

Hydrogeologische und geotechnisch-markscheiderische Aspekte bei der Stilllegung der Specksteingrube „Johanneszeche“ bei Wunsiedel (Deutschland)

Friesenbichler, F. – Rio Tinto Minerals Deutschland GmbH, Graz (A)

Meier, G. – Ingenieurbüro Dr. G. Meier, Wegfarth/Freiberg (D)

Riepler, F. - GWU Geologie-Wasser-Umwelt, Salzburg (A)

Zusammenfassung

Im Rahmen der Schließung der ehemaligen Specksteingrube „Johanneszeche“ bei Wunsiedel waren bei den Planungen die Folgenutzungen Forstwirtschaft und Biotopentwicklung/ökologische Ausgleichsfläche zu berücksichtigen. Um die dafür erforderlichen bergrechtlichen und wasserrechtlichen Genehmigungen zu erhalten mussten u. a. umfangreiche geologische, hydrogeologische und geotechnisch-bergschadenkundliche Untersuchungen durchgeführt werden.

Der Bergbaubetrieb umfasst ein untertägliches Grubengebäude aus 5 Sohlen in Höhengniveaus zwischen 12 m und 60 m unter GOK sowie zahlreichen nicht mehr zugänglichen Altbergbaurelikten, weiters 2 bis zu 60 m tiefe Tagebaugruben (West- und Osttagebau) und eine bis 30 m hohe Abraumhalde mit einem Schlammteich.

Die Talk-Lagerstätte befindet sich im Kontaktbereich zwischen Wunsiedler Marmor und Weißenstadt-Marktleuthener Granit, wobei die Lagerstättenbildung im Zuge der Granitintrusion in den variszisch entstandenen Wunsiedler Marmor erfolgt ist.

Während der Betriebszeit wurden zur Trockenhaltung der Tagebaue die anfallenden Wässer über zwei Strecken der 60-m-Sohle dem Hauptschacht zugeführt und von dort nach Übertage abgepumpt. Da mit der Schließung des Bergbaubetriebes die Wasserhaltung eingestellt wird und in den Tagebauen durch Grund- und Oberflächenwasserzufluss Gewässer entstehen, wurde ein Konzept entwickelt, bei dem mittels eines neu herzustellenden Überlaufgerinnes die Wässer aus den Tagebaubereichen nach deren Aufstau (z. B. Gewässer Westtagebau ca. 7 ha groß, bis zu 36 m tief) einem Vorfluter zugeführt werden. Bei den hydrogeologischen Betrachtungen musste ein Trinkwasserbrunnen (Versorgung für ca. 2.000 Personen) in ca. 600 m Entfernung berücksichtigt werden.

Einen Schwerpunkt der Untersuchungen bildete die Erstellung eines geotechnisch-bergschadenkundlichen Standsicherheitsgutachtens in dessen Rahmen sowohl die Untertage- als auch Übertagebereiche berücksichtigt wurden.

Für den Untertagebereich wurde nach einer Bestandsaufnahme inkl. ergänzender Detailvermessungen eine Bewertung der Standsicherheit der Grubenbaue und deren mögliche Auswirkungen auf die Geländeoberfläche vorgenommen und in weiterer Folge Maßnahmen für Sicherungs- und Verwahrungsmaßnahmen unter Berücksichtigung der geplanten Geländenutzung ausgearbeitet. Im Übertagebereich wurden auf Basis einer Detailaufnahme die Böschungen der Tagebaue und Halde in Homogenbereiche untergliedert und hinsichtlich ihrer Standsicherheit bewertet. Basierend auf den Ergebnissen dieser Untersuchungen wurden ebenfalls Empfehlungen für dauerhafte Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen ausgearbeitet.

Wesentliche Maßnahmen im Untertagebereich bildeten der Austausch bzw. die Raubung chromimprägnierter Holzbausbauten, Schachtverwahrungen, Hohlraumverfüllungen von tagesnahen Grubenbauen sowie Bohrarbeiten zur Erkundung.

Schwerpunkt der übertägigen Maßnahmen waren neben dem Gebäudeabbruch die wasserbaulichen Maßnahmen zur Herstellung eines Überlaufgerinnes, Böschungsabflachungen und Vorschüttungen, die Herstellung eines Randwalls sowie ökologische und landschaftsgestalterische Maßnahmen.

Die Bauarbeiten zur Schließung des Bergbaubetriebes Johanneszeche wurden Ende 2004 abgeschlossen.

Auf Basis der prognostizierten Dauer des Wasserspiegelanstiegs von mindestens 5 Jahren wurde von der Behörde ein Monitoring-Programm vorgeschrieben, das neben der hydrogeologischen Beweissicherung auch Inspektionen der Tagesoberfläche vorsieht. Dabei wird neben der Grundstücksüberwachung (Wachdienst) ein Monitoring der Standsicherheit durchgeführt. Dieses Monitoring beinhaltet eine geotechnische Kontrolle und Dokumentation der Böschungen einschließlich einer geodätischen Überwachung der Böschungen an vermarkten Punkten. Die Ergebnisse der geotechnischen Dokumentation und geodätischen Überwachung werden interpretiert und dokumentiert.

Abstract

Within the scope of the closure of the former soapstone-mine „Johanneszeche“ near Wunsiedel, Germany, the following reuses had to be regarded: forestry, development of habitats and ecological buffer areas. To gain the demanded permissions regarding the mining laws and the laws pertaining to water and waterways extensive survey had to be conducted in the fields of geology, hydrogeology, geotechnics and subsidence damages.

The mining site consists of a underground structure on five levels between 12 m and 60 m, old relics of former underground mining which are now inaccessible and of 2 opencast

mining areas (western and eastern area) with a maximum depth of 60 m. The existing overburden dump with a maximum height of 30 m and a slurry pond had to be regarded also.

The soapstone-deposit is situated in the contact zone of marble (Wunsiedler Marmor) and granite (Weißenstadt-Marktleuthner Granit). The formation of the deposit took place during the intrusion of the granite into the variscan marbles.

The opencast mining areas were held dry during operation time by draining the water through the lowest level of the underground structure to the main shaft. From there the water was pumped to the surface. Since the artificial mine drainage will be stopped after the closure of the mine and therefore the development of lakes, fed by surface- and groundwater, in the two opencast mining areas was expected. A new concept was developed to adjust the new lakes to a certain level by draining the water via a weir to the next receiving stream. The changes in the hydrogeological system during the closure of the mine had to be regarded very carefully because of the existence of a drinking-water-well at a distance of appr. 600 m from the mining area, which supplies more than 2.000 persons.

The survey was focussing mainly on the development of an expertise dealing with geotechnics, stability and subsidence damages for all underground- and opencast mining areas.

After stock taking of the underground mining areas (including also detailed measuring), a analysis of the stabilities of all the underground workings regarding the effects at the surface was performed. This analysis was the base for the development of a concept for the stabilization and safekeeping in consideration of the oncoming estimated use of the terrain. In the opencast mining areas detailed mapping was performed along the slopes of the mines and the dump and the whole area was classified into homogenous groups regarding their slope stability. These studies built up the base for recommendations for the long-term stabilization and supporting works.

For the underground mining areas reasonable action was performed by changing or withdrawing chrome-impregnated timbering, safekeeping of shafts, backfilling of cavities close to the surface and investigational drilling.

The work on the surface equipment was mainly focussed on controlled demolition of buildings, hydraulic engineering in context with the construction of a overflow-channel, the flattening of slopes, the erection of a border slope as well as ecological and landscaping activities.

All construction works pertaining to the closure of the Johanneszeche were finished in the end of 2004.

The rise of the water level of the emerging lakes in the former surface mining areas was calculated to last at least five years. Therefore a monitoring programme was dictated by the authorities considering hydrogeological preservation of evidence as well as periodical inspection of the surface (custody and monitoring of the stability). The stability is observed by geotechnical control and documentation of the slopes including geodetical measurements on marked points. The results of the geotechnical documentation and the geodetical observations are interpreted and documented.

1. Projektvorstellung

1.1 Allgemeines

Im Rahmen der Schließung der Specksteingrube Johanneszeche musste nach Maßgabe der bergrechtlichen Bestimmungen ein Abschlussbetriebsplan erstellt werden, der die technische Durchführung und den Zeitplan der Einstellung des Bergbaubetriebs einschließlich der Beseitigung bzw. anderweitigen Verwendung der betrieblichen Anlagen beschreibt. Der Abschlussbetriebsplan hat u. a. zum Ziel, in Abstimmung mit den zuständigen Behörden alle Maßnahmen darzustellen, die dem Zweck dienen, den Schutz Dritter von den durch den Betrieb verursachten Gefahren auch nach Einstellung des Betriebs sicherzustellen, den Schutz der Oberfläche und die Wiedernutzbarmachung der vom eingestellten Betrieb in Anspruch genommenen Fläche zu gewährleisten, die anfallenden Abfälle ordnungsgemäß nach Maßgabe der gesetzlichen Bestimmungen zu beseitigen und etwaige sonstige berechnete öffentlichrechtliche oder privatrechtliche Interessen zu wahren (§§ 53 und 55 BBergG).

Für die Erstellung der Einreichunterlagen waren umfangreiche Untersuchungen insbesondere der Fachbereiche Geologie, Hydrogeologie Bodenmechanik, Geotechnik und Bergschadenkunde durchzuführen. Im vorliegenden Bericht werden die wesentlichsten Projektsinhalte vorgestellt und die Ergebnisse der geologisch-hydrogeologischen sowie geotechnisch-bergbaulichen Untersuchungen dargestellt.

1.2 Schließungskonzept

Aufgrund verbindlicher Vorgaben des Regionalplanes Oberfranken-Ost und nach Abwägung alternativer Nutzungsmöglichkeiten wurde die Wiedernutzbarmachung des Betriebsgeländes als Biotop / ökologische Ausgleichsfläche mit Sukzession zu Wald gewählt (Abbildung 1).

1.3 Behördenverfahren

Im Rahmen der umfassenden Untersuchungen und Planungen seit Bekanntgabe der Schließungsabsichten wurden Maßnahmen ausgearbeitet und bei der Behörde (Regierung von Oberfranken, Bergamt Nordbayern) angezeigt bzw. über Sonderbetriebspläne eingereicht:

- Sonderbetriebsplan Gebäudeabbruch
- Anzeige betreffend Ersatz teerimprägnierter Hölzer
- Sonderbetriebsplan Rückbau, Sicherung und Verwahrung Untertage

Die darüber hinaus noch ausstehenden Maßnahmen zur Schließung des Bergbaubetriebes wurden im Rahmen des Abschlussbetriebsplanes und eines parallel abzuwickelnden wasserrechtlichen Bewilligungsverfahrens detailliert beschrieben und durch das Bergamt Nordbayern bzw. Landratsamt Wunsiedel bewilligt. Dazu zählten insbesondere:

- *Errichtung eines Überlaufgerinnes im Bereich Westtagebau zum Vorfluter Göpfersbach*
- *Errichtung von Schutzwällen und Einzäunungen in den Randbereichen der Tagbauböschungen und Halde auf Basis der Standsicherheitsberechnungen und landschaftsplanerischen Vorgaben*
- *Halde / Schlammteiche: Profilierung von Teilbereichen der Böschung, lokale Drainagierung*
- *Auflösung der technischen Abbaustrukturen, Böschungsabflachungen Tagbaubereiche (West- und Osttagebau)*
- *Landschaftsgestalterische und -pflegerische Maßnahmen*
- *Kontaminationsfreimachung*
- *Durchführung von Beweissicherungsmaßnahmen*

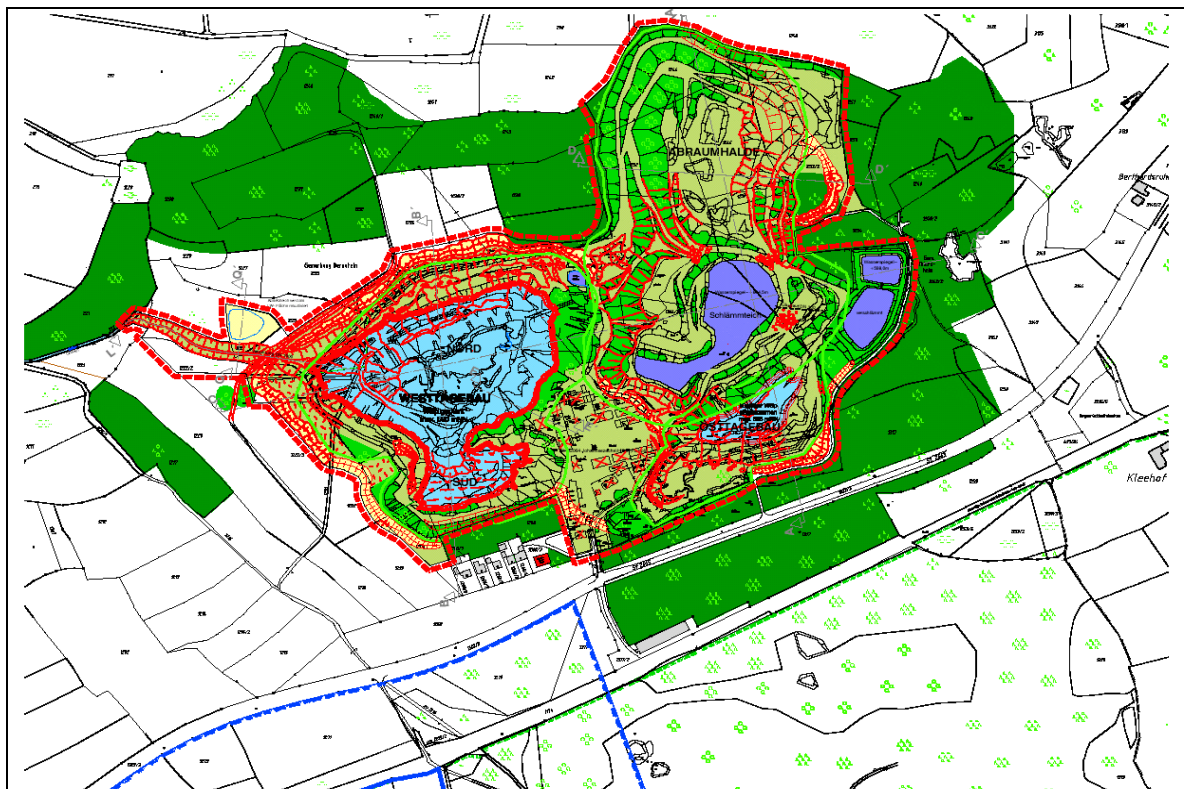


Abbildung 1: Landschaftspflegerischer Begleitplan – Renaturierung

1.4 Geografische Lage und Morphologie

Das Specksteinvorkommen der Johanneszeche liegt zwischen den Ortschaften Thiersheim und Göpfersgrün im Fichtelgebirge im Norden des Freistaates Bayern.

Es ist eingebettet in eine sanft gewellte, zwischen 581 bis 610 m über NN gelegene Hochfläche. Nach Nordnordost und Südsüdost steigt das Gelände jeweils noch leicht an, nach Westen fällt es flach zum Tal des Göpfersgrüner Baches bei Bernstein, nach Osten zu dem des Leimatbaches bei Wampen ab.

Die nächste Umgebung des Betriebes wird im Westen und Nordwesten landwirtschaftlich, ansonsten forstwirtschaftlich genutzt. Nach Südwest liegt hinter einem schmalen Waldstreifen die kleine Siedlung „Johanneszeche“.

Die Johanneszeche ist über die unmittelbar im Süden des Betriebes gelegene Staatsstrasse St 2665 an das öffentliche Verkehrsnetz angeschlossen. Die Entfernung zur nächsten Bundesautobahn, der A 93, beträgt nur 1,5 km (Ausfahrt Thiersheim).

2. Bergbauhistorischer Abriss

Im Fichtelgebirge um Göpfersgrün/Thiersheim (Freistaat Bayern) lässt sich die Gewinnung des Specksteins bis in das 12. Jahrhundert zurückverfolgen (MEIER, S. 2003). Aus dem Speckstein wurden Gebrauchsgegenstände, wie z. B. Spinnwirtel, hergestellt. Zu Beginn des 16. Jahrhunderts wurden aus dem Speckstein Flintenkugeln gebrannt. Gräbereien auf Speckstein in einem sehr bescheidenen Umfang waren in dieser Periode vorherrschend. Auch aus dem 18. Jahrhundert und der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts sind bergbauliche Aktivitäten bekannt. Der Abbau des massigen Specksteins erfolgte vor allem im Rahmen des bäuerlichen Nebenerwerbes. Eine staatliche Grube wurde von etwa 1810 bis 1856 betrieben. In dieser Zeit wurden Knöpfe, kleine Gefäße, Schnitzereien, Formen und verschiedene Schmuckgegenstände hergestellt. Im Jahr 1857 übernahm die Firma Johann Christoph David von Schwarz die Specksteingewinnung bei Göpfersgrün vom bayrischen Staat und führte den Speckstein neuen Anwendungsgebieten zu. Es bestand wachsender Bedarf an Brennerdüsen bei der aufkommenden Gasbeleuchtung. Später wurde der Speckstein zunehmend und sehr erfolgreich als Isolatorgrundstoff in der elektrokeramischen Industrie eingesetzt. Der untertägige Abbau entwickelte sich zunehmend in dieser Epoche. Ab ca. 1920 wurde auch die Tagebaugewinnung verstärkt und 1922 begann der Abbau im „Unteren Tagebau“. 1940 wurde im Süden ein weiterer Tagebau angelegt. Aus der Region sind 12 Bergbaufelder auf Speckstein bekannt, von denen die „Johanneszeche“ die bedeutendste war. Die Specksteingrube „Johanneszeche“ wurde 1924 von der Steatit-Magnesia AG übernommen. Diese konsolidierte 1971 mit der Rosenthal Isolatoren GmbH zur Rosenthal STEMAG bzw. später der Rosenthal Technik AG. 1985 übernahm die Hoechst AG den technischen Zweig der Rosenthal Technik AG

einschließlich der „Johanneszeche“ und wurde in Hoechst Ceram Tec AG umbenannt. Die „Johanneszeche“ wurde vor dem Verkauf dieser Gesellschaft im Jahr 1996 als Azemuth Bergbau GmbH ausgegliedert und blieb im Besitz der Hoechst AG. Ab dem 01.10.1997 wurde die französische Firma Talc de Luzenac Eigentümer der Grube. Im März 2003 wurde der Betrieb auf der Grundlage eines Abschlussbetriebsplanes eingestellt. Im Rahmen eines Sonderbetriebsplanes zum Rückbau, zur Sicherung und Verwahrung der Untertageanlagen der „Johanneszeche“ sollte eine ausreichende Verkehrssicherheit entsprechend der Nachfolgenutzung als forstwirtschaftliche Fläche und ökologische Ausgleichsfläche gewährleistet werden. Nur geringe Bewegungen an der Tagesoberfläche bei Ausschluss einer Gefährdung Dritter waren zugelassen.



Abbildung 2: Luftbild Johanneszeche um 1950



Abbildung 3: Steinsägen zur Erzeugung von Rohlingen für Gasbrenner

2.1 Beschreibung der Standortbedingungen

2.1.1 Betriebsanlagen

Die Betriebsanlagen der Johanneszeche waren zentral zwischen den beiden Tagebaubereichen um den befestigten Werkshof angeordnet. Die Aufbereitung war auf 12 Gebäude verteilt. Werkstätten und Büro waren im Wesentlichen in einem Gebäude untergebracht. Des Weiteren gab es noch 6 Gebäude bzw. Schuppen zur Lagerung von Betriebsmitteln und Material, eine Trafostation und ein kleines Blockheizkraftwerk sowie das Schacht-Gebäude.

Im Werkshof waren die Tankstelle und ein Waschplatz mit entsprechendem Abscheider platziert.

Zwischen den einzelnen Gebäuden und unter dem Werkshof gab es ein ausgedehntes Kanalnetz für Trink- und Brauchwasser sowie Oberflächen- und Abwasser weiters diverse Versorgungsleitungen (Strom, Druckluft, Heizöl).

Ebenfalls im Bereich der Betriebsanlagen befand sich noch ein Werks-Wohnhaus mit zwei Wohnungen.

2.1.2 Tagebaue

Die Tagebaue sind westlich (Westtagebau) und östlich (Osttagebau) dieses o. a. zentralen Bereiches gelegen. Der Abbau von Speckstein wurde im Nord-Tagebau (nördlicher Teil

des Westtagebaus) und im Ost-Tagebau (ehemals Tagebau „Ludwig-Schacht“) jeweils auf mehreren Sohlen betrieben; der Süd-Tagebau (Südteil des Westtagebaus) wurde seit 2000 zur Stabilisierung seiner südlichen Böschung planmäßig wieder verfüllt.

Der Nord-Tagebau hat im Tiefsten eine Teufe von 58 m - bezogen auf die Rasenhängebank am Hauptschacht mit +600 m NN - erreicht und umfasst bei einer Längserstreckung von ca. 300 m und einer Breite von ca. 200 m eine Fläche von etwa 6 ha. Er war über eine spiralförmige Zufahrtsrampe aufgeschlossen, die in der nördlichen Granit-Böschung angesetzt war. Er wurde über ein Grabensystem an den Böschungsfüßen, die Reste der untertägigen 60-m-Sohle und den Hauptschacht entwässert.

Der Süd-Tagebau, im Tiefsten bis auf eine Teufe von 45 m ausgeerzt und inzwischen überall mindestens bis auf das Niveau +578 m wieder verfüllt, war über eine Abraum-Abfuhrtrasse in der westlichen Böschung an den Nord-Tagebau angeschlossen. Mit einer Erstreckung von ca. 200 m x 100 m umfasst er eine Fläche von weniger als 2 ha.

Der Ost-Tagebau bestand aus einem nördlichen, bis auf eine Teufe von 18 m abgebauten älteren Teil, auf dem seit einigen Jahren kein Abbau mehr betrieben wurde, und einem südlichen, seither neu aufgeschlossenen Teil, bei dem der Abbau in mehreren Strossen erst bis maximal 8 m Teufe geführt wurde. Der Aufschluss erfolgte über eine Zufahrtsrampe in der westlichen und eine in der östlichen Böschung. Die Fläche des Tagebaues beträgt etwas mehr als 2 ha. Die Entwässerung erfolgte über einen zentral im Tagebautiefsten situierten Schacht.

2.1.3 Halde

Die Abraum-Halde der Johanneszeche bedeckt im Nordosten der Betriebsanlagen eine Fläche von ca. 10 ha. In mehreren Schichten über acht Jahrzehnte hin aufgeschüttet, überragt sie das umliegende Gelände an der höchsten Stelle um ca. 38 m. Über einen serpentinenförmigen Zufahrtsweg waren die einzelnen Kipp-Strossen erreichbar.

Ursprünglich wurde der Abraum nur in Kipploren gefördert und verkippt. Nach Erreichen einer Tagebauteufe, die eine gleisgebundene Förderung auf die Halde über eine entsprechende Rampe zu aufwändig machte, wurde der Abraum mittels eines Kübel-Aufzuges über eine Bahn in der Böschung bis auf das Halden-Niveau gefördert und dort über eine Gurtförderer-Anlage verteilt. Erst seit den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts erfolgte Transport und Verkippung mit LKW bzw. SLKW.

In den Haldenbereich ist ein abflussloser Schlammteich für das Abwasser der Speckstein-Wäsche integriert (Abbildung 4). Ursprünglich als Teich neben der Wäsche unterhalb des Geländeniveaus angelegt, wurde das Becken später mit Dämmen umgeben und durch deren sukzessive Erhöhung bis auf eine Höhe von ca. 10 m über dem Geländeniveau „aufgebaut“. Dieses Becken ist dementsprechend hoch mit abgesetztem Speckstein-Schlamm gefüllt.



Abbildung 4: Schlammteich um 1950

Am Ostrand des Bereiches liegen außerdem die beiden ehemaligen Absetzbecken der früheren Flotation, deren eines inzwischen verlandet und trockengefallen ist. Das andere hat als seither zu- und abflussloses Himmelsgewässer einen wechselnden Wasserspiegel.

2.1.4 Untertageanlagen

Im Rahmen von geotechnisch-markscheiderischen Dokumentationsarbeiten wurden die ingenieurgeologischen und geotechnischen sowie bergbaulichen und bergschadenkundlichen Verhältnisse in den befahrbaren Grubenbauen erfasst. Für die bergschadenkundliche Beurteilung der Grubenbaue, insbesondere der Tagesschächte und ihre Auswirkungen auf die Tagesoberfläche, wurden die übertägigen Pingen aufgenommen. In weiterer Folge wurden die bereitgestellten Altrisse in das aktualisierte Risswerk eingepasst. Hierdurch konnte eine Präzisierung der bereits bekannten Altbergbausituation erfolgen.

Die untertägigen Anlagen der Johanneszeche, die noch offen und befahrbar waren, bestehen aus 4 Schächten mit zusammen ca. 130 m seigerer Länge, 2 Blindschächten mit jeweils 8 m Länge und Grubenbauen von insgesamt ca. 681 m Länge auf 5 untertägigen Sohlen.

12-m-Sohle, 588-m-Sohle

Die 12-m-Sohle war über zwei Rolllöcher von der 22-m-Sohle aus befahrbar und wird aus einer SE-NW streichenden Strecke gebildet.



Abbildung 5: Rechteckiges Streckenprofil auf der 12-m-Sohle (Alter Stollen)

20-/ 22-m-Sohle, 580- / 578-m-Sohle

Die 22-m-Sohle schließt an den Hauptförderschacht an und schneidet im südlichen Teil die 20-m-Sohle. Die beiden Sohlen wurden zu einer zusammengefasst und waren die umfangreichsten noch befahrbaren Grubenbaue. Die 20-m-Sohle wurde im südöstlichen Teil des W-Tagebaues angeschnitten und ist hier noch sichtbar.



Abbildung 6: Nachbruchgefährdeter Mundlochbereich der 20-m-Sohle zum Westtagebau

Der Tiefe Stollen im Niveau der 22-m-Sohle hatte sein Mundloch ca. 250,0 m westlich des Tagebaus der Johanneszeche. Der Stollen wurde bis Mai 2003 durch die Ableitung der Abwässer der anliegenden Wohngebäude genutzt. Der Tiefe Stollen stand in seiner gesamten Länge in Naturstein- und Ziegelmauerung. Er war bis an die westliche Böschung des W-Tagebaus befahrbar, danach lag ein Verbruch vor. Auf dem Stollen waren zwei Tagesschächte angelegt.



Abbildung 7: Der Tiefe Stollen im Niveau der 22-m-Sohle wurde teilweise für die Abwasserleitung benützt. Das Ziegelgewölbe zeigte partiell starke Deformationen

25-m-Sohle, 575-m-Sohle

An die 25-m-Sohle, die über den Hauptförderschacht befahrbar war, schließen sich zwei Strecken und die Zugangsstrecke zum Rollschacht an. Die vom Füllort nach N führende Strecke war nach 7,0 m vollständig verbrochen. Über die in westliche Richtung verlaufende Strecke war die Böschung vom W-Tagebau erreichbar.

Der leerstehende Rollschacht mit einem Durchmesser von 2,0 m stand in Betonausbau.

40-m-Sohle, 560-m-Sohle

An das Füllort der 40-m-Sohle schließt sich eine Strecke in nördliche Richtung an. Diese war bereits nach 18,0 m verbrochen.

60-m-Sohle, 540-m-Sohle

Die 60-m-Sohle war das tiefste aufgefahrene Sohlenniveau und wurde zur Wasserhaltung im Bereich des W-Tagebaus genutzt.

Das Gebirge war im Verlauf der Strecken dieser Sohle teilweise stark aufgelockert. Die westliche Strecke ist verbrochen. Dieser Verbruch wurde vom Tagebau mit Beton gesichert.

Hauptförderschacht

Der Hauptförderschacht war durch ein massives Gebäude umhaust. Der rechteckige Schacht wies einen Querschnitt von 3,5 m x 1,5 m und eine Tiefe von 66,5 m auf. Er ist durch Ortbeton und Betonformsteine ausgebaut.

3. Geologisch-lagerstättenkundliche Verhältnisse

Die Talk-Mineralisation erstreckt sich über ca. 5,5 km mit einem Streichen von NE nach SW. Sie ist an den Kontakt des Wunsiedeler Marmors als Teil der Arzberger Serie im Süden zum Weißenstadt-Marktleuthener Granit im Norden gebunden (Abbildung 8).

Die Arzberger Serie, bestehend aus Phylliten, Glimmerschiefern und Quarziten in Wechsellagerung mit Calcit-/ Dolomit-Marmor und Kalksilikaten, wurde im Kambrium / Ordovizium abgelagert und unterlag während der variszischen Gebirgsbildung einer Regionalmetamorphose. Im Zuge der Tektogenese kam es dabei zu weiträumigen Intrusionen von Granit, wobei im Bereich der Johanneszeche der Marmor intrudiert und in einzelne schollenförmige Körper zerlegt wurde. Die damit verbundene Kontaktmetamorphose überlagerte die Regionalmetamorphose. Durch Fluida im Gefolge der Granit-intrusion erfolgte eine hydrothermale Metasomatose im Marmor von Calcit zu Dolomit und von Dolomit zu Talk, die an Risse und Klüfte im Gebirge gebunden ist, welche durch starke tektonische Bewegungen erzeugt wurden. Andere Minerale - auch im Nebengestein - wurden von denselben Fluida zu Chlorit umgewandelt.

Daraus resultierend findet sich heute ein sehr inhomogener, unregelmäßig vertalkter Lagerstättenkörper, der zudem noch von verschiedenen Gängen in Nord-Süd-Richtung durchsetzt ist. Es sind dies alte Diabas- und Amphibolitgänge, die teilweise mit der Lagerstätte verfaltet und tektonisch beansprucht wurden, Aplit- und Pegmatitgänge im Granit, jüngere Diabas- und Amphibolitgänge, die teilweise auch den Granit und ältere Gänge durchschlagen, sowie als jüngste mächtige Quarzporphyrgänge im westlichen Bereich des Nordtagebaues und im Osten bei der Ortslage „Berthardsruhe“.

Das heutige Bild der geologischen Verhältnisse im Bereich der Johanneszeche ist jedoch vor allem durch eine tiefgründige tertiäre Verwitterung gekennzeichnet, die bis in Teufen von 100 m nachgewiesen ist. Der Granit ist in weiten Bereichen vergrust, teilweise kaolinisiert oder montmorillonitisiert, Aplit- und Pegmatite sind ebenfalls teilweise stark kaolinisiert, Dolomit ist – vor allem im Westen des Nordtagebaues und im Osttagebau – zu Mulm verwittert, ältere Gänge und auch ehemals chloritisierte Bereiche sind teilweise zu Tonen verwittert.

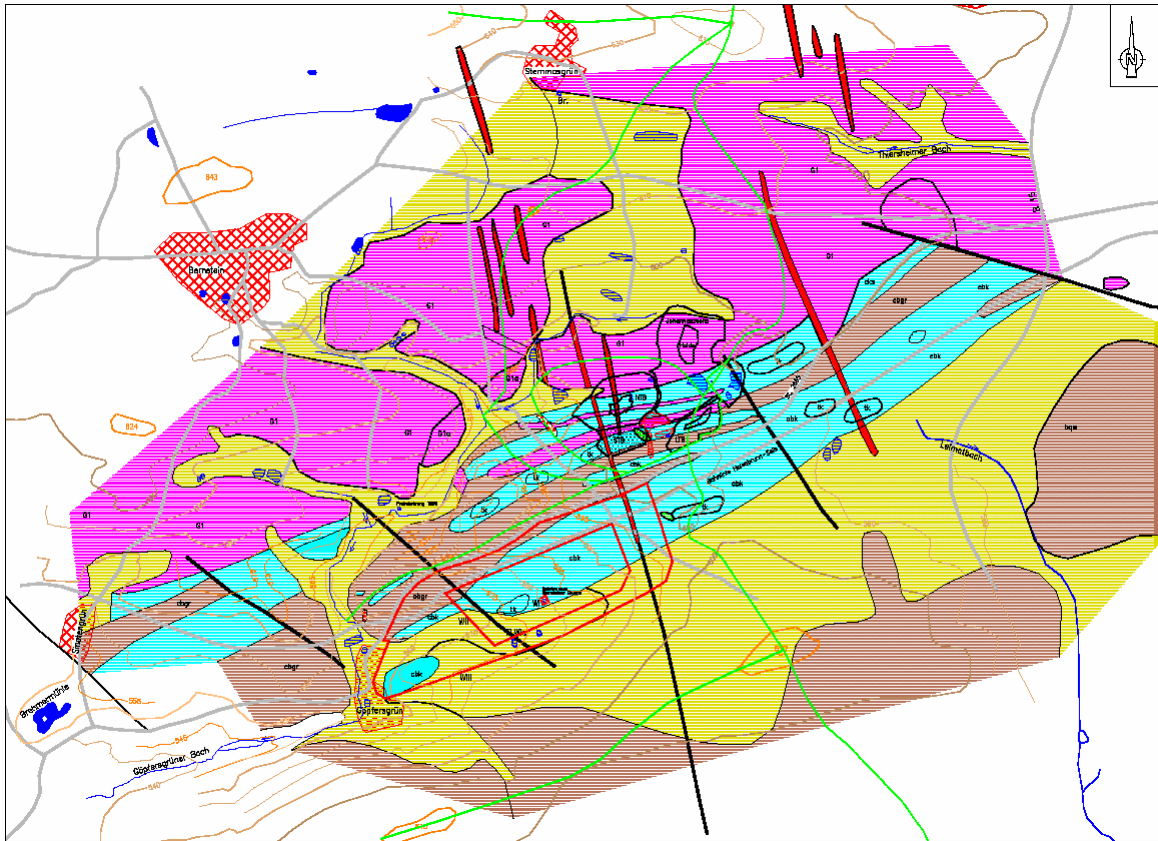


Abbildung 8: Geologische Übersichtskarte
 (braun = Arzberger Serie, türkis = Dolomit, lila = Granit,
 gelb = Solifluktiionsböden)

4. Hydrogeologische Situation

Der Bergbau liegt ca. 4 km ostnordöstlich von Wunsiedel im Bereich eines Westsüdwest-Ostnordost streichenden Höhenzuges auf etwa 600 m NN, der gleichzeitig eine Oberflächenwasserscheide bildet. Die Hauptentwässerung ist nach etwa Westsüdwest auf den Vorfluter Röslau gerichtet. Die durch Verwitterung bzw. hydrothermale Umwandlungsprozesse veränderten Festgesteine im Lagerstättenbereich sind im Wesentlichen als Kluftgrundwasserleiter anzusprechen. Lediglich der Granitzersatz hat auch Porenwasserleitereigenschaften.

Aus hydrogeologischer Sicht ist die mit der Lagerstättenentstehung zusammenhängende Chloritisierung bzw. Montmorillonitisierung der Gesteine und die durch die tiefe, tropische Verwitterung im Tertiär bedingte Kaolinisierung bzw. Vertonung auch der Nebengesteine Porphyrganit und Graphitschiefer im weiteren Umfeld von Bedeutung, welche zu einer wesentlichen Herabsetzung der Gebirgsdurchlässigkeiten geführt hat.

Karstphänomene wie Dolinen oder Lösungsschlotten konnten in den Karbonatgesteinen im unmittelbaren Nahbereich der Lagerstätte nicht festgestellt werden.

4.1 Grundwasseraufschlüsse und Wasserhaltung

Um die Abbauarbeiten im Trockenen ausführen zu können, musste eine künstliche Wasserhaltung installiert werden.

Die Wasserhaltung erfolgte im Westtagebau über den sog. Hauptschacht, an welchen die 60-m-Sohle und eine wenig tiefer angesetzte Sumpfstrecke geringer Länge angebunden sind. Im Tagebau selbst (Sohle 545 m NN) erfolgte die Wasserhaltung offen über an den Böschungsfüßen angeordnete Grabensysteme, die das Wasser zwei bergmännisch hergestellten Aufbrüchen zuleiteten, die ihrerseits mit der 60-m-Sohle in hydraulischer Verbindung stehen.

Im Osttagebau erfolgte die Wasserhaltung über einen etwa mittig im Abbautiefsten (585 m NN) liegenden Schacht (= Wasserhaltungsschacht), welcher über eine versturzbewehrte Resttiefe von ca. 16 m verfügte. Es war davon auszugehen, dass hier auch ein wesentlicher Anteil der Wässer aus dem oberflächennah liegenden Altbergbau zusitzt.

Der weitaus überwiegende Anteil des aus diesen Aufschlüssen geförderten Grundwassers wurde zur Aufbereitung (Gesteinswäsche, Kühlwasser) bzw. Weiterverarbeitung des Specksteines herangezogen. Die Pumpmengen betragen im Mittel beim Hauptschacht ca. 11 m³/h sowie im Bereich des Osttagebaus ca. 4,5 m³/h.

Im Bereich der Nordostböschung der Halde bestand ein 32 m tiefer Betriebsbrunnen, der noch im Urgelände errichtet wurde. Die Entnahmen aus diesem Brunnen wurden vornehmlich für Kühlzwecke verwendet und sind mengenmäßig nur von untergeordneter Bedeutung (ca. 1.000 bis 2.000 m³/a).

Das aus dem Wasserhaltungsschacht geförderte Grundwasser wurde nicht zum Waschen eingesetzt sondern über einen quer über die Halde verlaufenden Kanal dem Übergabeteich zugeführt. Von dort aus gelangte es über eine Rohrleitung zum sog. Schönungsteich („Rößler-Weiher“) nordwestlich des Haupttagebaues und wurde in weiterer Folge in den Vorfluter Göpfersbach geleitet.

Im Zuge der Planungsarbeiten für die Schließung wurden zur Bewertung geotechnischer Aspekte und vordringlich zur hydrogeologischen Erkundung sieben Aufschlussbohrungen niedergebracht und als Grundwasserbeobachtungspegel ausgebaut.

4.2 Brunnen des Zweckverbandes Bernsteiner Gruppe

Der Zweckverband zur Wasserversorgung Bernsteiner Gruppe betreibt etwa 700 m südwestlich des Tagebaubereichs einen Bohrbrunnen zur Trinkwasserversorgung seines Verbandsgebiets. Für diesen ca. 85 m tiefen im Jahr 1962 errichteten Bohrbrunnen besteht nach dem Bescheid aus dem Jahr 1975 eine Bewilligung zur Entnahme von 85.000 m³/a.

Die Aufzeichnungen des Schlusspumpversuches, der vor Inbetriebnahme im Jahr 1970 durchgeführt wurde, erbrachten bei etwa 11 l/s eine stationäre Absenkung von etwa 10 m

unter Ruhespiegelniveau (24,80 m u. GOK entsprechend etwa 554,7 m NN) bei 34,81 m u. GOK. Die wesentlichen Zuflüsse dürften nach dem Schichtenverzeichnis im Teufenbereich 71,4 m bis 85 m erfolgen.

4.3 Grundwasserströmungsverhältnisse

Wesentliche Aufgabe der Untersuchungen war die Klärung der Grundwasserströmungsverhältnisse im Bereich der Johanneszeche und eine Prognose, ob der südwestlich gelegene Bohrbrunnen des Zweckverbandes Bernsteiner Gruppe im Abstrombereich liegen kann oder nicht. Hierzu mussten zunächst Form und Größe des durch die Wasserhaltung hervorgerufenen Absenktrichters ermittelt werden. Die Grundwasserströmungsverhältnisse wurden im ersten Schritt für den Nahbereich der Tagebaue konstruiert (Abbildung 9).

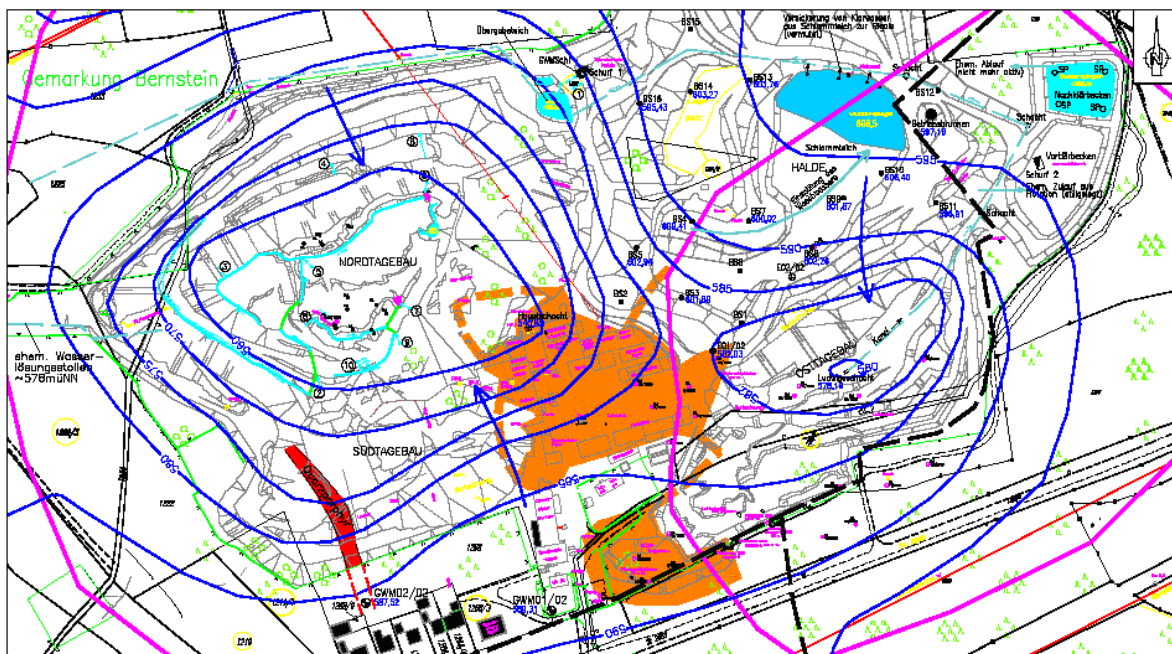


Abbildung 9: Grundwasserschichtenplan im Bereich des Betriebsgeländes (Betriebsphase, abgesenkter Wasserspiegel)

Durch die Wasserhaltungsmaßnahmen (Hauptschacht, Wasserhaltungsschacht) bildeten sich sowohl im W-Tagebau als auch Osttagebau Absenktrichter aus, die durch eine unmittelbar östlich der Betriebsgebäude situierte Kulmination voneinander getrennt waren. Die Absenktrichter waren insgesamt - wie aus der Kartierung der Grundwasserzutritte im Haupttagebau bereits zu erwarten war – sehr steil ausgebildet.

Potentielle hydraulische Verbindungen zum Hauptmarmorzug im Süden (Einzugsgebiet Bernsteiner Brunnen) und den Marmoren der Lagerstätte bestehen lt. amtlicher geologischer Karte (vgl. Abbildung 8) durch Richtung WSW vom Hauptmarmorzug abzweigende Schuppen, die untereinander und vom Hauptmarmorzug (Einzugsgebiet

Brunnen Bernsteiner Gruppe) durch gering durchlässige Gesteine (Granit, Phyllite und Graphitschiefer der Arzberger Serie) hydraulisch getrennt sind. Eine dieser Schuppen streicht durch den Osttagebau und ist kartografisch nachgewiesen. Für die Existenz einer zweiten, etwas weiter südlich verlaufenden Marmorschuppe, konnten aufgrund von Ergebnissen aus Prospektionsbohrungen und der in diesem Bereich abgeteufte Pegelbohrung GWM 01/02 keine Bestätigungen erbracht werden, da hier ausschließlich Phyllite und zugehörige Aplite aufgeschlossen wurden.

Die Wasserspiegel der Grundwassermessstellen im Bereich der Johanneszeche stehen jedoch nicht nur mehrere Zehner Meter über den Tagebausohlen, sondern auch rd. 40 m über dem Ruhewasserspiegel des Brunnens des ZV Bernsteiner Gruppe. Die hohe Wasserspiegeldifferenz zeigt, dass die nach dem Kartenbild der geologischen Karte (auf Umwegen) rein prinzipiell denkbare hydraulische Verbindung nicht wirksam sein kann; anderenfalls müssten sich die Wasserspiegel viel stärker angleichen. Dasselbe gilt auch für ebenfalls potentielle Verbindungen zum Marmorzug der Bernsteiner Gruppe im Bereich der diskordant die Phyllite durchstoßenden Quarzporphyrgänge.

4.4 Veränderungen des Grundwasserströmungsfeldes

Für den Einstau der Tagebaurestlöcher ist für den Westtagebau ein festes Einstauziel von 580 m NN vorgesehen, wobei diese Wasserspiegellage durch die Errichtung eines Überlaufgrabens im Westen des Tagebaus mit Ablauf in den Vorfluter Göpfersbach gewährleistet ist. Der Einstau des Osttagebaues erfolgt frei, ohne Kontrolle des Wasserspiegels. Unter Berücksichtigung der Wasserspiegellagen im Betriebsbrunnen und seiner jahreszeitlich bedingten Schwankungen wurde für letzteren ein Einstauziel von etwa 590 m NN prognostiziert.

Durch die gezielte Ableitung der Wasser aus dem West-Tagebau mit einem Überlaufgraben zum Göpfersbach hin bei 580 m NN wird im Umfeld der Tagebaue ein allseitig – auch abstromig ausgebildeter – Grundwasserabsenkungstrichter mit einem Betrag von 3,5 bis >5 m dauerhaft erhalten bleiben.

Auf Basis der aus einem Pumpversuch errechneten mittleren Grundwasserfördermengen ergaben sich rein rechnerisch Einstaudauern von +/- 5 Jahren für den Westtagebau und +/- 1 Jahr für den Osttagebau bei Annahme jeweils in sich geschlossener Teilsysteme.

Nach aller Kenntnis und auf Grundlage neu errichteter Grundwasser-Messstellen südlich des Tagebaubereichs mit Grundwasserhöhen um 586,5 bzw. 583,6 m NN und damit bereits bei derzeitig maximaler Absenkung steht das Grundwasser hier bereits höher als das vorgesehene Endstauziel. Es sind daher keine Auswirkungen auf das südlich einer als hydraulische Sperre fungierenden Serie von gering durchlässigen Metaklastika liegende Wasserschutzgebiet der Bernsteiner Gruppe mit ihrem Trinkwasserentnahmebrunnen zu erwarten.

Zusammenfassend ergab sich ein Ausschluss der Beeinträchtigung des Trinkwasserbrunnens Bernsteiner Gruppe aus folgenden Gründen:

- Beseitigung aller relevanten Gefahrenquellen (Kontaminationsfreigabe Boden)
- Nachweis, dass keine gefahrenrelevante Kontaminationen aus dem Bereich Halde in den Grundwasserstrom gelangen können
- Ausschluss einer schädlichen Veränderung des Grundwassers durch den im Tagbau abgelagerten Abraum
- Zukünftig weiterhin als Absenktrichter fungierende Tagbauseen
- Keinerlei Hinweise auf Belastungen des Grundwassers
- Geologische Barriere zwischen Betriebsareal und Trinkwasserbrunnen

5. Geotechnisch-bergbauliche Verhältnisse

5.1 Markscheiderische Vermessungen und Auswertung von Altrissen

Grundlage jeglicher geotechnischer Bewertungs- und Planungsmaßnahmen sowie bergtechnischen Sicherungs- und Verwahrungsarbeiten bildet ein aktuelles markscheiderisches Risswerk. Es enthält die über- und untertägige Situation und ist im amtlichen Koordinaten- und Höhensystem angelegt. Zur Bearbeitung von geotechnischen Fragestellungen waren objekt- oder bereichsbezogene Detailvermessungen notwendig. Diese dienten zur besseren Darstellung insbesondere von Schnitten sowie als Berechnungsgrundlage bei der Standsicherheitsbewertung der Böschungen.

An Hand der aktuell vermessenen Bergbaurelikte wie Schächte, Stollen, Pingen, Grenzpunkte und Tagebaue wurde das verfügbare historische bergmännische Risswerk zu den zu bearbeitenden Grubenfeldern eingepasst. Die Altrisse zeigten relativ gute Passgenauigkeit bezüglich der aktuellen Topographie. Die Darstellung beschränkte sich jedoch nur auf Stollen, Strecken und Schächte, Abbaue fehlten größtenteils. Partiiell waren Verdrehungen und Längenabweichungen bis zu 10 m feststellbar. Die höhenmäßige Zuordnung gestaltete sich durch ein unscharfes Bezugsniveau schwierig.

5.2 Geotechnische Untersuchungen im Übertagebereich

Im Rahmen der Schließungsplanung wurde die Standsicherheit der Tagebauböschungen untersucht. Durch ein Laborprogramm an den anstehenden Lockergesteinen wurden die erforderlichen bodenmechanischen Parameter ermittelt. Insbesondere wurden auch die dazugehörigen Scherparameter in einem Rahmenschergerät unter Wassersättigung

konsolidiert und drainiert zur Beurteilung der Standsicherheit der Böschungsbereiche bestimmt. Aufgrund der komplexen geologischen Verhältnisse im West- und Osttagebau wurde das Untersuchungsprogramm auf die wesentlichen Lockergesteinsarten beschränkt. Für die Berechnungen der Standsicherheiten der Tagebauböschungen wurden die prognostizierten Stauspiegel in den beiden Tagebauen berücksichtigt.

Die Laborergebnisse waren jedoch nur für den Fall unveränderter bodenmechanischer Eigenschaften im derzeitigen Ist-Zustand der Lockergesteine bis zum Erreichen der geplanten Wasserspiegel anwendbar. An Hand der geologischen Situation wurden daraufhin ingenieurgeologische Dokumentationen an den Böschungen vorgenommen. Bei den differenzierten ingenieurgeologischen Geländeaufnahmen wurden folgende Schwerpunkte berücksichtigt:

- Visuelle Begutachtung und Bewertung der anstehenden Locker- und Festgesteine, z. B. bindig oder nicht bindig, Fest- oder Halbfestgesteine
- Mögliche Veränderungen der Eigenschaften bei Wasserzutritt und Verhalten bei Wellenschlag
- Bewertung der Verwitterungsbeständigkeit und vermutete Eigenschaften der Fest- und Halbfestgesteine nach ihrer Verwitterung
- Festlegung von Homogenbereichen, Bestimmung der Schwankungsbreite der Materialeigenschaften innerhalb der Bereiche, Aushalten der teils lokalen, sprunghaften Wechsel der Gesteinseigenschaften
- Dokumentation, Beurteilung und Bewertung abgelaufener Schadensereignisse, z. B. Rutschungen, Böschungsbrüche
- Vegetation
- Beurteilung der in situ angetroffenen, im Detail im Lageplan nicht darstellbaren Böschungsformen

Diese ingenieurgeologische Modellierung der Tagebaukonturen bildete die Grundlage für eine differenzierte Standsicherheitsbewertung unter langzeitlichen Aspekten. Es erfolgte ein Datenabgleich zwischen den ingenieurgeologischen Dokumentationsergebnissen und den laborativ ermittelten bodenmechanischen Kennwerten, wobei insbesondere die Bewertung der Tongehalte der bindigen Böden einen wichtigen Aspekt darstellte. Die unterschiedlich aufgebauten Böschungssysteme der beiden Tagebausysteme wurden in 23 Homogenbereiche eingeteilt. Für die langfristige Vorhersage der Standsicherheiten der einzelnen Böschungssysteme wurden folgende Aussagen und Festlegungen getroffen:

- Die anstehenden Festgesteine sind sehr häufig durch eine tiefgründige Verwitterung aufgelockert und gehören bis auf wenige Ausnahmen zur Gruppe der Halbfestgesteine. Ihre Verwitterung schreitet besonders rasch voran.

- Zur Bewertung der Langzeitstandfestigkeit müssen auch die zukünftigen Eigenschaften der Gesteine nach ihrer Verwitterung abgeschätzt werden.
- Die im Gestein enthaltenen Tone nehmen nur langsam Wasser auf. Analysiert wurden sie häufig mit einem zu geringeren Wassergehalt, als in situ möglich. Bei hohem Wassergehalt werden bindige Böden weich bis breiig und verlieren dann ihre Kohäsion. Sie neigen zum Fließen. Weiterhin werden bei tonigen Böden im so genannten Normalversuch (Schnellversuch) häufig zu hohe Kohäsionen ermittelt.
- In gestörten oder umgelagerten Tonen ist meist ein starker Abfall der Kohäsion zu verzeichnen. Die begrenzten Probenzahlen können hierüber kein umfassendes Bild liefern.
- Bindige, übersteile Böschungen neigen zu Rissbildung auf der Böschungsschulter. Das hier eindringende Wasser weicht nicht nur die Böden weiter auf, es verringert durch den Wasserdruck auch erheblich die Standfestigkeit der Böschung.
- Der Schichtenaufbau unterhalb der Böschungsoberfläche ist weitestgehend unbekannt. Es muss mit lokal vorgegebenen Gleitflächen gerechnet werden.
- Nichtbindige Böden können bei günstigem Wassergehalt relativ hohe scheinbare Kohäsionen aufweisen. Trocknen diese Böden oberflächennah aus, dann kommt es zu „Hautrutschungen“ auf der Böschungsoberfläche. Feinsandige, gleichkörnige Böden wiederum neigen bei zu hohem Wassergehalt zum Fließen.
- Auf vielen der anstehenden Bodenarten wird sich nur zögerlich auf natürliche Art eine geschlossene Vegetationsdecke entwickeln. Erosionsrinnen können sich so tief in die Böschungen einschneiden und den effektiven Böschungswinkel deutlich herabsetzen.
- Kommt es zu einem Böschungsbruch, dann lagern sich die Massen am Böschungsfuß oder auf den Bermen ab. Dieser Vorgang erhöht wiederum die Standsicherheit der verbleibenden Böschung. Der Schüttwinkel der beim Bruchprozess abgelagerten Massen ist jedoch vor allem auch durch Erosionsprozesse erfahrungsgemäß flacher als der maximale Böschungswinkel. Unter Wasser bzw. im Bereich der Wasseroberfläche ist dieser Effekt besonders ausgeprägt.
- Es sind sehr vielfältige, unterschiedliche Böschungsbruchformen zu erwarten (z. B. Gleitkreis, vorgegebene Gleitfläche, „Hautrutschung“, Absanden)
- Bedingt durch die steilen Bruchränder bei einem typischen Gleitkreisbruch kohäsiver Materialien ergibt sich durch nachbrechende Ränder eine flachere Generalneigung als bei einer von Anfang an standsicher hergestellten Böschung.

- Die Auswirkungen des zu erwartenden leichten Wellenschlages auf die unterschiedlichen Materialien sind schwer abschätzbar, Hohlkehlenbildungen und kleinere Rutschungen sind nicht auszuschließen.

Von besonderer Bedeutung für die Standsicherheit der Böschungen sind die hohen Tonanteile in den meist stark bindigen Böden, wodurch eine Wasseraufnahmefähigkeit von 70 bis 90 % festgestellt wurde. Es ist sehr wahrscheinlich, dass es sich bei den Tonen um eine quellfähige Wechsellagerung von Illit und Smektit handelt. Vor allem der Smektit-Anteil muss als kritisch für eine Abschätzung der Standfestigkeit bewertet werden. Gegenüber dem Illit besitzt der Smektit weniger feste Bindung zwischen den Schichtpaketen. Die Tonminerale quellen und der Schichtabstand weitet sich auf. Der Ton geht in einen plastischen und breiig-flüssigen Zustand über.

Vergleichende Berechnungen an einer Böschung aus bindigem Material mit einem staffelförmigen Verbrucherereignis erbrachten unter Beachtung der Kohäsion keine befriedigende Simulation der Verbruchvorgänge. Die stark schematisierte Berechnung nur unter dem Ansatz eines sinnvollen Reibungswinkels führte jedoch für eine Sicherheit von $\eta = 1,0$ zu einer Böschung, deren Böschungsschulter sich genau mit dem derzeitigen Bruchrand deckte. Diese vergleichenden Berechnungen verweisen neben der Sinnfälligkeit des gewählten Verfahrens (Berechnung nur mit Reibungswinkel) auch auf die Notwendigkeit der festgelegten Sicherheit von $\eta \geq 1,4$. Der analysierte Verbruch stellte in seinem Betrachtungszustand noch nicht die Endkontur dar und mit einer weiteren Rückverlegung der Böschungsschulter muss gerechnet werden.

Es lässt sich grundsätzlich feststellen, dass exakte Vorhersagen oder Berechnungen der Böschungsendkonturen für beide Tagebaue durch die vielfältigen Böschungssysteme, die unterschiedlichsten Locker- und Festgesteinsarten, den Wasseranstau, den Wasseraustritten, die unterschiedliche Begrünbarkeit etc. nicht im sinnvollen Rahmen möglich sind. Es existieren zu viele nicht exakt fassbare Einflussgrößen.

Die Zielstellung war jedoch, möglichst exakte Vorhersagen zum Verhalten der Böschungen über sehr lange Zeiträume zu machen. Anhand vergleichender Berechnungen und Beobachtungen in situ wurde festgestellt, dass die möglichen Böschungsneigungen lediglich durch den effektiven Reibungswinkel ihrer Böden zu bestimmen sind. Zum Ansatz kamen Reibungswinkel aus Laborversuchen, aus der Fachliteratur z. B. PRINZ (1997) und aus eigenen Erfahrungen. Laut DIN 4084 ist für das lamellenfreie Verfahren für den Lastfall 1 eine Sicherheit von $\eta \geq 1,3$ zu gewährleisten. Dies gilt jedoch nur für gleichförmige, gut bekannte Böden. Bedingt durch die vielen Unsicherheiten in den Tagebauen wurde deshalb eine Sicherheit von $\eta \geq 1,4$ für die Berechnungen angesetzt. Der maßgebliche Böschungswinkel β für den Endzustand berechnet sich nach folgender Formel:

$$\tan \beta = \frac{\tan \varphi'}{\eta}$$

β - prognostizierter Böschungswinkel
 φ' - angenommener Reibungswinkel
 η - Sicherheitsbeiwert

Anhand vieler Schnitte wurde geprüft, ob für die Tagesoberfläche der Fußpunkt des Böschungssystems oder eine bzw. mehrere Teilböschungen relevant sind. Anschließend wurden mittels eines grafischen Verfahrens mögliche Massenumlagerungen von der Böschungsschulter zum Böschungsfuß hin untersucht. Diese Betrachtungen wurden für jeden ausgewiesenen Homogenbereich durchgeführt. Es wurde angenommen, dass die Bruchmassen einen flacheren Winkel als den berechneten, standsicheren Böschungswinkel annehmen. Unter Berücksichtigung des durch die Bruchprozesse in Richtung Tagebau verschobenen Fußpunktes wurde der errechnete, maßgebliche Böschungswinkel aufgetragen und die standsichere Kontur des Tagebaues ermittelt. Die prognostizierten Böschungskonturen beziehen sich stets auf die dargestellten Böschungslinien, dabei ist der Abstand der prognostizierten Böschungskontur zur vorhandenen bzw. dargestellten Böschungsschulter maßgebend.

5.3 Geotechnisch-markscheiderische Bewertungen im Untertagebereich

5.3.1 Grundlagen

Im Rahmen der Erkundungs- und Dokumentationsarbeiten wurden die geotechnischen, markscheiderischen und bergbaulichen Verhältnisse in allen zugänglichen Grubenbauen erfasst. Für die bergschadenkundliche Beurteilung der Grubenbaue insbesondere der Tagesschächte und ihre Auswirkungen auf die Tagesoberfläche wurden die zahlreichen altbergbaulichen Erscheinungsbilder, wie z. B. kleinere Pingen, an der Geländeoberfläche dokumentiert.

Die Standsicherheitsbewertung der untertägigen Grubenbaue erfolgte getrennt nach Tagesschächten, Strecken und Stollen sowie Abbauen. Diesen bergbaulichen Objekten wurden gemäß der Standsicherheitseinschätzung entsprechende Risikobereiche und Risikoklassen zugewiesen (BUSCH et. al. (2004); FRIESENBICHLER et. al. (2004)). In der Tabelle 1 ist die Bewertungsgrundlage für die Risikoklassen zusammengestellt.

Tabelle 1: Bewertungsmatrix für die Risikoklassen über bergmännisch hergestellten Hohlraum (Meier, G. (Hg.) 2004)

Risiko- klasse (farbige Kenn- zeich- nung)	Geotechnisch- markscheiderisches Schadensbild	Vorhandene Nutzung der Tagesoberfläche	Einschätzung der Dauerstandsicherheit	Empfohlene Maßnahmen
I (rot)	<ul style="list-style-type: none"> - Tagesbruch, Bohrloch-, Schacht- und Mundlochverbruch - größere Deformation an der Tagesoberfläche, z. B. Spaltenbildung, Senkung - offene, ungesicherte Tagesöffnung - akuter Wasserschaden (z. B. Standwasserbildung im Stollen, Wasseranstieg) - aktiver untertägiger Verbruchprozess 	<ul style="list-style-type: none"> - unmittelbare Überbauung, Bereiche mit erhöhter statischer und dynamischer Belastung - Flächen mit intensiver land- und forstwirtschaftlicher sowie gärtnerischer Nutzung - Verkehrswege - stark frequentierte öffentliche Bereiche 	<ul style="list-style-type: none"> - sehr geringe und geringe Dauerstandfestigkeit des Gebirges - akute Tagesbruchgefährdung - akute Gefährdung der öffentlichen Sicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> - Sofortsicherung umgehend erforderlich - dringender Handlungsbedarf für dauerhafte Sicherungsmaßnahmen oder Sanierungsarbeiten - Nutzungseinschränkung oder Sperrung der Tagesoberfläche notwendig
II (gelb)	<ul style="list-style-type: none"> - Tagesbruch, Bohrloch-, Schacht- und Mundlochverbruch - größere Deformation an der Tagesoberfläche, z. B. Spaltenbildung, Senkung - offene, erstgesicherte Tagesöffnung - Wasserschaden (z. B. Standwasserbildung im Stollen, Wasseranstieg) - aktiver untertägiger Verbruchprozess - nicht dauerstand-sicher verfüllte oder teilverfüllte Schächte - unsicher abgeübnte nicht- oder teilverfüllte Schächte 	<ul style="list-style-type: none"> - Bebauungsgebiete, jedoch keine direkte Bebauung bzw. in deren unmittelbarem Einflussbereich - land- und forstwirtschaftliche Flächen - gering frequentierte öffentliche Bereiche 	<ul style="list-style-type: none"> - sehr geringe und geringe Dauerstandfestigkeit des Gebirges - hohe Tagesbruchgefährdung (zulässige Grenzdeckgebirgsmächtigkeit wird deutlich überschritten) - hohe Gefährdung der öffentlichen Sicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> - Sofortsicherung umgehend erforderlich - Handlungsbedarf für dauerhafte Sicherungsmaßnahmen oder Sanierungsarbeiten - Nutzungseinschränkung oder Sperrung der Tagesoberfläche notwendig

Risiko- klasse (farbige Kenn- zeich- nung)	Geotechnisch- markscheiderisches Schadensbild	Vorhandene Nutzung der Tagesoberfläche	Einschätzung der Dauerstandsicherheit	Empfohlene Maßnahmen
III (grün)	<ul style="list-style-type: none"> - stabilisierte, ältere Pingen-, Verbruch- und Deformationszonen an der Tagesoberfläche - dauerhaft gesicherte Tagesöffnung - tages- und oberflächennahe Grubenbaue - keine oder nur geringfügige Gebirgsauflöckerung an der Hohlraumkontur - geringfügig deformierter Ausbau oder Schachtdeformation, jedoch funktionsfähig 	<ul style="list-style-type: none"> - Randlage von Bebauungen, jedoch außerhalb deren unmittelbarer Nutzung - land- und forstwirtschaftliche Flächen 	<ul style="list-style-type: none"> - mittel- und langfristig ist eine Schwächung der Dauerstandfestigkeit gegeben - Tagesbrüche oder/und Deformationen sind nicht unmittelbar zu erwarten - Grubenbaue (Grenzdeckgebirgsmächtigkeit wird unterschritten) 	<ul style="list-style-type: none"> - periodische Kontrollen werden empfohlen (monatlich bis jährlich) - mittel- und langfristig sind Untersuchungs- und Sanierungsarbeiten vorzusehen
IV (blau)	<ul style="list-style-type: none"> - keine Verbrüche und Deformationen an der Tagesoberfläche - dauerhaft gesicherte Tagesöffnung - kontrollfähiger Wasserabfluss - keine First- und Stoßausbrüche (Absandungen möglich) - keine Schachtdeformation - Ausbau ist ausreichend dimensioniert und dauerhaft funktionsfähig 	<ul style="list-style-type: none"> - keine Nutzungseinschränkungen für Tagesoberfläche und Hohlraum 	<ul style="list-style-type: none"> - Dauerstandsicherheit des Hohlraumes gegeben - zulässiger Wert für die Grenzdeckgebirgsmächtigkeit wird unterschritten 	<ul style="list-style-type: none"> - periodische Kontrollen in größeren Intervallen werden in Einzelfällen empfohlen

Die grafische Darstellung erfolgte auf der Grundlage des aktualisierten bergmännischen Risswerkes. Jedem punkt- bzw. flächenbezogenen altbergbaulichen Einwirkungsbereich wurde eine Positionsnummer zugeordnet, die gemäß der Risikostufe einen farbigen Ring erhielt und entsprechend der ausgewiesenen Stufe farblich hinterlegt wurde. Anhand von Positionsnummern wurden die Objekte textlich beschrieben. Bei der Bewertung der

Standssicherheit wurde der zu erwartende Höchstwasserstand in den Tagebauen berücksichtigt.

5.3.2 Tagesschächte

Im Untersuchungsgebiet der „Johanneszeche“ befanden sich 38 bekannte Tagesschächte bzw. schachtähnliche Brunnen. Bei den Schächten des Altbergbaus konnte größtenteils von einer Verfüllung oder Teilverfüllung ausgegangen werden. Nur die genutzten Schächte, wie beispielsweise der Hauptförderschacht, Rollschacht oder Wasserhaltungsschacht, wiesen luftegefüllte Schachtröhren auf.

Bei den Schächten des Altbergbaus sind mittel- und langfristig durch die unbekannte Verfüllung Schäden an der Tagesoberfläche nicht auszuschließen. Grundsätzlich können folgende Schadensmechanismen auftreten:

- Nachrutschen der Verfüllsäule durch Resthohlräume sowie Volumenschwund bei der Zersetzung von Altholz
- Nachrutschen der Versatzsäule durch inhomogene und lockere bis sehr lockere Lagerung der Verfüllmassen
- Setzungen der Verfüllmassen durch Schwankungen des Wasserstandes bzw. beim Grundwasserwiederanstieg
- Auslaufen der Versatzsäule in noch offene Strecken insbesondere bei Wassersättigung
- Verbrechen von Schächten durch das Zubruchgehen alter Abbühnungen
- Ausbruch der Schachtmauerung und Betonabdeckung

Die geplante Flutung der Tagebaue wird bei den unkontrolliert verfüllten Tagesschächten erfahrungsgemäß zu einer Aktivierung der Bewegungen in den Verfüllsäulen führen, wodurch es an der Tagesoberfläche zur Bildung einer Pinge als Hohlform bzw. zu deren Erweiterung kommt. Der Durchmesser der Pingeneinsenkung kann mehrere Meter betragen. Ebenso kann die Pingentiefe vom dm- bis in den m-Bereich reichen. Periodische Kontrollen bei der Flutung der Tagebaue sind hier vorzusehen.

Auf der Grundlage der Geometrie der Pingen kann der Verfüllungsgrad näherungsweise eingeschätzt und einer Risikoklasse zugeordnet werden. Die Bewertung erfolgte anhand von Volumenbilanzen, bei denen das ursprüngliche Pingenvolumen mit dem Schachtquerschnitt und der Schachttiefe verglichen wird. Für die Beurteilung wurden die zuordenbaren Tagesschächte und Schachtpingen nach einem von MEIER (Meier, G. 1991) entwickelten Nomogramm (Abbildung 10) gegenübergestellt. Dabei sind die nebenstehenden Schachtquerschnitte als Grundlage anzusetzen.

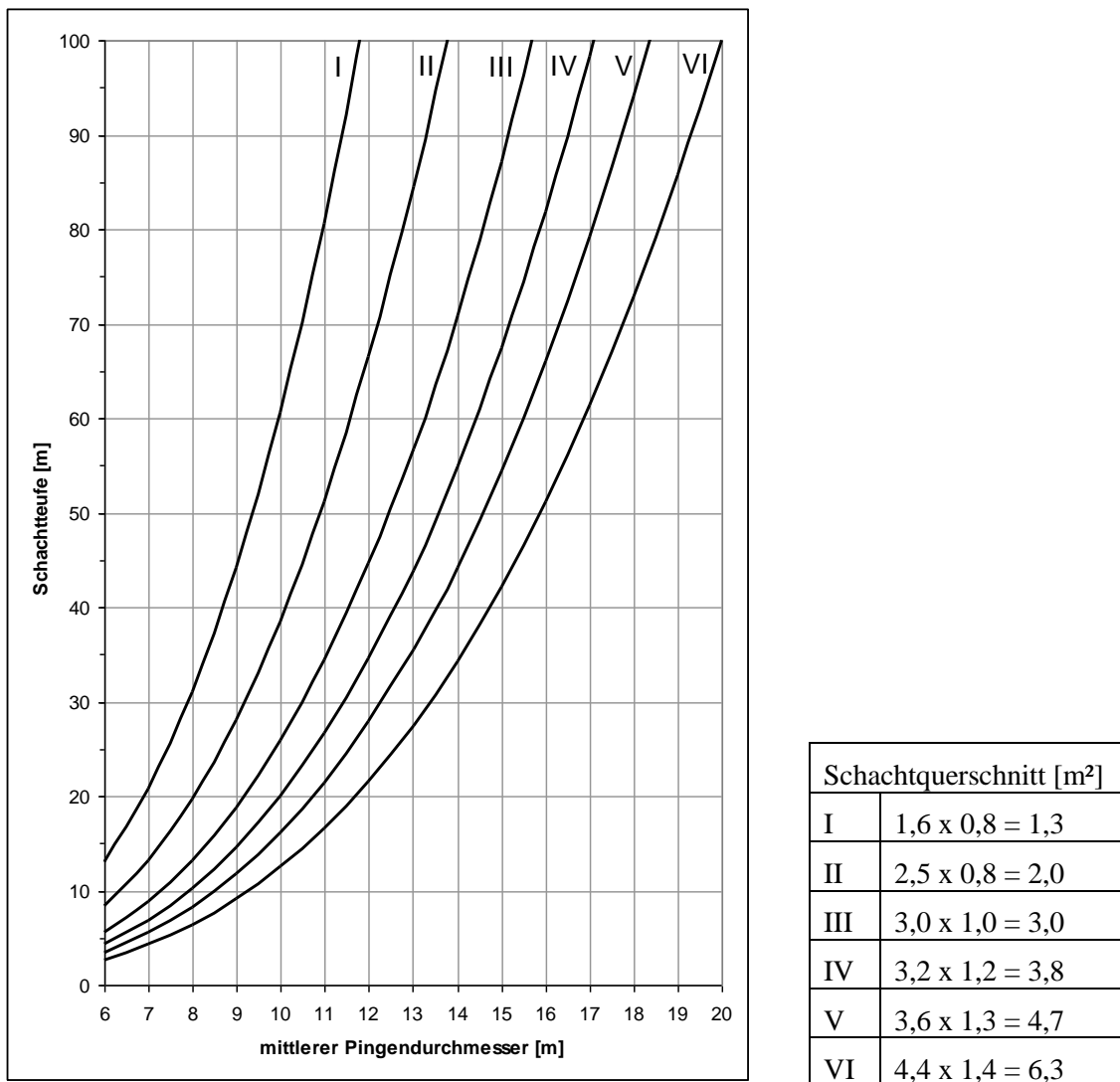


Abbildung 10: Beziehung zwischen Schachttiefe, mittlerem Pingendurchmesser und Schachtquerschnitt (Meier, G. 1991)

Die Beurteilung des Schachtverfüllungsgrades zeigte, dass sich noch nicht bei allen Tagesschächten eine Pinge entsprechend dem vorgegeben bzw. angenommenen Schachtquerschnitt und der Schachttiefe ausgebildet hat. Hier kann noch nicht von einem vollständigen Verbrauch des Schachtes ausgegangen werden. Es können Bewegungen in Form von Senkungen, die zu einer Vergrößerung der Pingentiefe und des Pingendurchmessers führen, nicht ausgeschlossen werden. Aber auch durch eine Verfüllung oder Teilverfüllung des Schachtes wird eine Verringerung des Durchmessers und der Tiefe der Pinge bedingt. In der Tabelle 2 sind als Beispiele drei repräsentative Schachtpingen bewertet.

Tabelle 2: Beurteilung des Verfüllungsgrades an ausgewählten Tagesschächten

Bezeichnung Pos.- Nr.	vorhandene Pingengröße [m]	Schachtgröße [m]	Pingengröße bei vollständigem Verbruch [m]	Bemerkung
Alter Tagesschacht 1895	D _m 7,7 T 1,8	1,5 x 2,0 T 10,0	D _m 7,3	vollständiger Verbruch liegt vor
Versuchsschacht 1895	D _m 2,5 T 0,8	2,0 x 3,0 T 12,0	D _m 9,0	weitere Bewegungen können auftreten oder Teilverfüllung liegt vor
Alter Tagesschacht 1895	D _m 3,1 T 1,0	1,5 x 2,0 T 10,0	D _m 7,3	weitere Bewegungen können auftreten oder Teilverfüllung liegt vor

D_m - mittlerer Durchmesser T - Tiefe

5.3.3 Strecken, Stollen und Abbaue

Die Strecken und abschnittsweise die Stollen stehen größtenteils ohne dauerhaften Ausbau. Bedingt durch die geologischen Verhältnisse neigen sie zu Ablösungen und Nachbrüchen. Teilweise lassen sich bereits ausgebildete Hochbrüche, Teilverbrüche und vollständige Verbrüche in den Strecken beobachten. Diese zumeist domartig ausgebildeten Bruchformen befinden sich in einem labilen Zustand. Durch Absandungen und Ablösungen muss von einer langsamen aber stetigen Vergrößerung bzw. einem weiteren „Hochbrechen“ ausgegangen werden. Dieser Prozess wird durch die Wassereinwirkung im Zuge der Tagebauflutung zumindest anfänglich beschleunigt. Eine dauerhafte Standsicherheit ist dadurch nicht gewährleistet.

Zur Bewertung der Geländeoberfläche durch einen Tagesbruch wurden die Strecken der 12-m-Sohle und 22-m-Sohle mittels einer Hohlraum-Bruchvolumen-Bilanz nach MEIER (Meier, G. 1991) analysiert. Zur Berechnung der Grenzdeckgebirgsmächtigkeit dienen entsprechend der vorliegenden Situation folgende Formeln:

$$H_{\max} = \frac{1,274 \cdot h}{s-1} \left(1 + \frac{h}{l \cdot \tan \varphi} \right) [\text{m}]$$

gewölbeartiger Verbruch über seitlich begrenztem bergmännischen Hohlraum, z.B. Strecken

$$H_{\max} = \frac{1,5 \cdot h}{s-1} \left(1 + \frac{h}{b \cdot \tan \varphi} + \frac{h^2}{3b^2 \cdot \tan^2 \varphi} \right) [\text{m}]$$

gewölbeartiger Hochbruch über Flächenabbauen ohne seitliche Begrenzung für den Bruchmassenkegel

- Dabei bedeuten:
- H_{max} - Grenzdeckgebirgsmächtigkeit [m]
 - h - Höhe des bergmännischen Hohlraumes [m]
 - l=2b - Länge der verbruchgefährdeten Strecke [m]
 - s - Schüttungsfaktor
 - φ - Schüttungswinkel [°]

In der Tabelle 3 sind repräsentative Rechenergebnisse, bezogen auf verschiedene analysierte Bereiche, zusammengestellt.

Tabelle 3: Hohlraum-Bruchvolumen-Bilanzen ausgewählter Bereiche (bei angenommener Lockergesteinsüberdeckung von ca. 2 m)

analysierter Bereich	H_{Fels}	$H_{\text{max.}}$	Bemerkung
Strecke der 12-m-Sohle im Betrachtungsbereich Betriebshof	ca. 9,0 m	19,4 m	l=1,0 m; h=2,2 m; Granit, vergrust; $\varphi=35^\circ$; s=1,6 Tagesbruch möglich
Strecke der 22-m-Sohle im Betrachtungsbereich Betriebshof	ca. 17,0 m	10,0 m	l=2,0 m; h=2,2 m; Dolomitmarmor; $\varphi=36^\circ$; s=1,7 kein Tagesbruch an der Tagesoberfläche zu erwarten
Streckenkreuz der 20-m-Sohle im Betrachtungsbereich Betriebshof	ca. 17,0 m	33,4 m	l=2,0 m; h=2,2 m; Dolomitmarmor; $\varphi=36^\circ$; s=1,7 Tagesbruch möglich

Die Bewertung des Tagesbruchrisikos erfolgt nach dem Kriterium:

$$H_{\text{Fels}} \geq H_{\text{max.}}$$

H_{Fels} - Deckgebirgsmächtigkeit des Festgesteins über dem Hohlraum [m]
 $H_{\text{max.}}$ - Grenzdeckgebirgsmächtigkeit [m]

Ist dieses Kriterium erfüllt, erfolgt ein „Totlaufen“ der Verbrüche, wodurch ein Tagesbruch nicht zu erwarten ist. An der Geländeoberfläche sind nur noch Senkungen möglich. Bei den Analysen im Fels bleibt die Verwitterungsdecke unberücksichtigt, wodurch die Ergebnisse auf der sicheren Seite liegen.

Die errechneten Hohlraum-Bruchvolumen-Bilanzen zeigen, dass es im Verlauf der 12-m-Sohle im Betrachtungsbereich zu Tagesbruchereignissen kommen kann. Die muldenförmigen Tagesbrüche können Senkungsbeträge bis ca. 1 m aufweisen.

Ausgehend von der 20-/ 22-m-Sohle sind bei einem Verbruch nur noch Deformationen in Form von Senkungen an der Geländeoberfläche zu erwarten. Hier heben sich jedoch die Streckenkreuze durch eine stärkere Deformation hervor. Eine erhöhtes Risikopotential zeigen die Rolllöcher zwischen der 22- und 12-m-Sohle.

Ausgehend von den Rechenergebnissen kann bei noch offenen Strecken überschlüssig von einem Tagesbruchrisiko bis zu einer Überdeckung von maximal 20 m ausgegangen werden. Analog zu den analysierten Strecken können die Ergebnisse auch verallgemeinert und auf andere ähnliche Grubenbaue bezogen werden.

Neben den tagesnahen Grubenbauen ist vor allem im Bereich der Streckenanschnitte und Stollen in den Tagebauböschungen mit Deformationen insbesondere Senkungen und Rutschungen zu rechnen.

Eine Bewertung der untertägigen Abbaue erscheint sehr schwierig, da jegliche Angaben hierüber fehlen und ihr Zustand unbekannt ist. Beim Anbaggern der Abbaue wurde festgestellt, dass sie zum größten Teil mit Handversatz verfüllt waren.

Es kann davon ausgegangen werden, dass ein Großteil der Abbaue im W- und E-Tagebau überbaggert wurde und nicht mehr existiert. Lokal sind vor allem im Bereich dicht liegender Streckenauffahrungen unverfüllte Abbaue nicht auszuschließen.

5.3.4 Klassifikation und Wertung der Einwirkungsbereiche

Die bergmännisch angelegten Hohlräume der „Johanneszeche“ befinden sich im Bereich des ehemaligen Betriebsgeländes und unter forst- und landwirtschaftlich genutzten Flächen. Insgesamt wurden 63 Objekte anhand der geotechnisch-markscheiderischen Untersuchungen ausgegliedert, die zu einer möglichen Beeinflussung der Tagesoberfläche führen können.

Daraus ergibt sich folgende Zuordnung zu den Risikoklassen:

Risikoklasse I	1 Objekt	2 %
Risikoklasse II	10 Objekte	16 %
Risikoklasse III	52 Objekte	82 %

Der relativ hohe Anteil der Risikoklasse III liegt darin begründet, dass sich ein Großteil der Objekte im Bereich der vorgesehenen ökologischen Ausgleichsfläche befindet. Auftretende Deformationen führen bei dieser Nutzungsart zu keiner direkten Beeinträchtigung oder sogar Gefährdung für die öffentliche Sicherheit.

Nach der geotechnisch-markscheiderischen Bewertung sind die 38 Tagesschächte einschließlich Wasserhaltungsschacht und Tiefbrunnen zu einem Großteil verfüllt. Ausgehend von einer forst- und auch landwirtschaftlichen Nutzung sowie im Bereich der ökologischen Ausgleichsfläche macht sich eine Verwahrung nicht zwingend notwendig. Auftretende Bewegungen in den Schachtröhren können bei Bedarf durch eine sofortige Nachverfüllung ausgeglichen werden. Diese Verfahrensweise kann als „vertretbares Risiko“ eingestuft werden. Da der Zustand der Schächte nahezu ausnahmslos unbekannt war, wurde eine bohrtechnische Erkundung und Bewertung an 8 repräsentativen Schächten bzw. Pingen durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse bestätigten den angenommenen Sachverhalt, dass ein geringes Tagesbruch- bzw. Verbruchrisiko an diesen Altbergbauobjekten vorliegt, jedoch kleinere Deformationen an der Tagesoberfläche zukünftig nicht auszuschließen sind.

Die leer stehenden bzw. luft- und wassererfüllten Schächte (z. B. Hauptförderschacht und Wasserhaltungsschacht) bildeten auch im Bereich der ökologischen Ausgleichsfläche Risikospitzen, die durch eine kontrollierte Verfüllung der Schächte beseitigt wurden.

6. Sicherungs- und Verwahrungsmaßnahmen

6.1 Tagebaue

Als Folgenutzung des Betriebsgeländes wurde eine „Renaturierung als ökologische Ausgleichsfläche“ vorgesehen. Dies beinhaltet eine Forstwirtschaft über eine natürliche Sukzession und eine Biotopentwicklung zur Schaffung einer ökologischen Ausgleichsfläche. Die große Vielfalt an Lebensräumen auf engstem Raum sollte vor allem für die gefährdeten Pionierarten erhalten werden. Die derzeitige Gestalt des Zechengeländes (Tagebaue mit Halde) stört das Landschaftsbild nicht und kann prinzipiell so verbleiben. Bei der Sicherung der Tagebaue wurden folgende Grundsätze und primäre Ziele der Landschaftsplanung zu berücksichtigen:

- *Erhalt der Schlammteiche*
- *Verzicht auf großflächige Verfüllung der Tagebaue*
- *Erhalt der vielfältigen Böschungsstrukturen*
- *Absturzsicherung für Mensch und Tier, Verhinderung von Schadstoffeintrag*

Der Renaturierung der Tagebaue als ökologische Ausgleichsfläche entspricht am ehesten das Belassen der Tagebaue in ihrer derzeitigen Morphologie. Auch ohne gestalterische Maßnahmen stellen sich im Verlauf vieler Jahrzehnte natürliche, standsichere Böschungen von selbst ein. Über lange Zeiträume ist jedoch noch mit äußerst labilen Böschungssystemen zu rechnen. Aus diesem Grunde wurde ein Schutzwall oder Zaun gegen unbeabsichtigtes Betreten errichtet. Von den prognostizierten, langzeitstandsicheren Tagebau-rändern der am weitesten in das Hinterland einschneidenden Böschungsschultern wurde ein Sicherheitsabstand von ca. 3 bis 5 m festgelegt.

Es ist anzunehmen, dass nicht alle Böschungen diese Endkontur erreichen, sondern auch langfristig einen steileren Böschungswinkel beibehalten werden. Bedingt durch die vielen, teils unbekannt oder schwer einschätzbaren Standsicherheitsfaktoren verbleibt jedoch auch ein Restrisiko. Deshalb werden anfänglich regelmäßige Kontrollen empfohlen, die in ein Monitoringsystem einzubinden sind. Anders als in den gleichförmigen Bedingungen in den Braunkohletagebauen existieren hier kaum Erfahrungen hinsichtlich des Langzeitverhaltens der anstehenden Boden- und Felsarten.

6.2 Grubenbaue

Ausgehend von den geotechnisch-markscheiderischen Dokumentationsergebnissen, der Standsicherheitseinschätzung und der Bewertung des Tagesbruchrisikos wurden differenzierte und effiziente Sanierungsmaßnahmen für die Grubenbaue abgeleitet. Dabei wurde für die Tagebaurestlöcher und den Betrachtungsbereich Betriebshof eine Renaturierung als ökologische Ausgleichsfläche zugrunde gelegt, bei der ein unbeabsichtigtes Betreten durch geeignete Schutzmaßnahmen bis zur Einstellung der natürlichen Böschungsverhältnisse verhindert wird. Folgende bergtechnische Maßnahmen kamen zur Anwendung:

➤ *Verfüllung des Tiefen Stollens sowie des Lichtloches und Tagesschachtes*

Durch die geringe Deckgebirgsmächtigkeit und den Zustand des Tiefen Stollens war hier ein Tagesbruchrisiko gegeben. Für die Gewährleistung der Dauerstandsicherheit wurde der Tiefe Stollen einschließlich des Mundloches und der beiden Lichtlöcher hohlraumfrei mit erhärtendem Versatz verfüllt. Auch wurden hierdurch die Wasserwegigkeit und unkontrollierte Wasseraustritte durch die Flutung des W-Tagebaus unterbunden. Als Versatzmaterial kam ein gut fließfähiger Verfüllmörtel (Dämmer) und teilweise Beton zum Einsatz.

➤ *Verwahrung der offenen Tagesschächte sowie des Wasserhaltungsschachtes und Tiefbrunnens*

Die offenen Tagesschächte im Betrachtungsbereich Betriebshof sowie der Wasserhaltungsschacht im E-Tagebau und der Tiefbrunnen auf der Halde stellten erhöhte Gefährdungspotentiale dar. Diese Risikospitzen wurden durch eine kontrollierte Verfüllung der Schächte bzw. brunnenähnlichen Schächte mit Schottersäulen beseitigt.

Da sich die Objekte im Bereich der ökologischen Ausgleichsfläche befinden und hier geringe Bewegungen an der Tagesoberfläche akzeptabel sind, ist eine kontrollierte Verfüllung mit Schotter ausreichend. Bei der Verwendung von Schotter konnte auf die Errichtung von Versatzdämmen in den Füllrörtern und Streckenabgängen verzichtet werden, da sich hier stabile Böschungen entsprechend des Reibungswinkels des verwendeten Schotters auch unter Wasser ausbilden. Ein Auslaufen der Versatzsäule kann soweit auch bei dem geplanten Anstieg des Wasserspiegels ausgeschlossen werden. Auch sind hierbei nur geringe Setzungen der Verfüllsäule zu erwarten. Der Schotter wurde als Sturzversatz im freien Fall in 5 Schächte kontrolliert eingebracht.

Die Wasserhaltung erfolgt bis zum Abschluss aller unter- und übertägigen Maßnahmen weiterhin über den Hauptförderschacht und Wasserhaltungsschacht. Vor der Verfüllung der Schächte werden hier Brunnen-Pumpen und Steigleitungen in geschlitzten Stahl-Schutzrohren installiert. Nach dem Abschalten und Rückbau der Pumpen einschließlich der Steigleitungen werden die Schutzrohre mit Füllkies verfüllt.

➤ *Erkundung von ausgewählten Schächten / Pingen im nordöstlichen Bereich des Bergbaubetriebes „Johanneszeche“*

Die Beurteilung und Bewertung der Pingen erfolgt anhand einer Erkundung mittels Rammkernsondierungen an 8 ausgewählten Objekten. Nach dieser bohrtechnischen Bewertung erfolgt abschließend eine Risikoabschätzung. Diese repräsentativen Objekte dienen als Grundlage für die Bewertung der restlichen Objekte (Pingen).

➤ *Verfüllung der Mundlöcher im W-Tagebau*

Zur Stabilisierung der östlichen Böschung im W-Tagebau und Vermeidung der Ausbildung von Rutschungsflächen wurden die Mundlöcher bzw. Streckenanschnitte der 20-m-Sohle und 25-m-Sohle auf ca. 10 m mit erhärtendem Versatz (Beton) verfüllt. Auch wird hierdurch eine Sicherung gegen unbefugten Zutritt während bzw. auch nach der Flutung gewährleistet. Die Versatzabschnitte wurden vor der Betonage durch jeweils zwei Mauerdämme begrenzt. Im Mundlochbereich der 20-m-Sohle wurden eine Lurch- und Fledermausöffnung eingebaut.

➤ *Rückbau von Aus- und Einbauten im untertägigen Bereich*

In den befahrbaren untertägigen Bereichen wurden alle Einbauten (Pumpen, Leitungen, Kabel usw.) geraubt.

Unter Beachtung von bergmännischen Sicherheitsvorschriften wurden alle Wolmanit-imprägnierten Ausbauhölzer (Türstöcke und Einzelstempel) sowie nach Möglichkeit der Verzug ausgewechselt. Dabei waren die Hölzer von der 20- bis zur 60-m-Sohle verteilt. Die unzugänglichen Abschnitte der 60-m-Sohle wurden mit einem Bagger geöffnet und zugänglich gemacht. Im Anschluss wurden auch hier die Wolmanit-imprägnierten Ausbauhölzer ausgewechselt. Während der bergmännischen Arbeiten wurde die geöffnete 60-m-Sohle als Fluchtweg genutzt.

Die teerimprägnierten Hölzer der 60-m-Sohle wurden ebenfalls ausgewechselt.

7. Monitoring

Das Monitoring wurde für einen Zeitraum von 7 Jahren konzipiert und umfasst die Bereiche Grundstücksüberwachung, Standsicherheit und Hydrogeologie.

Ziel des geotechnischen Monitorings ist es, größere Rutschungen und Bewegungsbereiche im Vergleich zu den prognostizierten Bewegungen sowie die räumliche Ausdehnung und den zeitlichen Ablauf zu beobachten. Dazu wurden vermarktete Messpunkte über die gesamte Tagebauoberkante verteilt und zwischen der prognostizierten Böschungsendkontur und der derzeitigen Böschungsoberkante angeordnet. Sollten sich unerwartete Gefahrenbereiche auftun, so kann im Bedarfsfall das Beobachtungsprogramm verdichtet und entsprechende Maßnahmen (Sicherungs- oder Nachbesserungsarbeiten) rechtzeitig definiert werden. Die Beobachtung der Böschungen wird bis 2 Jahre nach dem Erreichen

des endgültigen Wasserspiegels erfolgen, um einen ausreichenden Nachweis über das Abklingen der Böschungsbewegungen zu erhalten.

Literatur

MEIER, S. (2003): Die Johanneszeche bei Göpfersgrün im Fichtelgebirge.- Lapis 28, H.3, S. 11-20

PRINZ, H. (1997): Abriß der Ingenieurgeologie.- 3. Auflage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart

MEIER, G. (Hg.). (2005): Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“. – Markscheidewesen 112, Nr. 3, S. 102-113

FRIESENBICHLER, F.; MEIER, G.; TOMASCHKO, G. (2004): Die Risikoanalyse und Risikobewertung von bergbaubedingten Einwirkungsbereichen im Zusammenhang mit der Aktualisierung der Schließungsstudien für die Bergbaubetriebe der Luzenac Naitisch Mineralwerke GmbH.- Ergänzung Tagungsband 4. Altbergbau-Kolloquium, Montanuniversität Leoben, 4.-6.11.2004, S. 1-17, Eigenverlag Luzenac Naitisch, Graz

MEIER, G. (1991): Grundsätze von Bergsicherungsarbeiten im Gangbergbau.- WTI-Dienst, Ges. f. Umwelt- und Wirtschaftsgeologie mbH Berlin i. G., Bd. 32, Reihe A, Heft 1, 69 Seiten