Geologisches Setting

Das Untersuchungsgebiet befindet sich am südöstlichen Rand des Massivs der Böhmischen Masse. Der tiefe Untergrund in der Region wird seit mehreren Jahrzehnten geologisch untersucht, vor Allem hinsichtlich der Bodenschätze Öl und Gas sowie Tiefengrundwasser. Dafür wurden Tiefbohrungen und geophysikalische Untersuchungen des Untergrundes durchgeführt. Die Datendichte ist im östlichen und südöstlichen Gebiet am größten.

Der komplexe geologische Aufbau der Region ist durch die große Variation an geologischen Einheiten und dem breiten Spektrum an unterschiedlichen Gesteinen – von Magmatiten, Metamorphiten und Sedimentgesteinen – gekennzeichnet. Die Ablagerungsgeschichte, geprägt von Sedimentationszyklen und tektonischer Verformung, reicht vom Paläozoikum bis ins Känozoikum. Sie repräsentieren die diverse geologische Situation zwischen Böhmischer Masse, den äußeren westlichen Karpaten und den Ostalpen.

Das Grundgebirge der gesamten Region besteht aus einem Kristallinkörper, welcher im Westen und Südwesten in der Form von zwei Intusionskörpern – dem Thaya und dem Brno Batholith zu Tage tritt. Sie stellen Teile des präkambrischen Brunovistulikum dar. Die westliche Begrenzung dieser Einheit stellt das tektonische Element der Boskovitzer Furche dar (Dudek 1980). Die Einheiten des Lugodanubian stellen die Westliche Grenze des Brunovistulikum dar (Kalvoda 2008). Die südliche Grenze bilden die Alpinen Kristallingesteine (Neubauer and Frisch 1993, Finger et al. 1993, Kalvoda et al. 2008), die nördliche stellt die Malopolska Einheit dar. Im Osten wird das Brunovistulikum durch Decken der äußeren westlichen Karpaten überlagert (Stráník et al. 1993, Kalvoda et al. 2008).

Obgleich die kristallinen Gesteine des Brunovistulikum an den südöstlichen Hängen der Böhmischen Masse direkt von Paläozoischen Sedimenten überlagert werden, gibt es im Untersuchungsgebiet nur sehr lokale Vorkommen dieser Gesteine. Variszische prä-orogene Ablagerungen werden fast ausschließlich die Ablagerungen des Devon und des Unterkarbon repräsentiert (Kalvoda et al. 2010). Die vereinzelten, lokal begrenzten Ablagerungen dieser klastischen Sedimentation im Untersuchungsgebiet weist auf eine extensive post-Paläozoische Erosion hin.

Die wichtigste thermalwasserführende Einheit im Untersuchungsgebiet wird durch autochthone, jurassische Ablagerungen repräsentiert, die auf den südöstlichen Hängen der Böhmischen Masse abgelagert wurden. Sie sind lediglich durch Tiefbohrungen und seismische Erkundung bekannt, Aufschlüsse dieser Einheiten gibt es nicht (Pícha et al. 2006). Die Jurassische Ablagerungsgeschichte beginnt mit der Gresten Formation. Diese klastischen Sedimente wurden im Übergangsbereich von terrigenen bis seicht marinen Bedingungen abgelagert, also z.B. in Überflutungsflächen, fluviatilen Channels und Kohlensümpfe (Nehyba and Opletal 2016). Auf dem österreichischen Anteil des Projektgebietes baut sich die Gresten Formation aus vier Formationen auf, die Untere- und Obere Quarzarenitserie und die Untere- und Obere Tonsteinserie. Die Untere Quarzarenitserie wird als fluviatile Ablagerung interpretiert, die Untere Tonsteinserie als Produkte eines Prodeltas und die Obere Quarzarenitserie als Deltaablagerungen (Sachsenhofer et al. 2006). Im Callovium weitet sich das marine Regime aus und führt zur Entwicklung eines vorwiegend karbonatischen Ablagerungsmillieus des passiven Kontinentalrandes. Dessen Übergang bilden nun 70 – 250 m mächtige Ablagerungen dolomitischer Sandsteine, die Nikolčice- oder auch Höflein Formation (Pícha et al. 2006, Nehyba and Opletal 2017). Die Ablagerungsräume im frühen Oxfordium (Oberjura) lassen sich in zwei Bereiche gliedern, die randliche, hochenergetische Karbonatplattform und das tiefere, zum Teil anoxische Meeresbecken. Im Bereich des südöstlichen Hanges der Böhmischen Masse begann die Ablagerung mit feinkörnigen, klüftigen und zum Teil verkieselten kalkigen Dolomiten und Kalksteinen der Vranovice Formation (Pícha et al. 2006). Die Karbonate sind aufgrund der großen Variabilität des Faziesraumes heterogen, und werden als Altenmarkt Gruppe zusammengefasst. Die Vranovice Kalksteine gehen graduell in eine Beckenentwicklung, die Mikulov Formation, über. Diese wird durch eine monotone Ablagerungssequenz von dunklen, organik-reichen Mergeln, mit Linsen und Einschaltungen von organodetritischen Kalksteinen, aufgebaut. Die Mikulov Mergel gehen graduell in die etwa 400 m mächtige Ablagerungssequenz von dunklen, organodetritischen Kalksteinen, Dolomiten und untergeordnet auch Mergeln der Kurdějov Formation über. Diese werden von Ablagerungen organodetritische, teilweise dolomitisierte Kalksteine mit reicher Fauna des Oberen Tithonium überlagert, der Ernstbrunn Formation (Brix et al. 1977, Adámek 1986, Pícha et al. 2006). Durch den Meeresrückzug endet die Sedimentationsgeschichte im Oberjura mit der Ernstbrunn Formation. Die gesamten Juraablagerungen keilen am Rande der Böhmischen Masse Richtung Westen und Nordwesten aus und werden Richtung Südosten und Osten sehr mächtig.

Am Ende der Unterkreide setzt wieder eine marine Transgression ein, die den südlichen Rand der Böhmischen Masse erreichen. Diese Ablagerungen sind jedoch im Untersuchungsgebiet nicht erhalten geblieben. Kalksteine des Apt und untern Alb, die Nové Mlýny Kalksteine, wurden in der Bohrung Nové Mlýny 2 im Osten des Untersuchungsgebietes nachgewiesen (Adámek 1985). Ablagerungen der Oberkreide in Mähren und dem nordöstlichen Österreich sind aus zahlreichen Tiefbohrungen unterhalb der Waschberg- und Ždánice Einheiten nachgewiesen. Ablagerungen des Cenoman bis Maastricht bestehen aus marinen glaukonitischen Mergeln, sandigen Mergeln und sandigen Kalksteinen und werden als Klement Supergruppe zusammengefasst, und in die Ameis Gruppe (Cenoman bis Santon) und Poysdorf Gruppe (Campan bis Maastricht) untergliedert (Fuchs and Wessely 1977, Eliáš and Wessely 1990).

Die autochthonen Paläogenen Ablagerungen des Vranovice Paläotales sind entlang der nordöstlichen Grenze des Untersuchungsgebietes entwickelt. Dieses Paläotal ist ein Strukturelement, welches keinen Einfluss auf die Evolution des Aquifersystems des Untersuchungsgebietes hat.

Das Untersuchungsgebiet stellt den nordöstlichen Teil des Nördlichen Alpinen Vorlandbeckens (Molassebecken) im Südwesten und den Südlichen Teil des Karpatischen Vorlandbeckens im Nordosten dar. Der Übergang zwischen den beiden Becken wird das Alpin-Karpatische Vorland genannt. Die Alpin-Karpatische Vortiefe ist ein elongiertes peripheres Vorlandbecken, SW – NO orientiert, welches dem Beckensystem der Neogenen Paratethys angehört.

Die stratigraphische Abfolge der Sedimentfüllung des Alpin-Karpatischen Vorlandes reicht vom Oligozän/Unteren Miozän (Egerium) bis ins Mittlere Miozän (Unteres Badenium) (Brzobohatý & Cicha 1993, Hofmann 1997). Die Ablagerung begann im Oligozän (Egerium) mit limnisch-fluvialen Ablagerungen der St. Marein-Freischling Formation und/oder der Žerotice Fm. (Čtyroký 1993, Nehyba, Roetzel 2010, Nehyba et al. 2019). Marine Ablagerungen begannen im Unteren Eggenburgium am südlichen Rand der Böhmischen Masse und progradieren Richtung Nordwest. Die drauf folgende Ablagerung im Eggenburgium war aufgrund der komplexen Paläotopograhie und Neogener Tektonik heterochron (Steininger, 1971; Roetzel et al., 1999). Unterbrochen durch eine ausgeprägte Regressions- und Erosionsphase kommt es im frühen Ottnangium wieder zu einer neuen Transgression. Zu dieser Zeit stößt das Meer Richtung Westen vor und überflutet frühere Flussbette und Vertiefungen der Böhmischen Masse. Die diverse Faziesentwicklung der Sedimente des Eggenburgium und Ottnangium widerspiegeln unterschiedliche Ablagerungsräume (Flussmündungen, Meeresuferbereiche und offenes Meer), lokale Gegebenheiten und komplexe biotische Entwicklungen. Dies resultiert in der Definition von vielen verschiedenen lithostratigraphischen Einheiten wie der Burgschleinitz Fm., Gaudendorf Fm., Zogelsdorf Fm., Zellerndorf Fm., Věstonice sands, Čejkovice sands, Rzehakia beds etc. (Čtyroký 1993; Roetzel et al., 1999; Adámek 2003).

Ein neuer Sedimentationszyklus fand im Unteren Miozän (Karpathium) statt. Diese Ablagerungen werden durch die Laa Formation repräsentiert und bilden bis zu 1000 m mächtige marine kalkhaltige, schluffige Tonsteine mit dünnen Feinsandlagen (Roetzel and Schnabel 2002).

Nach großräumiger Erosion von älteren Ablagerungen und Änderung der Form und Struktur der Alpin-Karpatischen Vortiefe entstand ein neuer Ablagerungszyklus im Unteren Badenium. Es entstanden die seichtmarinen Ablagerungen der Grund Formation im südlichen Teil des Beckens, Richtung Norden wurde die Situation komplexer. Die Ablagerungen zeigen hier eine charakteristische Beckenfüllungsgeometrie, fast symmetrisch und mächtiger Richtung dem Zentrum des Beckens (Nehyba and Šikula 2007). Zwei dominante Lithofaziestypen dominieren, beide gebiets- und volumenmäßig. Die erste stellen basale oder randliche grobkörnige Klastika dar. Diese sandigen Kiese und kiesigen Sande haben viele lokale Bezeichnungen (Menčík 1973; Krystek 1974, Ćorić and Rögl 2004). Die sandigen Kiese werden meistens von der zweiten dominanten Lithofazies überlagert, den monotonen Peliten („Tegel“), mit maximalen Mächtigkeiten von ca. 600 m im zentralen Teil des Beckens. Diese Pelite repräsentieren die marine Ablagerungsgeschichte im mittleren bis äußeren Schelfbereich. Der reiche Fossilgehalt weist auf die Alterseinordnung ins Untere Badenium hin mit einigen Nachweisen für die Zone NN5 (Tomanová-Petrová and Švábenická 2007).

Strukturgeologie

In der Region finden sich zahlreiche NO-SW gerichtete, NW fallende Abschiebungen im Kristallinen Basement und dessen Jurassischer Bedeckung. Diese Störungen enden zumeist im Unteren Miozän (Laa Formation) der Alpin-Karpatischen Vortiefe. Durch die Anordnung dieser Störungen kommt es zur Entstehung von tektonischen Blöcken, teilweise mit isolierter Fluidmigration. Des Weiteren gibt es NW-SO verlaufende Störungen im Untersuchungsgebiet, der prominenteste Vertreter ist die Mailberger Störung.

Der Iváň Graben, eine 5 km breite und 600 m tiefe Struktur welche entlang des Falten- und Überschiebungsgürtel der Westlichen Karpaten sowie dem Vorland der Böhmischen Masse in NO-SW Richtung verläuft, repräsentiert eine beachtliche Erosionsstruktur innerhalb der Sedimentfüllung des Alpin-Karpatischen Vorlandes (Dellmour, Harzhauser (2012). Der Graben wurde mit Sedimenten des höheren Karpatium bis Unteren Badenium gefüllt und ist vorwiegend in die Sedimente der Laa Formation eingeschnitten.

Reservoir Potenzial

Eines der Hauptziele der geologischen Erkundung des Gebietes war das herausfinden, welche Formationen Potenzial für ein Thermalwasserreservoir darstellen. Das Projektteam hat folgende Formationen ausgewählt: I) die obersten 50 m des Kristallinen Basements, sie wurden als verwittert angenommen; II) die Juraablagerungen der Altenmarkt Gruppe; III) die basalen klastischen Ablagerungen des Alpin-Karpatischen Vorlandes des Egerium und Eggenburgium; IV) die sandigen Einschaltungen in der Laa Formation des Karpatium und V) die basalen klastischen Ablagerungen des Unteren Badeniums. Die potenziellen Reservoire im Karpatium und Unteren Badenium weisen nur lokale Verbreitung auf und jene im Eggenburgium sind nur sehr gering mächtig. Daher bildet die verwitterte Zone im Kristallin mit den zum Teil auflagernden Karbonaten der Altenmarkt Formation das vielversprechendste Reservoir des Untersuchungsgebietes, auch weil es nachweislich Thermalwasser führt und dieses auch bereits genutzt wird. Auf tschechischem Projektgebiet wurden die Kurdějov Karbonate zusammen mit der Altenmarkt Formation als hydrodynamisches System interpretiert. Im südlichen Teil des Projektgebietes, wo die Altenmarkt Gruppe in die Beckenentwicklung der Mikulov Mergel übergeht, wurden die Kurdějov Karbonate jedoch separat interpretiert.