

## **Stabilisierung tagesnaher Grubenbaue im Standwasser mit Schwarzl Stollen-SSM.**

**Oskar Beletz<sup>1)</sup>, Helmuth Landsmann<sup>3)</sup>, Erich Pintaritsch<sup>2)</sup>, Franz Podhraski<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Schotter- und Betonwerk Karl Schwarzl Betriebsgesellschaft m. b. H.

<sup>2)</sup> Zivilingenieur für Bauwesen, Graz

<sup>3)</sup> GKB-Bergbau GmbH

### **ZUSAMMENFASSUNG:**

*Die GKB-Bergbau GmbH (GKB) ist seit der Übernahme der Bergbauberechtigungen der ehem. Lavanttaler Kohlenbergbau Gesellschaft m. b. H. (LAKOG) für diese verantwortlich. Auf Basis eines bergschadenkundlichen Gutachtens zur Erfassung, Erkundung, Überwachung und Gefahrenabwehr für Geländeoberfläche und Baugrund wird derzeit ein Arbeitsprogramm zur Sicherung und Stabilisierung durchgeführt. Ein Inhalt dieses Arbeitsprogramms ist die nachweisgesicherte, erosions- und lagebeständige, setzungsfreie Verfüllung (Stabilisierung) eines Teils der noch offenen, tagesnahen Grubenbaue. Da die Hohlräume überwiegend im Standwasser stehen und Verbindung zu tieferliegenden Grubenräumen haben, hat sich der Einsatz von konventionellen „Dämmermaterial“ als nicht zielführend herausgestellt. Zur Entwicklung eines geeigneten, kostengünstigen Verfüllmaterials wurden von der Firma Schotter- und Betonwerk Karl Schwarzl Betriebsgesellschaft m. b. H. (Schwarzl) in Zusammenarbeit mit Dipl.-Ing. Pintaritsch umfangreiche Vorversuche im Labormaßstab sowie im Werksgelände durchgeführt. Gestützt auf die dabei gewonnenen Erkenntnisse wurden im Frühjahr 2004 der Wetterschacht Nr. 117 (Auenfischer) unterhalb der bestehenden Füllsäule sowie die anschließenden tagesnahen mit 18° einfallenden Grubenbaue über Verfüllbohrungen mit dem neu entwickelten „Schwarzl Stollen-SSM“ in einem zweistufigen Verfahren verfüllt. Eine drei Monate später abgeteufte Kontrollkernbohrung belegt einen satten Anschluss des Verfüllmaterials an das umgebende Gebirge. Die Druckfestigkeit des erbohrten Kerns liegt über den gutachterlich geforderten 2 N/mm<sup>2</sup>, sodass der bearbeitete Bereich als stabilisiert zu betrachten ist.*

## **Stabilisierung tagesnaher Grubenbaue im Standwasser mit Schwarzl Stollen-SSM.**

### **1. Allgemeines**

Bei den vor über 45 Jahren vorgenommenen Schließungsmaßnahmen für den Braunkohlentiefbau Wolkersdorf der ehem. Lavanttaler Kohlenbergbau Gesellschaft m. b. H. (LAKOG) in Wolfsberg in Kärnten wurde entsprechend den damals gültigen Sicherheitsstandards vorgegangen. Diese entsprechen in Teilbereichen nicht mehr dem Stand der Technik, sodass für den Bergbauberechtigten Handlungsbedarf besteht. Die GKB-Bergbau GmbH (GKB) ist seit der Übernahme der Bergbauberechtigungen der LAKOG für diese verantwortlich. Auf Basis eines bergschadenkundlichen Gutachtens zur Erfassung, Erkundung, Überwachung und Gefahrenabwehr für Geländeoberfläche und Baugrund, verfasst von Prof. Dr.-Ing. Friedrich Hollmann, wird ein Arbeitsprogramm zur Sicherung und Stabilisierung durchgeführt [1]. Ein Inhalt dieses Arbeitsprogramms ist die nachweisgesicherte, erosions- und lagebeständige, setzungsfreie Verfüllung (Stabilisierung) eines Teils der noch offenen, tagesnahen Grubenbaue. Für solche Verfüllungsarbeiten in Trockenbereichen stehen ausreichend bekannte und bewährte Verfahren zur Verfügung. Über deren Anwendung in sickernden oder fließenden Standwasser liegen praktisch keine gesicherten Erkenntnisse vor. Um dem Endziel der vorgesehenen Maßnahmen, der Wiederherstellung einer uneingeschränkten und wartungsfreien Nutzungsmöglichkeit des Geländes im Einflussbereich des Altbergbaus, zu entsprechen ist Entwicklungsarbeit auf diesem Sektor erforderlich.

### **2. LAKOG-Situation**

In tagesnahen Teilbereichen des Grubengebäudes der ehem. LAKOG wurde zur Kohlegewinnung eine kammerartige Bauweise („intermittierender Pfeilerabbau“) ohne Versatz angewandt. Die nachwirkungsrelevanten Grubenbaue des ehem. Braunkohlentiefbaus Wolkersdorf der LAKOG liegen, wie gutachterlich ermittelt, in einer Teufe bis zu 65 m [1] und sind seit dem Ersaufen der Grube im Zuge der Schließung im Jahre 1969 großteils wassergefüllt. Auf einer Fläche von ca. 30 ha liegen diese, hauptsächlich im 2 m mächtigen und mit 18° einfallenden Liegendflöz aufgefahrenen Grubenbaue, unter etwa 10 m Überlagerung aus quartären Schottern, gefolgt von bis zu 55 m Schichten aus tonig-mergeligem Tertiär. Das Standwasser durchsickert diese Grubenbaue mit lokal nicht bekannter Geschwindigkeit von Norden nach Süden.

Seit etwa 35 Jahren wurden immer wieder aus verschiedenen Anlässen lokal begrenzte Verfüllmaßnahmen mit unterschiedlichen Materialien vorgenommen. Zum Einsatz kamen Schotter (Kies), Beton und zuletzt „Dämmmaterial“. Die eingebrachten Kieskörper haben dabei nur einen bedingten und bezogen auf das jeweilige Verfüllbohrloch sehr lokal begrenzten Nutzen im Bereich von Strecken und Streckenkreuzen. Die Betonverfüllungen konnten mit Kontrollbohrungen zwar teilweise nachgewiesen werden, die Lage des Betonkörpers innerhalb der teilweise auch schlammgefüllten Grubenbaue entsprach nicht den Erwartungen. Entmischungsvorgänge und das unkontrollierte Abwandern nach der Tiefe waren die Ursache. Auch ein Versuch mit konventionellem „Dämmmaterial“ führte zunächst durch unkontrolliertes Abwandern des Verfüllmaterials nicht zum Erfolg. Erst in Kombination mit Betoneinbringung und Kunststoffinjektionen konnte eine ausreichende Verfüllung – aber zu unverhältnismäßig hohen Kosten erreicht werden.

### 3. Zielsetzung

Für die erosions- und lagebeständige, setzungsfreie Verfüllung dieser wassergefüllten, bergbaulichen Hohlräume ist ein geeigneter kostengünstiger Baustoff zu finden. Das Füllgut darf beim Einbringen nicht unkontrolliert in tieferliegende Bereiche abwandern. Der Nachweis des Verfüllungserfolges ist mittels Kernbohrung zu erbringen, wobei die erbohrten Kerne gemäß Betonprüfnorm ÖNORM B 3303 nach 90 Tagen zu prüfen sind. Die erreichte Druckfestigkeit muss mindestens  $2 \text{ N/mm}^2$  betragen. Die Sulfatbeständigkeit des Verfüllmaterials ist zu gewährleisten. Die Einhaltung der Wassergefährdungsklasse 1 gemäß dem Katalog wassergefährdender Stoffe 1996 des Deutschen Bundesumweltamtes bei verwendeten Zuschlagstoffen und Zusätzen ist sicherzustellen. Da die zu verfüllenden Hohlräume über die gesamte Problemfläche verteilt liegen und die Aufnahmefähigkeit der Hohlräume aufgrund ihres unterschiedlichen Verbruchzustandes stark variiert, ist für die Einbringung des Füllmaterials eine einfache, mobile Standardtechnologie anzustreben.

### 4. Baustoff für Unterwasserverfüllung, Versuche

Wegen der unbefriedigenden Ergebnisse der bisherigen Verfüllmaßnahmen wurden auf Grundlage der vorangeführten Kriterien auf Betreiben des Bergbauberechtigten in Zusammenarbeit mit namhaften Baustoffherstellern eine Reihe von Verfüllversuchen im Labor- und Betriebsmaßstab (über Tage) durchgeführt. Bei einer Evaluierung der Versuchsergebnisse hat das Konzept der Firma Schwarzl (gestützt auf Erfahrungen mit fließfähigen Hinterfüllstoffen [3]) mit der Verwendung von eigens entwickeltem Stollen-SSM in Verbindung mit konventioneller Betonpumptechnik am besten abgeschnitten und wurde für einen Feldversuch ausgewählt.



Abb.1 : Verfüllversuch mit „Stollen-SSM-steif“



Abb.2 : Verfüllversuch mit „Stollen-SSM-steif“ - Versuchsergebnis

Für die Verfüllung wurden 2 unterschiedliche Zusammensetzungen entwickelt. Eine für die Verwendung im „Dichtpfropfen“ zur Begrenzung des Verfüllabschnitts (Stollen-SSM-steif) und eine weitere als Verfüllmaterial im eigentlichen Sinne (Stollen-SSM). Das Konzept beruht auf einem zweistufigen Verfüllvorgang über Bohrlöcher. Zunächst wird der zu verfüllende Hohlraum mit Stollen-SSM-steif begrenzt und nach einer Verfestigung dieses „Dichtpfropfen“ der Resthohlraum mit Stollen-SSM ausgefüllt. Wie bei den Versuchen belegt konnte mit Stollen-SSM-steif auch bei Einbringung unter Wasser (Abb. 1) ein Füllgutböschungswinkel um  $40^\circ$  erreicht werden (Abb. 2), während dieser beim Stollen-SSM unter  $2^\circ$  liegt.

## 5. **Feldversuch**

### 5.1 **Situationsdarstellung**

Ein im Standwasser stehender Teilabschnitt des Wetterschachtes 117 (Auenfischer), wie in Abb. 3 dargestellt soll über Bohrlöcher setzungsfrei, erosions- und lagebeständig verfüllt werden. Der Einbauort wurde gewählt, weil beim Wetterschacht 117 in geringer Teufe (geringer Bohraufwand) typische Verhältnisse für Folgeverfüllungen vorliegen. Die für eine Stabilisierung bzw. zur Gewährleistung der uneingeschränkten Oberflächennutzung des Gesamtbereichs notwendige Verfüllung bis zur Teufengrenze unter der Problemzone bleibt bei Versuchserfolg einem weiteren Verfüllschritt vorbehalten.

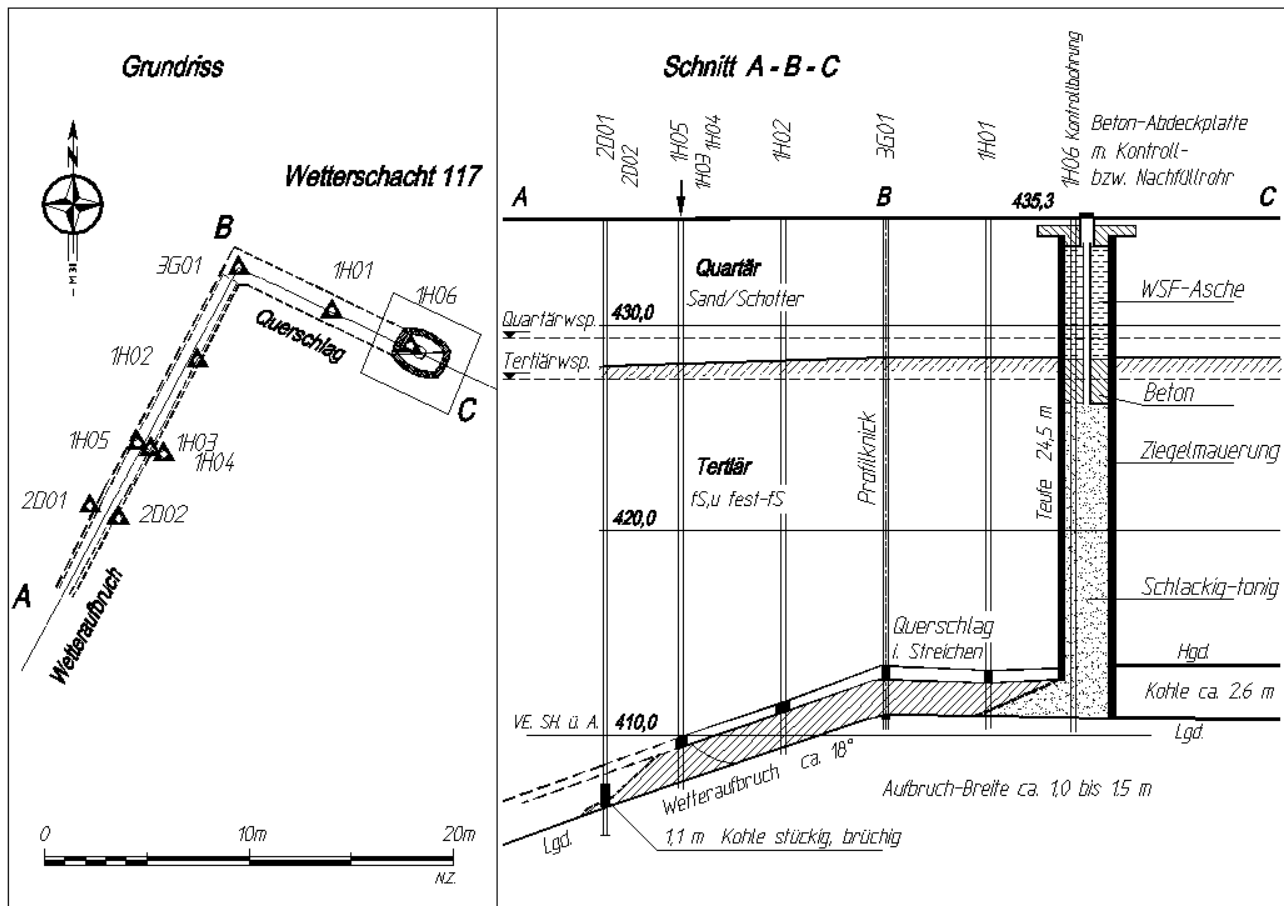


Abb.3 : Wettereschacht 117 (Auenfischer), Situationsdarstellung

## 5.2 Durchführung des Verfüllungsversuchs

Die Versuchsprojektierung und -durchführung erfolgte in enger Zusammenarbeit zwischen dem projektierenden Zivilingenieur und den Firmen Schwarzl und GKB. Dabei lag das Schwergewicht der Arbeiten der GKB beim Projektieren und bei den Bohrarbeiten, während Schwarzl bei der Füllstofftechnologie sowie der Pump- und Transportlogistik federführend war. Das eigentliche Einbringen des Füllgutes in die offenen Grubenhohlräume erfolgte gemeinsam (Abb. 4) in Anlehnung an [4]. Bei der operativen Durchführung und Überwachung des Verfüllvorgangs selbst wurden auch grundlegende Erkenntnisse und Verhaltensregeln, die bereits 1974 von der Westfälischen Berggewerkschaftskasse entwickelt worden sind [2], berücksichtigt.



Abb.4 : Die Baustelle

Nach dem Abteufen von 10 Such-, Erkundungs- und Verfüllbohrungen im vorgesehenen mit 18° einfallenden Schachtabschnitt wurden davon fünf verrohrte Bohrungen zu Verfüll- und Beobachtungszwecken ausgerüstet. Die Bohrung 2D01 wurde als Beobachtungspiegel ausgebaut.

### **5.2.1 Dichtpfropfen**

Das neu entwickelte Stollen-SSM der Firma Schotter- und Betonwerk Karl Schwarzl Betriebsges.m.b.H. besteht aus hydraulischen Bindemitteln, verschiedenen Füllstoffen, Wasser und optimierenden Zusätzen. Für den beschriebenen Großversuch kamen zwei auf das vorgesehene Verfüllkonzept abgestimmte Varianten, welche sich im wesentlichen durch die Konsistenz unterscheiden, zum Einsatz. Die Vorteile des Stollen-SSM sind dabei die Möglichkeit der großtechnischen Erzeugung mit wirtschaftlichen Stundenleistungen durch ein gut ausgestattetes Transportbetonwerk, der Transport durch übliche Fahrmischer und das direkte Verfüllen mit Betonpumpen.

Zur Begrenzung der Verfüllstrecke wurden über die Bohrung 1H05 insgesamt 25,5 m<sup>3</sup> Stollen-SSM-steif als „Dichtpfropfen“ (Abb. 5) eingepumpt. Dieser Vorgang wurde beendet, als beim Bohrloch 1H01 oberhalb des Pfropfens der Tertiärwasserspiegel erheblich angestiegen war und auch nach einiger Zeit unverändert blieb. Dies ließ den Schluss zu, dass das eingebrachte Stollen-SSM eine wirksame Begrenzung für die spätere Verfüllung darstellt. Die benötigte Menge entsprach dabei dem errechneten Hohlraumvolumen sehr genau. Die am Stollen-SSM-steif bestimmten Prüfungsergebnisse sind in Tab.1 zusammengestellt.



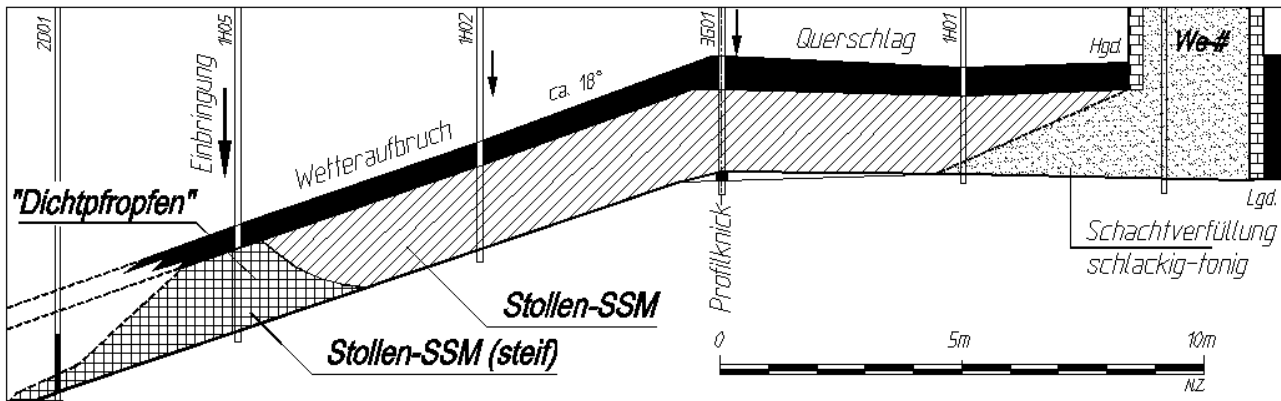


Abb.5 : Wetterschacht 117 (Auenfischer), Verfüllungsdetail

Tab.1 : Einbaudatenzusammenstellung „Stollen-SSM-steif“

Prüfungen vor der Erhärtung:	Ergebnis
Konsistenz (Ausbreitmaß) geprüft nach ON B3303	41 cm
Rohdichte	2010 kg/m <sup>3</sup>
Temperatur Luft / Stollen-SSM	21 / 21 °C
Prüfungen nach der Erhärtung:	
Rohdichte bei der Prüfung der Festigkeit nach 90 Tagen	1990 kg/m <sup>3</sup>
Druckfestigkeit an 100 mm-Zylinderproben d/H=1 nach 90 Tagen gelagert in der verschlossenen Form, geprüft nach ON B3303	9,5 N/mm <sup>2</sup>



Abb.6 : „Stollen-SSM-steif“, Pumpkonsistenz

### 5.2.2 Streckenverfüllung

Oberhalb des „Dichtpfropfens“ wurde 6 Tage später die Verfüllstrecke (Abb. 5) mit insgesamt 35 m<sup>3</sup> Stollen-SSM verpresst. Ab einer Füllmenge von etwa 21 m<sup>3</sup> trat verdrängtes Grubenwasser aus den Bohrlöchern 1H01, 3G01 (Abb. 7) und aus dem Schachtbohrrohr 1H06 (NW 150 mm). Das

Verfüllen wurde beendet, nachdem im Bohrloch 1H01 (welches dem saigern Teil des gebrochenen Schachts am nächsten liegt) festgestellt wurde, dass das Stollen-SSM in diesem bereits bis 12 m unter Gelände (das sind ca. 13 m über die Firste des Stollen-Querschlages) hochgestiegen war. In der Tab.2 sind die am Stollen-SSM festgestellten Prüfungsergebnisse angeführt.

Tab.2 : Einbaudatenzusammenstellung Stollen-SSM

Prüfungen vor der Erhärtung:	
Konsistenz (Ausbreitmaß) geprüft nach ON B3303	67 cm
Rohdichte	2050 kg/m <sup>3</sup>
Temperatur Luft / Stollen-SSM	15/ 17 °C
Prüfungen nach der Erhärtung:	
Rohdichte bei der Prüfung der Festigkeit nach 90 Tagen	1990 kg/m <sup>3</sup>
Druckfestigkeit an 100 mm-Zylinderproben d/H=1 nach 90 Tagen gelagert in der verschlossenen Form, geprüft nach ON B3303	9,9 N/mm <sup>2</sup>



Abb.7 : Streckenverfüllung, Standwasseraustritt

## 6. Nachweis der Verfüllung

Die 90 Tage später durchgeführten Kontrollkernbohrungen aus dem „Dichtpfropfen“ (Stollen-SSM-streif) und aus dem eigentlichen Füllmaterial (Stollen-SSM) zur Beurteilung der Verfüllungssituation unter Tage und der Materialeigenschaften bestätigten die Erwartungen in hohem Maße. Die erbohrten Kerne (Abb. 8) zeigten einen satten Anschluss an das umgebende Gebirge und ergaben im Alter von 102 bzw. 96 Tagen nach ON B3303 geprüft, eine Druckfestigkeit von 14,7 N/mm<sup>2</sup> für den „Dichtpfropfen“ und 16,5 N/mm<sup>2</sup> für das Stollen-SSM.





Abb.8 : Der Kontrollbohrkern

## 7. **Schlussfolgerungen**

Zur Stabilisierung eines Schachtfußes und des anschließenden Gesenkes auf eine Länge von ca. 30 m wurde im Rahmen, der von der GKB gestellten Anforderungen, Stollen-SSM erstmals für technische Zwecke kontrolliert eingesetzt, wobei die bisherigen Erfahrungen und Überprüfungen durchwegs positiv zu bewerten sind. Die Möglichkeit die Verfüllung nach der Teufe hin fortzusetzen, um eine gezielte Stabilisierung der gesamten Problemzone um den Wetterschacht 117 zu erreichen, ist gegeben und wird zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

Grundsätzlich sei ausdrücklich betont, dass die notwendigen und geforderten Ergebnisse hinsichtlich Verfüllungsgrad und Festigkeit und damit Erosionsbeständigkeit der Verfüllung nicht durch das Material alleine, sondern nur im Zusammenwirken mit einem kontrollierten und sachgerechten Einbau zu erreichen sind.

### Schrifttumshinweise

- [1] F. Hollmann, F. Kremser und H. Landsmann:  
Altbergbau in den Braunkohlenrevieren der Ostalpen unter den bergrechtlichen Randbedingungen der Republik Österreich.  
Schriftenreihe der GDMB Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik Heft 97, 2003 (5. Aachener Bergschadenkundliches Kolloquium 30.06./01.07.2003), 87 – 107.
- [2] K-H. Hülsmann, G. Schöne-Warnefeld:  
Verfüllung unter Wasser stehender Stollen; Ergebnisse und Auswertung von Modellversuchen.  
Gutachten der Westfälischen Berggewerkschaftskasse im Auftrag des Finanzbauamtes Dortmund 1973 (unveröffentlicht).

- [3] O. Beletz:  
Stabilisierte Sandmischung (SSM)  
Zement und Beton. 27. Jahrgang; Heft 1 (1982)
  
- [4] Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e. V. Hrsg.:  
Unterwasserbeton. Zement-Merkblatt, Betontechnik 1999.