

14. ALTBERGBAU- KOLLOQUIUM



06. bis 08. November 2014

TFH Georg Agricola Bochum

Herausgeber: G. Meier, A. Sroka, K.-H. Löbel, H. Klapperich,
D. Tondera, W. Busch

wagner
digitaldruck & medien GmbH

Wagner Digitaldruck und Medien GmbH

Die Asphaltit Lagerstätte Milli, Türkei - Erkundung und geotechnische Bewertung eines Altbergbaustandortes

David Niggemann, Michael Mackenbach, Nikolaus Linder

Fichtner Mining & Environment GmbH

ZUSAMMENFASSUNG :

Die Kleinstadt Şirnak befindet sich im Südosten der Türkei in der Nähe des Dreiländerecks Türkei, Syrien und Irak. In der Umgebung befinden sich mehrere Asphaltit-Vorkommen, in denen in der Vergangenheit teilweise Bergbau betrieben worden ist.

Ein türkischer Energiekonzern plant, in Şirnak ein thermisches Kraftwerk zu errichten, in dem als Brennstoff Asphaltit genutzt werden soll. Um die Versorgung des Kraftwerks zu gewährleisten, wurden mehrere der umliegenden Asphaltit-Lagerstätten hinsichtlich ihrer Abbauwürdigkeit untersucht. Im Rahmen einer Studie der FME ist dabei eine Asphaltit-Lagerstätte bei dem Dorf Milli in der Nähe von Şirnak näher untersucht worden. In dieser Lagerstätte wird zurzeit weitestgehend unregulierter Kleinstbergbau betrieben.

Bei Asphaltit handelt es sich um ein Umwandlungsprodukt von Erdöl, welches während der Migration vom Muttergestein in z. B. in Störungszonen aufsteigt, jedoch durch äußere Einflüsse am weiteren Aufstieg bis zu einer geologischen Falle gehindert wird. In der Folge entsteht im Wesentlichen durch Oxidationsprozesse ein festes und relativ hartes, gesteinsartiges Kohlenwasserstoffgemisch. Das Material ist physisch einer Steinkohle ähnlich und leicht entzündlich.

Ein Asphaltit-Vorkommen stellt sich typischerweise als steil stehender Gesteinskörper dar von bis zu mehreren Kilometern Länge, mehreren hundert Metern Höhe und einer Breite von nur wenigen Metern bis mehreren Dekametern. Vorkommen dieser Art werden in der Literatur regional u. a. als „Phylon“ bezeichnet. Seit ersten Untersuchungen der Lagerstätte „Milli“ in 1960ern durch MTA (Türkisches Generaldirektorat für Mineralforschung und -exploration) wurde hier in zwei Tagebauen Asphaltit abgebaut und vermutlich überwiegend für den Hausbrand in den umliegenden Dörfern genutzt. Im Kleinstbergbau wird zurzeit im Tiefbau Asphaltit gefördert. Zudem wird stellenweise im Tagebau Asphaltit im kleinen Maßstab im truck-and-shovel Betrieb gewonnen. Eine Bergbauplanung existiert im Ansatz, eine Dokumentation des Abbaus hat bislang nicht stattgefunden.

Das von FME durchgeführte Erkundungsprogramm in den Jahren 2012/2013 bestand aus einer Bohrkampagne mit Kernbohrungen, Vor-Ort Untersuchungen und der Aufnahme eines hochauflösenden digitalen Geländemodells inkl. Luftbild. Im Rahmen der Vor-Ort Untersuchungen wurde eine geologische Kartierung des Geländes mit einer Abschätzung der geotechnischen Eigenschaften der angetroffenen Lithologien durchgeführt. Zusätzlich wurde der z. Z. in Teilbereichen aktive Kleinstbergbau besichtigt und die laufenden Bohrarbeiten begutachtet. Darauf aufbauend erfolgte eine 3D-Modellierung der Lagerstätte und eine Berechnung der noch vorhandenen Asphaltit-Ressourcen.

Aufgrund erster visueller Einschätzungen sind die Festgesteinsböschungen, mit Böschungswinkeln von bis zu ca. 85°, in den Tagebauen als nicht standsicher zu beurteilen. Die Orientierungen der Trennflächenscharen führen zur Ausbildung von instabilen Kluffkörpern, woraus sich ein Risiko für Felsstürze ergibt. Hinweise auf das Gefahrenpotenzial wurden umgehend an die Beteiligten weiter gegeben. Bevor Sicherungsmaßnahmen in Folge der Hinweise auf das massive Gefahrenpotenzial umgesetzt werden konnten, kam es im Jahr 2013 in Folge von Destabilisierungen zu einer Hangrutschung in einem der Tagebaue, die drei Todesopfer forderte.

Der als Tiefbau ausgeführte Kleinstbergbau stellt ein zusätzliches Sicherheitsrisiko dar. Dieser ist eher als Raubbau zu bezeichnen und bedarf dringend einer vor allem sicherheitstechnischen Reglementierung. Die im Rahmen der Studie gewonnenen Erkenntnisse zu dem Asphaltitressourcen lassen vermuten, dass aufgrund der Struktur der Lagerstätte und der Geländetopographie ein Abbau im Tagebau nur bis in relativ geringe Teufen wirtschaftlich sinnvoll sein wird. Auch ein großmaßstäblicher Abbau im Tiefbau müsste hinsichtlich seiner Wirtschaftlichkeit im Detail betrachtet werden. In Abstimmung auf ein noch zu erstellendes Bergbaukonzept ist zu empfehlen, ein detailliertes geotechnisches Erkundungskonzept auszuarbeiten.

Abstract:

The small town of Şirnak is located in south-east Turkey close to the borders of Syria and Iraq. Several Asphaltit deposits, in some of which mining operations have been performed in the past, are situated in the surroundings.

A Turkish energy company is planning to construct a thermal power plant in Şirnak, which will use Asphaltit as fuel. Several Asphaltit deposits in the area were evaluated concerning their mineability in order to guarantee sufficient fuel supply for the power plant. FME carried out a study for the sake of investigating one of those Asphaltit deposits in the vicinity of the village of Milli (close to Şirnak). In this particular deposit unregulated small mining operations are currently run.

Asphaltit is a product of the transformation of crude oil. It forms when ascending oil does not end up reaching a reservoir rock / geological trap during migration but instead gets trapped in weak rock zones. Subsequently a solid, relatively hard rock-like hydrocarbon compound is being formed primarily by oxidation processes. The material physically resembles hard coal and is easily flammable.

An Asphaltit deposit typically occurs as a single rock body with up to several kilometres length, several hundred metres height and a thickness ranging from a few metres to several decametres. In literature deposits of this type are described as "Phylon", among other names.

Since the investigation of the deposit "Milli" by MTA (Directorate of Mineral Research and Exploration of Turkey) in the 1960s, mining of Asphaltit has been carried out in two open-pit mining operations and by small scale underground mining. In some places Asphaltit is being excavated in open-pit mining operations by the truck-and-shovel method. Only rudimentary mine planning exists, a documentation of the excavation is missing so far. The product was most likely predominantly sold as domestic fuel in the nearby villages.

The exploration conducted by FME in 2012/2013 consisted of a drilling campaign including core drilling, on-site investigations and recording of a high resolution digital terrain model (DTM) including an orthophoto. Within the scope of the on-site analysis geological mapping of the terrain was performed. The geological mapping involved an estimation of the geotechnical properties of the outcropping lithologies. Moreover the currently active small scale mining operations occurring in the area were inspected and the ongoing drilling works were examined. The consecutive 3D-modelling of the deposit and calculation of Asphaltit resources is based on a compilation of all available information.

Based on a visual assessment the slopes in the former open-pits, with slope angles of approximately up to 85°, are considered being unstable. The orientation of the discontinuities within the rock mass leads to the formation of unstable rock blocks which increase the risk of rockslides. The parties involved were immediately informed about the hazard potential. Before possible safety measures could be considered, a rockslide occurred in 2013 as a result of destabilization in the area of the open-pits, which lead to three casualties.

The currently ongoing small scale underground mining operations have to be considered as overexploitation. They present a significant risk potential and should be regulated.

The knowledge gained throughout the study leads to the conclusion that due to the topography and the shape of the deposit, economical production of the Asphaltit resources will only be possible to relatively shallow depths. Also an underground mining concept would have to be assessed regarding profitable production. With respect to evaluation of mining concepts, a detailed geotechnical investigation should be carried out.

Einkleitung**Lokalität**

Die Milli Asphaltit Lagerstätte befindet sich ca. 8 km südöstlich der Stadt Şirnak im Südosten der Türkei (siehe Abb. 1) am Dreiländereck Syrien, Türkei und Irak. Die Lagerstätte befindet sich auf einer Höhe von ca. 950 – 1.350 m ü. NN. Das Projektgebiet ist annähernd unbesiedelt und über Schotterstraßen zu erreichen.



Abb. 1 : Lage der Milli Asphaltit Lagerstätte (Süd-Ost Türkei)

Geplantes Vorhaben

Ein türkischer Energiekonzern plant die Errichtung eines thermischen Kraftwerks in der Nähe der Stadt Şirnak, in dem als Brennstoff Asphaltit genutzt werden soll. Um die Versorgung des Kraftwerks zu gewährleisten, sind in der Vergangenheit bereits mehrere der umliegenden Asphaltit-Lagerstätten hinsichtlich ihrer Abbauwürdigkeit untersucht worden.

Im Rahmen einer Studie von FME ist dabei eine Asphaltit-Lagerstätte in der Nähe des Dorfes Milli näher untersucht worden. Ziel der Untersuchungen war es einerseits, die Asphaltit-Ressourcen und damit den wirtschaftlichen Wert der Lagerstätte abzuschätzen. Andererseits wurden geologisch-geotechnische Voruntersuchungen als Vorbereitung für die spätere Ausarbeitung eines Bergbaukonzeptes durchgeführt.

Bergbauliche Geschichte

In den Jahren 1967/68 fand erstmalig eine dokumentierte Untersuchung der Milli Asphaltit Lagerstätte durch MTA (Türkisches Generaldirektorat für Mineralforschung und -exploration) statt [1.], [2.]. Im Rahmen dieser Studie wurden insgesamt 30 Kernbohrungen abgeteuft, mehrere Schürfe angelegt und eine geologische Kartierung durchgeführt. Im Rahmen von zwei weiteren Studien wurde darauf aufbauend eine Beschreibung der Lagerstätte und eine Ressourcenabschätzung durchgeführt.

Zurzeit sind zwei größere Tagebaue im Gelände sichtbar, jeweils mit einer Länge von ca. 400 - 500 m, einer Teufe von bis zu ca. 100 m und einer Breite von bis zu ca. 30 m. Die Böschungen der Tagebaue weisen Böschungswinkel bis zu ca. 80 - 85° auf, ohne dass geeignete Sicherungsmaßnahmen zum Einsatz kommen. Die Sohlen der Tagebaue sind überwiegend mit Geröllmassen bedeckt. Zur Zeit der Ortsbegehungen fand kein Abbau im Tagebau statt.

Der untertägige Abbau erfolgt im händischen Betrieb, z.B. mit Spitzhacken. Fahrung, Förderung und Materialtransporte erfolgen über Schächte, die einen Durchmesser von ca. 1 m aufweisen und nach Aussage der dort tätigen Bergleute Teufen bis zu 120 m erreichen können. Die Befahrung erfolgt mittels Förderkubeln aus geöffneten Plastiktonnen und dieselgetriebener Seilwinden. Der zu Tage geförderte Asphaltit wird auf Kleinlaster geladen und in der näheren Umgebung verkauft, u. a. für den Hausbrand.

Geologie

Lokale Geologie

Die Milli Asphaltit Lagerstätte befindet sich in einem Gebiet, in dem Sedimentgesteine der oberen Kreide anstehen. Im Einzelnen handelt es sich um die Üçkiraz-Formation (Mittleres Maastrichtium) und die Germav-Formation (Mittleres bis Oberes Maastrichtium) [5.].

Die Üçkiraz-Formation besteht überwiegend aus tonigem Kalkstein und Dolomit. Die Germav-Formation besteht überwiegend aus Mergel, Schiefer und Sandsteinen. Der Asphaltit tritt entlang einer mutmaßlichen Störungsfläche auf, die sehr steil steht (ca. 80°), in Richtung NO-SW streicht und in diesem Bereich teilweise die beiden o. g. geologischen Formationen voneinander trennt. Der Asphaltit tritt auf einer Länge von ca. 3 km an der Geländeoberfläche aus. Die Breite des Ausbisses variiert zwischen wenigen Metern bis zu ca. 30 m. Die vertikale Erstreckung des Asphaltits kann bis zu mehrere hundert Meter betragen. In der Literatur werden derartige Vorkommen häufig als „Phylon“ bezeichnet [3.], [4.], [6.].

Asphaltit

Bei Asphaltit handelt es sich um ein Umwandlungsprodukt von Erdöl, welches während der Migration vom Muttergestein z. B. in Störungszonen aufsteigt, jedoch durch äußere Einflüsse am weiteren Aufstieg bis zu einem Speichergestein gehindert wird. Im Wesentlichen durch Oxidationsprozesse entsteht in der Folge ein festes und relativ hartes Kohlenwasserstoffgemisch. Das Material ist physisch einer Steinkohle ähnlich und leicht entzündlich, mit einem Brennwert von ca. 1.000 - 6.000 kcal/kg [3.].

Erkundungsmethoden

Vor-Ort Untersuchungen

Im September 2012 und im April 2013 wurden die Lagerstätte und das umliegende Gelände befahren. In diesem Rahmen wurden Feldarbeiten durchgeführt, um die geologischen und

geotechnischen Gegebenheiten vor Ort zu erkunden. Bestandteile dieser Vor-Ort- Untersuchungen waren insbesondere:

- Geologische Kartierung des Projektgebietes
- Detailaufnahme des tektonischen Inventars mittels Gefügekompass
- Geotechnische Erstbewertung des Gebirges anhand von Geländebefunden und anhand der durch Erkundungsbohrungen gewonnenen Bohrkerne.
- Aufnahme von älteren Rutschungsereignissen

Luftbildaufnahme / Digitales Geländemodell

Im Dezember 2012 wurde eine Überfliegung des Geländes durchgeführt, zur Erstellung eines digitalen Geländemodells (DTM) und eines hochauflösenden Luftbildes (siehe Abb. 2). Insgesamt wurde dabei aus einer Flughöhe von ca. 250 m eine Fläche von ca. 8,5 km² aufgenommen. Die Auflösung des erstellten DTMs beträgt 0,62 m/pixel, die Auflösung des erstellten Luftbildes beträgt 0,05 m/pixel.

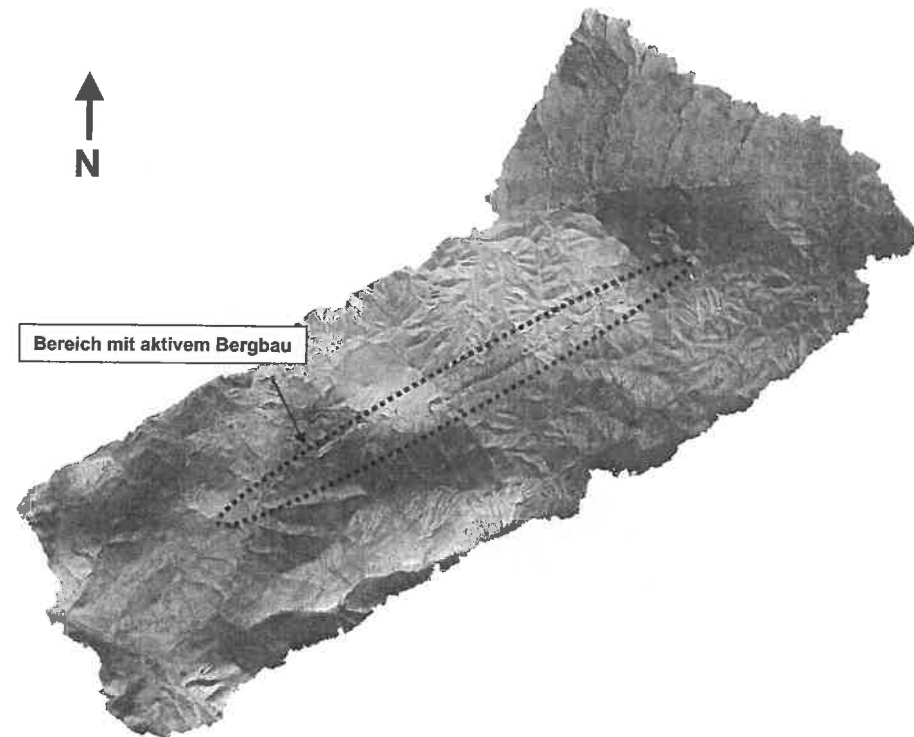


Abb.2 : Luftbild des Projektgebietes, aufgenommen im Dezember 2012.

Erkundung, Kernbohrungen

Eine Bohrkampagne zur Erkundung der Lagerstätte wurde von Mitte 2012 bis Mitte 2013 durchgeführt. Insgesamt wurden im Rahmen der Bohrkampagne 30 geneigte Kernbohrungen mit

einer Gesamtlänge von 7.577 m gestoßen. Die Bohrlochlängen variierten zwischen 130 m und 300 m.

Der Verlauf der Bohrlöcher wurde mit Fluxgate Magnetometern vermessen. Messungen fanden dabei in jeweils drei unterschiedlichen Teufen statt.

Die Bohrkern wurden vollständig aufgenommen und der angetroffene Asphaltit wurde beprobt. Die chemisch-physikalischen Untersuchungen des Probenmaterials wurden von einem unabhängigen, zertifizierten Labor durchgeführt. Analysiert wurden der Wassergehalt, Aschegehalt, flüchtige Bestandteile, Schwefelgehalt, Heizwert, Brennwert sowie die Dichte der Proben.

Ergebnisse

3D-Modellierung

Basierend auf den Ergebnissen aller durchgeführten Erkundungsmaßnahmen wurde ein digitales 3D-Modell der Lagerstätte mit dem GEOVIA Surpac™ Softwarepaket erstellt. In das Modell wurden das DTM, die Ergebnisse der Erkundungsbohrungen und der durchgeführten Analysen sowie die Ergebnisse der geologischen Kartierung implementiert.

Die Ausdehnung des Asphaltits wurde auf Grundlage der verifizierten Erkundungsergebnisse modelliert und eine Ressourcenberechnung durchgeführt (siehe Abb.3). Die Laborergebnisse wurden einer geostatistischen Analyse unterzogen und die räumliche Verteilung der Qualitätsparameter modelliert.

Ein Ergebnis der Modellierung war, dass die Milli Asphaltit Lagerstätte das Potential aufweist, um den Brennstoffbedarf eines Kraftwerks über mehrere Jahre gewährleisten zu können. Die Bauwürdigkeit der Lagerstätte muss jedoch noch im Detail untersucht werden [9.].

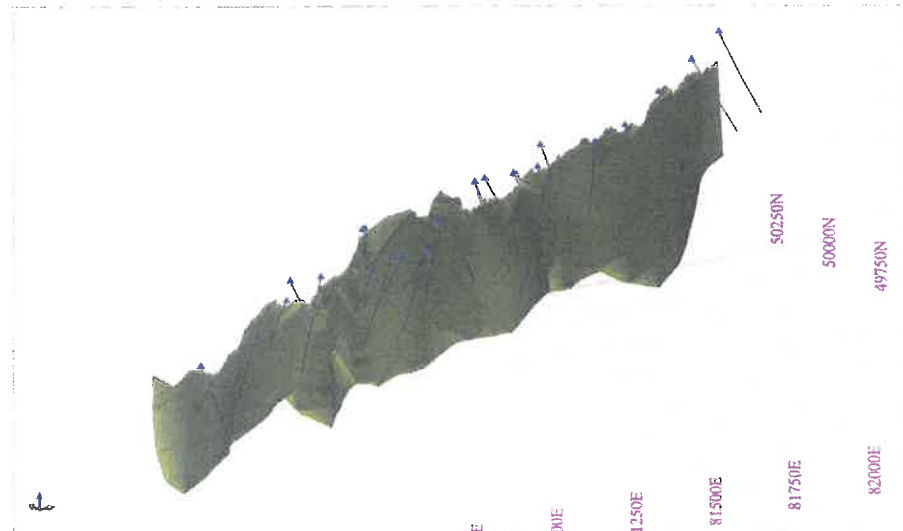


Abb.3 : 3D-Darstellung des modellierten Asphaltitkörpers.

Gefährdungspotenzial

Im Rahmen der Untersuchung wurden mehrere geologisch-geotechnische Risikofaktoren festgestellt. Dazu gehören v. a. :

- Nicht standsichere Felsböschungen
- Starke tektonische Überprägung des anstehenden Gesteins (teilweise Zerrüttung)
- Ungesicherte Bergehalden
- Ungesicherte / offen stehende Schächte
- Unklare hydrogeologische Verhältnisse

In den Bereichen, in denen in der Vergangenheit im Tagebau Asphaltit gewonnen wurde, stehen Felsböschungen an, die ca. 300 m lang und bis zu 100 m hoch sind. Die Böschungswinkel erreichen in weiten Bereichen bis zu 85° (siehe Abb. 4). Das anstehende Festgestein besteht überwiegend aus massigen Kalksteinen, Mergel und Dolomiten. Die Schichtflächen des Kalksteins sind annähernd horizontal orientiert, mit orthogonal orientierten Kluftscharen (siehe Abb. 5). Dies führt durch Verwitterungsprozesse und mechanische Belastungen durch den Bergbau zur Ausbildung von quaderförmigen Kluftkörpern.

Die anstehenden Mergel und Schiefergesteine der Germav-Formation sind überwiegend stark zerrüttet. Im Zuge einer weitergehenden geotechnischen Einschätzung, ist somit zu empfehlen, das Risiko von Hangrutschungen bzw. Felsstürzen in der Germav-Formation mit dem Gleitkreisverfahren abzuschätzen, in der Üçkiraz-Formation hingegen ist das strukturelle Versagen (Kippen bzw. Gleiten von Kluftkörpern) näher zu untersuchen [10.], [11.].

Zu dem Zeitpunkt der Geländebegehungen wurden keinerlei Maßnahmen angewandt, um die Standsicherheit der Böschungen zu gewährleisten. Dementsprechend ist ein erhebliches Risiko für Felsstürze in diesen Bereichen gegeben. Großvolumige Geröllmassen früherer Rutschungen und die Beobachtung eines Felssturzes im September 2013 (siehe Abb. 8) verdeutlichen dieses Risiko.

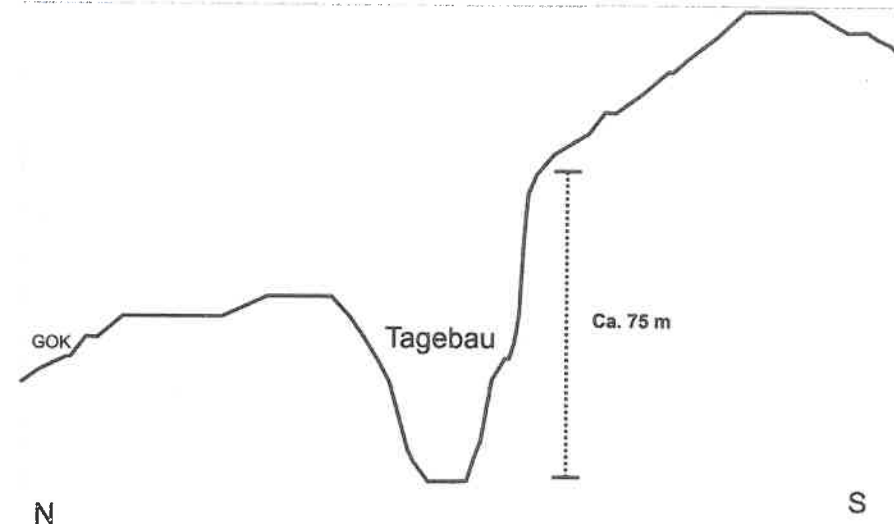


Abb.4 : Typischer Profilschnitt der Geländeoberfläche im Tagebaubereich.

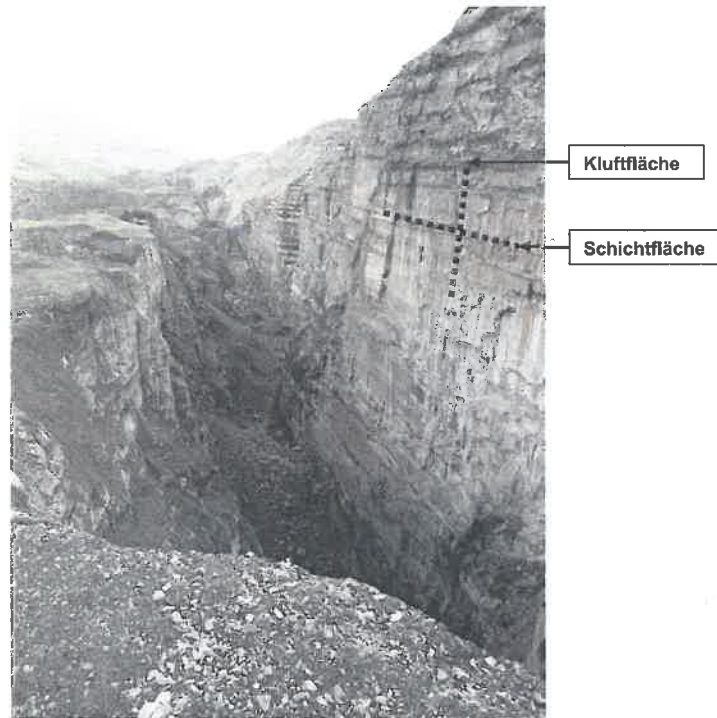


Abb.5 : Tagebaubereich (Kalksteine der Üçkiraz-Formation)



Abb.6 : Tonsteine und Mergel der Germav-Formation

Im April 2013 waren ca. 10 – 12 Schächte im Betrieb. Zahlreiche weitere abgeworfene Schächte befinden sich auf dem Gelände. Sowohl die derzeit aktiven als auch die stillgelegten Schächte verfügen überwiegend über keinen Ausbau und sind in keiner Weise gegen Zutritt gesichert (z. B. mittels Einzäunung oder Abdeckung). Soweit vorhanden, besteht der Ausbau der Schächte aus Holzgeflecht (siehe Abb. 7) oder Stahlrohren mit bis zu ca. 1 m Durchmesser. Entsprechend ist davon auszugehen, dass in den untertägigen Grubenbauen, insbesondere in den Abbaubereichen, keine Sicherungsmaßnahmen getroffen werden, die dem Stand der Technik entsprechen. Aus Sicherheitsgründen fand keine Befahrung der untertägigen Abbaubereiche im Rahmen der Vor-Ort Untersuchungen statt.

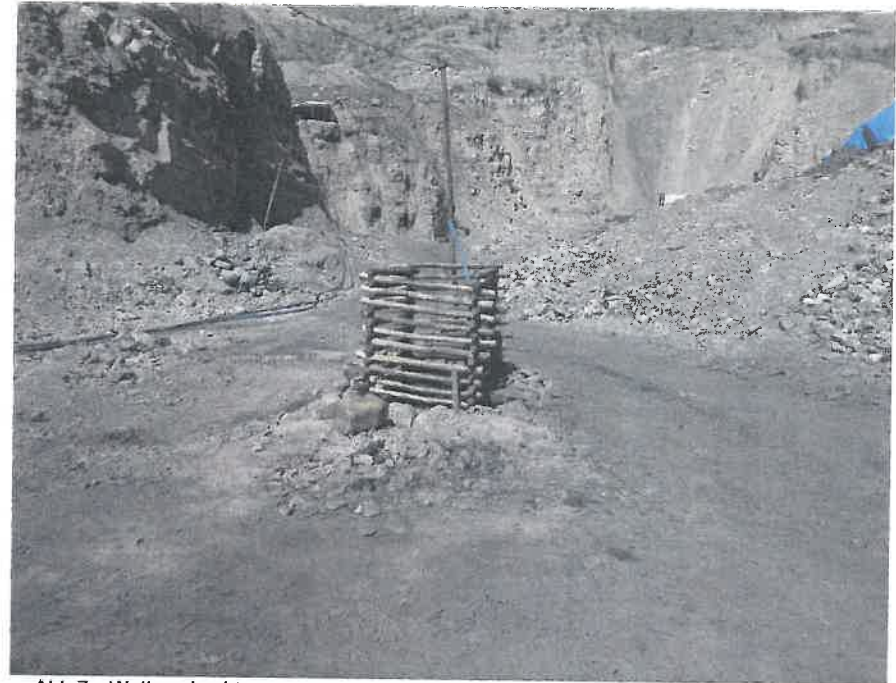


Abb.7 : Wetterschacht

Auf dem Gelände befindet sich eine Halde aus Bergematerial, auf der zurzeit gekippt wird. Auch wenn die Böschungen augenscheinlich stabil wirken, empfiehlt es sich, deren Standsicherheit mittelfristig zu überprüfen. Risikofaktoren sind dabei die Böschungshöhen von teilweise mehr als 20 m ohne Sicherungsmaßnahmen. Hinzu kommt ein fehlendes Massenmanagement. Darüber hinaus wird der südöstliche Böschungsfuß saisonal von einem Bach durchströmt.

Im September 2013 kam es zu einem Felssturz in einem der stillgelegten Tagebaue. Zu diesem Zeitpunkt befand sich ein LKW am Fuße einer ungesicherten, steilen Felsböschung. Es lösten sich Felsbruchstücke in einer Größenordnung von ca. 1.000 m³ und stürzten auf die darunter befindlichen Arbeiter (siehe Abb. 8). Es waren drei Todesopfer zu beklagen, ein Schwerverletzter konnte aus dem zerstörten LKW geborgen werden.



Abb.8 : Felssturz im September 2013 (©AFP/Getty Images)

Empfehlungen / Mögliche Sicherungsmethoden

Voraussetzung, um den Asphaltit in industriellem Maßstab gewinnen zu können, ist der Aufbau eines professionellen Bergbaubetriebs. Im Rahmen der dazu notwendigen Bergbauplanung sind weitere Untersuchungen in dem Projektgebiet erforderlich, u. a.:

- Untersuchung der hydrologischen und hydrogeologischen Situation.
- Bohrungen, Laborversuche, etc. im Rahmen eines detaillierten geotechnischen Untersuchungsprogramms

Zusammenfassend ist festzustellen, dass der derzeit durchgeführte Kleinstbergbau dringend einer Reglementierung Bedarf. Es ist zu empfehlen, Sicherheitskonzepte zu entwickeln, um ein Mindestmaß an Arbeits- und Gesundheitsschutz für die dort tätigen Personen zu gewährleisten. So sollten die Sicherungsmaßnahmen für die auf dem Gelände befindliche Bergehalde die folgenden Punkte umfassen:

- Implementierung eines Halden- und Massenmanagements
- Untersuchung der Zusammensetzung des Haldenmaterials
- Ggf. Abflachen der Böschungswinkel bzw. Einbau von Bermen
- Einbau eines Entwässerungssystems
- Umverlegung / Einfassung des Bachs am Haldenfuß

Da die Tiefbaue aus Sicherheitsgründen nicht befahren werden konnten, können Empfehlungen zu Sicherungsmaßnahmen des Kleinbergbaus derzeit nur für die Fahr-, Förder- und Wetterschächte erteilt werden. Die wichtigsten Empfehlungen sind:

- Abdecken der Schächte zur Vermeidung von Abstürzen
- Hangsicherung oberhalb der Schächte mittels Gebirgsankern / Ankerplatten
- Aufweitung und Ausbau der Schächte
- Einbau von sicheren Seilfahrteinrichtungen

Dringend angeraten sind ebenso Sicherungsmaßnahmen der Festgesteinsböschungen. Die Böschungswinkel sind mit bis zu ca. 85° deutlich zu steil. Nicht zuletzt verdeutlicht der im September 2013 abgegangene Felssturz den Handlungsbedarf. Als durchzuführende Sicherungsmaßnahmen der Felsböschungen kommen als Einzelmaßnahmen oder in Kombination in Frage:

- Abflachen der Böschungswinkel / Einbau von Bermen
- Einsatz von Gebirgsankern und Ankerplatten
- Verfüllung der Tagebaue

Die o. g. Maßnahmen sind in erster Linie in Hinblick auf einen möglichen zukünftigen großmaßstäblichen Bergbaubetrieb zu empfehlen.

In Anbetracht der gegenwärtigen Situation mit irregulärem Bergbau und vermutlich nur geringem Investitionsvolumen, ist alternativ auch der Einsatz von verhältnismäßig kostengünstigen Maßnahmen zur Gewährleistung von Mindeststandards des Arbeits- und Gesundheitsschutzes zu überprüfen. Eine solche Maßnahme kann z. B. die Installation eines autonomen Mess- und Überwachungssystems mit automatisierter Frühwarnung zur Hangbeobachtung darstellen.

Im Rahmen einer solchen Überwachung könnten ein oder mehrere Präzisionsstachymeter die Positionsänderungen von installierten Markern im Böschungsbereich erfassen (siehe auch [12.]). Nach Überschreitung eines zuvor gewählten Grenzwertes kann dann, z. B. über Mobilfunk oder mittels aufgestellter Alarmsirenen ein Alarm ausgelöst und der Gefährdungsbereich in kürzester Zeit geräumt werden.

Bei Sanierungsmaßnahmen von Altbergbauobjekten in NRW sind in der Vergangenheit mit vergleichbaren Systemen bereits positive Erfahrungen gemacht worden.

Quellenangaben

- [1.] LEBKÜCHNER, R. F. (1966): Bericht über die Asphaltitvorkommen von Siirt/Şirnak- Erste Aufschlussarbeiten 1966 und Vorschläge für 1967
- [2.] LEBKÜCHNER, R. F. (1968): Bericht über die Asphaltitvorkommen von Siirt/Şirnak- Aufschlussarbeiten 1967 im Milli Sector
- [3.] ORHUN (1969): Characteristic properties of the asphaltitic substances in SE Turkey, their degrees of metamorphism and their classification problems
- [4.] LEBKÜCHNER, R. F. (/): Occurrences of the asphaltitic substances in SE Turkey and their genesis.
- [5.] ALTINLI, I.E. (/): Geology of E and SE Anatolia
- [6.] KAVAK et al., (2010): Organic geochemical characteristics of Simak Asphaltites in SE Anatolia, Turkey
- [7.] PRINZ, P & STRAUß, R. (2006): Abriss der Ingenieurgeologie 4., bearbeitete und erweiterte Auflage. Elsevier GmbH, München.
- [8.] WITTKÉ, W. (1984): Felsmechanik: Grundlagen für wirtschaftliches Bauen im Fels. Springer Verlag
- [9.] FICHTNER MINING & ENVIRONMENT (2014): Milli Asphaltite Phylon, Turkey – Resource Evaluation Report
- [10.] SCHMIDT, H.-H. & VOGT-BREYER, C. (2014): Grundlagen der Geotechnik, 4. Auflage. Springer Verlag, Wiesbaden
- [11.] N. N. (2007): Skriptum Felsmechanik und Tunnelbau; TU Graz
- [12.] ALBER, M. (2008): Skript Baugrunderkundung; Ruhr-Universität Bochum, Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik – AG Ingenieurgeologie