



BHM (2016) Vol 161 (2): 65–70
 DOI 10.1007/s00501-015-0439-1
 © Springer-Verlag Wien 2015

BHM Berg- und
 Hüttenmännische
 Monatshefte

Die ehemaligen Kohlengrube Vihovići in Mostar, BiH als Beispiel für die Erkundung, Sicherung und Verwahrung eines Tagebaurestloches

Michael Mackenbach und Nikolaus Linder

Abteilung Mining & Environment, Fichtner Water & Transportation GmbH, Essen, Deutschland

Eingegangen am 14. Dezember 2015; angenommen am 16. Dezember 2015; Online publiziert am 12. Januar 2016

Zusammenfassung: Die Stadt Mostar liegt im Süden von Bosnien und Herzegowina. Seit Mitte des 19. Jhdts. bis 1996 wurde in den Ortslagen Ilići, Cim, Vihovići und Raštani Braunkohle im Tiefbau sowie in Vihovići auch im Tagebau abgebaut. Seit den 1980er Jahren wurden durch die expandierende Wohnbebauung weite Teile der ehemaligen Bergbaufelder überbaut.

Die Kohle wurde in einer Beckenstruktur in maximal 5 Flözen mit Mächtigkeiten bis zu 20 m abgelagert und weist tektonisch bedingt eine Überdeckung zwischen 20 und 80 m auf. Dabei sind die Flöze eingebettet in eine rund 240 m mächtige karbonatische Gesteinsabfolge aus Kalksteinen und Mergeln, in die vereinzelt Sandsteinbänke eingeschaltet sind.

Im 20. Jhdts. wurden mehr als 11 Mio. Tonnen Kohle gefördert, davon etwa 3,5 Mio. Tonnen aus dem Tagebau Vihovići. Der Tagebau hatte eine Fläche von ca. 120 ha und wurde in den 1990ern von der Stadt Mostar als Mülldeponie genutzt. Das heutige Tagebaurestloch ist teilweise mit Wasser gefüllt und hat etwa 25–30 ha Fläche und eine maximalen Tiefe von etwa 75 m.

2006 wurde die Notwendigkeit einer Deponieabdeckung untersucht. Bei Bohrarbeiten wurde festgestellt, dass sich die Kohle im Untergrund nördlich des Tagebaurestloches entzündet hatte. Im Rahmen der Kohlefeuertbekämpfung 2008 und 2009 wurden 68 Bohrungen mit insgesamt 3.660 Bohrmeter abgeteuf. Als Löschmittel wurden ca. 58.000 m³ Wasser sowie 4.000 t Flugasche und Sand (mit Wasser zu „Slurry“ angerührt) in den Untergrund verbracht.

Seit 2012 ist die Fichtner Water & Transportation GmbH durch die Stadt Mostar beauftragt (KfW-finanziert), das Tagebaurestloch mit einer Vielzahl von Steilwänden soweit

wie möglich geotechnisch zu sichern, ökologisch zu verbessern – Verminderung des Selbstentzündungspotentials der Kohle im Untergrund durch Oberflächenabdichtung – und für eine mögliche Nachnutzung vorzubereiten. Hierzu wurden steilstehende Böschungen des Tagebaurestloches im Norden heruntergebrochen (463.000 m³ Gestein, 40% davon durch Sprengungen aufgelockert) und die Hänge abgeflacht. Die Oberfläche der abgeflachten Hangbereiche wurde mit bindigem Oberbodenmaterial (ca. 28.000 m³) abgedichtet. Das gewonnene Material wurde im Süden als abstützende Anschüttung mit zwei Bermen vor eine Steilwand gelegt.

Schlüsselwörter: Altbergbau, Tagebaurestloch, Geotechnische Sicherung, Ökologische Verbesserung, Nachnutzung

The Former Coal Mine Vihovići in Mostar, BiH: Investigation, Securing and Remediation of an Open Pit Mine

Abstract: The City of Mostar is located in the South of Bosnia and Herzegovina. In the West and in the North of the city, lignite was exploited in underground mining in the suburban municipalities Ilići, Cim, Vihovići and Raštani from the mid of the 19th century to 1966. In Vihovići, lignite was also mined in open pit. Since the 1980ies, large parts of the exploitation area have been overbuilt with expanding residential areas.

The lignite was sedimented in a basin formation in max. 5 seams with a thickness of up to 20 m. The seams are embedded in a carbonate rock sequence consisting of limestone and clay with a thickness of about 240 m interbedded with sandstone banks. Due to tectonic conditions, the overburden of the seams in the area of the former open pit mining varies from 20 to 80 m.

Between 1919 and 1992, more than 11 million tonnes of high quality coal were mined, 3.5 million tonnes thereof

M. Mackenbach, Dipl.-Geol. (✉)
 Abteilung Mining & Environment,
 Fichtner Water & Transportation GmbH,
 Dreilindenstraße 84,
 45128 Essen, Deutschland
 E-Mail: michael.mackenbach@fwt.fichtner.de

from the open pit mine in Vihovići. The open pit extended to an area of approx. 120 ha and was partly used as a waste deposit site by the City of Mostar from 1991 to 1998. Now there is a remaining pit of approx. 20–35 ha and a maximum depth of approx. 75 m, partly filled with water.

In 2006, the necessity of sealing the landfill surface was assessed. Drillings revealed a self-ignition of the underground coal in the north of the remaining open pit. In the framework of the underground coal fire extinguishing works, 68 drillings with in total 3,660 drill metres were sunk in 2008 and 2009. In total, approx. 58,000 m³ of water as well as 3,250 t of fly ash and 436 m³ of sand (mixed to slurry with water) were pumped into the underground.

Since 2012, Fichtner Mining & Environment has been assigned by the City of Mostar (funded by the KfW) to geotechnically stabilize the remaining pit containing a magnitude of gravity slopes, to improve the ecologic conditions, to minimize the potential of self-ignition of the underground coal by surface sealing and to prepare the area for a reuse. Therefore, steeply inclined slopes of the remaining open pit were removed (463,000 m³ of rock, 40% thereof blasted) and hillsides were levelled. The material thus extracted was used as an embankment supporting the southern gravity slope in the form of two berms. The surface of the levelled hillsides was sealed with cohesive topsoil (approx. 28,000 m³).

Keywords: Former mining, Residual open pit, Geotechnical stabilizing, Ecological improvement, Reuse

1. Einleitung

1.1 Lokalität

Das Tagebaurestloch des ehemaligen Braunkohletagebaus Vihovići befindet sich am nördlichen Stadtrand der Stadt Mostar im Süden von Bosnien und Herzegovina (s. Abb. 1).

Die obere Geländekante des Tagebaurestloches liegt im Süden bei ca. 70 m NHN und steigt nach Norden bis auf ca.

125 m NHN an. Das Gelände grenzt im Süden und Osten an dichte Wohnbebauung, im Norden und Westen stehen vereinzelt Häuser.

Der durch Grundwasser gespeiste Restsee hat einen mittleren Seewasserspiegel von etwa 54 m NHN und eine Jahresamplitude von bis zu 5 m [1].

1.2 Standortgeschichte

Seit Mitte des 19. Jhdts. bis 1996 wurde westlich und nördlich der Stadt in den Ortslagen Ilići, Cim, Vihovići und Raštani Braunkohle im Tiefbau sowie in Vihovići auch im Tagebau abgebaut. Der Tagebau hat älteren Tiefbau überfahren, und aus dem Tagebau heraus wurden Strecken in nördlichen Richtungen aufgeföhren. Im 20. Jhdts. wurden mehr als 11 Mio. Tonnen hochwertige Kohle geföhrt, davon etwa 3,5 Mio. Tonnen aus dem Tagebau Vihovići (gem. [2]). Der Tagebau erstreckte sich über eine Fläche von ca. 120 ha. Infolge der Nutzung als Mülldeponie in den 1990ern verblieb ein teilweise wassergefülltes Tagebaurestloch mit etwa 25–30 ha Fläche und einer maximalen Tiefe von etwa 75 m. Seit den 1980er Jahren wurden durch die Wohnbebauung weite Teile der ehemaligen Bergbaufelder und des südwestlichen Tagebaubereiches überbaut.

1.3 Lokale Geologie

Der Standort Vihovići liegt im Norden des „Zentralen Mostar Beckens“. Die Stratigraphie zeigt im Lagerstättenbereich ein Einfallen von 10°–15° in südlicher Richtung. Im Liegenden beginnt die Schichtenfolge mit Kalksteinen und Kalksteinbrekzien (Oberkreide – Paläogen). Es folgt eine rund 240 m mächtige Gesteinsabfolge aus Kalksteinen und Mergeln des Neogens, in die vereinzelt Sandsteinbänke und Tonsteinbänder eingeschaltet sind. Diese Abfolge enthält 5 Flöze mit Mächtigkeiten zwischen 1 m und 20 m. Überlagert wird die Schichtenfolge von quartären Sedimenten aus diluvialen Konglomeraten/Brekzien sowie alluvialen Sanden und Kiesen (Mächtigkeit bis 30 m). Die Überde-

Abb. 1: Tagebaurestloch Vihovići in Mostar. [Quelle: google earth]



ckungsmächtigkeit der Flöze im Tagebau variiert tektonisch bedingt zwischen 20 und 80 m.

1.4 Aufgabenstellungen

Seit 2012 ist die Fichtner Water & Transportation GmbH (FWT) durch die Stadt Mostar beauftragt (KfW-finanziert), das Tagebaurestloch soweit wie möglich geotechnisch zu sichern, ökologisch zu verbessern – Verminderung des Selbstentzündungspotentials der Kohle im Untergrund durch Oberflächenabdichtung – und für eine erholungs-technische Nachnutzung vorzubereiten.

2. Erkundung und Sicherung

2.1 Vorherige Untersuchungen und Maßnahmen

Im Jahr 2006 sollte die Notwendigkeit für eine Deponieabdichtung/-abdeckung untersucht werden. Neben der Feststellung, dass die meisten Hänge des Tagebaurestloches und des Abfallkörpers geotechnisch nicht sicher sind, wurde erkannt, dass die Kohle im Untergrund nördlich des Tagebaurestloches brannte.

Um den Brandherd einzugrenzen und ihn bekämpfen zu können, wurden in 2008 und 2009 insgesamt 68 Bohrungen mit insgesamt 3.660 Bohrmeter abgeteuft (s. Abb. 2).

Zur Kühlung des Nebengesteins und zum Löschen der Brände wurden ca. 58.000 m³ Wasser sowie 4.000 t Flugasche und Sand (mit Wasser zu „Slurry“ angerührt) in den Untergrund verbracht.

2.2 Geotechnische Sicherung und ökologische Verbesserung

2.2.1 Recherchen und vor-Ort-Untersuchungen

Im Rahmen des Projektes wurden in einem ersten Schritt die verfügbaren Unterlagen des ehem. Bergbaubetreibers und der Stadt Mostar recherchiert und gesichtet. Inge-



Abb. 2: Bohrgerät BA-500 am Bohrloch B 57. [Quelle: [1]]

samt wurden rund 200 Berichte, Betriebsunterlagen und Studien sowie etwa 350 Planwerke geprüft und im Hinblick auf die Geologie, Hydrogeologie, Tektonik, Lagerstättensituation, Situation der Tiefbaue und des Tagebaus sowie die städtebauliche Entwicklung ausgewertet.

Das Tagebaurestloch wurde vermessungstechnisch aufgenommen, die Hänge und Steilwände vor Ort inspiziert und geotechnisch bewertet. Darüber hinaus wurden vier Messstellen der Kohlebrandbekämpfung im Gelände aufgesucht, die Temperatur und die Gaszusammensetzung im Untergrund gemessen sowie Proben für eine Laboruntersuchung genommen.

2.2.2 Untersuchungsergebnisse

Es wurden mehrere geologisch-geotechnische Risikofaktoren (gem. [3]) erkannt. Dazu gehören v. a.:

- Nicht standsichere Felsböschungen/Steilwände
- Starke tektonische Überprägung des anstehenden Gesteins (Zerrüttung, Gefügebrauchung, Klüfte, Risse, Spalten etc.)
- Potential für Kohlebrände im Untergrund.



Abb. 3: Steilwände im N, O und S des Tagebaurestloches



Abb. 4: Steilwandbereich mit Tonmergelsteinband (2–5 m)

Abb. 5: Steilwandbereiche im Norden und Osten (06/2012)



Abb. 6: Nördlicher Hangbereich mit Gräben und Berme (05/2015)



Abb. 7: Steilwandbereich im Süden (06/2012)



Auf der Nordseite des Restloches stehen die Steilwände in mehreren Stufen mit Wandhöhen bis 25 m, als Gesamtsystem mit etwa 70 m Höhe über dem Seewasserspiegel (s. Abb. 3) an. Im Süden erhebt sich eine Steilwandfront

von etwa 50 m Höhe, wobei etwa 10 m bis 20 m über dem Wasserspiegel liegen. Die Steilwände bestehen aus Kalksteinen und Mergeln, in die einzelne Tonstein- bzw. Ton-

Abb. 8: Südlicher Anschüttungsbereich (05/2015)



Abb. 9: Luftbildaufnahme Tagebaurestloch Vihovići (06/2015). [Quelle: Municipality of Mostar]



mergelsteinbänder zwischengeschaltet und lokal sandige Linsen eingebettet sind (s. Abb. 4).

Allein auf der Nordseite wurden über 100 größere Risse/Spalten – bis 30 m lang, 1,5 m breit, 12 m tief – erfasst.

Trotz Wasserdampfaustritten im Gelände und an Messstellen zeigten die Untersuchungen weder in der Gaszusammensetzung noch in den Temperaturen signifikante Hinweise auf aktive Kohleentzündung oder Brände im Untergrund.

2.2.3 Sicherungs-/Verwahrungsmaßnahmen

Das Gesamtbudget für die baulichen Maßnahmen belief sich auf 1.425.000 €. Die Baumaßnahmen wurden im Zeitraum 05/2014 bis 04/2015, begleitet durch ein Unter-

suchungsprogramm zum Kohleentzündungszustand, ausgeführt.

Die östliche und westliche Seite des Tagebaurestloches wurde von der Planung ausgenommen, da hier umfangreiche Abfallablagerungen einen Eingriff in das Gelände nicht zulassen.

Im Norden wurden als geotechnische Sicherungsmaßnahmen die Abtragung der Steilwände, die Abflachung der Hangsituation sowie ein Fassungssystem für Niederschlagswässer ausgeführt. Hierzu wurden insgesamt 463.000 m³ Gestein heruntergebrochen, 184.000 m³ davon wurden unter Verwendung von 43.000 kg Sprengmittel aufgelockert. Die abgeflachten Hangbereiche bilden eine Fläche von rund 32.200 m².

Zur Sicherung der Wohnbebauung im Süden wurde das gewonnene Gesteinsmaterial mit Dumpfern über eine gut 820 m lange Baustraße in den Süden des Tagebaurestloches transportiert und dort als Stützkörper in den See vor die Steilwand vorgeschüttet. Der Stützkörper ist ungefähr 250 m lang und er erhebt sich mit einer durchschnittlichen Breite von 25 m–30 m etwa 12 m über den Wasserspiegel. Die beiden Bermen bilden Plattformen bei etwa 57 m NHN und ca. 65 m NHN.

Als ökologische Verbesserung, um einer neuerlichen Entzündung der Kohle im Untergrund präventiv entgegenzuwirken, wurden die neu geschaffenen Geländeoberflächenbereiche im Norden mit bindigem Material abgedichtet. Hierzu wurde die schluffig-tonige Überdeckung (Topsoil) aufgenommen und seitlich gelagert. Nach Abtrag des Gesteins wurden Risse und Spalten aufgefüllt und die Geländeoberfläche 0,30 m stark abgedeckt. Zur Erosionsminderung wurden die erstellten Flächen mit Hydroseeding begrünt.

3. Ergebnisse der Verwahrung

Die Hangsituation sowohl im Norden als auch im Süden konnte geotechnisch stabilisiert werden. Insbesondere im nördlichen Bereich wurde eine qualifizierte Oberflächenabdichtung hergestellt, die ein Eindringen von Luft in den Untergrund minimiert.

Die ursprünglich vorhandenen 4 Steilwandstufen im Norden, mit einer Gesamthöhe von rund 70 m, wurden bis auf die letzte Wand (Höhen <20 m über dem Wasserspiegel) abgetragen. Die Steilwand im Süden wurde mit einem Stützkörper abgefangen, wodurch das Abbrechen der Kante (Sicherung der vorhandenen Wohngebäude) nach bisherigem Kenntnisstand gestoppt wurde.

Die Abb. 5 bis 9 geben einen Eindruck von den Veränderungen der Projektfläche durch die Baumaßnahmen.

Literatur

1. Šerifović, E.; Marić, I.. [ARGE Geomarić – Geotechnika 94 – SIK Mostar]: Final Report on the works on extinction and rehabilitation of the former Vihovići coal mine – performed works of module 1 and module 2 – book 1 (Created boreholes) and book 2 (Cooling, measurements, extinction and final works); Mostar, 06.08.2009
2. City of Mostar, Vihovići PIU (ed.): Rehabilitation of the Coal Mining Complex Vihovići in Mostar, Feasibility Study of project of additional works on rehabilitation of pit premises and floors of the surface pit of the Mostar coal mine with the aim of preventing new coal ignition, Mostar, Sept. 2009
3. Prinz, P; Strauß, R.: Abriss der Ingenieurgeologie, 4. bearbeitete und erweiterte Auflage, München: Elsevier, 2006