
Geo-Search 1 s.r.o.

Lizenzfeld

Zemplinska Teplica

Geologische Beurteilung des Feldes hinsichtlich seiner Nutzung als
Heißwasservorkommen für die Errichtung eines Wärmekraftwerkes
zur Stromerzeugung in der Ostslowakei.

Dr. phil. Helmuth Peer

Ingenieurkonsulent für Technische Geologie

SV für Hangrutschungen

Langgasse 17

8700 Leoben

Tel: 03842/44499 Fax: 03842/46304

E-MAIL: peer@geotech.co.at

WEB: www.geotech.co.at



Mittwoch, 25. August 2010

1 Original

5 Ausfertigungen

5. Ausfertigung, 1 CD

Auftraggeber:

Technisches Büro Dr. mont. Hans Kürzl

Umwelttechnik und Erneuerbare Energie

Sternberggasse 30

8793 Trofaiach

INHALT

| | | |
|-----|--------------------------------------|----|
| 1 | Ausgangslage..... | 3 |
| 2 | Projektdefinition | 4 |
| 3 | Geologie des Lizenzfeldes | 6 |
| 3.1 | Zusammenfassung | 8 |
| 4 | Bohrungen | 8 |
| 5 | Hydrogeologie..... | 9 |
| 6 | Seismik | 11 |
| 6.1 | Störungszonen..... | 11 |
| 7 | Zusammenfassung und Empfehlung | 14 |
| 8 | Literatur..... | 14 |
| 9 | Weiterführende Literatur | 15 |

nähert sich mehr der Theorie als der Natur. Die Streichrichtung der Systeme SYS-1 und SYS-2 ist Südwest-Nordost, die Richtung von SYS-3 und SYS-4 ist Nordwest-Südost. Die Streichrichtungen der Störungszonen bilden einen Winkel von 90°. Das ist in dieser Form in einem tektonisch angelegten Scherflächensystem nicht möglich.

| | | |
|---------|---|----|
| Abb. 7: | Das Stereogramm zeigt die Orientierung von 99 Störungen als Großkreise. Die Störung der Flächen entsteht durch die unscharfen Angaben bei den Streichrichtungen (z. B. SW – WSW, E-ESE). | 11 |
| Abb. 8 | Histogramm der Versetzungsbeträge von 74 Störungen im Ostslowakischen Becken. | 12 |
| Abb. 9 | 50% der Versetzungsbeträge liegen zwischen 80 m und 200 m. Der Minimalwert ist 30 m. 95 % der Daten liegen zwischen 80 m und 300 m. Nur 5 Störungen weisen einen Versetzungsbetrag von > 400 m auf. | 12 |
| Abb. 10 | Histogramm der Störungslängen. | 13 |
| Abb. 11 | Der Median der Störungslängen von 15 km zeigt, daß es sich dabei um große Bruchflächen handelt. Eine Auswertung hinsichtlich ihrer Wasserführung erfolgte nicht. | 13 |
| Abb. 12 | Histogramm der Tiefenstreckung der Störungen. Die beiden 12 km tief reichenden Störungen sind unglaubwürdig. Die Störungen zeigen die maximale Reichweite der seismischen Erkundungen. | 13 |
| Abb. 13 | Korrelation zwischen Länge und Versetzungsbetrag der Störungen. Das Diagramm zeigt eine schwache Zunahme des Versetzungsbetrages bei zunehmender Ausblämlänge der Störung. | 13 |

Abbildungen

| | | |
|---------|---|----|
| Abb. 1: | Die Einheiten 1, 2, 3 werden entlang eines Nord-Süd verlaufenden Bruches abgeschnitten. 1 = Paläogen der Inneren Karpaten, 2 = Veporikum, 3 = Gemerikum, 4 = neogene Vulkanite der Slanske vrchy, 5 = neogene Beckenfüllung. LF-2 = Lizenzfeld Zemplinska Teplica. Ausschnitt aus der Tafel III-3, Atlas of Geothermal Energy (1995). | 7 |
| Abb. 2: | Einige Schichtflächen in den Vulkaniten der Slanske Vrchy. Die Flächen fallen flach nach Norden, Westen und Südwesten ein. Eine Interpretation ist derzeit nicht möglich. | 7 |
| Abb. 3: | Quellschüttungen entlang des Ostrand der Slanske vrchy. Ausschnitt aus der Tabelle 31, Atlas of Geothermal Energy, Seite I-89. | 10 |
| Abb. 4: | Ergiebigkeiten von miozänen Sanden der Beckenfüllung. Aus: Atlas of Geothermal Energy, Fig. 3b, Seite I-56. | 10 |
| Abb. 5: | Ergiebigkeiten in erbohrten Felsformationen des Beckenuntergrundes. Aus: Atlas of Geothermal Energy, Fig. 3c, Seite I-56. | 11 |
| Abb. 6: | Das Stereogramm zeigt die Flächenpole von 99 Störungen. Die Orientierung der Störungen ist zu abstrakt, um den Gegebenheiten einer tektonischen Zerrtektonik zu entsprechen. Das System SYS-1 und SYS-2 steht senkrecht aufeinander. Diese Anordnung gibt es in der Natur für Scherzonen nicht. Der Winkel zwischen konjugierten Normalverwerfern liegt zwischen 40 – 60° (Ramsey & Huber, 1987, p. 513). Das System SYS-3 und SYS-4 bildet einen Winkel von 80° zueinander. Auch diese Symmetrie | |

Tabellen

| | | |
|------------|--|----|
| Tabelle 1: | Verbreitung des Mesozoikums im Beckenuntergrund östlich Kosice nach dem Geothermischen Atlas (1995, Tafel III-127 bis III-134) | 8 |
| Tabelle 2: | Ergiebigkeiten von Bohrungen mit Pumptests. Aus: Atlas of Geothermal Energy, Tab. 34, Seite I-90. | 11 |

Tafeln

| | | |
|---------|---|--|
| Tafel 1 | Geologische Karte Übersicht 1:100.000 | |
| Tafel 2 | Beispiel für die strukturgeologische Interpretation eines seismischen Profils | |
| Tafel 3 | Übersicht über die Verbreitung von Bruchlinien im Untersuchungsgebiet | |
| Tafel 4 | 3D-Geländemodell für die Umgebung des Lizenzfeldes | |
| Tafel 5 | Ausschnitt der geologische Karte für das Gebiet des Lizenzfeldes | |
| Tafel 6 | Übersicht der Kohlenwasserstoffbohrungen im Ostslowakischen Becken | |

Anhang 1

Bescheidmäßige Bewilligung des Lizenzfeldes im
Original und in deutscher Übersetzung

Anhang 2

CD mit Projektdaten

1 Ausgangslage

Der vorliegende Bericht befaßt sich mit dem hydrothermalen Potential des Lizenzfeldes Zemplinska Teplica in der Ostslowakei.

Es befindet sich am Südostrand des Slanske Vrchy Höhenrückens. Der höchste Punkt mit SH 855 m in dieser Gegend ist der Bogota. Die Lizenz umfaßt eine Fläche von 13,5 km².

Die geologischen Untersuchungsarbeiten für das Feld wurden mit Bescheid im Jahr 2009 durch das slowakische Umweltministerium, Fachabteilung Geologierecht, genehmigt.

Der Bescheid liegt in deutscher Übersetzung vor (siehe Anhang 1).

Zu Projektbeginn stand nur die Studie der GEOCOM s.r.o. vom März 2008 zur Verfügung, nämlich:

Janocko, J. & Jacko, St., 2008: Geothermal potential of the East-Slovakian Basin.- 69 p., 28 Figs., 7 Tabs.

Vor diesem Bericht gab es bereits eine Studie einer Firma namens *Enex Trebisov s.r.o mit dem Titel: Geothermal District Heating Trebisov. Pre-Feasibility Study.- February 2007, Version 1.4, 91 Seiten.*

Auf diese Studie, die sich auf Seite 11 bis 14 mit der Geologie und auf Seite 14 bis 18 mit der Geothermie beschäftigt, wird nicht eingegangen, weil die darin vorhandenen geologischen Informationen als wenig brauchbar eingestuft wurden.

Die Studie der GEOCOM s.r.o. vermittelte hingegen einen ersten Eindruck über die geologischen und geothermischen Gegebenheiten des Gebietes östlich Kosice. Sie ließ vermuten, daß umfangreiche Daten und Beurteilungen hinsichtlich der geothermalen Nutzung vorhanden sind.

Sie enthält aber keine näheren Details über Gesteinstypen, vor allem aber fehlen überprüfbare Angaben der darin aufgezählten Fakten.

Zum Beispiel sind die Ergebnisse der zahlreichen Explorationsbohrungen auf Kohlenwasserstoffe in der neogenen Beckenfüllung nur in stratigraphischen Einheiten (Karpat, Baden, Sarmat, etc.) angegeben, nicht aber in lithologischen Bezeichnungen wie Sand, Sandstein, Schluff, Ton, Schotter.

Auch sind im Bericht der GEOCOM keine Koordinaten der Bohrungen vorhanden, die deren genaue geographische Lagebestimmung ermöglicht hätten.

In der Studie fehlen Angaben über die angetroffenen hydrogeologischen Parameter wie Porosität, hydraulische Leitfähigkeit, Speicherkapazität, Transmissivität, etc. der durchbohrten Schichten.

Das Bruchsystem des ostslowakischen Beckens (GEOCOM Fig. VII, Seite 14) ist nur schematisiert dargestellt. Es ist bezüglich seiner Position und Orientierung (Einfallswinkel, Streichrichtung, Versetzungsbeträge und Versetzungsrichtung) nicht überprüfbar. Die tektonische Struktur des Beckens konnte daraus jedenfalls nicht nachvollzogen werden.

Besonders der für ein Geothermieprojekt wichtigste Teil des Beckens – der vortertiäre Untergrund – blieb unberücksichtigt.

Um die Lage des Lizenzfeldes in Beziehung zu den vorhandenen Informationen der GEOCOM zu bringen, mußten die Abbildungen mit geographischen Angaben aus dem GEOCOM-Bericht gescannt, digitalisiert, mit dem slowakischen Koordinatensystem geo-referenziert und anschließend mit Google Earth verknüpft werden.

Erst in dieses geographische System konnten nun die relevanten Daten des Geocom-Berichtes übertragen werden.

Die Auswertung des GEOCOM-Berichtes ergab schließlich, daß mit den darin enthaltenen Informationen und Daten kein Modell des Beckenuntergrundes, und speziell für das Lizenzfeld, erstellt werden konnte.

Für eine erste geologische Einschätzung der Lizenz wären grundsätzlich folgende Informationen notwendig gewesen:

- Topographische Karten
- Geologische und tektonischen Karten
- Koordinaten von wichtigen Explorationsbohrungen
- Projektberichte und Auswertungen von diesen Bohrungen
- Hydrologische Parameter der Beckensedimente und seiner Basis
- Temperaturangaben in den Bohrungen
- Zuflußmengen in die Bohrungen.

Aber auch dann wäre es fraglich geblieben, ob ohne Kenntnisse der geotechnischen und strukturgeologischen Parameter des Beckens und seines Untergrundes eine Bewertung der Lizenz möglich geworden wäre.

Im Falle einer idealen Datenmenge aus der Kohlenwasserstoffexploration hätten zusammengefaßt folgende Punkte ausgearbeitet werden können:

- Erstellung eines digitalen dreidimensionalen Modells des Geländes
- Darstellung der verfügbaren Explorationsbohrungen in 3D zur Definition der Becken-

- füllung und des Beckenuntergrundes
- Definition von Leithorizonten für strukturgeologische Interpretationen
- Übertragung der bekannten Störungssysteme auf das Landschaftsmodell
- Projektion der Störungsflächen in die Tiefe mit begleitender Kontrolle durch die Ergebnisse aus den Explorationsbohrungen
- Auswertung der seismischen Profile und Korrelation mit den lithologischen Profilen der Explorationsbohrungen
- Aufnahme und Analyse der Trennflächensysteme in Sandgruben und Steinbrüchen in der Umgebung der Lizenzfelder und Vergleich mit dem Störungsmuster der seismischen Interpretation.

Als Explorationsziel einer Heißwasserbohrung für ein geothermisches Kraftwerk in den bestehenden geologischen Umfeld kommen nur Aquifere in verkarsteten Karbonaten (Kalken und Dolomiten des Beckenuntergrundes) in Frage, weil nur sie a) die benötigte Wassermenge gespeichert haben können und b) eine kontinuierliche Versorgung von der Oberfläche her garantiert ist.

Ob Kluftwasser oder Wasser in Störungen in einem Vulkanit oder vulkanischen Komplex ausreichen, ein Geothermiekraftwerk zu versorgen, bedarf einer gesonderten Studie.

Bohrungen, Obertagegeologie und Seismik ergänzen sich gegenseitig und sollten letztendlich zu einer Beurteilung des Grundwasserspeichers hinsichtlich seines geothermischen Potentials führen.

Ein definiertes Ziel kann aber aus Datenmangel oder aus Informationsmangel nicht erreicht werden. Im Fall der vorliegenden Projektstudie handelt es sich um beides. Der Informationsmangel über den Datenmangel fällt auf.

Östlich des Feldes blieben alle Bohrungen, die seinerzeit in einer noch vertretbaren Entfernung vom Lizenzfeld durchgeführt worden waren, in der neogenen Beckenfüllung. Sie sagen somit nichts über die geothermale Höffigkeit des Lizenzfeldes aus.

Der Wert, die Machbarkeit und die Lebensdauer eines geothermischen Nutzungssystems stehen und fallen mit dem Grad der Kenntnis des geologischen Untergrundes und seiner Eigenschaften. Das sind:

- Geologischer Bau, Schichtfolge, Gesteinstypen, Lage von Störungen
- Tektonische Verhältnisse (Zerrtektonik, Kompressionstektonik)
- Tiefenlage der thermalen Kluft- oder Karst-

grundwasserleiter

- Mächtigkeit des Grundwasserleiters
- Hydrochemie der tiefen Wässer, Gasgehalte
- Thermische Eigenschaften
- Hydraulische Eigenschaften.

Somit war es Ziel der vorliegenden Studie, Informationen zu den oben aufgezählten Punkten zu beschaffen und hinsichtlich ihrer Aussagekraft und Verwertbarkeit zu überprüfen.

Die Sprachbarriere erwies sich als besonders hinderlich, weil sie den Zugang zur slowakischen geologischen Literatur verwehrte.

2 Projektdefinition

Für die Nutzung geothermaler Energie und ihre Erschließung ist vereinfacht die geologische Analyse von vier Punkten notwendig:

- 1) Nachweis einer Wärmequelle bis maximal 4000 m Tiefe.
- 2) Wirtschaftlich vertretbare Gewinnung von heißem Wassers aus dieser Wärmequelle.
- 3) Nutzung des an die Erdoberfläche transportierten heißen Wassers zur Stromerzeugung und/oder für Fernwärme.
- 4) Rückführung des abgekühlten Wassers in den Untergrund.

Grundsätzlich wäre es aus wirtschaftlichen Gründen wünschenswert, daß jedes Geothermieprojekt, welches ein Wärmekraftwerk zum Ziel hat, zwei Bedingungen erfüllt, nämlich:

- 1) Die Temperatur sollte größer als 100° sein;
- 2) Die nutzbare Wassermenge sollte mindestens 100 l/s betragen.

Das derzeit modernste geothermische Kraftwerk steht in Unterhaching bei München.

Es ist im Juni 2009 in Betrieb gegangen (Projektetails siehe: www.geothermie-unterhaching.de).

Die durchschnittliche Stromversorgung beträgt 3,36 Megawatt elektrisch.

Die Gesamtleistung der Wärmeversorgung im Endausbau wird mit ca. 70 Megawatt thermisch beziffert.

Dafür wurden 2 Bohrungen mit Längen von 3350 m und 3580 m abgeteuft.

Mit der ersten Bohrung wurden Wassertemperaturen

von 122° C mit einer Schüttung (nach einer Drucksäuerung) von 150 l/s angetroffen.

Die zweite, als Injektionsbohrung geplante Bohrung, stieß auf 133° C heißes Wasser bei einer Schüttung von ebenfalls 150 l/s.

Das wasserführende Gestein ist ein stark verkarsteter Kalk (Malmkalke des Oberjura) des Bayrischen Molassebeckens.

Durch die hohe Explorationsdichte an Erdöl- und Erdgasbohrungen in diesem Gebiet (ca. 500 zwischen 1000 m und 6000 m) liegt die Fündigkeitswahrscheinlichkeit bei einer Bohrung bei über 90 %. Die geologisch-hydrologischen Bedingungen von Unterhaching sollen daher im vorliegenden Bericht als Leitfaden für die Bewertung der Lizenz herangezogen werden.

Somit definieren nur zwei physikalische Größen die Fündigkeit und den wirtschaftlichen Erfolg:

Temperatur und Ergiebigkeit.

Ist einer der beiden Voraussetzung nicht vorhanden, ist das Projekt fehlgeschlagen.

So konnte in der ersten Bohrung von Unterhaching nur eine Schüttung von 4 l/s erreicht werden.

Das Projekt hätte, trotz der bereits angefallenen Kosten von etwa 5 Millionen Euro, eingestellt werden müssen.

Durch Drucksäuerung konnte die Ergiebigkeit jedoch um das 37-fache auf 150 l/s gesteigert werden.

Erst das sicherte den wirtschaftlichen Erfolg des Projektes (siehe:

www.roedl.de/upload/PMC_Erneuerbare_Energien_d_e_2366.pdf, S. 15).

Das Thema der vorliegenden Studie konnte somit nur eine geologische, strukturgeologische und hydrogeologische Bestandsaufnahme der vorhandenen Daten sein.

Die slowakischen Archive wurden mit Unterstützung von Herrn Prof. Juraj Janocko von der Universität von Kosice auf folgende Informationen durchforstet:

- Ergebnisse von Explorationsbohrungen der Erdölindustrie im Umkreis des Lizenzgebietes
- Seismikprofile, die Rückschlüsse auf den geologischen Untergrund des Thermalfeldes zulassen
- Geologischer Aufbau des Untersuchungsgebietes aus Bohrungen sowie durch Projektion der Oberflächengeologie in die Tiefe
- Geotechnische Gesteinseigenschaften (Gesteinstyp, Trennflächensystem, etc.)
- Temperaturverteilung mit zunehmender Tie-

fe

- Tiefenlage und Mächtigkeit des Hydrothermalsystems und seiner hydraulischen Parameter
- Mögliche Fördermengen durch Interpretation der Wegsamkeiten (Kluft- und Störungssysteme) im Gestein.

Der erste Anhaltspunkt war der GEOCOM-Bericht aus dem Jahr 2008, in weiterer Folge dann der „Atlas of Geothermal Energy of Slovakia (1995), nachfolgend kurz als „Atlas“ bezeichnet.

Die darin enthaltenen Karten und Abbildungen des Untersuchungsgebietes betreffend wurden gescannt, digitalisiert und in das slowakische Koordinatensystem übertragen.

Die exakten Bohrkoordinaten wurden nachträglich von Herrn Prof. J. Janocko, Universität von Kosice geliefert und in die Karte Tafel 1 eingetragen (siehe auch Tafel 4).

Die Koordinaten wurden für die Georeferenzierung der geologischen und hydrothermalen Karten aus dem Atlas herangezogen.

Jede vorhandene und zur weiteren Verwendung übermittelte Information, sei es eine seismische Linien, Bohrpunkte, Bruchlinien, Interpretationen des Beckenuntergrundes gab es nur auf Papier, in unterschiedlichen Maßstäben und vor allen in unterschiedlichen digitalen Formaten übermittelt (CorelDraw, Wordfiles, JPG, PDF).

Allen diesen Abbildungen und Formaten ist aber einiges gemeinsam: Sie sind für eine Plandarstellung, die auf dem slowakischen Koordinatensystem aufgebaut, unbrauchbar.

Bereits die geographische Positionierung des Lizenzfeldes mit seinen Eckpunkten, die im slowakischen Vermessungssystem definiert sind, war nicht einfach, da keine Karten mit diesem Koordinatensystem zur Verfügung standen.

Da seitens der slowakischen Informationsquellen keine topographische Karte in einem üblichen Papierformat zur Verfügung gestellt worden war, mußte mit Hilfe von Google Earth und einer Software, die Google Earth-Bilder importieren kann, die importierten Bilder mit Längen- und Breitenangaben in das slowakische System transformiert werden.

Erst dadurch konnte zum Beispiel die Lage des Lizenzfeldes zu den Bohrungen bestimmt werden.

Ebenso mußten die Abbildungen des GEOCOM-Berichtes gescannt und anschließend georeferenziert werden, um sie in einen geographischen Bezug zu den anderen Daten bringen zu können.

Eine der wesentlichen Vorarbeiten war es daher, al-

le diese Informationen vom Papierformat in das gängige DWG-Format von Autodesk überzuführen. Ein Teil der Daten wurde auch in einem geographischen Informationssystem gespeichert (www.manifold.org), aber im Zuge des Projektfortschrittes als für nicht optimal hinsichtlich des Projektschwerpunktes eingestuft und daher nicht weitergeführt.

Sehr rasch zeigte sich, daß eigentlich keine brauchbaren und auswertbaren geologischen und hydrogeologischen Informationen vorhanden waren.

Die Bohrpunkte der seit Jahrzehnten durchgeführten Kohlenwasserstoffexploration im ostslowakischen Becken erwiesen sich nach Übertrag in ein einheitliches Koordinatensystem vom Lizenzfeld als zu weit entfernt, um geologisch-tektonische Beziehungen herstellen zu können.

Außerdem konnte sehr rasch der überwiegende Teil dieser Bohrungen als „nicht brauchbar“ klassifiziert werden, weil diese Bohrungen nur die neogenen Beckenfüllung erbohrt hatten, die aber wegen ihrer geringen Speicherkapazität von Grundwasser ohnehin für ein geothermische Kraftwerk nicht in Frage kam.

In Anbetracht nur der Bohrkosten allein, die bei einer vertikalen 3000 m tiefen Bohrung bei etwa 3 bis 5 Millionen Euro liegen (Erfahrung aus dem Projekt Unterhaching), ist es dieses Fündigkeitsrisiko, welches für die Erschließung der Tiefengeothermie eine gründlich durchdachten Wirtschaftlichkeit des Projektes benötigt. Dafür muß der Projektant eine hohe Investitions- und Risikobereitschaft aufbringen, weil die Fündigkeit eines Thermalfeldes erst nach dem Abteufen der Bohrung feststeht.

Reichen die strukturgeologischen, felsmechanischen, hydrogeologischen und hydraulischen Daten des Speichergesteins in Tiefen von mehr als 2500 m für eine Modellierung des Untergrundes nicht aus, können keine, auch nur halbwegs gesicherten Aussagen, über die Erfolgsaussichten einer Heißwasserbohrung geliefert werden.

3 Geologie des Lizenzfeldes

Das Lizenzfeld erstreckt sich am Südostausläufer des 855 m hohen Bogota.

Im Zentrum des Feldes liegt die Ortschaft Zemplinska. Die nächstgelegene Bohrung ist 6 km weiter im Nordosten (SEC-2), eine weitere liegt 7,5 km im Südosten (ZIP-1).

Von der SEC-2 (auch Se-2 benannt) ist nur bekannt,

daß sie über ihre Gesamtlänge von 3210 m die sedimentäre Beckenfüllung durchbohrte (GEOCOM, S. 35; hier als SECOVCE-2 (Se-2) bezeichnet)). Über die ZIP-1 gibt es, außer daß sie existiert, keine Informationen.

Das seismische Profil 536/85 quert in SW-NO Richtung knapp außerhalb des Lizenzfeldes das Gebiet (GEOCOM Fig. XVI S. 28 und Fig. XVIII S. 43).

Die Seismik zeigt ein Horst- und Grabensystem. Die Schichtung steigt nach Nordosten flach an. Vulkanite fehlen. Die Ordinate zeigt TWT-Einheiten (two-way travel time) und keine Tiefenangaben in Meter. Im Profil NW-SO Profil 543/74 im Nordosten des Feldes liegt die Unterkante des Beckens in einer Tiefe von ca. 4300 m.

Im Südwesteck des Feldes ist in 3000 m Tiefe vielleicht noch der östlichste Rand der mesozoischen Karbonate anzutreffen (siehe Tafel 1). Von hier bis zur Bohrung SEC2 sind es 8,5 km. Diese Entfernung ist zu groß, um von dieser Bohrung oder den Bohrungen im Bereich von Trebesov (Entfernung 12 km) über den vortertiären Felsverband unterhalb des Lizenzfeldes auch nur annähernd etwas aussagen zu können.

Die zentrale Frage lautet:

Gibt es unterhalb des Lizenzfeldes heißes Wasser in wirtschaftlich gewinnbarer und ausreichender Menge?

An Hand der zahlreichen bekannten Informationen über die Erkundung von Heißwasservorkommen in Deutschland kann nur eine verkarstete Kalk- oder Dolomitlage in entsprechender Mächtigkeit dafür die Voraussetzung liefern.

Die Verbreitung der obertriadischen Kalke und Dolomite in der Umgebung von Kosice ist daher für die Beurteilung des Lizenzfeldes hinsichtlich der Wasserspeicherkapazität wichtig.

Entlang einer Nord-Süd-verlaufenden tektonischen Bruchlinie, die von Presov im Norden bis Kosice im Süden reicht, werden die Gesteinszüge der Inneren Karpaten jäh abgeschnitten, in die Tiefe versetzt und von tertiären Sedimenten überlagert (Abb. 1).

Die Sprunghöhen sind unbekannt.

In den Profilen im Geothermischen Atlas (Seite III-139, III-140) läßt sich keine ausgeprägte Horst- und Grabenstruktur (Zerrtektonik) erkennen.

Triadische Karbonate treten nur im Nordwesten von Kosice auf. Die Tektonik dieses Raums scheint bei Betrachtung der vorhandenen geologischen Karten nicht einfach zu sein (Tafel 1).

Wie läßt sich aber eine Oberflächenzufuhr aus jährlichen Niederschlägen für eine Grundwasserneubildung nachweisen? Wie wird das Lizenzfeld mit Was-

ser versorgt? Bereits bei solch einfachen Fragen zeigt sich der Mangel an Kenntnis über die Untergrundverhältnisse.

Die Vulkanite sind offenbar als Härtling von der Erosion verschont, und daher als Höhenrücken erhalten geblieben. Abgrenzung und Kontakt zu den Beckensedimenten ist unklar.

VASS, D. et al. (2000) geben einen allgemeinen Überblick über die tektonische Entwicklung des Beckens, in dem auch auf das Auftreten der Vulkanite eingegangen wird. Brauchbare Angaben über deren Auswirkung auf das geothermale Verhalten des Lizenzfeldes lassen sich nicht herauslesen. Die Publikation versucht, die Entwicklung des Beckens mit der der Plattentektonik zu verbinden und zu erklären.

Unklar bleibt, ob die im Nordwesten auftretenden Vulkanite in irgendeiner Weise ein Heißwasservorkommen entwickelt haben und ob Zufuhrwege für die Einspeisung von Oberflächenwässern in den Untergrund vorhanden sind.

Nähere Angaben zur Gesteinsausbildung und über Wasserwegsamkeiten konnten im Zuge der vorliegenden Studie nicht ausfindig gemacht werden.

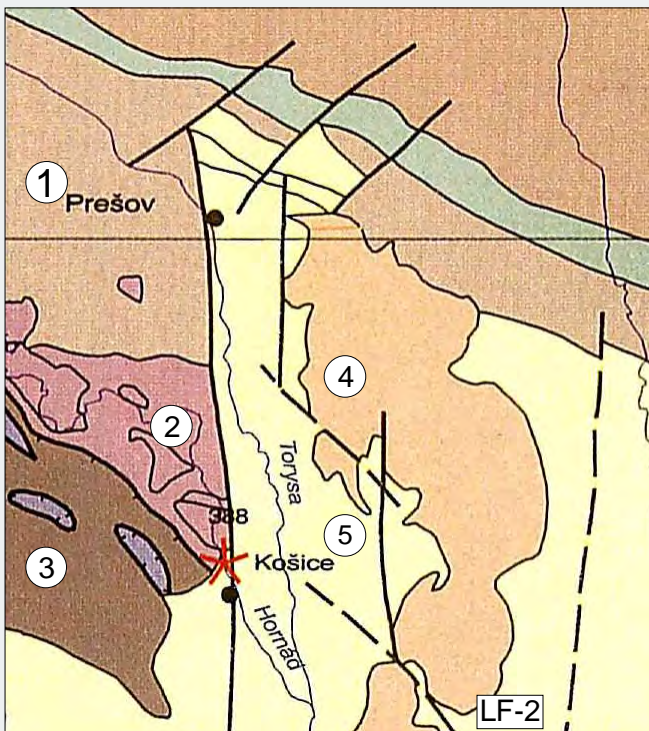


Abb. 1: Die Einheiten 1, 2, 3 werden entlang eines Nord-Süd verlaufenden Bruches abgeschnitten. 1 = Paläogen der Inneren Karpaten, 2 = Veporikum, 3 = Gemerikum, 4 = neogene Vulkanite der Slanske vrchy, 5 = neogene Beckenfüllung. LF-2 = Lizenzfeld Zemplinska Teplica.

Ausschnitt aus der Tafel III-3, Atlas of Geothermal Energy (1995).

Im Zuge des Projektes ist auch aufgefallen, daß es

keine Angaben und Hinweise bezüglich hydrogeologischen Daten wie Niederschlagsmengen, Grundwasserneubildungsraten etc. und Wasserwegsamkeiten im Fels im Zusammenhang mit einer geothermischen Nutzung gibt.

Die Wasserzirkulation im Fels, der sich verändernden Zerklüftungsgrad mit zunehmender Tiefe, und die zunehmende Temperatur sind ein komplexes Problem, welches in der vorliegenden Projektstudie gar nicht erst aufzurollen versucht wurde.

Die auf der Tafel 1 dargestellte Verbreitung der karbonatischen Trias für die Niveaus - 500 m, -1000 m, - 2000 m und -3000 m ist nicht nachvollziehbar, weil keine Verbindung zur Oberflächenverbreitung dieser Gesteinstypen fehlt. Es konnte keine Studie ausfindig gemacht werden, die sich mit dem Abtauchen des Mesozoikums aus der Gegend von Kosice nach Osten unter die Beckensedimente beschäftigte. Im Osten wird dieses Becken durch die Slanske Vrchy begrenzt.

Der Nord-Süd ziehende Hügelzug besteht aus Vulkaniten (Andesiten) und deren pyroklastischen Erupitionsprodukten.

Sie sollen Sanden, Tone und Sandsteinen der Beckenfüllung auflagern. Der Kontakt der Vulkanite zu den umgebenen Sedimenten ist derzeit nicht bekannt. Der interne geologische Aufbau des Höhenrückens ist in der vorliegenden Studie nicht untersucht worden. Die auf der offiziellen geologischen Fallzeichen sind in die Tafel 1 übernommen worden (Abb. 2).

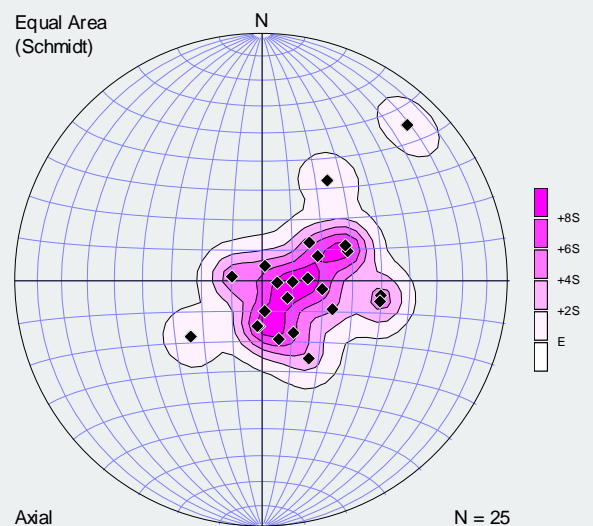


Abb. 2: Einige Schichtflächen in den Vulkaniten der Slanske Vrchy. Die Flächen fallen flach nach Norden, Westen und Südwesten ein. Eine Interpretation ist derzeit nicht möglich.

Die Vulkanite und deren pyroklastischen Begleitgesteine wurden im Zuge des Projektes nicht untersucht, weil dafür Geländearbeiten notwendig gewesen wären. Die geotechnischen Eigenschaften, wie Zerklüftungsgrad und Scherzonen, sind daher unbestimmt geblieben.

Die geologische Karte (vgl. Tafel 1, Tafel 5) verzeichnet jedoch viele kleine aufgelassene Steinbrüche im Gebiet nordwestlich des Lizenzfeldes. Diese würden sich für die Untersuchung der geotechnischen Gesteinseigenschaften eignen.

Die interessante Frage nach der Tiefenfortsetzung des vulkanischen Komplexes konnte daher im vorliegenden Projektrahmen aus Informationsmangel nicht einmal in Ansätzen geprüft werden. Die weiter im Nordwesten vorhandenen seismischen Profile liefern dafür auch keine Anhaltspunkte.

Der Beckenuntergrund fällt nach Osten mit ca. 10° ein und erreicht 41 km östlich Kosice seinen tiefsten Punkt mit 7000 m.

Die Beckenachse streicht zwischen Trebisov und Michalovce in NW-SO-Richtung durch.

Tiefen 500 m – 1000 m - 2000 m – 3000 m eingezeichnet (Seite III-127, III-129, III-131, III-132). In einer Tiefe von 4000 m ist kein Karbonat mehr verzeichnet. Die Umrisse der Karbonatverbreitung in den jeweiligen Tiefen wurden digitalisiert und in das JTSF-System übertragen (Tafel 1).

Tabelle 1: Verbreitung des Mesozoikums im Beckenuntergrund östlich Kosice nach dem Geothermischen Atlas (1995, Tafel III-127 bis III-134)

| Tiefe | Fläche | Länge | Breite |
|--------|---------------------|-------|--------|
| 500 m | 118 km ² | 29 km | 4,5 km |
| 1000 m | 239 km ² | 43 km | 9 km |
| 2000 m | 304 km ² | 55 km | 6,5 km |
| 3000 m | 372 km ² | 62 km | 6,5 km |

Zwischen Zemplinska Teplica und Ozorovce im Norden enthält die neogene Beckenfüllung Lagen von schwach diagenetisch verfestigten Sandsteinen und Tuffen, die in seichten Bohrungen einen Zufluß von 3 bis 5 l/s ergaben.

Noch weiter im Norden wurde im Gebiet der Ortschaft Dargov in 160 m Tiefe ein Zufluß von 6 l/s festgestellt (Bohrung D-118).

Von keiner der erwähnten Bohrungen konnte ein lithologisches Profil oder Unterlagen gefunden werden, in denen die Ergebnisse dokumentiert sind. Die Schüttungen dieser Grundwasserbohrungen sind für

eine geothermale Nutzung viel zu gering und sollen daher auch keine weitere Erwähnung finden.

3.1 Zusammenfassung

Eine geologisch-geotechnische Analyse macht nur dann Sinn, wenn sich die Obertageverhältnisse mit Hilfe von Bohrlogs und seismischer Interpretationen aus der Öl- und Gasexploration, wenn auch mit stark abnehmender Zuverlässigkeit, 2000 m bis 3000 m tief in den Untergrund interpretieren lassen. Das war im Rahmen der durchgeführten Studie aus Informations- und Datenmangel nicht möglich.

Aber auch bei relevanter Information ist ein hohes Maß an vernünftigen geologisch-geotechnischer Überlegungen notwendig, um die Klufsysteme, Störungszonen, oder den Zerklüftungsgrad eines an der Oberfläche anstehenden Festgesteins in die Tiefe zu projizieren, um Wasserwegsamkeiten zu erahnen und sie mit einer passenden Software simulieren zu können.

Strukturgeologisch wichtige Elemente, wie zum Beispiel Störungen, Bruchzonen und Bruchsysteme, welche die Ergiebigkeit einer Heißwasserbohrung beträchtlich erhöhen würden, sind im Zuge der Studie nicht zum Vorschein gekommen.

Eine detaillierte Beschreibung und Analyse von Störungen konnte in der englischsprachigen Fachliteratur der Slowakei nicht ausgeforscht werden.

Sobald der Schwerpunkt von einer allgemeinen geologischen Interpretation plattentektonischer oder gebirgsbildender Prozesse auf wirtschaftlich relevante geotechnische und hydrogeologische Fragen gerichtet wird, hört der Informationsfluß schlagartig auf.

Aus diesen Gründen muß das Lizenzfeld Zemplinska Teplica geologisch und hydrogeologisch als unbekannt eingestuft werden. Es konnte nicht einmal erahnt werden, was sich in der Tiefe verbirgt. Aussagen über ein potentiellies Heißwasservorkommen sind daher nicht möglich.

4 Bohrungen

Die Explorationsbohrungen gruppieren sich in Bohrfelder im Ostslowakischen Becken östlich der Slanske vrchy und Bohrungen im Becken von Kosice westlich der Slanske vrchy.

Im Zuge des Projektfortschrittes stellten sich die Bohrungen im Osten für die Bewertung der Lizenz als

wenig informativ heraus (siehe Tafel 4). Zum einen, weil die Bohrungen den Beckenuntergrund nicht erreichten, sondern in der sedimentären Beckenfüllung blieben, zum anderen, weil keine detaillierten Bohrbeschreibungen hinsichtlich Lithologie, Tektonik und Hydrogeologie zur Verfügung standen.

Zudem zeigte erst die maßstabgetreue Lage der Bohrpunkte die teilweise über 14 km messende Distanz zu dem Lizenzfeld.

Die jungtertiären Vulkanite, die im Nordwesten als Hügelkette aufragen, sind als Wasserspeicher bisher kaum oder gar nicht untersucht worden. Nördlich Zemplinska Teplica ist auf der geologischen Karte an der Ostflanke des Bogota eine Bohrung BOG-1 eingezeichnet (Tafel 5). Auch von dieser Bohrung gibt es bis jetzt keine Ergebnisse.

Das Lizenzfeld selbst enthält keine Bohrungen. Die Bohrungen im Umkreis von 4 km bis 10 km im Osten haben den vortertiären Beckenuntergrund nicht erreicht. Ob es unterhalb des Feldes in der Tiefe einen karbonatischen Gesteinstyp gibt, ist daher gänzlich ungewiß.

5 Hydrogeologie

Die verfügbaren Informationen weisen darauf hin, daß im Lizenzgebiet ausgezeichnete Temperaturbedingungen für eine Heißwasserbohrung vorliegen.

Es gibt aber keinen Nachweis auf ein karbonatisches Speichergestein oder auf andere Kluftwasserspeichergesteine.

Aus der Sicht der Grundwassererschließung geht es um die Ermittlung des Wasserbedarfs für ein geothermisches Kraftwerk. Die in den Tiefen anzutreffenden Temperaturen lassen sich relativ zuverlässig vorhersagen, die erreichbaren Fördermengen jedoch nicht.

Als Untergrenze für eine Wärmeversorgung kann eine Schüttung von 50 l/s bei einer Temperatur von 70° angenommen werden.

Die Anforderung an die Stromerzeugung ist deutlich höher. Diese sollte eine Temperatur von > 100° und eine Schüttung von 100 l/s aufweisen. Das entspricht einem Wasserbedarf von 8.640 m³/Tag.

Aus der Festlegung des Wasserbedarfs, der wiederum von der technischen Anlage des Kraftwerkes abhängt (und umgekehrt) ergibt sich das Erschließungsziel und damit erst die eigentliche hydrogeologische Aufgabe, die letztendlich in der Festlegung eines optimalen Bohransatzpunktes gipfelt.

Zur geologischen Analyse dienen in erster Linie die

bereits durchgeführten Erkundungsbohrungen der Erdöl- und Erdgasindustrie.

Da es sich beim Explorationsziel um Festgesteine handelt, sind die Gesteinseigenschaften und die Ausbildung und Richtung des Trennflächensystems sowie der tektonischer Störungszonen zu ermitteln. Gegebenenfalls ist zu überlegen, wie groß das hydrogeologische Einzugsgebiet ist, welches einem geothermischen Kraftwerk zugeordnet werden kann, da von dessen Größe die Pumpleistung der Bohrung abhängt.

Somit muß die Hydrogeologie folgende Fragen zu beantworten versuchen:

- 1) Enthält der Aquifer genug Wasser, um eine jahrelange Entnahme zu garantieren?
- 2) Wenn ja, kann die vom Projekt geforderte Wassermenge auch gefördert werden?
- 3) Kann die geförderte Wassermenge dem System wieder zugeführt werden?

Aus hydrogeologischer Sicht geht es um die Bestimmung der hydraulischen Leitfähigkeit in geklüfteten Gesteinen.

Es sollte auch untersucht werden, wie es sich mit der Neubildungsrate des Grundwasser verhält und ob eine Verbindung zwischen Niederschlag und Tiefen Grundwasser besteht.

In Tiefen, in denen das heiße Wasser auftritt, ist mit herkömmlichen geologische und hydrogeologischen Methoden und Überlegungen nichts mehr auszurichten. Seismische Verfahren und Analysen in Verbindung zu den Ergebnissen von Bohrungen sind entscheidend.

Feinkörnige Sedimente in diesen Tiefen, und einem damit verbundenen geologischen Alter, können diese Wassermenge nicht liefern. Sie sind diagenetisch verfestigt, weil der Porenraum im Laufe der Jahrtausende zementiert worden ist.

Eine sekundäre Porosität in Form von Störungen und Scherzonen trägt wenig zur Vergrößerung der Porosität bei, weil sich in den vorherrschenden Sedimenttypen des Ostslowakischen Beckens (Tone, Mergel, Tuffite, Sandsteine) Störungen viel eher zu Wasserstauern als zu Wasserleitern entwickelt haben.

Es ist allgemein bekannt, daß der Gehalt an Tonmineralen eine signifikante Rolle in der Reduktion der Permeabilität in Störungszonen spielt. Eine Scherzone in Mergeln, verfestigten Tonen oder Sandstein-Ton-Wechselagerungen kann nur zu einem Wasserstauer führen.

Aus den seismischen Profilen gehen die Mächtigkeit

ten der eingetragenen Störung, sowie deren Sprunghöhen nicht hervor. Die Auflösung der Seismik muß dabei berücksichtigt werden. Am einfachsten sind Störungen dann zu erkennen, wenn die Reflektoren eindeutig versetzt sind. Ein Beispiel einer geologischen Interpretation eines seismischen Profils zeigt die Tafel 2.

Eine geothermische Exploration muß sich auf Fels (Festgesteine) konzentrieren. Aber auch in diesen Gesteinen ist die primäre Porosität für die geforderte Entnahmemenge viel zu gering.

Dagegen hat ein mit Rissen und Hohlräumen durchzogenes Gestein zwar eine exzellente Porosität, aber es wird erst dann interessant, wenn diese wasserführenden Hohlräume miteinander verbunden sind und dadurch die hydraulische Leitfähigkeit (der k_f -Wert) zunimmt. Die Öffnungsweiten wiederum bestimmen die Ergiebigkeit.

Die Praxis der Grundwassernutzung zeigt, daß es ab Tiefen zwischen 200 m und 300 m wirtschaftlich uninteressant ist, magmatisches, vulkanisches und metamorphes Gestein als Wasserspeicher zu erschließen. Die maximale Ergiebigkeit solcher Gesteine liegt zwischen 5 bis 270 m^3/Tag .

Einer Quellschüttung von 270 m^3/Tag entsprechen 3 Liter/s, was kaum als ergiebige Quelle für ein geothermisches Kraftwerk bezeichnet werden kann.

Für ein geothermisches Projekt werden aber 8.640 m^3/Tag (100 l/s) benötigt, wobei diese Menge über mehr als 15 Jahre ausreichen soll.

Auch wenn dieses Wasservolumen über Injektionsbohrungen rückgeführt wird, muß eine hydraulische Verbindung zur Entnahmebohrung bestehen.

Solche Ergiebigkeiten sind im alpinen Bereich nur aus stark verkarsteten Kalken bekannt (Molasse Südbayerns; siehe Unterhaching bei München).

Hinzu kommt noch der Unterschied zwischen dem weitgehend tektonisch ungestörten außeralpinen Malmkalk und der in einen Gebirgsbildungsprozeß verwickelten Trias der Karpaten.

Gegenwärtig sind aus dem Ostslowakischen Becken keine brauchbaren Hinweise auf Wasserwegsamkeiten vorhanden, weder in den Sedimenten der Beckenfüllung noch im Fels des Beckenuntergrundes.

Der Wasserzulauf aus 11 Flachbohrungen aus den neogenen Beckensedimenten betrug im Mittel 7,2 l/s (Abb. 3, Abb. 4). Die Ergiebigkeiten der angebotenen Festgesteine sind etwas höher (Abb. 5).

Angaben über den Sedimenttypus, die Schichtmächtigkeit, etc. sind mit diesen Werten nicht verbunden. Sie zeigen aber die geringe Ergiebigkeit der Beckenfüllung. Nähere Informationen über durchgeführte Pumpstest konnten nicht ausgeforscht werden.

| Location | Discharge ($\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$) | Temperature ($^{\circ}\text{C}$) |
|---------------------|--|------------------------------------|
| Byšta | 0.7– 1.3 | 15.0–16.7 |
| Borša | 15.0 | 37.8 |
| Dargov | 2.2– 2.4 | 22.0–23.0 |
| Herľany | -- | 16.7 |
| Jovsa | 0.7 | 23.0 |
| Košický Klečenov | 4.0 | 17.2–23.1 |
| Nižná Myšľa | 7.8–10.0 | 14.0–18.1 |
| Skároš | 6.1 | 20.6–21.0 |
| Streda nad Bodrogom | 1.3 | 21.5 |
| Šebastovce | 1.1–12.5 | 18.0–19.5 |
| Tepličany | 14.2 | 17.0 |
| Valalíky | 11.7 | 21.0 |

Abb. 3: Quellschüttungen entlang des Ostrand der Slanske vrchy. Ausschnitt aus der Tabelle 31, Atlas of Geothermal Energy, Seite I-89.

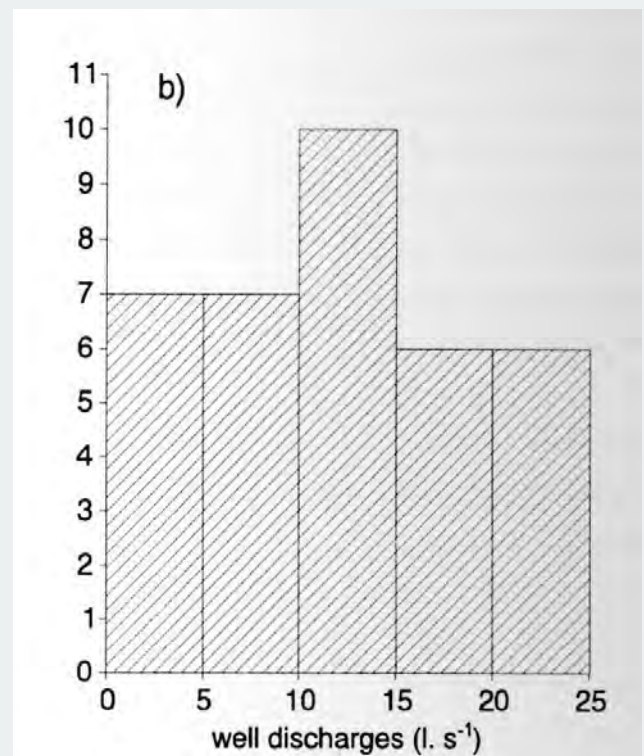


Abb. 4: Ergiebigkeiten von miozänen Sanden der Beckenfüllung. Aus: Atlas of Geothermal Energy, Fig. 3b, Seite I-56.

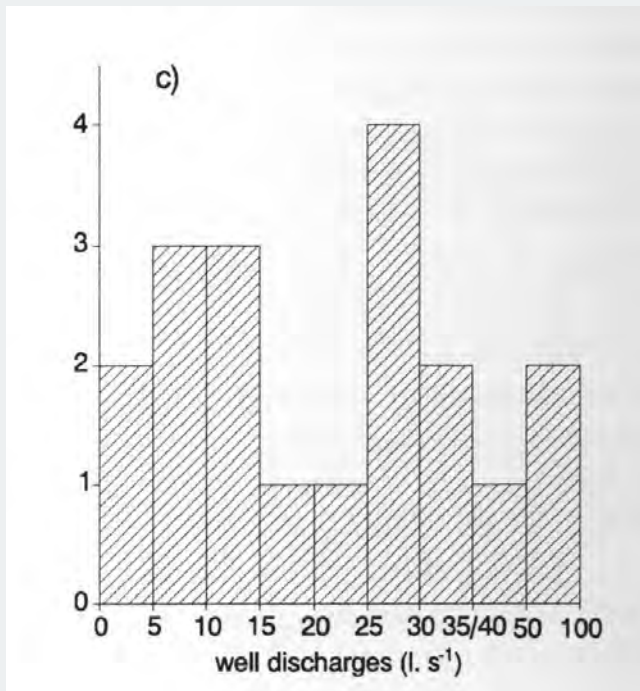


Abb. 5: Ergiebigkeiten in erbohrten Felsformationen des Beckenuntergrundes. Aus: Atlas of Geothermal Energy, Fig. 3c, Seite I-56.

Über Zuflußraten liegen von den tiefen Explorationsbohrungen nur spärliche Angaben vor (Tabelle 2). Die Bohrungen G-4 und P-1 konnten nicht lokalisiert werden.

Tabelle 2: Ergiebigkeiten von Bohrungen mit Pump-tests. Aus: Atlas of Geothermal Energy, Tab. 34, Seite I-90.

| Name | Testabschnitt | Schüttung |
|-------|---------------------|-----------------|
| G-4 | 2150,0 bis 3200 m | 4,9 l/s |
| Dur-1 | 2150 m bis 3200 m | 0,5 bis 8,5 l/s |
| Dur-3 | 2520,0 bis 2559,0 m | 2,3 l/s |
| P-1 | 2889,0 bis 3009,0 m | 0,7 l/s |

6 Seismik

Im Ostslowakischen Becken liegen folgende Profile (GEOCOM 2008):

583/85 (SW-NO-Profil durch A-7 – LAS-2)
 529 (NW – SO-Profil durch die CIC-Bohrungen)
 536/85 (SW – NO-Profil durch die SEC-2).

Zwei dieser Profile liegen weit außerhalb der Lizenz und haben daher für eine brauchbare Interpretation keine Bedeutung. Nur das Profil 536/85 berührt ge-

rade noch das Feld im Südwesten. Verwertbare Hinweise sind darin nicht enthalten.

Das Profil 529 enthält die Bohrung CIC-3, die einen Vulkan erbohrt haben soll (siehe Tafel 1). Unterlagen über die Bohrergebnisse waren allerdings nicht auffindbar.

Da keine Originaldaten der Bohrungen zur Verfügung standen, konnten die Bohrergebnisse auch nachträglich nicht in die seismischen Profile integriert werden. Somit können den Reflektorlinien in den Profilen auch keine Tiefen zugeordnet werden, weil diese in Geschwindigkeiten der seismischen Wellen angegeben sind (Two-Way Time (TWT) in Millisekunden).

Im Prinzip müßte die vorhandene Seismik in Bezug auf die Fragen, die für eine Heißwasserbohrung unumgänglich sind, neu interpretiert werden.

6.1 Störungszonen

Aus dem gesamten Ostslowakischen Becken sind 99 Störungen bekannt (siehe beiliegende CD). Diese Störungen wurden übersichtsmäßig ausgewertet, um eventuell einen vorhandenen Trend im Verteilungsmuster zu erkennen (Abb. 6, Abb. 7).

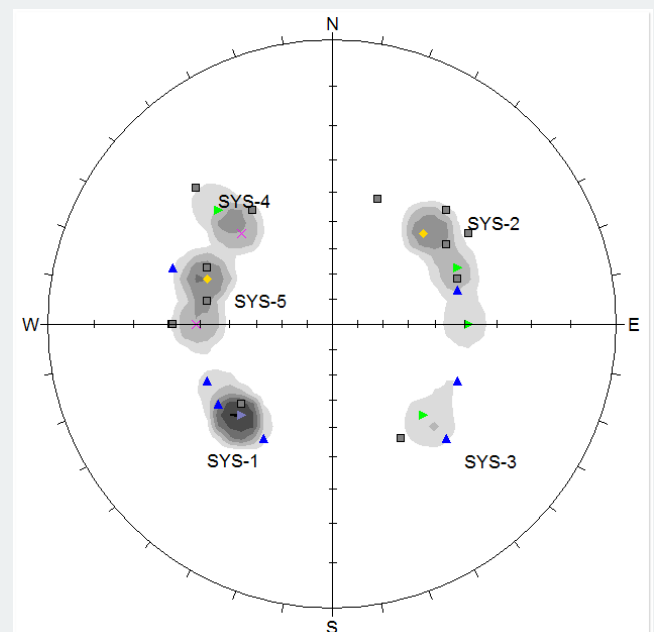


Abb. 6: Das Stereogramm zeigt die Flächenpole von 99 Störungen. Die Orientierung der Störungen ist zu abstrakt, um den Gegebenheiten einer tektonischen Zerrtektonik zu entsprechen. Das System SYS-1 und SYS-2 steht senkrecht aufeinander. Diese Anordnung gibt es in der Natur für Scherzonen nicht. Der Winkel zwischen konjugierten Normalverwerfern liegt zwischen 40 – 60° (Ramsey & Huber, 1987, p. 513). Das System SYS-3 und SYS-4 bildet einen Winkel von 80° zueinander. Auch

diese Symmetrie nähert sich mehr der Theorie als der Natur. Die Streichrichtung der Systeme SYS-1 und SYS-2 ist Südwest-Nordost, die Richtung von SYS-3 und SYS-4 ist Nordwest-Südost. Die Streichrichtungen der Störungszonen bilden einen Winkel von 90°. Das ist in dieser Form in einem tektonisch angelegten Scherflächensystem nicht möglich. Zum System SYS-5 gehören nach Osten einfallende Störungszonen nicht näher interpretierbarer Anlage.

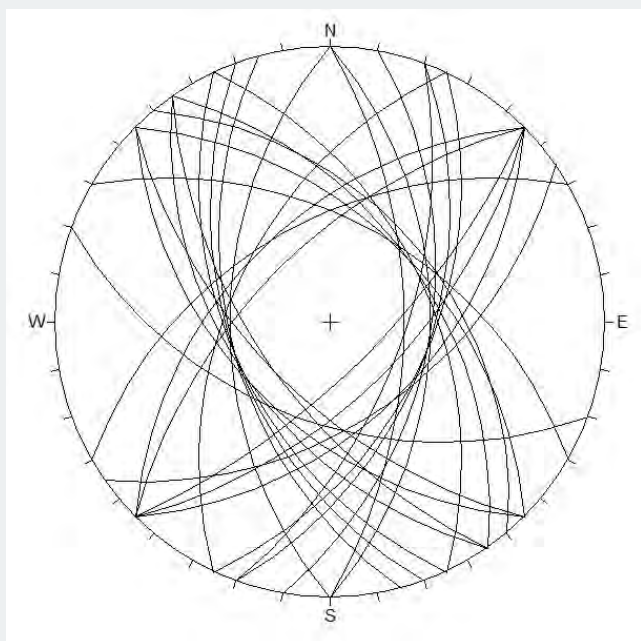


Abb. 7: Das Stereogramm zeigt die Orientierung von 99 Störungen als Großkreise. Die Störung der Flächen entsteht durch die unscharfen Angaben bei den Streichrichtungen (z. B. SW – WSW, E-ESE).

Von den 99 kartenmäßig vorhandenen Störungen haben 74 eine Angabe zum Versetzungsbetrag. Über die Mächtigkeiten der Störungszonen und ihre Auswirkung auf die Nebengesteine (Fels und Sediment) gibt es keine Angaben.

Einen Ausschnitt aus einer geologischen Karte mit den eingetragenen Bruchlinien zeigt Tafel 3. Dieses Bild wurde als JPG-File übermittelt und ist daher unscharf. Es zeigt das Störungsmuster westlich von Trebisov. Die Bruchlinien streichen NW-SO, NNW-SSO und vereinzelt N-S. Sie entsprechen im wesentlichen dem System SYS-1 und SYS-2 der Abb. 6.

Auf Tafel 5 ist ein Ausschnitt aus der geologischen Karte abgebildet, der die Gesteinstypen im Nordwesten des Lizenzfeldes zeigt. Auf der Karte verzeichnet sind auch einige aufgelassene Steinbrüche, drei Quellen und mehrere vermutete Bruchlinien.

Bei der Projektion von Bruchlinien in die Tiefe, oder umgekehrt, ist zu berücksichtigen, daß die horizontale Entfernung zwischen der Position an der Ober-

fläche und der Position in der jeweiligen Tiefe beträchtliche Ausmaße annehmen kann. Bei einer Fläche, die mit 50° einfällt, beträgt diese Distanz bereit 2520 m.

In den folgenden Abbildungen sind die Längen, die Versetzungsbeträge und der Tiefgang der Störungen in Histogrammen und Box-Plots zusammengestellt.

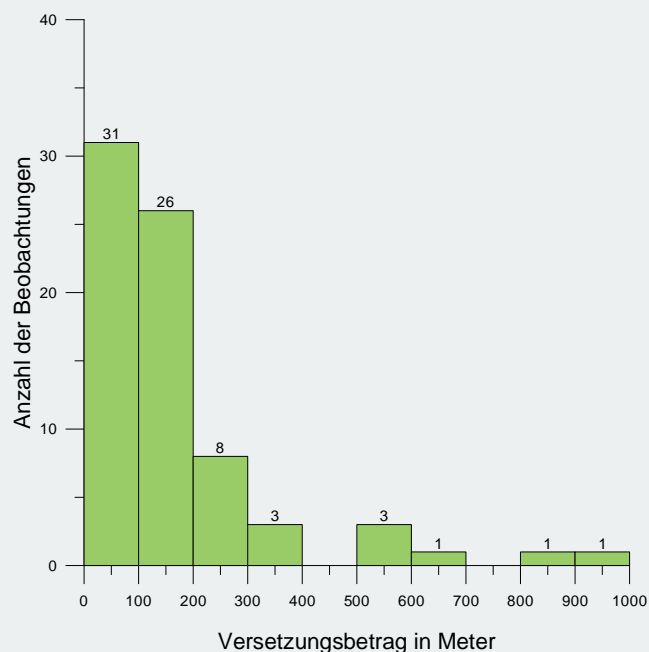


Abb. 8 Histogramm der Versetzungsbeträge von 74 Störungen im Ostslowakischen Becken.

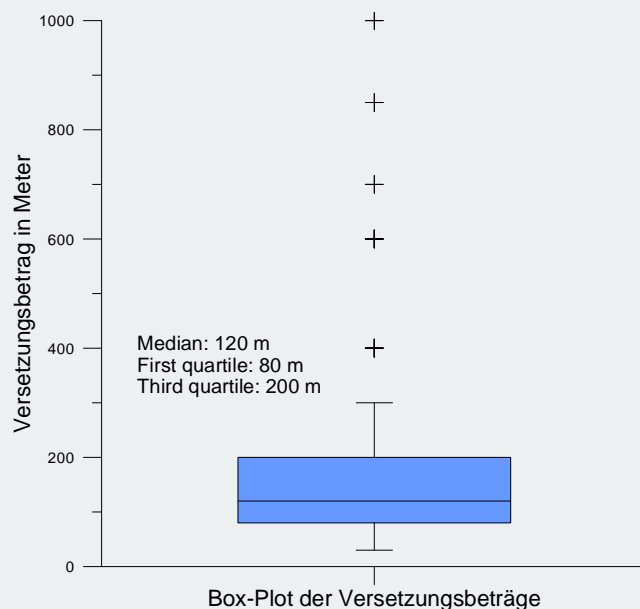


Abb. 9 50% der Versetzungsbeträge liegen zwischen 80 m und 200 m. Der Minimalwert ist 30 m. 95 % der Daten liegen zwischen 80 m und 300 m. Nur 5 Störungen weisen einen Versetzungsbetrag von > 400 m auf.

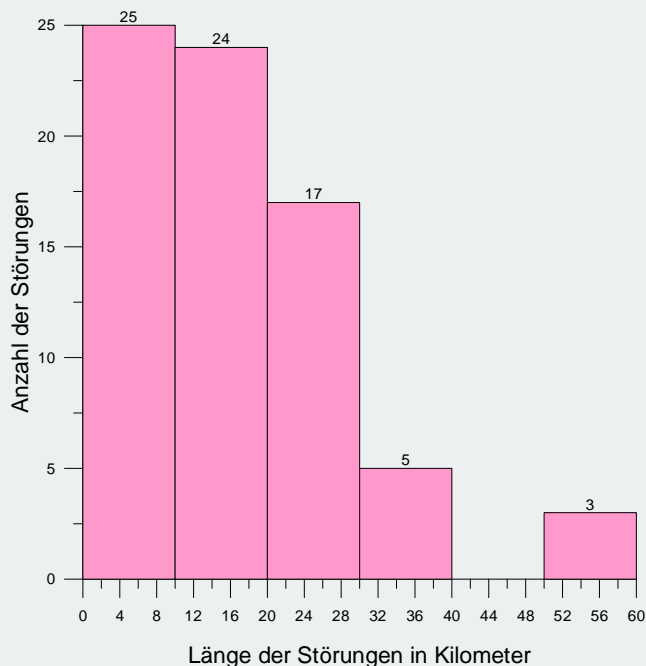


Abb. 10 Histogramm der Störungslängen.

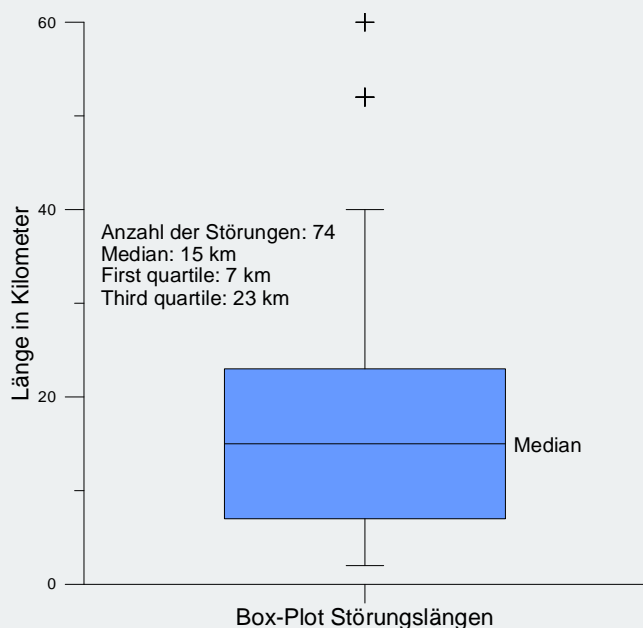


Abb. 11 Der Median der Störungslängen von 15 km zeigt, daß es sich dabei um große Bruchflächen handelt. Eine Auswertung hinsichtlich ihrer Wasserführung erfolgte nicht.

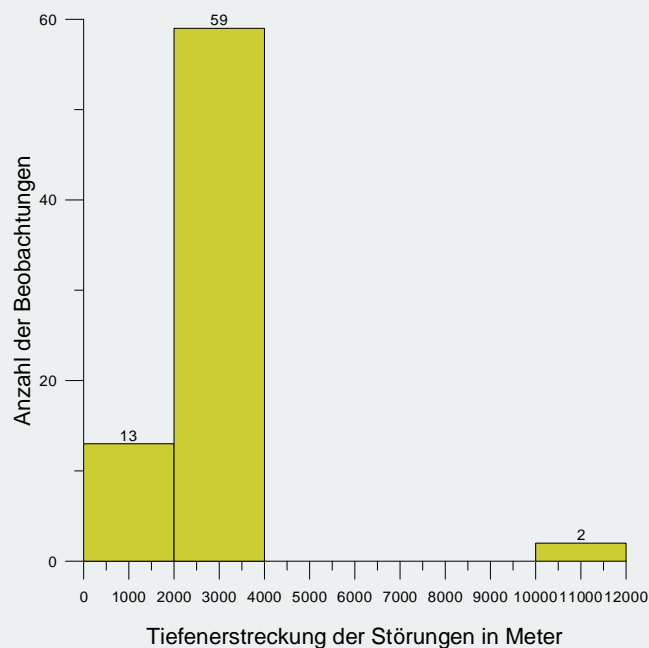


Abb. 12 Histogramm der Tiefenerstreckung der Störungen. Die beiden 12 km tief reichenden Störungen sind unglaublich. Die Störungen zeigen die maximale Reichweite der seismischen Erkundungen.

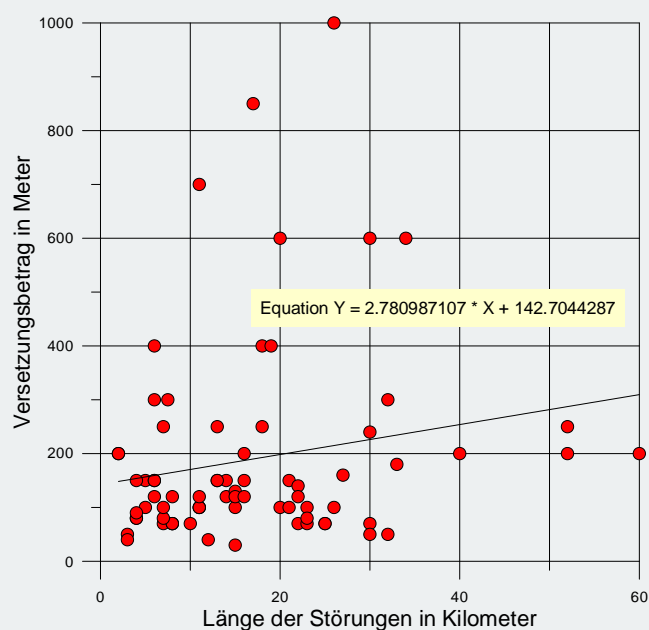


Abb. 13 Korrelation zwischen Länge und Versatzbetrag der Störungen. Das Diagramm zeigt eine schwache Zunahme des Versatzbetrages bei zunehmender Ausbißlänge der Störung.

Aus Abb. 11 ist erkennbar, daß die durchschnittliche Länge der Störungen 15 km beträgt. Für die Beurteilung des Untergrundes, vor allem für die Position von eventuellen wasserführenden zertrümmerten

Gesteinszonen wäre eine strukturgeologische Analyse sehr hilfreich.

Es wäre zu prüfen, ob sich diese Störungen im Gelände erkennen lassen (siehe Tafel 4).

7 Zusammenfassung und Empfehlung

Die geologischen, strukturgeologischen und hydrogeologischen Grundlagen reichen derzeit bei weitem nicht aus, um im Lizenzgebiet weiterführende Untersuchungen oder gar eine Bohrung empfehlen zu können.

Die Gründe dafür sind:

- ❑ Die Datenlage bezüglich Seismik-Profile und Bohrungen, hydraulischer Tests und Temperaturangaben ist sehr vage. Originaldaten standen nicht zur Verfügung.
- ❑ Geologische Schnitte durch das Untersuchungsgebiet, die auf der Interpretation seismischer Profile aufbauen, sind nicht vorhanden.
- ❑ Die Tiefenlage und Mächtigkeit eventuell Wasser führender Gesteinsschichten ist unklar und nicht eindeutig definiert.
- ❑ Daten bezüglich Durchlässigkeit und möglicher Förderraten sind nicht bekannt.
- ❑ Über die Hydrochemie eines potentiellen Thermalwassers ist so gut wie nichts bekannt.

Anhaltspunkte auf eine energetische Nutzung der Geothermie, sowie technische Überlegungen zu einer Geothermieanlage waren zum Zeitpunkt der Berichtslegung noch nicht bekannt. Eine diesbezügliche Studie wird aber derzeit von Dr. H. Kürzl ausgearbeitet.

Überlegungen für eine Machbarkeitsstudie liegen daher noch in weiter Ferne.

Die Studie hat jedoch gezeigt, daß Daten über und von den zahlreichen Explorationsbohrungen in den diversen geologischen Archiven (z. B. Geofond in Bratislava) zu finden sind. Diese Archive können aber nur gemeinsam mit slowakischen Geologen und/oder Geophysikern durchforstet werden.

Die Studie hat aber auch zwei Dinge klargestellt:

1) Verwendet man als Maßstab die Anforderungen eines modernen geothermischen Kraftwerks, bleibt

von dem geothermischen Potential des Ostslowakischen Beckens nicht viel übrig.

2) Das Datenmaterial mit dem dieses Hoffungsgebiet begründet worden ist, ist entweder bescheiden, oder konnte nicht ausfindig gemacht werden.

Es fehlt eine nachvollziehbare Beschreibung und Interpretation der Seismik.

Sollten dennoch Untersuchungen unternommen werden, wird es eine der wesentlichsten Aufgaben einer 3D-Seismik sein, den Untergrund in passender Tiefe auf wasserführende Gesteine abzusuchen.

8 Literatur

Enex Trebisov, 2007: Geothermal District Heating Trebisov. Pre-Feasibility Study.- 91 pages, 29 figs., 17 tables.

Franko, O., Remsik, A. & Fendek, M., 1995: Atlas of Geothermal Energy of Slovakia.-Dionysius Stur Geologisches Institut, Bratislava.
(Text auch in Englisch vorhanden)

Dobra, E., Durove, J., Pinka, J. & Slavkovsky, J., 2007: Od Herlianskeho gejzíru po overenie zdrojov geotermálneho potenciálu v Košickej kotline.- Acta Montanistica Slovaca, **12**, 1, 171 – 175, 2 Figs.
(Zusammenfassung in Englisch)

Ramsey, J. R. & Huber, M. I., 1987: The Techniques of Modern Structural Geology. Volume 2: Folds and Fractures.- Academic Press, London.

Rudinec, R., 1988: Geotermálne ložisko vo východoslovenskom neogene viazane na pochovanú vulkanickú štruktúru Besa – Cicarovce.- Min. slov. **20** (1988), 2, 123 – 130.
(Zusammenfassung in Englisch)

Vass, D., Elecko, E., Janocko, J., Karoli, S., Pereszienyi, M., Slavik, J. & Kaliciak, M., 2000: Palaeogeography of the East-Slovakian Basin.- Slovak Geological Magazine, vol. 6, 4, 377 – 407.

Vranovska, A., Drozd, V. & Halas, O., 2000: Geothermal energy utilisation – economic potential of Kosice basin.- Mineralia Slovaca, **32**, 311 – 313, 2 figs., 1 table.

Wittenberger, G. & Pinka, J., 2005: Geotermálne

vrty GTD 1, 2, 3 v Durkove a plány na ich vyuzivanie.- Acta Montanistica Slovaca, **10**, 396 – 398, 1 fig., 1 table.
(Zusammenfassung in Englisch)

9 Weiterführende Literatur

Davies, R. J., Cartwright, J. A., Stewart, S. A., Lappin, M. & Underhill, J. R. (eds), 2004: 3D Seismic Technology: Application to the Exploration of Sedimentary Basins.- Geological Society, London, Memoirs, 29, 355 pages.

Jolley, S. J., Barr, D., Walsh, J. J. & Knipe, R. J. (eds), 2007: Structural Complex Reservoirs.- Geological Society Special Publication no. 292, London.

Sceci, L. & Gattioni, P., 2009: Water Circulation in Rocks.-163 pages, Springer.

Tiab, D. & Erle C. Donaldson, E. C , 2004: Petrophysics. Theory and Practice of Measuring Reservoir Rock and Fluid Transport Properties.- 889 pages, Elsevier.

Zoback, M. D., 2007: Reservoir Geomechanics.- 445 pages.- Cambridge University Press.