



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

M.-Sc. Angewandte Geologie David Niggemann, Dipl.-Geologe Michael Mackenbach, Dipl.-Geologe/EurGeol Nikolaus Linder, Essen*

In der Nähe der Stadt Şırnak im Südosten der Türkei, in der Nähe des Dreiländerecks Syrien, Türkei und Irak plant ein türkischer Energiekonzern die Errichtung eines thermischen Kraftwerks, 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 der Fichtner Mining & Environment (FME) ist dabei neben der Asphaltit-Hauptlagerstätte Avgamasya eine 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.

M.-Sc. Angewandte Geologie David Niggemann

Abteilung Mining & Environment (FME)
Fichtner Water & Transportation GmbH (FWT)
Dreilindenstr. 84
45128 Essen
Tel.: +49-201/125 289-80
Fax: +49-201/125 289-81
Mobil: +49-176/188 505 92
E-Mail: david.niggemann@fwt.fichtner.de
Internet: www.fwt.fichtner.de

Dipl.-Geologe Michael Mackenbach
Abteilung Mining & Environment (FME)
Fichtner Water & Transportation GmbH (FWT)
Dreilindenstr. 84
45128 Essen

Tel.: +49-201/125 289-80
Fax: +49-201/125 289-81
Mobil: +49-176/188 505 92
E-Mail: michael.mackenbach@fwt.fichtner.de
Internet: www.fwt.fichtner.de

Dipl.-Geologe/EurGeol Nikolaus Linder
Abteilung Mining & Environment (FME)
Fichtner Water & Transportation GmbH (FWT)
Dreilindenstr. 84
45128 Essen

Tel.: +49-201/125 289-80
Fax: +49-201/125 289-81
Mobil: +49-176/188 505 92
E-Mail: nikolaus.linder@fwt.fichtner.de
Internet: www.fwt.fichtner.de



Bild 1: Der erkennbare Geländeeinschnitt des Abbaus zur Asphaltit-Lagerstätte Milli

Bergbauliche Geschichte

Die Milli Asphaltit Lagerstätte befindet sich ca. 8 km südöstlich der Stadt Şırnak im Südosten der Türkei. Die Lagerstätte befindet sich auf einer Höhe von ca. 950 bis 1.350 m ü. NN. Das Gebiet ist unbesiedelt und über Schotterstraßen zu erreichen (Bild 1).

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 mehrerer Studien wurden Kernbohrungen abgeteuft, mehrere Schürfe angelegt und eine geologische Kartierung sowie darauf aufbauend eine Charakterisierung der Lagerstätte und eine Ressourcenabschätzung durchgeführt.

Heutzutage sind zu der Lagerstätte Milli zwei größere Tagebaue im Gelände sichtbar (Bild 1), jeweils mit einer Länge von ca. 400 bis 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 bis 85° auf, ohne dass geeignete Sicherungsmaßnahmen



Bild 2: Aufarbeitung der Keilhauen in Asphaltitöfen

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 Keilhauen (die Vor-Ort in Asphaltitöfen aufgearbeitet werden, Bild 2).

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 Förderkübeln aus geöffneten Plastiktonnen mit dieselgetriebenen Seilwinden (Bilder 3 und 4). Der zu



Bild 3: Typische Geländesituation



Bild 4: Materialförderung („Förderturm“)



Tage geförderte Asphaltit wird auf Kleinlastern 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 beißt 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 bis 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 Bohrkerns.

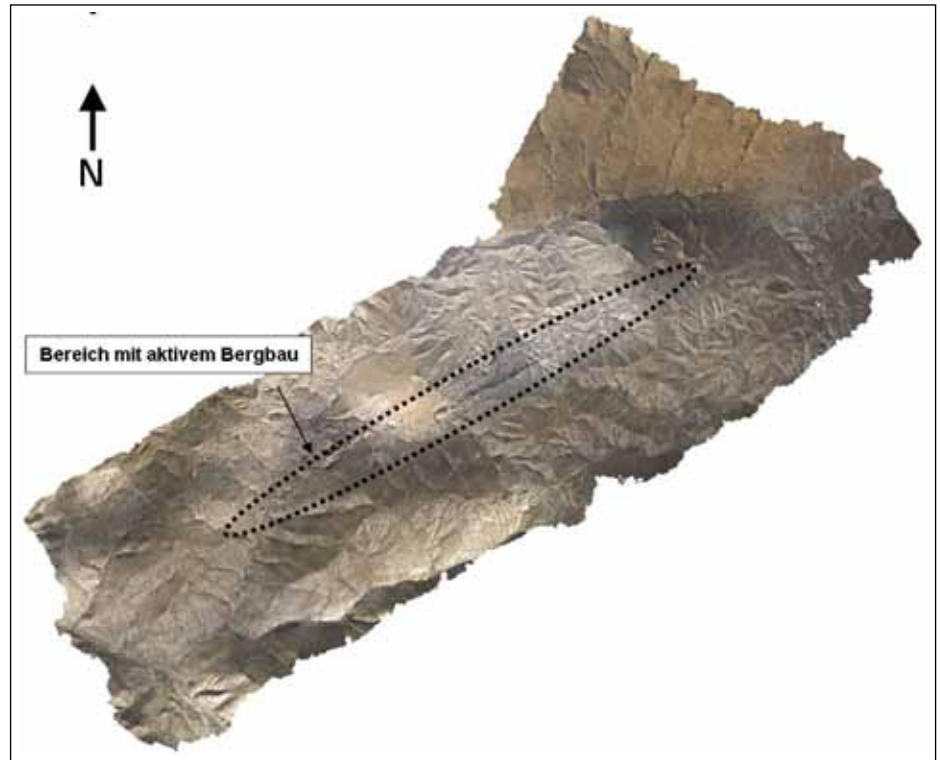


Bild 5: Luftbild des Projektgebietes (3D-Modell)

- Aufnahme von älteren Rutschungsereignissen.

Die Zielsetzung bestand darin, eine Abschätzung der Asphaltitressourcen und geotechnische Voruntersuchungen durchzuführen die als Grundlage für eine ggf. später auszuarbeitende Machbarkeitsstudie dienen.

Luftbildaufnahme/ Digitales Geländemodell

Im Dezember 2012 wurde eine Überfliegung des Geländes zur Erstellung eines digitalen Geländemodells (DTM) durchgeführt.

Ein hochauflösendes Luftbild ist in Bild 5 dargestellt. Insgesamt wurde dabei aus ei-

ner 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.

Erkundungsbohrungen

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 7.580 m abgeteuft. Die Bohrlochlängen variierten zwischen 130 m und 300 m. Der Verlauf der Bohrlöcher wurde dabei mit Fluxgate Magnetometern vermessen.

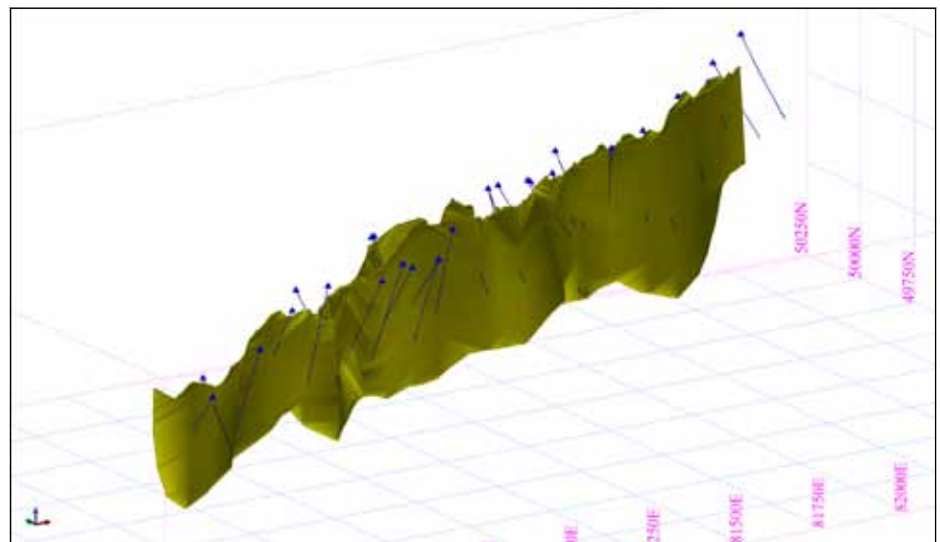


Bild 6: 3D-Darstellung des modellierten Asphaltitkörpers



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/Ressourcenabschätzung

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 daraufhin eine Ressourcenberechnung durchgeführt (Bild 6). 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 (ca. 15 bis 20 Mio. t Asphaltitressourcen).

Bergbau

Das Gelände ist generell stark von Altbergbau bzw. aktivem Kleinbergbau ge-



Bild 7: Beispiel eines Wetterschachtes

prägt. Die durchgeführte vorläufige Abschätzung der Asphaltitressourcen lieferte durchaus vielversprechende Ergebnisse. Die wirtschaftliche Abbauwürdigkeit der Lagerstätte ist jedoch noch im Detail zu überprüfen^[9]. Der Aufbau eines professionellen großmaßstäblichen Bergbaubetriebes bedarf umfangreicher weiterer Untersuchungen und Planungen.

Eine machbare bergmännische Herangehensweise wäre, die vorhandenen stillgelegten Tagebaubereiche zu reaktivieren und im großmaßstäblichen Abbau die Produktion zu erweitern. Aufgrund der Form des Asphaltitkörpers und der Geländemorphologie müssten dafür jedoch die Felsböschungen abgeflacht werden und dementsprechend erhebliche Mengen an Festgestein gelöst und transportiert werden. Die dadurch entstehenden Kosten lassen zumindest vorläufig einen Tagebaubetrieb unwirtschaftlich erscheinen.

Der aktive Kleinbergbau wird scheinbar weitgehend unreguliert durchgeführt und erlaubt nur eine Produktion von verhältnismäßig geringen Mengen Asphaltit. Die Planung eines professionellen untertägigen Abbaus würde umfangreiche weitere Unter-

suchungen erfordern und die Stilllegung der vorhandenen mangelhaft gesicherten Schächte, Stollen und Strecken erfordern.

Gefährdungspotentiale

- Insgesamt wurden auf dem Gelände 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.

Im April 2013 waren ca. 10 bis 12 Schächte auf dem Gelände in Betrieb. Zahlreiche weitere abgeworfene Schächte befinden sich auf dem Gelände. Sowohl die aktiven als auch die abgeworfenen Schächte verfügten überwiegend über keinen Ausbau und waren in keiner Weise gegen Zutritt gesichert (z. B. mittels Einzäunung oder Abdeckung). Soweit vorhanden, bestand der Ausbau der Schächte aus Holzgeflecht (Bild 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.

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° (Bild 8). Das anstehende Festgestein besteht überwiegend aus massigen Kalksteinen, Mergel und Dolomiten. Die Schichtflächen des Kalksteins sind dabei annähernd horizontal orientiert, mit orthogonal orientierten Klufscharen (Bild 9).

Die anstehenden Mergel und Schiefergesteine der Germav-Formation sind überwiegend stark zerrüttet. Im Zuge einer weitgehenden geotechnischen Einschätzung, ist somit zu empfehlen, das Risiko von Hangrutschungen bzw. Felsstürzen in der Germav-Formation abzuschätzen, in der Üçkiraz-Formation ist hingegen eher 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 Rutschun-

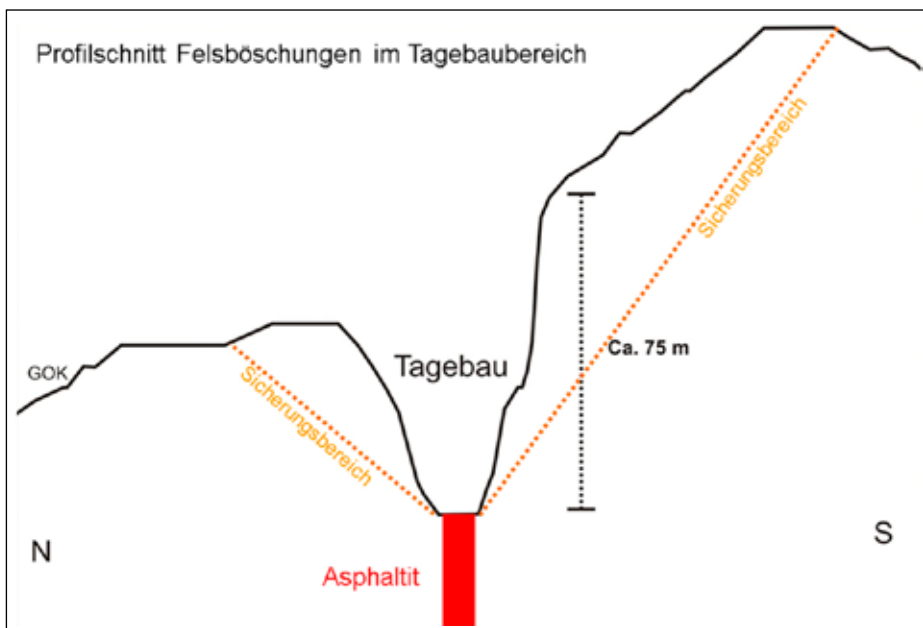


Bild 8: Typischer Profilschnitt der Geländeoberfläche im Tagebaubereich



gen und insbesondere die Beobachtung eines Felssturzes im September 2013 verdeutlichen dieses Risiko (Bilder 9 bis 11).

Felssturz

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 (Bild 12). Es waren drei Todesopfer zu beklagen, ein Schwerverletzter konnte aus dem zerstörten LKW geborgen werden.

Fazit

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die technische Machbarkeit eines industriellen Bergbaubetriebes der untersuchten Lagerstätte grundsätzlich gegeben ist, die wirtschaftliche Machbarkeit jedoch aufgrund der Gegebenheiten zunächst zweifelhaft erscheint. 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 Gebiet erforderlich, u. a.:

- Untersuchung der hydrologischen und hydrogeologischen Situation.
- Bohrungen, Laborversuche, etc. im Rahmen eines detaillierten geotechnischen Untersuchungsprogramms
- Zusätzliche geologische Erkundungsbohrungen um die Zuverlässigkeit des geologischen Modells zu erhöhen.

Darüber hinaus ist jedoch festzuhalten, dass der umgehende Kleinbergbau dringend einer Reglementierung bedarf. Zahlreiche Gefährdungspotentiale waren augenscheinlich und es ist dementsprechend zu empfehlen, Sicherheitskonzepte zu entwickeln, um ein Mindestmaß an Arbeits- und Gesundheitsschutz für die dort tätigen Personen zu gewährleisten.

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

- Abdecken der Schächte zur Vermeidung von Abstürzen
- Aufweitung und Ausbau der Schächte
- Einbau von sicheren Seilfahrteinrichtungen.

Dringend angeraten sind ebenso Sicherungsmaßnahmen der Festgesteinsböschungen. Die Böschungswinkel sind bis zu ca. 85° deutlich zu steil. Nicht zuletzt verdeutlicht der im September 2013 abgegangene Felssturz den Handlungsbedarf.



Bild 9: Tageaubereich (Kalksteine der Üçkiraz-Formation)



Bild 10: Schacht, Felssturzmassen im Hintergrund



Bild 11: Detail des Luftbildes, Ausweitung von senkrechten Klüften als Standsicherheitsrisiko



Bild 12: Felssturz im September 2013

(©AFP/Getty Images)

Als durchzuführende Sicherungsmaßnahmen der Felsböschungen kommen als Einzelmaßnahmen oder in Kombination in Frage:

- Abflachen der Böschungswinkel / Einbau von Bermen
- Einsatz von Gebirgsankern und Anker-matten
- Verfüllung der Tagebaue
- Hangmonitoring.

Aufgrund der aktuellen politischen Entwicklungen in der Türkei im Allgemeinen und in der Umgebung des Projektgebietes im Speziellen ist unabhängig davon jedoch zunächst nicht davon auszugehen, dass das Projekt in der näheren Zukunft voran getrieben werden wird.

Quellenverzeichnis:

- [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 metamorphosis and their classification problems
- [4.] *Lebküchner, R. F. (I):* Occurrences of the asphaltitic substances in SE Turkey and their genesis.
- [5.] *Altinli, I.E. (I):* Geology of E and SE Anatolia
- [6.] *Kavak et al., (2010):* Organic geochemical characteristics of Şirnak Asphaltites in SE Anatolia, Turkey
- [7.] *Prinz, P & Strauß, R.* (2006): Abriss der Ingenieurgeologie 4., bearbeitete und erweiterte Auflage. Elsevier GmbH, München.
- [8.] *Wittke, 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