

Stabilisierung tagesnaher Grubenbaue im Standwasser mit Schwarzl Stollen-SSM

Zusammenfassung

Beim tagesnahen Braunkohlenaltbergbau in Österreich steht ein Großteil der noch offenen Grubenbaue im oder nahe am Standwasser. Zur Stabilisierung eines Teils der tagbruch- und senkungsgefährdeten Verdachtsflächen wurde von der GKB-Bergbau GmbH in Zusammenarbeit mit der Firma Karl Schwarzl Betriebs-GmbH, einem steirischen Baustoffhersteller und -verarbeiter ein neues Verfüllmaterial (Stollen-SSM) und ein geeignetes Verfahren zur Einbringung in wassergefüllte Hohlräume des Altbergbaus entwickelt.

1 Allgemeines

Allein im Weststeirischen Braunkohlenrevier in Österreich wurden in den letzten 200 Jahren in einer Vielzahl von Gruben- und Tagbaubetrieben über 160 Mio t tertiärer Braunkohle gewonnen. Um der im MinroG 1999 normierten Sicherungspflicht des Bergbauberechtigten nachzukommen, wurden in den letzten Jahren eine Fülle von Aktivitäten, im Zusammenhang mit der Evaluierung dieser Altbergbaue, vorgenommen. Ein besonderes Gefährdungspotential kommt dabei Bereichen zu, in denen offene tagesnahe Grubenbaue nahe dem, bzw. über dem Standwasserspiegel anstehen. Zur Sicherung der Oberflächennutzung auf erkannten Verdachtsflächen sind, abhängig vom Einzelfall, alternativ bzw. ergänzend zu bautechnischen Sicherungsmaßnahmen an der Oberfläche, Stabilisierungsmaßnahmen für die Grubenbaue notwendig. Deren Durchführung wird durch die Wasserfüllung der Hohlräume und deren offene Verbindung in die Teufe erschwert. Mit üblichem „Dämmmaterial“ konnte der gewünschte Stabilisierungserfolg bei den vorliegenden Verhältnissen nicht erreicht werden. Daher wurde in Zusammenarbeit zwischen Baustoff- und Bergbauunternehmen ein geeignetes Material für die Verfüllung derartiger wassergefüllter Hohlräume entwickelt und dessen Einbringung mit Hilfe einer Standardtechnologie erprobt.

2 Vorgehensweise bei der Stabilisierung von Verdachtsflächen

2.1 Erkundung

Basis für die Erkundungsarbeit an Verdachtsflächen aber auch bei Akutfällen (Erdfall, Nachsenkung) sind das Grubenkartennetz und die Oberflächensituation. Die typische Schichtenfolge des Hangenden der alpinen tertiären Kohlenlagerstätten besteht aus verfestigtem schluffig-tonigem Tertiär, überlagert von mehreren Metern sandig-kiesigem Quartärmaterial, bei mäßig geneigtem Schichteneinfallen. Für zielführende Erkundungen sind Bohrungen unerlässlich. Sowohl Ansatzpunkte, als auch Zahl der Erkundungsbohrungen sollten unter Berücksichtigung der späteren Verfüllmaßnahmen festgelegt werden. Es werden Bohrdurchmesser von 90 bis 150 mm verwendet. Die Bohrungen werden entsprechend der Komplexität des Grubengebäudes mit einem Bohrlochabstand von 5 bis 10 m abgeteuft. Bei den Erkundungsbohrungen werden die Schichtenfolge und die Grund/Standwasserverhältnisse erfasst und dokumentiert. Mögliche Vorfluter und Wasserwegigkeiten für verdrängtes Standwasser werden ebenfalls erhoben und haben Einfluss auf die Art der nachfolgenden Verfüllung. Sollte ein hinreichendes Verdrängen des Wassers nicht möglich erscheinen,

wird der Einsatz von Rohrpumpen vorgesehen. Die Erkundungsmaßnahmen setzen an der Grenze des künftigen Verfüllbereichs nach der Teufe hin, von den Tiefpunkten ausgehend an.

2.2 Verfüllplan

Ziel des Verfüllplans ist es, die uneingeschränkte Nutzung der Tagesoberfläche im Stabilisierungsbereich durch Verfüllung der erkundeten Primär- und Sekundärhöhlräume zu ermöglichen.

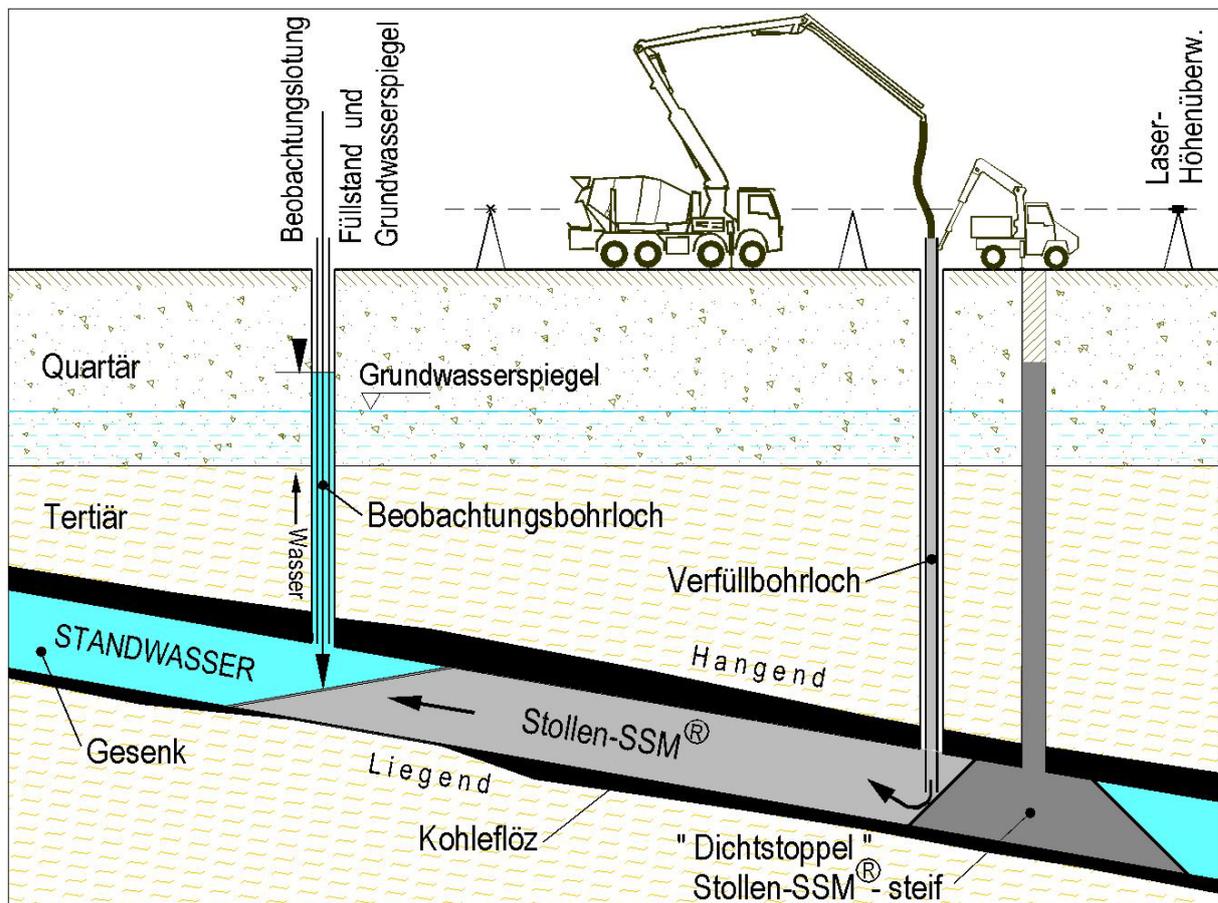
In einem ersten Schritt wird versucht den Verfüllbereich mit sog. „Dichtstoppeln“ nach der Teufe hin abzugrenzen. Sowohl offene Grubenbaue als auch anstehender Alter Mann sind in diesen ersten Schritt einzubeziehen. Ebenso ist das Verhalten des Standwasserspiegels von Beginn an zu beobachten, um die Annahmen bezüglich des Verhaltens des verdrängten Wassers zu verifizieren. Nach der Begrenzung des Verfüllbereichs nach unten hin beginnt, nach dem Aushärten der Abdichtung zur Teufe hin, die druckhafte Auffüllung unter ständiger Beobachtung der Nachbarbohrlöcher (SSM-Füllstand und Wasserspiegellage) und der Tagesoberfläche (Hebungen) (Abb.1). Die Einbringung des Verfüllmaterials in die Bohrlöcher erfolgt mittels konventioneller Transportbetonpumpen über die verrohrten Verfüllbohrungen. Sobald in den umgebenden Beobachtungsbohrlöchern der Füllstand bis nahe zur Firste angestiegen ist, wird auf eine andere Füllstelle umgesetzt. Das teilgefüllte Kontrollbohrloch wird bis zur Firste hochgezogen und möglichst erst nach einer Abbindephase als Verfüllbohrloch weiterverwendet und die nächsten nach oben hin liegenden Bohrlöcher werden zu Kontrollzwecken herangezogen. Wesentlich ist, dass eine ausreichende Zahl von Verfüllbohrlöchern zur Verfügung steht, um im Bedarfsfall planmäßig umsetzen zu können.

2.3 Verfüllmaterial

Das Verfüllmaterial Schwarzl Stollen-SSM ist eine fließfähige, hydraulisch erhärtende Mischung mit einer Frischrohddichte $\rho > 2000 \text{ kg/m}^3$, welche durch einen besonders kompakten Kornaufbau und die Zugabe von stabilisierenden Zusätzen beim Einpumpvorgang unter Wasser nicht sedimentiert und trotz vorhandenem Sickerfließens im Standwasser den Vorgaben entsprechend aushärtet.

Die Auswahl des Bindemittels und der Füllstoffe richtet sich nach den erkundeten und zu erwartenden Umgebungsbedingungen. Im Besonderen darf das Abbinden der Verfüllung bei stärkerem Sickerfließen nicht zu langsam erfolgen um ein Auswaschen zu vermeiden. Gegebenenfalls sind die durchaus möglichen chemischen Angriffe aus dem umgebenden Milieu zu berücksichtigen. Die Konsistenz kann so eingestellt werden, dass für die Füllraumbegrenzung unter Wasser („Dichtstoppel“), Einbringböschungswinkel von bis zu 40° (Stollen-SSM-steif) erreicht werden können. Für die Verfüllung selbst kann dieser Winkel bis auf wenige Grade abgesenkt werden, sodass der (Füll-) Bohrlochabstand mehrere Meter betragen kann und auch kleine und teilverbundene Abschnitte stabilisiert werden. Sämtliche Komponenten des Stollen-SSM halten die Wassergefährdungsklasse 1 gemäß dem Katalog der wassergefährdenden Stoffe 1996 des Deutschen Bundesumweltamtes ein.

Die hohe Rohddichte des Stollen-SSM gewährleistet auch bei teilweiser Füllung der Hohlräume mit Feststoffen in breiiger Konsistenz, die Unterwanderung dieses Schlammes bzw.



des vorhandenen Kohlekleins und eine kontrollierte Verfüllung im vorzugebenden Festigkeitsrahmen. Angestrebt wird üblicherweise eine Druckfestigkeit nach 90 Tagen von $\sigma_{90} > 2 \text{ N/mm}^2$, gemäß der Betonprüfnorm ÖNORM B 3303, an repräsentativen Kontrollbohrkernabschnitten.

Zur Erzeugung, Transport und Förderung des Stollen-SSM werden herkömmliche Geräte aus der Transportbetonindustrie, wie Betonmischanlage, Fahrmischer und Betonpumpe verwendet.

Abb. 1: Schematische Darstellung des Verfüllungsablaufes

Damit sind keine Sondergeräte oder Spezialfirmen notwendig, sodass die für die Bearbeitung einer Vielzahl von kleinräumigen Projekten im alpinen Bergbau notwendige Flexibilität gegeben ist.

2.4 Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung für das angelieferte Verfüllmaterial erfolgt in einem ersten Schritt im Herstellerbetrieb selbst. In Abstimmung auf die erkundeten Bedingungen unter Tage wird eine Erstprüfung zur Festlegung der Rezeptur durchgeführt. Füllstoffe, Bindemittel und Additive werden im Rahmen der Eingangskontrolle geprüft. Die Herstellung des Stollen-SSM unterliegt der für Transportbetonerzeugung üblichen Gütekontrolle. Die Stabilität des Füllmaterials gegen Auswaschen und Entmischung beim Einbau unter Wasser wird mittels eines Sonderverfahrens von einem akkreditierten Baustoffprüfinstitut vor und turnusmäßig während jeder Verfüllkampagne geprüft. Darüber hinaus wird die Einhaltung der in der Tabelle 1 beispielhaft angeführten Parameter unmittelbar vor dem Einbau auf der Baustelle laufend kontrolliert. Zu-

sätzlich werden je Verfülltag Probekörper zur Bestimmung der Druckfestigkeit gemäß ÖNORM B 3303 hergestellt. Hier gelangen zwecks besserer Vergleichbarkeit mit den Prüfergebnissen der Bohrkerne, ebenfalls zylindrische Proben zur Prüfung.

Bezüglich der zu erreichenden Endfestigkeiten sind sowohl die Qualitätsstreuung des angelieferten Stollen-SSM, als auch die Festigkeitsabnahme im Zuge des Einbaues unter Wasser (mit all seinen Unwägbarkeiten, z.B. mögliche Einschlüsse) zu berück-

| | Ausbreitmaß [cm] | Fließbreitmaß [cm] | Frischrohddichte [kg/m³] |
|-------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Stollen-SSM | 60 - 70 | 40-45 | 2000 - 2200 |
| Stollen-SSM steif | 38 - 45 | -- | 2000 - 2200 |

Tabelle 1: Beispielhafte Stollen-SSM- Eigenschaften beim Einbau

sichtigen. Bei anzustrebenden Festigkeiten der Kontrollbohrkerne von $\sigma_{90} > 2 \text{ N/mm}^2$ ist sowohl bei Stollen-SSM als auch bei Stollen-SSM-steif eine Prüfkörperfestigkeit von $\sigma_{90} > 5 \text{ N/mm}^2$ zu verlangen.

2.5 Einbringen des Verfüllmaterials

Beim Einbringen von Stollen-SSM[®] in wassergefüllte Grubenhohlräume sind die für Unterwasserbeton üblichen Richtlinien und Begleitmaßnahmen sinngemäß zu beachten. Hierbei ist das Einbringen des Materials „ohne Reißen“ des Füllfadens von besonderer Bedeutung. Die Verfüllleistung wird dabei nicht nur durch die mögliche Betonfördermenge, sondern auch durch die laufend zu beobachtende Reaktion des wassergefüllten Hohlraumsystems bestimmt. Deshalb kommt auch der Auswahl der einzusetzenden Betonpumpe hinsichtlich Regelbarkeit der Pumpleistung, aber auch hinsichtlich deren Achslasten großer Bedeutung zu. Jedenfalls muss ein geordnetes Verdrängen des Standwassers und etwaiger Feststoffkomponenten im Hohlraum gewährleistet sein, ohne dass es durch zu hohen Druck zu Hebungen an der Tagesoberfläche kommt.

2.6 Nachweis des Verfüllerfolgs

In Abstimmung mit der zuständigen Aufsichtsbehörde ist ein bloß rechnerischer Verfüllungsnachweis aufgrund erbohrter, kartenmäßig erfasster und/oder geschätzter Hohlraumgeometrie nicht ausreichend, um den stabilisierten Zustand zu belegen. Einziges für den Nachweis der setzungsfreien, erosions- und lagebeständigen Verfüllung akzeptiertes Verfahren sind Ergebnisse aus Kontrollkernbohrungen, wobei an repräsentative Kernabschnitten wie erwähnt eine einaxiale Mindestdruckfestigkeit von $\sigma_{90} > 2 \text{ N/mm}^2$ gemäß ÖNORM B 3303 nachzuweisen ist. Die Ansatzpunkte und die Zahl der Kontrollbohrungen werden projektspezifisch im Einvernehmen mit der Aufsichtsbehörde festgelegt.

Grundsätzlich sei ausdrücklich betont, dass die 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.

Eine erfolgreicher Möglichkeit dafür wurde durch die GKB-Bergbau GmbH in Zusammenarbeit mit der Firma Karl Schwarzl Betriebs-GmbH im Rahmen mehrerer Versuchs- und Verfüllprojekte aufgezeigt.

Autoren:

Dipl. Ing. Helmuth LANDSMANN
Prokurist, Leitung Bergbau
GKB-Bergbau GmbH

Franz PODHRASKI
Produktionsleiter
Schotter- u. Betonwerk
Karl Schwarzl Betriebs-GmbH