

## **Bewertung von Sanierungs- und Verfüllmaßnahmen zweier Altkalischächte im ehemaligen Kalibergwerk Brefeld I/II bei Tarthun.**

**Thomas Fliß, Bernd Bode, Gerhard Seifert, Axel Stäubert  
Kali-Umwelttechnik GmbH Sondershausen  
& Gerhard Jost, LAGB Staßfurt**

### **ZUSAMMENFASSUNG :**

*Zwischen 1996 und 1999 erfolgten im ehemaligen Kalibergwerk Brefeld umfangreiche Sanierungsarbeiten im Füllortbereich des Schachtes I sowie eine Teilverfüllung des Schachtes II unterhalb der 200 m-Sohle. Im Schacht I wurde der Schachtsumpfbereich mit Sorelbeton verfüllt während der Schacht II unterhalb der 200 m-Sohle mit Funktionselementen wie kohäsiven Schottersäulen, Sorelbetonwiderlagern und Mörtelkomponenten mit statischen bzw. dichtenden Funktionen teilverfüllt wurde.*

*Im Zuge von Erkundungsmaßnahmen im Jahre 2005/2006 konnten die Sanierungsmaßnahmen begutachtet und bewertet werden. Die Füllsäule im Schacht II konnte im Bereich des Füllortes auf der 400 m-Sohle bewertet werden. Anhand von Proben aus dem Schachtsumpf des Schachtes I sowie den Beobachtungen in situ konnte die Wirksamkeit der Sanierungsmaßnahmen am Schacht I bestätigt werden.*

*Zur Überwachung der hydrologischen Situation im Grubengebäude wurde ein Monitoringssystem, bestehend aus Porenwasserdruckgebern auf verschiedenen Sohlenniveaus installiert, um den Kontrollzyklus des Grubengebäudes auszudehnen und damit die Kosten für aufwändige Kontrollbefahrungen zu minimieren.*

### **ABSTRACT:**

*The abandoned potash mine Brefeld was subject of extensive refurbishments in 1998 and 1999. This comprised the backfilling of the bottom landing of the shaft Brefeld I and the total backfilling of the shaft Brefeld II below the 200 m level.*

*The backfilling of the bottom landing was realized using magnesia binder, while in shaft II the filling consists of various static and sealing elements based on different concepts.*

*The results of the refurbishments were assessed during a survey in 2005 and 2006 based on samples collected at the base of the shaft an on-site observations.*

*To monitor the hydrological situation within the mine a system of pore pressure sensors was installed at different levels. Hence, the intervals between expensive inspections can be expended and the costs minimized.*

## 1 Einleitung

Die Grube Brefeld I/II ist die letzte noch luftgefüllte Grube am Staßfurt-Egelner Sattel. Das Grubenfeld tangiert die Ortslage der Gemeinde Tarthun, etwa 30 km südwestlich von Magdeburg. Der Umstand, dass die Grube bis heute noch nicht durch Lösungszuflüsse geflutet wurde ist zum einen auf das rechtzeitige und sorgfältige Versetzen der Abbaufirsten zurückzuführen. Weiterhin sind recht günstige Umstände hinsichtlich der hydrogeologischen Situation im Nahbereich der Grube nicht zu vernachlässigen. Mittel- bis langfristig ist allerdings davon auszugehen, dass aufgrund der bergmännischen und geohydraulischen Situation derartige Grubenfelder allmählich ersaufen werden. Dies wird durch eine Vielzahl an Beispielen im Staßfurter Raum nachhaltig belegt. Dabei traten bzw. treten bis heute teilweise erhebliche Gefährdungssituationen auf. Zu nennen sind hierzu beispielsweise

- die Aussolungserscheinungen beim Ersaufen der Anlage Leopoldshall III im Jahre 1922, bei denen sich eine große Kaverne im Steinsalz ausbildete,
- der Bergschadensraum im Bereich der Schachtröhren Westeregeln I und II, der 1891 abgesoffenen Kalischachanlage mit heute noch andauernden Tagesbrucherscheinungen sowie
- die Tagesbruchbildung von 1975 bei der gelenkten Flutung der Grubengebäude an der Nordostflanke des Staßfurter Sattels mit Verbruchaktivitäten, die bis in die Gegenwart noch andauern.

Eine Überwachung aufgegebener sensibler Grubenfelder und Schachtröhren durch die Bergbehörde ist daher unumgänglich. In den Jahren 1996 und 1997 wurden durch die Kali-Umwelttechnik Sondershausen in Kooperation mit Schachtbau Nordhausen im Auftrage des Bergamtes Staßfurt Erkundungsmaßnahmen in der Grube Brefeld I/II durchgeführt (SEIFERT ET. AL. 1998; STÄUBERT 1997). Diese ergaben für die Füllortbereiche der beiden Tagesschächte Brefeld I und II einen Handlungsbedarf für dringende Sanierungsmaßnahmen zur Abwendung konkreter Gefährdungssituationen. Im folgenden Beitrag sollen die ausgeführten Sanierungsmaßnahmen in diesen beiden Schächten in den Jahren 1996 und 1998 sowie die Ergebnisse einer Kontrollbefahrung in den Jahren 2005/2006 näher erläutert werden. Weiterhin wird ein Monitoringsystem zur automatischen Überwachung von Lösungspegeln im Grubenfeld vorgestellt, mit dem eine Verlängerung des Kontrollintervalls erreicht werden soll. Die Arbeiten erfolgten im Zeitraum Juli 2005 bis März 2006 durch die Kali-Umwelttechnik GmbH Sondershausen in Kooperation mit der Schachtbau Nordhausen GmbH.

## 2 Historie und Geologie

Das Grubenfeld Brefeld I/II erstreckt sich mit einer Ausdehnung von ca. 3100 m im Streichen und maximal ca. 600 m querschlägiger Breite auf der Südwestflanke des Staßfurter Sattels. Bestimmendes Lagerungsmerkmal ist das nach Südwesten gerichtete Einfallen der aufgeschlossenen Schichtenfolge mit  $15^\circ$  bis ca.  $60^\circ$  entsprechend der Lage gegenüber der Sattelstruktur. Das Kalisalzlager tritt im Grubenfeld in carnallitischer bzw. in kainitischer Ausbildung auf, wobei letztere als Kainithut den früheren Einflussbereich der Subrosionszone auf dem Satteltop markiert (DÖHNER & SCHWANDT 1998).

Der Schacht Brefeld I wurde zwischen 1895 und 1897 bis auf 225 m geteuft. Der Abbau erfolgte ab 1899 im querschlägigen Firstenbau. Die Abbaufirsten hatten eine Breite von 26 m, eine Höhe von 6 m und eine durchschnittliche Länge von 40 m (gebaut wurde generell die gesamte flache Flözmächtigkeit). Die Pfeilerbreiten zwischen den Abbaufirsten betragen 8 m. Zwischen 1902 und 1906 wurde der Schacht Brefeld II bis auf 508 m mit Sohlenabgängen in den Niveaus 400 m und 500 m geteuft. Die Grubenfelder Brefeld I und II wurden bis 1910 durch einen Blindschacht in Verbindung mit einem Bremsberg miteinander verbunden.

Der bergmännisch geschaffene Hohlraum beider Grubenfelder beträgt etwa 0,8 Mio. m<sup>3</sup>. Die Kaligewinnung wurde im Jahre 1924 stillgelegt und die Grube nach Einstellung der Wasserhaltung im Jahre 1929 sich selbst überlassen.

Ab 1934 wurden planerische und administrative Maßnahmen zur militärischen Nutzung des Bergwerkes eingeleitet und die Grube zwischen 1935 bis 1945 als Luftwaffenmunitionsanstalt genutzt. Der Schacht Brefeld II wurde dazu 1937 im Niveau der 3. Firstensohle mit einer Betonplombe versehen und das Grubenfeld Brefeld II abgeworfen. Im Jahre 1939 wurde der Schacht Brefeld II durch einen Querschlag auf der 3. Firstensohle an das Grubengebäude des Schachtes Brefeld I angeschlossen.

Zwischen 1945 bis 1949 wurden die Anlagen der Luftmunitionsanstalt sowie die Förder-, Bewetterungs- und Wasserhaltungseinrichtungen in den Schächten demontiert und die Grube wiederum sich selbst überlassen. In den folgenden Jahren bis 1968 erfolgten vereinzelt kleinere Befahrungen durch Grubenwehr und Bergbehörden.

### 3 Füllortsanierung im Schacht Brefeld I unter Einsatz von Sorelbeton

Im Füllortbereich von Schacht Brefeld I auf der II. Tiefbausohle bewirkte das Eindringen untersättigter Schachtwässer das Entstehen flächenhaft ausgedehnter Untersohlungen im Füllortbereich selbst sowie im Nahfeld des Schachtsicherheitspfeilers bzw. eines angrenzenden Bohrlochsicherheitspfeilers. Die Fläche der Schrammbildungen in der Umgebung des Schachtes Brefeld I wurde im Ergebnis geophysikalischer Erkundungen auf etwa 1100 m<sup>2</sup> geschätzt, woraus freie Spannweiten bis 50 m abgeleitet werden konnten. Neben diesen Schrammbildungen waren des Weiteren Verbrucherscheinungen im Schachtsumpf zu beobachten (Abb. 1). Die Sohlen der Streckenauffahrungen in der Nähe des Füllortes waren in weiten Bereichen bis in ca. 1 m Tiefe völlig aufgeweicht und entfestigt (STÄUBERT 1997).



Abb.1 : Ansicht des Schachtes Brefeld I vom südlichen Schachtvorhof auf die Schachtröhre, links im Bild ist die Situation im Jahre 1996 mit Salzlösung und Verbrucherscheinungen im Sohlenbereich dargestellt, das rechte Bild zeigt die Situation im Jahre 2005

Für die Verfüllung der teilweise weit ausgedehnten Aussolungshohlräume erfolgte der Einsatz von leicht verfließlichen und unter Einfluss von MgCl<sub>2</sub>-Lösung aushärtenden sorelbasierten Baustoffen, so genannter Magnesiabinder. Ausgangsstoffe dieser Magnesiabinder sind kaustische Magnesia (Magnesiumoxid aus gebranntem Magnesit) und eine MgCl<sub>2</sub> bzw. MgSO<sub>4</sub> enthaltende Anmischlösung. Der Magnesiabinder erhärtet durch die Bildung schwer löslicher Chloridhydrate. Als MgO-Träger wurde das Magnesiumoxid F4-200 der Firma Lehmann & Voss & Co. Hamburg eingesetzt. Dabei handelt es sich um ein außerordentlich feinkörniges Magnesiumoxid. Zur

Verbesserung der Kornstruktur erfolgte die Zugabe eines feinkörnigen Zuschlagstoffes. Als Anmischlösung wurde eine Magnesiumchloridlösung mit 330 g/l der Firma DEUSA, Bleicherode verwendet (LEIB ET. AL. 1998).

Zur Sicherung einer gleich bleibend hohen Baustoffqualität und zur Minimierung des Misch- aufwandes auf der Baustelle wurden Mörtelvormischungen aus Magnesiumoxid und Zuschlägen verwendet. In Silos erfolgte eine Bevorratung von 100 m<sup>3</sup> Vormischung auf der Baustelle. Aus den Silos wurde die Vormischung über Dosierzellräder und drehzahlgeregelte Schneckenförderer volumetrisch dosiert in einen Mischgutsammeltrichter befördert. Zur vertikalen Feststoffaufgabe erfolgte hier die Einspeisung der Anmischlösung tangential. Die Lösungsdosierung erfolgte ebenfalls volumetrisch. Als Mischsystem wurde ein Dreiwellen-Durchlaufmischer der Bauart TEPE mit ca. 100 l Inhalt eingesetzt. Die fertige Mörtelmischung wurde über die 3. Mischerwelle aus dem Mischer zwangsausgetragen. Der fertig gemischte Baustoff gelangte danach in eine Pumpenvorlage mit liegendem Rührwerk von wo aus er mittels einer Verdrängerpumpe über flexible Schlauchleitungen zum Schacht befördert wurde. Der Baustofftransport in der Schachtröhre erfolgte über eine Stahlrohrleitung mit ca. 50 mm Innendurchmesser. Die Druckminderung zur Gewährleistung eines freien Ausfließens der Baustoffsuspension erfolgte über flexible Schläuche unterschiedlicher Durchmesser.

Die Verfüllung der Schrammstrukturen erfolgte über verlorene Rohrleitungen aus dem Schrammtiefsten. Bei der Verfüllung des lösungserfüllten Schachtsumpfes wurde zur Stabilisierung neben dem Einsatz des Sorelbinders zusätzlich Hartgesteinsschotter verwendet. Der Einbau des Sorelbinders und des Schotters erfolgte hierbei parallel wobei gleichzeitig die im Schachtsumpf stehende Lösung abgepumpt wurde. Insgesamt wurden während der Sanierungsmaßnahmen in den Schachtsumpf von Schacht Brefeld I und in die schachtnahen Bereiche 175 m<sup>3</sup> magnesia- gebundener Baustoff eingebracht.

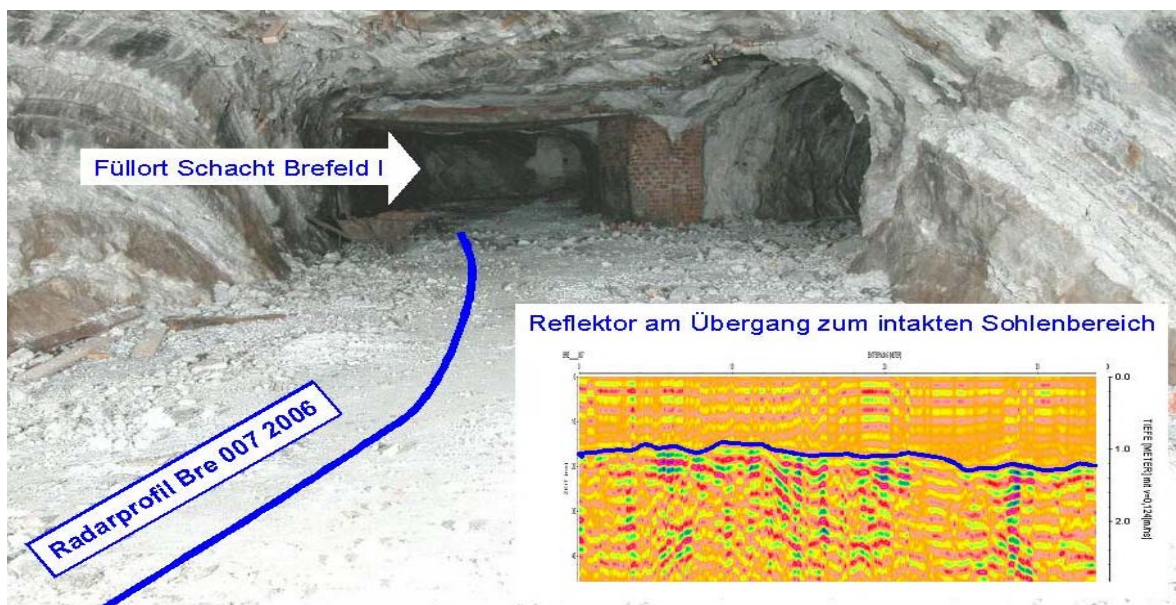


Abb.2 : Blick auf den sanierten Füllortbereich des Schachtes Brefeld I mit dem südlichen Schacht- vorhof im Hintergrund, links im Bild ist zusätzlich das Radarprofil Bre 007 2006 zur Detektion möglicher Aussohlungshohlräume unterhalb des eingebrachten Baustoffs und rechts im Bild ist das Radargramm inklusive des detektierten Übergangs zum intakten Gestein dargestellt.

Die Prüfung von Rückstellproben des eingesetzten Baustoffs während der Sanierungsmaßnahmen ergab folgende mechanischen und hydraulischen Eigenschaften:

- Einaxiale Druckfestigkeit (28 d): 63,2 MPa,
- E-Modul: 18 GPa,
- $K_f$ -Wert:  $2,9 \times 10^{-10}$  m/s.

Zur Stabilisierung des direkten Füllortbereichs wurden weiterhin die Schachtungänge sowie größere Hohlräume über den Gewölbekappen der Schachtzugänge mit Bergbaudämmen DM 1.10 der Fa. Quickmix ausgefüllt. Diese Maßnahmen erfolgten über Durchbrüche in der Schachtausmauerung etwa 4 m über dem Sohlniveau des Füllortes. Als Anmischlösung für diesen Baustoff diente eine NaCl-Lösung.

Im Zuge der Erkundungsmaßnahmen im Jahre 2005/2006 erfolgte eine eingehende Bewertung der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen. Dabei wurde neben der Begutachtung der makroskopischen Verhältnisse im Füllortbereich bzw. im Nahfeld eine Entnahme von Probematerial aus dem sanierten Schachtumpf durchgeführt. Die mechanische Materialprüfung dieser Proben ergab die folgenden Parameter:

- Einaxiale Druckfestigkeit (28 d): 75 MPa
- E-Modul: 22 GPa.

Im näheren Füllortbereich von Schacht I konnten bedingt durch die Wirkung der Sanierungsmaßnahmen geringfügige Deformationserscheinungen an diversen Ausbauelementen (Ausmauerungen) beobachtet werden. Im Bereich der Schachtvorhöfe stellten sich größere Sohlenhebungen ein. Hierbei löste sich teilweise die oberste Schicht des eingebrachten Sorelbinders zur Niveauregulierung im Füllortbereich ab. Dieser Effekt beruht auf Querdehnungen der angrenzenden Pfeilerstrukturen bzw. auf Nachreaktionen der obersten Baustofflage.

Zur Detektion möglicher Hohlraumstrukturen als Folge anhaltender Lösevorgänge unterhalb der Sanierungsbereiche wurden im Nahbereich des Füllortes Radarmessungen durchgeführt (Abb. 2). In Auswertung dieser Untersuchungen können neu entstandene Hohlraumstrukturen unterhalb der verfüllten Sohlenbereiche ausgeschlossen werden.

Generell kann festgestellt werden, dass die durchgeführten Sanierungsmaßnahmen die Zielstellung einer Stabilisierung des direkten Füllortbereichs bzw. des Nahfeldes ausnahmslos erreicht haben. Die derzeitige Situation kann als geomechanisch unauffällig und stabil beschrieben werden.

#### **4 Einbau einer kohäsiven Füllsäule in Teilen von Schacht Brefeld II**

Das Grubenfeld Brefeld II wurde bereits im Jahre 1930 für die Endverwahrung vorbereitet. Zur Verwahrung war die Abschottung vom Grubenfeld des Schachtes I durch Dammtore vorgesehen. Der Schacht II erhielt im Zuge der Nutzung der Schachanlage als Luftmunitionsanstalt im 2. Weltkrieg eine Stahlbetonplombe in 200 m Teufe, wodurch das Grubenfeld von Schacht II praktisch abgeworfen wurde. Die installierte Traufenwasserleitung wurde durch diese Maßnahme unterbrochen.

Durch Konvergenzerscheinungen in Verbindung mit Auflösungsvorgängen infolge des Zutritts untersättigter Schachtwässer erfolgten im Füllortbereich der 500 m Sohle die Zerstörung sowie der Verbruch der Schachtausmauerung. Bis etwa 360 m zeigte der Schachtausbau bereits größere Deformationen, so dass ein progressives Fortschreiten des Verbruchzustandes nach oben zu erwarten war. Um dem Entstehen einer Gefährdungssituation für gesamte Schachtröhre vorzubeugen erfolgte im Jahre 1998 die Teilverwahrung des Schachtes Brefeld II bis zum Niveau 200 m. Die Verfüllung der Schachtröhre erfolgte durch die Durchlassöffnung in der Stahlbetonplombe. Die Schachtröhre wurde unterhalb der Plombe vollständig mit verschiedenen Baustoffsystemen und Verfüllmaterialien verfüllt (Abb. 3). Die vorhandenen Schachteinbauten verblieben in der Schachtröhre. Bei den eingebrachten Baustoffen handelt es sich im Einzelnen um einen Gel-Baustoff zur Verfüllung des Bruchhaufwerks im Niveau der 500 m Sohle bzw. der Schotterschüttung im Bereich der kohäsiven Säule oberhalb des Füllortes der 400 m Sohle.



Weiterhin wurde zur Herstellung einer Stabilisierungssäule unterhalb der 400 m Sohle Sorelbeton in eine Schotterschüttung eingebaut. Neben diesen Komponenten erfolgt der Aufbau der Verfüllsäule mittels Pumpversatz auf Mörtelbasis unter Ansatz von NaCl- bzw.  $MgCl_2$ -Lösung entsprechend den anstehenden geologischen Strukturen in der Schachtröhre.

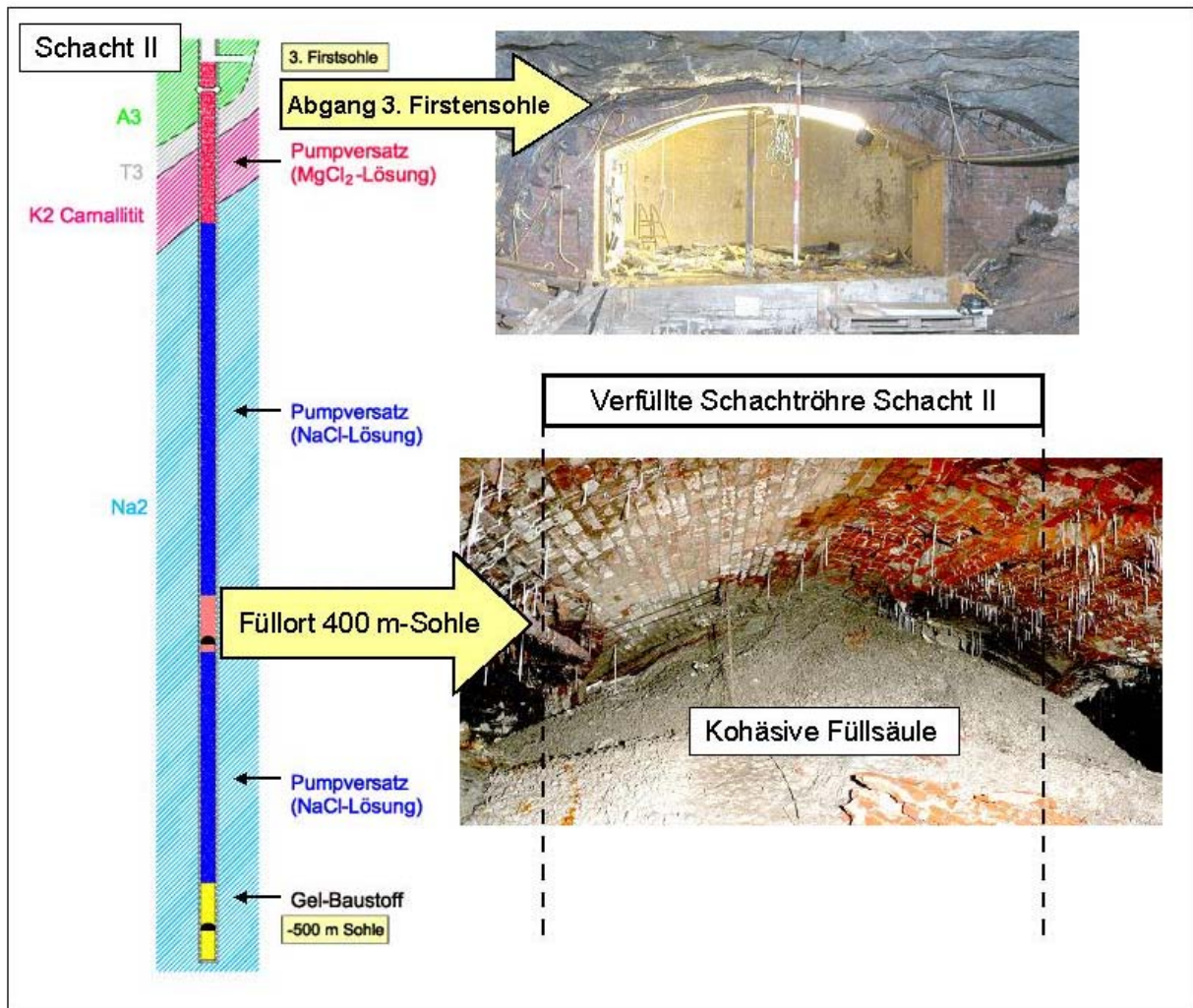


Abb.3 : Aufbau der Füllsäule im Schacht Brefeld II unterhalb der 3. Firstensohle mit Detailaufnahmen: unteres Foto – Füllort auf der 400 m-Sohle mit abgeböschtem Verfüllmaterial (kohäsive Füllsäule aus Kies und Gelbaustoff), oberes Foto: Abgang der 3. Firstensohle

Während der Erkundungsmaßnahmen 2005/2006 konnte der verwahrte Füllortbereich des Schachtes II auf der 400 m-Sohle befahren und begutachtet werden. Durch die Beobachtungen in situ konnte die Wirksamkeit der Sanierungsmaßnahmen bestätigt werden. Der Füllortbereich mit seinem Mauerwerksausbau kann generell als geomechanisch und strukturell stabil charakterisiert werden. Austrocknungen und Schrumpfungsrisse konnten nicht beobachtet werden. In die nördlichen Füllortbereiche und die Schachtumgänge sind Teile des eingebrachten Baustoffsystems eingedrungen und haben diese in etwa 1,0 bis 1,5 m Höhe verfüllt. Der in die Schachtumgänge eingedrungene Baustoff hat seine projektierten plastischen Verformungseigenschaften behalten. Die in den Schachtquerschlag ausgelaufenen Bindemittelmengen wurden durch NaCl-Lösungen, welche mutmaßlich über Wegsamkeiten hinter der Schachtausmauerung migrieren, angelöst.

Die Schachtröhre ist vollständig mit dem eingebrachten Kies und dem Bindemittelsystem ausgefüllt. Im Bereich der Schachtausmauerung konnten keinerlei Entfestigungs-, Bruch- bzw. kritischen Deformationserscheinungen beobachtet werden. Die Stützung der Mauerwerksstruktur durch die eingebrachte Füllsäule wird ausnahmslos gewährleistet. Weiterhin konnten keine Lösungszutritte über die Schachtröhre festgestellt werden. Kleinere Zutrittsstellen von Salzlösungen waren dagegen an der Gewölbeausmauerung sichtbar.

## 5 Monitoring der Grube Brefeld I/II

Das Zutrittsgeschehen im Grubenfeld Schacht I ist gekennzeichnet durch visuell erkennbare Lösungseintritte bzw. indirekte Zutrittsindikationen mit geringen, teilweise nicht quantifizierbaren Zutrittsraten. Dabei handelt es sich mit ca. 0,1 ... 0,2 Liter/Stunde um die Traufwässer des Schachtes Brefeld I welche in die Bereiche der Unterwerksbaue abgeleitet werden. Weiterhin existieren Lösungsreservoir in verschiedenen Abbaukammern der II. Tiefbausohle des West- bzw. Ostfeldes mit geschätzten maximalen Zutrittsraten zwischen 0,9 und 1,9 Liter/Tag. Über die Bereiche der Altbohrungen II/1894 und IV/1894 erfolgen mutmaßlich gegenwärtig allerdings nicht eindeutig nachweis- und quantifizierbare Zutritte. Vereinzelt Tropfstellen im Bereich der Polyhalitzone des Staßfurtsteinsalzes Na<sub>2</sub> im Bereich der Munitionskammern der II. Tiefbausohle nach Nordwesten und Tropfstellen im Bereich des Hangendkomplexes des Kaliflözes auf der 4. Firstsohle nach Osten besitzen dagegen nur eine untergeordnete Bedeutung. Sie konnten durch Lösungsbewertungen mit chemisch-analytischen und isotopehydrologischen Untersuchungen teilweise als Reliktlösungen und auch als pleistozäne Subrosionslösungen angesprochen und hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials als gegenwärtig nicht relevant eingeschätzt werden.

Für das Grubenfeld Schacht Brefeld II ist ein Lösungsreservoir im Bereich der 500 m-Sohle mit etwa 30.000 m<sup>3</sup> MgCl<sub>2</sub>-Lösung kennzeichnend, welches aus Zuflüssen der Traufwässern von Schacht II mit gegenwärtig etwa 420 m<sup>3</sup>/Jahr gespeist wird. Weitere Zutrittskomponenten sind derzeit nicht bekannt, können aber nicht ausgeschlossen werden. Potenzielle Schwachstellen weiterer Zuflussgefährdungen sind beispielsweise Erkundungsbohrungen ins Hangende im Bereich der 500 m-Sohle welche bis zum Leinsteinsalz geteuft wurden sowie Schramstrukturen in den Hangendstrecken der 400 m-Sohle.

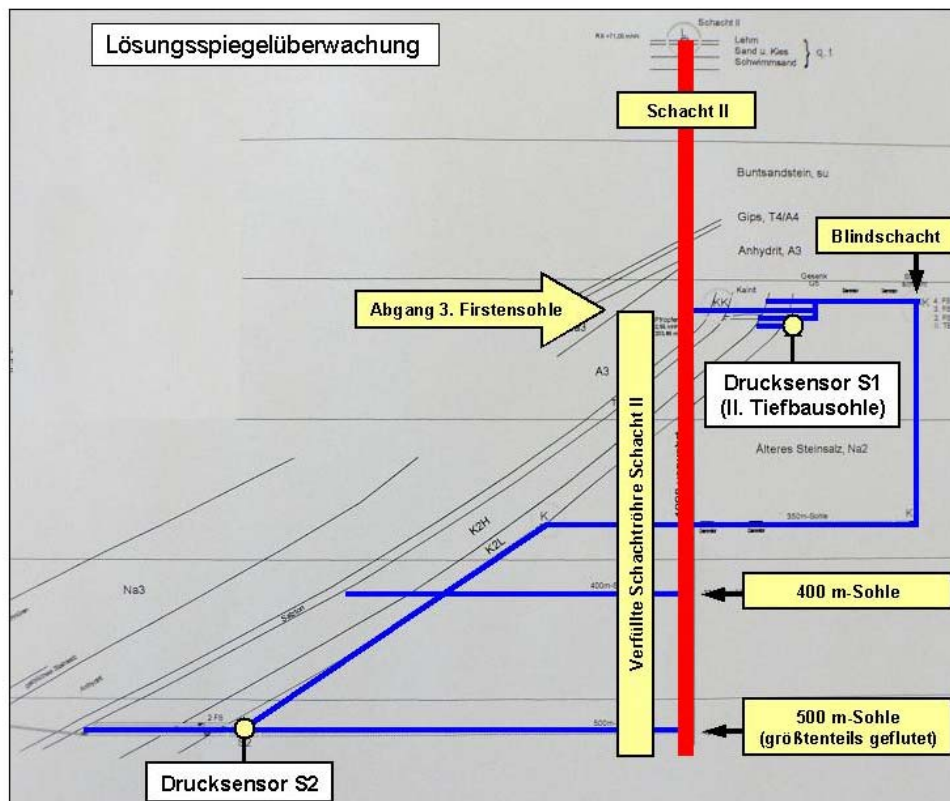


Abb.4 : Schnitt durch das Grubenfeld Brefeld in Höhe des Blindschachtes (Schacht II wurde in die Schnittebene projiziert) mit den Positionen der Drucksensoren zur Lösungsspiegelüberwachung auf der 500 m-Sohle (S2, Grubenfeld Schacht Brefeld II) und der II. Tiefbausohle (S1, Grubenfeld Schacht Brefeld I)



Für das Erfassen relevanter Entwicklungen im Grubenfeld Brefeld I wurde unter Einbeziehung potenzieller Zutrittsszenarien sowie im Hinblick auf technische Kriterien der Systemgestaltung als Referenzsituation ein Lösungssumpf am Zugang zum Abbau 16/Ost im Bereich der II. Tiefbausohle ausgewählt. Die Sensoren zur Überwachung des Lösungsspiegels im Grubenfeld Brefeld II wurden im Bereich des Flachens zur 500 m-Sohle installiert (Abb. 4).

Zur Überwachung des Lösungsspiegelniveaus wurden Fluiddruckaufnehmer des Typs EPVW 3S (Hersteller GLÖTZL Baumesstechnik mbH) eingesetzt. Diese Geber basieren auf dem robusten und langzeitstabilen Messprinzip der Schwingsaitentechnik. Die Sensoren besitzen entsprechend der jeweiligen Anforderungen verschiedene Messbereiche zwischen 0,7 und 20 bar. Die System-sicherheit wird durch ein jeweils redundantes Geberpaar mit gleichen Parametern gewährleistet.

Im oberflächennäher aufgefahrenen Grubengebäude von Schacht I wurden aufgrund der höheren Relevanz dieser Informationen Geber mit hoher Auflösung und verringertem Messbereich von etwa 6...7 m Lösungssäule ausgewählt.



Abb.5 : Drucksensorpaar S1 auf der II. Tiefbausohle zur Überwachung des Lösungsstandes im Grubenfeld Brefeld I mit Detailaufnahmen des modifizierten Sensors und des Datenloggers am Schachtkopf des Schachtes Brefeld II

Die Überwachung des Grubengebäudes Schacht II erfolgt mit zwei Gebern unterschiedlicher Auflösung und Messbereiche, so dass einerseits die weitere Dynamik der Lösungsreservoir-Entwicklung im Niveau der 500 m-Sohle und andererseits der Spiegelanstieg über einen größeren Teufenbereich bis in den unteren Abschnitt des Blindschachtes erfasst werden kann. Damit ist analog Grubenfeld Schacht I gleichzeitig eine Systemredundanz realisiert.

Die Edelstahlgeber erhielten generell einen zusätzlichen, gekapselten Silikon-Schutzmantel. Als Kabel wurden zugfeste Bergbauleitungen verwendet, Kabelverbindungen sind als Vergusskuppungen unter Verwendung lösungsresistenter Vergussmasse ausgeführt (Abb. 5).



Die automatische Messdatenerfassung erfolgt über einen Datenlogger des Typs FAW 3-11 (GLÖTZL Baumesstechnik mbH). Dieser Logger generiert die Anregung der Schwingsaitensensoren und speichert die Messdaten in entsprechenden Abstraten. Der Datenlogger (Durchmesser 43 mm, Länge 680 mm) wurde in einem speziellen vandalismusgeschützten Schutz- und Sicherungsgehäuse in der Schachtabdeckung am Schacht II untergebracht (Abb. 5).

## 6 Zusammenfassung und Resümee

Die im Jahre 1997 durchgeführten Sanierungsmaßnahmen im Bereich des Schachtsumpfes und des Füllortes von Schacht Brefeld I haben die Zielstellung einer Stabilisierung des direkten Füllortbereichs bzw. des Nahfeldes ausnahmslos erreicht. Dies kann durch die Prüfung entnommener Materialproben, die Ergebnisse geophysikalischer Erkundungsmaßnahmen sowie die Begutachtung der Ist-Situation im Jahre 2005 belegt werden.

Die im Jahre 1999 in den Schacht II unterhalb der 3. Firstensohle eingebrachte Füllsäule konnte an einem Einzelaufschluss, dem Füllort der 400 m-Sohle, begutachtet werden. Die Wirksamkeit der Füllsäulenkomponente in diesem Schachtabschnitt konnte durch die in situ-Beobachtungen und -Begutachtungen bestätigt werden. Der eingebrachte Baustoff auf Sorelbasis behielt die projektierten Zielparame-ter eines druckplastischen und volumenstabilen Materialverhaltens. Die Langzeitstabilität der Sorelphasen gegenüber zusitzenden Lösungen ist bei entsprechenden  $MgCl_2$ -Gehalten von größer 100 g/l in Abhängigkeit vom Lösungstyp gegeben.

Weiterhin erfüllen die Sorelbinder hinsichtlich ihrer mechanischen und hydraulischen Baustoffparameter sehr hohe Anforderungen, wie beispielsweise im Endlagerbereich radioaktiver Abfallstoffe bei der Konstruktion geringpermeabler Dichtungsbauwerke, wobei das Grundkonzept dieser Konstruktionen sowohl dichtungs- wie auch statische Funktionen in einem Bauwerk vereinigt. Durch entsprechende Baustoffrezepturen können bei Fluidzutritten über die gezielte Steuerung von Nachreaktionen Quelldruckerscheinungen hervorgerufen werden, wodurch derartigen Konstruktionen zusätzlich ein Selbstverheilungspotenzial verliehen wird. Weiterhin stehen für Verpress- und Nachinjektionsmaßnahmen, beispielsweise von Kontaktfugen zwischen Dichtungsbauwerk und Wirtsgestein oder im aufgelockerten Konturbereich von Dammstandorten sorelbasierte Injektionsmörtel für saline Anwendungen zur Verfügung. Die Kali-Umwelttechnik verfügt hierzu über umfassende Erfahrungen und Kompetenzen bei der Entwicklung spezieller Baustoffsysteme mit verschiedenen Zielfunktionen sowie über umfangreiche Anwendungserfahrungen.

Durch das installierte Überwachungssystem sensibler Pegelstände im Grubengebäude Brefeld I/ II wird es möglich den Kontrollzyklus der Grube zu verlängern und damit Kosten für aufwändige Erkundungs- und Kontrollmaßnahmen zu senken. Die Datenspeicherung erfolgt dabei in einem vor Ort installierten Datenlogger. Prinzipiell ist für derartige Anlagen auch eine Datenfernübertragung über Mobilfunknetze oder Datenleitungen möglich, wobei problemlos dann bei entsprechenden Messwerten eine Alarmierungsfunktion implementiert werden kann.

Mit dem Maßnahmenkomplex zur umfassenden Erkundung der gesamten Grube einschließlich Bewertung der Sanierungsmaßnahmen, Sicherung der Traufwasserverbringung und Überwachung von Lösungsreservoirs sind wesentliche Voraussetzungen für eine hohe Zuverlässigkeit der Risikobewertung und die Risikominimierung hinsichtlich hydrologischer Gefährdungen sowie damit zur Akzeptanz einer deutlichen Verlängerung der Kontrollpausen geschaffen worden.

## 7 Quellenverzeichnis

DÖHNER, Chr. & A. SCHWANDT (1998):

Dokumentation geologischer Aufnahmen im Bergwerk Brefeld (Schacht I und II) mit Schlussfolgerungen zur Bergsicherheit. K-UTEK Sondershausen, 03.06.1998.

SEIFERT, G.; DÖHNER, C.; RICHTER, T.; LINDNER U.; BODE, B. & SCHWANDT, A. (1998):  
Gefahrenabwehr Altbergbau, Sicherung des Schachtes Brefeld I und Schwachstellenanalyse des Grubengebäudes, Schachtanlage Brefeld I/II bei Tarthun. K-UTEK Sondershausen, 25.06.1998.

STÄUBERT, A. (1997):

Beweissicherung Brefeld I/II - Tarthun. Gebirgsmechanische Bewertung des Zustandes der Grubenbaue in der Schachtanlage Brefeld I/II bei Tarthun, Südwestflanke des Staßfurter Sattels. Fotodokumentation / Nachtrag Dezember 1997. K-UTEK Sondershausen, 22.12.1997.

STÄUBERT, A. (1997):

Beweissicherung Brefeld I/II - Tarthun. Gebirgsmechanische Bewertung des Zustandes der Grubenbaue in der Schachtanlage Brefeld I/II bei Tarthun, Südwestflanke des Staßfurter Sattels. Fotodokumentation, K-UTEK Sondershausen, 05.01.1997.

LEIB, G.; TITTEL, W. & WAGNER, H. (1998):

Arbeitsbericht Projekt Brefeld I. K-UTEK Sondershausen, 08.01.1998.