Beiträge zum

3. Internationalen Freiberger Fachkolloquium

Baustoffe und Versatz

05. - 06. Oktober 2017

Mischo - Krichler - Meyer

Symposium FreiBERGbau
Rohstoffabbau und Spezialverfahren unter Tage

TU BERGAKADEMIE FREIBERG

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG
The University of Resources. Since 1765.

Beiträge zum

3. Internationalen Freiberger Fachkolloquium

Baustoffe und Versatz

05. – 06. Oktober 2017

Technische Universität Bergakademie Freiberg
Institut für Bergbau und Spezialtiefbau
© 2017

Verfüllung einer ehemaligen Luftschutzanlage unter Wahrung der hydrogeologischen Verhältnisse

Bernd Aberle
BST Mansfeld GmbH & Co. KG
b.aberle@bst-mansfeld.de

Abstract

In Halle wurden in den letzten Jahren einige Luftschutzanlagen mit hydraulischem Baustoff verwahrt. Neben den bekannten Schwierigkeiten einer Verfüllbaustelle in bebauten Gebieten, stellte die Verfüllung der ehemaligen Luftschutzanlage „am Klausberg" eine besondere Herausforderung dar. Im Rahmen der Gefahrenabwehr sollten die Hohlräume verfüllt werden. Das Stollensystem wurde während des zweiten Weltkriegs aufgefahren. Inzwischen war der überwiegende Teil mit Grundwasser gefüllt. Der einzige Zugang lag in einem Teich. Vor jeder Befahrung mussten der Teich und das dahinterliegende Stollensystem leergepumpt werden. Da bei einer herkömmlichen Verfüllung eine Veränderung der hydrologischen Verhältnisse zu erwarten gewesen wäre, musste ein Konzept umgesetzt werden, das diese nicht beeinflusst. Die Wasserwegigkeiten im umliegenden Gebirge aus stark zerklüftetem Porphyr sollten nach Möglichkeit nicht verändert werden. Von dem Planungsbüro DMT in Leipzig wurde ein passendes Sanierungskonzept erstellt. Auf der Stollensohle war der Einbau einer Drainageschicht vorgesehen. Die Drainageschicht wurde nach oben versiegelt, damit der Verfüllbaustoff nicht in die Zwischenräume der Drainageschicht eindringen konnte. Im Anschluss wurde das Stollensystem mit Bergbaudämmer verfüllt. Der Firstbereich der Hohlräume wurde bewusst nicht vollständig verfüllt.

Einleitung

Aus der Zeit des II.Weltkrieges sind in Deutschland unterirdische Hohlräume für den Schutz der Bevölkerung oder zur Verlagerung von Produktionsanlagen erhalten geblieben. Im Stadtgebiet Halle wurden mehrere Strecken als Luftschutzanlage errichtet, von denen viele bereits mit hydraulischem Baustoff verwahrt wurden. Jedoch sind einige Anlagen bisher nur unzureichend oder gar nicht gesichert.

Bei Sicherung durch Verfüllung in bebauten Gebieten sind der Schutz der umliegenden Bebauung, der begrenzte Raum für die Baustelleneinrichtung, die Belange der Anwohner und die Verkehrsanbindung zu beachten. Die Verfüllung der ehemaligen Luftschutzanlage „Am Klausberg" im Norden der Stadt Halle stellte eine besondere Herausforderung dar.

Stollensystem

Das Stollensystem wurde zum Ende des zweiten Weltkriegs aufgefahren und sollte für die Bevölkerung einen Schutz vor Fliegerangriffen bieten. Dafür wurden 410 m Strecke mit einem Regelquerschnitt von 2,4 x 2,5 m^2 söhlig aufgefahren. Es gab mehrere Streckenkreuze mit Querschlägen. Insgesamt war ein Hohlraumvolumen von 2.400 m^3 vorhanden. Das Stollensystem hatte ursprünglich zwei Zugänge ohne weitere Bewetterungsöffnungen. Die Stollenwände wurden teilweise mit grobkörnigem Beton ausgekleidet. Ein Zugang war durch einen Tagesbruch nicht mehr zugänglich. Der einzige verbliebene Zugang lag in einer Mulde, die mit Wasser gefüllt war. Vor jeder Befahrung mussten der Teich und das dahinterliegende Stollensystem durch die Feuerwehr leergepumpt werden.

Abbildung 1 Zugang zum Stollensystem während des Abpumpens

Geologische Verhältnisse

Die Anlage befindet sich im Halleschen Porphyrkomplex, welcher durch oberflächlich anstehendes saures, vulkanisches, metamorphes Gestein des Rotliegenden geprägt ist. Der obere hier anliegende Porphyr enthält Einsprenglinge von Feldspat, Quarz, Plagioklas und Hornblende. Im gesamten südlichen Bereich der Anlage wird das Porphyrgestein von einer Störungszone durchzogen. In Verbindung mit den Sprengarbeiten zur Auffahrung und Erosionsvorgänge an dem Betonausbau in den letzten Jahren sind mehrere Firstfälle aufgetreten.

Der stark zerklüftete Fels und die Fehlstellen in der Betonauskleidung ermöglichten den Zutritt von Kluft- und Schichtwasser. Der Grundwasserspiegel liegt gemäß der hydrogeologischen Karten des Landes Sachsen-Anhalt etwa 10 bis 15 m unter der Geländeoberkante. Durch die Stollensohle wurde ein Wasserzugang von etwa 12 m^3 pro Tag gemessen. Mit Hilfe der Tritium-Methode konnte nachgewiesen werden, dass das Stollenwasser aus jüngerem Niederschlagswasser besteht. Auf weitere Untersuchungen zum Ursprung des Stollenwassers wurde verzichtet.

Aufgabenstellung

Im Rahmen der Gefahrenabwehr sollten die Hohlräume verfüllt werden. Neben Besuchern, die das Stollensystem für Tauchausflüge nutzen, sollten mögliche Gefahren eines Tagesbruches bzw. Schäden an der umliegenden Bebauung beseitigt werden.

Eine konventionelle Verfüllung der Hohlräume mit einem hydraulischen Bindemittel wurde verworfen. Es konnte nicht ausgeschlossen werden, dass zuströmendes Wasser den Abbindeprozess beeinflusst und dass die vorhandenen Wasserwegigkeiten im Umfeld der Stollenanlage verändert werden. Eine dauerhafte Veränderung des Wasserspiegels im Baugrund sollte vermieden werden. Aus der Erfahrung vergleichbarer Maßnahmen wurde befürchtet, dass von Seiten der Anwohner Regressansprüche wegen trockener Blumenbeete, nasser Keller oder Schäden an Bauwerken gestellt werden könnten. Im Vorfeld der Baumaßnahme war bekannt, dass das benachbarte Freibad jeden Tag ca. 10 % seines Beckeninhaltes durch Undichtigkeiten verliert. Bei einer herkömmlichen Verfüllung wäre eine Veränderung der hydrologischen und hydraulischen Verhältnisse zu erwarten gewesen, weshalb ein Konzept, das die Wasserströmungen im Baugrund nicht wesentlich beeinflusst, umgesetzt wurde. Die Wasserwegigkeiten im umliegenden Gebirge aus stark zerklüftetem Porphyr sollten nach Möglichkeit nicht verändert werden.

Von dem Planungsbüro DMT in Leipzig wurde dazu ein passendes Sanierungskonzept erstellt.

Sanierungskonzept

Aus wirtschaftlichen Gründen sollte ein Verfüllbaustoff auf Basis eines hydraulischen Bindemittels, ein sogenannter Bergbaudämmer zum Einsatz kommen. Auf der Stollensohle war der Einbau einer Drainageschicht vorgesehen. Die Drainageschicht wurde nach oben versiegelt, damit der Verfüllbaustoff nicht in die

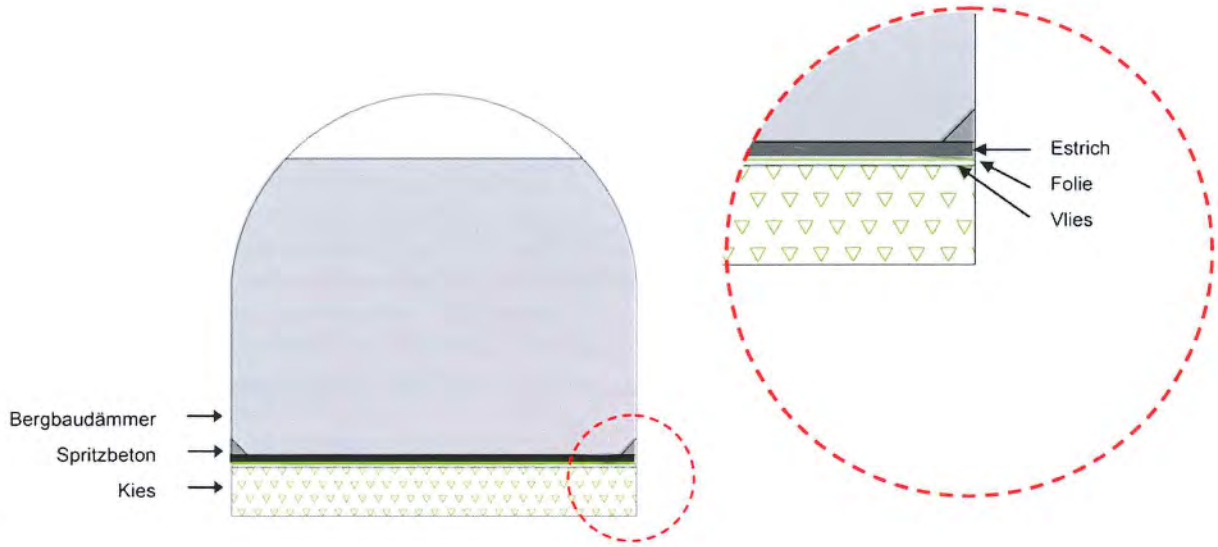

Abbildung 2 Schematische Darstellung des Verfüllkonzeptes

Zwischenräume der Drainageschicht eindringen konnte. Der Firstbereich der Hohlräume wurde bewusst nicht vollständig verfüllt. Mit senkrecht installierten Rohrleitungen wurde eine Verbindung zwischen der Drainageschicht in der Sohle und den Resthohlräumen im Firstbereich hergestellt. Damit wurde ein vertikaler Wasseraustausch ermöglicht.

Ausführung

Die BST Mansfeld hatte den Zuschlag für die Bauausführung erhalten und die Verfüllung durchgeführt. Zu Beginn wurde der Teich ausgepumpt und die Teichsohle ausgebaggert. Anschließend wurde eine Rampe gebaut, damit das Stollensystem mit selbstfahrenden Baugeräten erreicht werden konnte.

Es folgte das Verlegen der Ver- und Entsorgungsleitungen. Um im Stollen überhaupt arbeiten zu können, mussten Lutten zur Bewetterung, diverse Stromleitungen für Beleuchtung und Arbeitsgerät, Be- und Entwässerungsleitungen, Spritzschläuche und PE-Leitungen für den Bergbaudämmer verlegt werden.

Der geforderte Bergbaudämmer verfügt zwar über sehr günstige Fließeigenschaften, dennoch war es nicht möglich das Stollensystem in einem Arbeitsgang zu verfüllen. Die maximale Entfernung von 250 m vom Stollenmundloch bis zum Ende des Stollensystems erforderte die Aufteilung in mehrere Verfüllabschnitte. Des Weiteren musste dem Gefälle des Stollens entgegengewirkt werden, das Unterschiede von etwa 0,5 m über den gesamten Streckverlauf aufwies. Es wurden mehrere Trennwände erstellt. Die Trennwände bestanden aus Beton mit Drainagerohren im Sohlbereich. Die Trennwände wurden in zwei Arbeitsschritten errichtet. Zuerst wurden etwa 40 cm hohe Mauern aus Beton gegossen.

Abbildung 3 Drainagerohr im Sohlbereich

Als Drainageschicht wurde eine 30 cm starke Kiesschicht auf der Stollensohle eingebracht. Für die spätere Verfüllung mit Bergbaudämmer musste die Kiesschicht gegen das Eindringen von Bergbaudämmer geschützt werden.

Die BST Mansfeld hatte im Vorfeld der Maßnahme verschiedene Methoden zur Trennung der Kiesschicht von dem Bergbaudämmer getestet.

Als sicherste und zuverlässigste Methode hatte sich dabei die Trennung mit Hilfe einer Vliesschicht und Kunststofffolie erwiesen. Die Vlieslage und die Folie wurden auf der Kiesschicht ausgelegt und an den Stollenwänden fixiert.

Die Erfahrung bei ähnlichen Baumaßnahmen hatte auch gezeigt, dass Unstetigkeitsstellen im Übergangsbereich des Estrichs zur Stollenwand und Schadstellen des Ausbaus nur unzureichend abgedichtet werden können. Damit später weder Estrich noch Dämmer in den Porenraum der Kiesschicht eindringen kann, wurden diese Bereiche mit Spritzbeton abgedichtet.

spätere Verfüllung mit Bergbaudämmer musste die Kiesschicht gegen das Eindringen von Bergbaudämmer geschützt werden.

Die BST Mansfeld hatte im Vorfeld der Maßnahme verschiedene Methoden zur Trennung der Kiesschicht von dem Bergbaudämmer getestet.

Als sicherste und zuverlässigste Methode hatte sich dabei die Trennung mit Hilfe einer Vliesschicht und Kunststofffolie erwiesen. Die Vlieslage und die Folie wurden auf der Kiesschicht ausgelegt und an den Stollenwänden fixiert.

Die Erfahrung bei ähnlichen Baumaßnahmen hatte auch gezeigt, dass Unstetigkeitsstellen im Übergangsbereich des Estrichs zur Stollenwand und Schadstellen des Ausbaus nur unzureichend abgedichtet werden können. Damit später weder Estrich noch Dämmer in den Porenraum der Kiesschicht eindringen kann, wurden diese Bereiche mit Spritzbeton abgedichtet.

Abbildung 4: Folie auf Kiesschicht

Danach wurde ein Fließestrich auf der Sohle eingebaut. Durch die langen Transportwege musste die Viskosität des Estrichs fortlaufend angepasst werden.

Nachdem die Estrichschicht eingebaut und begehbar war, wurden die Ver- und Entsorgungsleitungen zurückgebaut.

Damit nicht nur eine horizontale Wasserwegigkeit in dem Stollensystem erhalten bleibt, wurden zusätzlich mehrere senkrechte Rohre eingebaut. Mit diesen kaminähnlichen Schächten wird eine Verbindung zwischen der Kiesschicht in der Sohle und dem Hohlraum zwischen Dämmer und Stollenfirste sichergestellt.

Anschließend wurden die Trennwände bis unter die Firste hochgezogen. Auch hier wurde darauf geachtet, dass die Verbindung zum Stoß wasserdicht war.

Im letzten Arbeitsgang wurden die Kammern mit Bergbaudämmer verfüllt. Der Dämmer wurde direkt von den Transportfahrzeugen über eine Misch- und Pumpenanlage eingebracht. Insgesamt wurden 2.000 t Bergbaudämmer eingebaut.

Bei der Verfüllung wurden insgesamt 400 t Kies, 100 t Estrich und 85 t Spritzbeton eingebaut.

Gefordert war ein Verfüllungsgrad von ca. 85 % des Hohlraums. Dies ermöglicht einen garantierten Druckausgleich auf Höhe der alten Drucklinie im Stollen. Die Kommunikation des Teiches mit den nicht ausgebauten Stollenenden ist damit sicher gegeben und der Hohlraum wurde trotzdem noch so weit verkleinert, dass sich mögliche Nachbrüche im Gebirge „totlaufen“. Zusätzlich wurde damit auch ein kleiner Puffer für Starkregenereignisse geschaffen. Der relativ kleine Teich wird dadurch nicht so schnell überlaufen können.

Während der gesamten Arbeiten wurde der Wasseraustritt aus den Drainageleitungen gemessen. Vor und nach der Verfüllung konnten keine Veränderungen an der Wassermenge beobachtet werden. Die täglichen Messungen der Wassermenge haben die Wirksamkeit des Drainagesystems gezeigt.

Über den gesamten Zeitraum wurden die Verfüllarbeiten von einem Studenten der Hochschule Nordhausen begleitet. Herr Freiwerth war als Bauhelfer vom Beginn bis zum Ende der Baumaßnahme vor Ort und schrieb über die Verfüllung seine Bachelorarbeit. Neben der Dokumentation der Bauausführung wurden die Geologie und die Messdaten eingehend betrachtet bzw. ausgewertet. Zusätzlich wurden in der Arbeit alternative Verfüllkonzepte untersucht. Die Arbeit hat gezeigt, dass eine Verfüllung mit Drainagebeton, anstelle der Kiesschicht in der Sohle, mit erheblichen Mehrkosten verbunden wäre.

In der Bachelorarbeit wurde auch erörtert, ob eine Nutzung des Stollensystems als Langzeitwärmespeicher möglich wäre. Nach der Verfüllung des Stollensystems mit einem thermischen Verfüllbaustoff könnten die Hohlräume als Zwischenspeicher genutzt werden. In den Sommermonaten würde warmes Wasser aus Solaranlagen kapillar in dem Baustoff gespeichert werden. In der kälteren Jahreszeit kann die gespeicherte Wärmeenergie für das Schwimmbad oder Gebäude im Nahbereich genutzt werden. Der thermische Verfüllbaustoff befindet sich noch in der Entwicklung.

Fazit

Die Verfüllung der Stollenanlage „am Klausberg“ in Halle konnte ohne Veränderungen an den vorhandenen Wasserwegigkeiten ausgeführt werden.

Das Sanierungskonzept mit einer Drainageschicht in der Sohle hat sich in der Praxis bewährt und führte nur zur geringen Mehrkosten gegenüber einer konventionellen Verfüllung.

Literaturverzeichnis

FREIWERTH, M. (2011). *Verfüllung einer ehemaligen Luftschutzanlage in Halle (Saale) zur Gewährleistung der Standsicherheit unter Wahrung der hydrogeologischen Verhältnisse; Hochschule Nordhausen, Fachbereich Ingenieurwissenschaften, - Umwelt- und Recyclingtechnik*