 250 und 2000 m³/h.

3 Bergbauhistorischer Abriss

Das Marienberger Revier erstreckt sich von Wolkenstein bis nach Pobershau. Der Schacht 302 liegt nördlich von Marienberg nahezu zentral in diesem Revier. Die Erschließung der Lagerstätte begann mit Silbererzfunden im Jahr 1519. In der Tabelle 1 sind die wichtigsten historischen Daten zum Bergbau zusammengestellt.

Tab.1 : Zeittafel zum Marienberger Bergbau (Zentraler Teil)

Jahr	Erläuterung
1519	Großer Silberfund nordöstlich von Marienberg (Fundgrube: St. Fabian Sebastian)
1521	Gründung der Bergstadt Marienberg
1523	Bergbau auf dem Bauer Morgengang in Lauta
1525	Vortriebsbeginn des Fürstenstollens (ab 1650 Weißtaubner Stollen) im Tal der Schwarzen Pockau
1540	Größte Silberproduktion im Marienberger Revier

Jahr	Erläuterung
1556	Blütezeit des Silber-, Kupfer- und Zinnbergbaus
1667 bis 85	Rekonstruktion des Weißtaubner Stollens
1736	Tiefstand des Marienberger Silberbergbaus
ab 1767	Aktivierung des Bergbaus unter F. W. H. v. Trebra als Bergmeister
1839	Rudolphschacht wird neuer Hauptförderschacht
1866	Erste Dampfmaschine im Revier auf dem Rudolphschacht, Ende des Zinnbergbaus
1899	Silberbergbau endet im Rudolphschacht
1904	Ende des Bergbaus im Marienberger Revier
1947 bis 54	Uranbergbau der SAG/SDAG Wismut
1955 bis 58	Flussspatbergbau bei Lauta – Rudolphschacht (Schacht 45) und Schacht 139

Der ehemalige Uranbergbau nahm 1947 mit geologischen Untersuchungsarbeiten seinen Anfang. Man nutzte alte Grubenbaue, u. a. den tonnlägigen Unvermut Glück Schacht des Silberbergbaus (später Schacht 262), der sich unweit des Standortes vom neu abgeteuften Schacht 302 befindet. Insbesondere die schlechten Gebirgsverhältnisse in der Gangzone und die tonnlägige Förderung führten zur Anlage des Schachtes 302. Dieser Schacht wurde 1950/51 als Richtschacht auf 143,6 m seiger abgeteuft und im Tiefsten in alte Grubenbaue durchgeschlagen. Seine erste und einzige Sohle befindet sich im Niveau des Weißtaubner Stollens in ca. 107 m Tiefe. Der im 16. Jahrhundert begonnene Stollen diente seit dem 18. Jahrhundert zur Hauptentwässerung des zentralen Teiles vom Marienberger Revier und wurde auch zu Zeiten des Uranbergbaus als solcher genutzt. Nach Beendigung des Uranbergbaus 1954 wurde der Schacht 302 tagesnah mit einer doppelten Bühne in unterschiedlichen Tiefen aus Grubenschienen gesichert und mit Stacheldraht umzäunt.

4 Ergebnisse der Aufwältigungs-, Erkundungs- und Dokumentationsarbeiten

Die Aufwältigung im Schacht wurden mit einer mobilen Schachtförderanlage und einer verfahrbaren Arbeitsbühne durchgeführt. Nach dem Ausbau der beiden Bühnen in 5,2 m und 13,8 m Tiefe wurde mit Hilfe einer Fernsehsonde der Zustand der leeren Schachtröhre überprüft. Grundsätzlich konnte bis in eine Tiefe von 94,5 m ein guter Gebirgszustand erkundet werden. Die tieferen Schachtbereiche waren durch den Verbruch des hölzernen Schachtausbaus und Bergmassen verschlossen. Durch die fehlende Kenntnis zum Zustand der bergbaulichen Verhältnisse wurden alle bergtechnischen Aufwältigungs- und Erkundungsmaßnahmen baubegleitend ingenieurtechnisch betreut, geotechnisch bewertet und insbesondere vermessungstechnisch erfasst. Als Grundlage dazu diente die bergschadenkundliche Analyse und das historische markscheiderische Risswerk der ehemaligen Wismut, das zwar unvollständig aber in guter Qualität für diesen Bereich zur Verfügung stand. Anhand der geotechnisch-markscheiderischen Bewertung wurden operativ die bergtechnischen Maßnahmen bei den Aufwältigungs- und Sicherungsmaßnahmen angepasst.

Der lichte Schachtquerschnitt am betonierten, gut erhaltenen Schachtkopf wurde mit 2,7 x 5,7 m (15,39 m²) ermittelt. Im standfesten Fels wies der Schachtquerschnitt Abmessungen von bis zu 6,4 x 3,7 m (23,68 m²) auf. Systematisch wurden die Schachtstöße von einer verstellbaren Hängebühne aus berissen und auf ihre Standfestigkeit überprüft. Bis in eine Tiefe von ca. 30 bis

40 m wurden lokal Hohllagen, Auflockerungsbereiche und abgleitgefährdete Klufkörper festgestellt, die einer dauerhaften Sicherung bedurften. In einer Teufe von ca. 100 m wurden in den langen Schachtstößen die Bruchkanten des Füllortes angetroffen. Die Füllortfirsten verlaufen geneigt zu den tiefer liegenden Streckenfirsten der beiden angeschlossenen Querschläge. In den hohen Füllortfirsten (Schachtglocke) waren zur Gewährleistung der Firstsicherheit partielle Sicherungsarbeiten notwendig.

Bei den Aufwältigungsarbeiten im Schacht zeigte sich, dass die Verbruchmassen auf einer massiven, aber stark deformierten, unter Wasser stehenden Holzbühne mit Stahlträgern als Unterzüge auflagen. Dadurch war ein Verstrützen der Verbruchmassen in den wassererfüllten tieferen Schachtbereich verhindert worden. Unterhalb der Füllortsohle war der Schacht 302 im wassererfüllten Schachtabschnitt in Vollschrot ausgebaut. Die Hölzer waren durch die ständige Wasserkonservierung trotz Deformationen in einem sehr guten Erhaltungszustand. Die ehemaligen Schachtrümer waren noch erkennbar. Der hölzerne Vollschrotausbau war mit Bergmassen hinterfüllt, um den Kraftschluss des Ausbaus mit dem Gebirge ursprünglich zu gewährleisten. Der Holzausbau und die Bergmassen wurden bis ca. 1,5 m unterhalb der Füllortsohle geraubt, wozu das Wasser abgesenkt werden musste.



Abb.2 : Freigelegtes Füllort des Schachtes 302 in 107 m Tiefe

Einen Schwerpunkt der geotechnisch-markscheiderischen Erkundung und Dokumentation stellte neben der Bewertung der Standfestigkeit der schachtnahen Grubenbaue die Untersuchung der hydraulischen Verhältnisse dar. Die Grundlage dazu bildeten das vorhandene markscheiderische Grubenbild und eigene Vermessungen. Es zeigte sich dabei, dass das Altrisswerk der Wismut teilweise unvollständig ist und insbesondere die alten Grubenbaue des Silberbergbaus nur dann

im Risswerk eingetragen waren, wenn eine Nachnutzung durch den Uranbergbau erfolgte. Vor allem für die Bewertung der aktuellen hydraulischen Verhältnisse waren jedoch alle Grubenbaue von Interesse, da sie Wasserwege darstellen. Die Erkundungs- und Dokumentationsergebnisse zeigten auch, dass durch die Wismutstrecken der Weißtaubner Stollen überfahren und hydraulisch grundlegend gestört war. Dies führte dazu, dass das Stollenwasser unbekannter Weise bergwärts auf tiefer liegende Grubenbaue verströmt, im Füllort des Schachtes 302 artesisch hervortritt und über die angeschlossenen Strecken sowie Querschläge dem intakten, unterhalb liegenden Stollenabschnitt wieder zufließt. Die Wassertemperatur betrug 12,4° C. Die für eine geothermische Wassernutzung erforderliche Wassermenge von 120 m³/h wurde in einer niederschlagsarmen Zeit nachgewiesen. Wasserchemische Untersuchungen ergaben ebenfalls keine Hinweise auf Probleme bei einer geothermischen Nutzung.

Die Versturzmassen im Füllort führten ursprünglich zu einem begrenzten Rückstau, wodurch in der Umgebung des Schachtes ein ca. 0,42 m hoher Staubereich erzeugt wurde, der nach der Beräumung der Massen abfloss. Im Ergebnis der geotechnisch-markscheiderischen Untersuchungen konnte für den Schachtbereich festgestellt werden, dass die gegebenen bergbaulichen und hydraulischen Verhältnisse, trotz grundlegender Störung der Funktionalität des Stollens, für eine geothermische Wassernutzung günstig zu bewerten waren. Diese entscheidende Aussage war gleichzeitig der Start für die Vorrichtungsetappe zur geothermischen Nutzung der alten Schachanlage. Eine Verwahrung des Schachtes mittels einer Betonplombe bei sehr ungünstigen geotechnischen und hydraulischen Verhältnissen konnte somit entfallen.

Bei der Schneeschmelze im Frühjahr 2006 wurden sehr große Wassermengen im Niveau des Weißtaubner Stollens beobachtet. Die Menge der im Schacht aufsteigenden Wässer war größer als die zum Absenken des Wasserspiegels im Schacht temporär installierte Pumpenleistung in Höhe von ca. 300 m³/h (ca. 83 l/s). Zudem wurden die ehemaligen Wasserwege in den nach der Schachtöffnung trocken gefallen schachtnahen Strecken wieder aktiviert. Die Wässer strömten aus Richtung des unterbrochenen Weißtaubner Stollens über die angeschlossenen Strecken und Querschläge und flossen am Schacht vorbei in Richtung Stollenmundloch. Die dabei gemessenen Wasserstände im Füllortbereich des Schachtes stellten wichtige Informationen zum Aufstellen der vorgesehenen Wärmetauscher und sonstigen Apparaturen dar.

Günstig für den Erhaltungszustand des Schachtes wirkten sich auch die Wetterverhältnisse aus. Durch den Kamineffekt ziehen die Wetter im Sommer ein und im Winter aus.

5 Bergtechnische Sicherungs- und Vorrichtungsmaßnahmen zur geothermischen Grubenwassernutzung

Die Sicherung der Schachtkontur wurde bis in eine Tiefe von 30 bis 40 m mit einer Systemankerung mit Vollverbundankern und bewehrtem Spritzbeton ausgeführt. Die schachtnahen Strecken des Altwismutbergbaus standen ohne Ausbau. Der ursprüngliche hölzerne Türstockausbau war funktionslos und größtenteils zusammengefallen. Die Streckenkonturen wurden abgeklopft und berissen. Kleinere Fließhindernisse im Sohlenbereich wurden beseitigt. Das Altholz wurde beräumt und in ungenutzte, nicht durchflossene Grubenbaue abgelagert. Dadurch soll verhindert werden, dass sich bei erhöhten Grubenwasserständen die Hölzer in den Strecken verspiegeln und dadurch den Wasserabfluss behindern.



Abb.3 : Erkundungs- und Dokumentationsarbeiten im Bereich des Weißtaubner Stollens

Der 107 m tiefe, gesicherte Schacht ist in ein Fahrten- und ein Fördertrum unterteilt. Im Fahrtenrum sind Fahrten und Umtrittbühnen mit Geländer eingebaut. Der Bühnenabstand beträgt 5 m. Alle Stahlteile sind feuerverzinkt. Die Umtrittbühnen haben eine Abmessung von ca. 2 x 3,2 m und bestehen aus Gitterrosten. Sie liegen auf Stahlträgern auf, die durch Kappschuhe mit dem Gebirge verbunden sind. Neben einem Geländer zwischen Fahrten- und Fördertrum ist noch ein Schutznetz als Vertonnung eingebaut.



Abb.4 : Vermessungsarbeiten im Querschlag 1 zur Vervollständigung der markscheiderischen Rissunterlagen im Bearbeitungsbereich

Es ist vorgesehen, diese Fahrmöglichkeit im Schacht zur Wartung und Kontrolle der Geothermieanlage, als Fluchtweg und für die Kontrolle des Weißtaubner Stollens zu nutzen.

Im Füllort wurde der gesamte Schachtquerschnitt mit einer stählernen Bühnenkonstruktion abgedeckt. Die Bühne stellt die Austrittsfläche des Fahrtentrums dar, dient der Aufstellung von Teilen der Geothermieanlage und dem Übergang der vertikalen zur horizontalen Förderung und umgekehrt. Sie ist Montage- und Wartungsplattform. An der Bühnenkonstruktion sind die drei Tauchpumpen mit den Rohrleitungen befestigt. Die Bühne ist mit Gitterrosten abgedeckt und mit einem Geländer gesichert.

Außerhalb des Schachtes im Füllortbereich sind auf Sockeln zwei Wärmetauscher installiert. Die Wasserableitung des in den Plattenwärmetauschern abgekühlten Wassers erfolgt im freien Gefälle in den Abfluss des Weißtaubner Stollens.

In der Tabelle 2 sind die wesentlichen planungstechnischen Parameter der Geothermieanlage für den untertägigen Bereich zusammengestellt.

Tab.2 : Wesentliche planungstechnische Parameter der Geothermieanlage im untertägigen Bereich

Technische Parameter	Anzahl, Größe, Leistung
Sekundärkreislauf: Stahlrohr, feuerverzinkt	DN 200
Primärkreislauf: Unterwassermotorpumpe	3 Stück, je 40 m ³ /h, Pumpenleistung: 4 kW
Plattenwärmetauscher	2 Stück, zerlegbar
Primärseite: Volumenstrom Wärmestrom Wasserabkühlung	60 m ³ /h 345 kW 10/5o C
Sekundärseite: Volumenstrom Wärmestrom Wasserabkühlung	60 m ³ /h 345 kW 9/4o C

Die beiden Rohrleitungen des Sekundärkreislaufes der Geothermieanlage wurden als separate, freihängende Stahlrohrleitung eingebaut. Zwischen der 1. Ruhebühne und der Rasensohle wurden die beiden Rohrstränge mittels eines Tragrohres auf zwei parallel angeordneten Verlagerungsträgern aufgehängt. Um die beiden Stahlrohre auf ihrer vertikalen Gesamtlänge zu fixieren, erfolgte zwischen der 19. und 20. Bühne des Fahrtentrums der Einbau eines weiteren Verlagerungsträgers. An einem weiteren separaten Befestigungssystem im Schacht wurden die erforderlichen Steuer-, Regel- und Elektrokabel befestigt.

Am Schachtkopf wurden alle Leitungen frostsicher unter Flur durch den Betonausbau verlegt und den entsprechenden Anlagen und Wärme-/ Kältenutzern zugeführt. Die Schachtabdeckung erfolgte durch mehrteilige Riffelbleche und wurde durch ein Geländer gesichert.

Als Witterungsschutz und zur Sicherung des Schachtkopfes dient ein Gebäude aus einer einfachen Stahlkonstruktion, dessen Dach abnehmbar ist. Durch einen Mobilkran können dann größere Transporte im Schacht vorgenommen werden.

Eine untertägige Abgrenzung des Nutzungsbereiches zur Gewährleistung der Sicherheit der Anlagentechnik und gegenüber unbefugtem Betreten erfolgte durch ein Sockelmauerwerk im Sohlenbereich mit Abflussöffnung und durch eine gitterförmige Stahlkonstruktion bis zur Streckenfirste mit verschließbarem Durchgang. Die Zugänglichkeit ins Grubenfeld und zum Weißtaubener Stollen ist somit gewährt. Das Sockelmauerwerk stellt auch einen Hochwasserschutz für den Nutzungsbereich dar.

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Das Vorhaben der geothermischen Grubenwassernutzung aus einem ehemaligen Schacht des erzgebirgischen Uranbergbaus stellt in dieser Form ein Pilotprojekt für den Freistaat Sachsen dar. Aufbauend auf den Erfahrungen an kleineren Objekten zur Wärmeengewinnung aus Grubenwasser ergaben sich unter Berücksichtigung verschiedener Interessen an einer Nachnutzung des Schachtes 302 auch günstige Rahmenbedingungen für die Finanzierung und Realisierung.

Vor allem in den traditionsreichen, stillgelegten Bergbaurevieren sind die umfangreichen wassererfüllten Grubenbaue des Altbergbaus ein großes Nutzungsreservoir für geothermische Zwecke. Insbesondere die wasserführenden Stollen besitzen meist ein großes unterirdisches Einzugsgebiet und liefern dadurch eine große Wassermenge mit konstanter Temperatur auch in niederschlagsarmen Zeiten.

Am Beispiel des Schachtes 302 mit dem angebundenen Weißtaubner Stollen zeigt sich deutlich, dass günstige Rahmenbedingungen dann gegeben sind, wenn verschiedene Interessen für eine Nachnutzung von Grubenbauen des Altbergbaus und Grubenwasser zusammengeführt werden können. Dieser Aspekt macht sich insbesondere beim finanziellen Aufwand bemerkbar, da im Allgemeinen bergtechnische Leistungen einen hohen Kostenfaktor darstellen. Nicht unberücksichtigt sollten dabei aber auch mögliche Folgekosten durch Wartung und Instandsetzung bleiben. In diesem Zusammenhang muss daraufhin gewiesen werden, dass durch die lückenhafte Kenntnis zur Altbergbausituation vor dem Öffnen der alten Grubenbaue oft unerwartete bergmännische Sicherungsarbeiten anfallen und dadurch Mehrkosten entstehen können. Nicht nur die ausreichend nutzbaren Wassermengen und die technisch günstigste Lösung bei der geothermischen Grubenwassernutzung müssen Beachtung finden, sondern auch der nahe Standort des Altbergbaureliktes bei den zukünftigen Nutzern der Wärme und Kälte ist ein wichtiges Kriterium.

Grundsätzlich lässt sich jedoch feststellen, dass eine Nachnutzung von altbergbaulichen Relikten eine volkswirtschaftlich günstige Lösung darstellt, zumal von diesen Relikten ohne eine Erkundung und Bewertung sowie Sicherung oder Verwahrung ein erhebliches Gefahren- bzw. Risikopotential für die öffentliche Sicherheit und für Menschen sowie Sachwerte ausgehen kann. Bei einer Nachnutzung dieser Altbergbaurelikte werden einerseits langzeitwirksame Maßnahmen zur Gewährleistung der Standsicherheit der Grubenbaue durchgeführt. Andererseits werden dadurch die Gefahren und Risiken auch an der Geländeoberfläche grundlegend herabgesetzt, was durch periodische Kontrollen und Wartungsmaßnahmen noch untersetzt wird.

Zusammenfassend kann eingeschätzt werden, dass eine erfolgreiche und effiziente geothermische Grubenwassernutzung vor allem durch eine ausreichende Wassermenge in den Grubenbauen oder im wasserführenden Stollen, durch die günstige Lage des Objektes unweit der Nutzer sowie durch die Bündelung von Interessen bei der Durchführung der erforderlichen bergtechnischen Maßnahmen am Altbergbaurelikt gekennzeichnet ist. Eine baubegleitende geotechnisch-markscheiderische Bewertung der angetroffenen Gebirgsverhältnisse stellt dabei die Basis aller Entscheidungen der bergtechnischen Sicherungs- und Vorrichtungsarbeiten dar.

Anmerkung

Quelle Fotos: Ingenieurbüro Dr. G. Meier, www.dr-gmeier.de