

Energieforschungsprogramm



Publizierbarer Endbericht

Programmsteuerung: Klima- und Energiefonds

Programmabwicklung: Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)

Endbericht

erstellt am

10/12/2018

Projekttitlel: **GeoTief BASE (2D)**

Neue Forschungsansätze zur Erweiterung der Wissensbasis über
die Exploration der Tiefen Geothermie im Großraum Wien

Projektnummer: 858923

Energieforschungsprogramm - 3. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Ausschreibung	3. Ausschreibung Energieforschungsprogramm
Projektstart	01/01/2017
Projektende	30/09/2018
Gesamtprojektdauer (in Monaten)	21 Monate
ProjektnehmerIn (Institution)	Wien Energie GmbH
Ansprechpartner	Rusbeh Rezania
Postadresse	Thomas-Klestil-Platz 14, 1030 Wien
Telefon	+43 (0)1 4004-30233
Mobil	+43 (0)644 623 6357
E-mail	Rusbeh.rezania@wienenergie.at
Website	www.wienenergie.at

GeoTief BASE (2D)

Neue Forschungsansätze zur Erweiterung der Wissensbasis über
die Exploration der Tiefen Geothermie im Großraum Wien

AutorInnen:

R. REZANIA, P. KEGLOVIC, G. GADERMAIER (Wien Energie)

H. BINDER, M. JUD, M. SCHREILECHNER, E. LÜSCHEN (Geo5)

C. PORPACZY, G. GÖTZL, M. BOTTIG, (Geologische Bundesanstalt)

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	4
2	Einleitung	5
3	Inhaltliche Darstellung	7
3.1	Planung & Akquisition 2D Seismik.....	7
3.2	Aufbereitung bestehender geophysikalischer Daten	12
3.3	Aufbereitung neugenerierter 2D Seismikdaten	13
3.3.1	Geophysikalische Auswertung neugenerierter Daten	13
3.3.2	Geologische Interpretation der aufbereiteten Seismikdaten.....	15
3.3.3	Erstellung eines struktureologischen 3D Basismodells	16
3.4	Aufbereitung & Qualitätskontrolle geologischer Bestandsdaten.....	16
3.4.1	Strukturkarten & Profilschnitte	18
3.4.2	Geodatenplattform.....	18
3.4.3	Regionales 3D Rahmenmodell des südlichen Wiener Beckens.....	19
4	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	21
4.1	Geophysikalische Auswertung neu generierter Daten	21
4.1.1	Datenprocessing der Vertikalkomponenten	21
4.1.2	Spezialuntersuchungen der Seismischen Daten	22
4.2	Geologische Interpretation der aufbereiteten Seismikdaten.....	27
4.3	Geodatenmanagement & 3D Rahmenmodell	29
4.4	Erkenntnisse aus der Projektzusammenarbeit.....	31
5	Ausblick und Empfehlungen.....	32
6	Literaturverzeichnis	34
7	Abbildungsverzeichnis	35
8	Tabellenverzeichnis	37
9	Kontaktdaten.....	37

2 Einleitung

Projektkonsortium: Wien Energie GmbH (Projektleitung)
Geo5 GmbH
Geologische Bundesanstalt



Hydrothermale Geothermie stellt eine lokale, regenerative und umweltfreundliche Wärmeenergiequelle dar und steht als grundlastfähige Einspeisungsquelle für Nah- und Fernwärmenetze zur Verfügung. Verschiedene Studien (z.B. Streicher et al., 2010, Könighofer et al., 2014) prognostizieren eine realistische Anwendungskapazität der Tiefen Geothermie in Österreich zwischen 450 MWth bis 700 MWth. Dem Großraum Wien wird ein Anteil von 40 % bis 60 % dieser Kapazitätswerte zugeschrieben. Zugleich weist der Ballungsraum Wien eines der größten Fernwärmenetze Europas auf. Aus diesem Grund wird die Nutzung der hydrothermalen Geothermie in wesentlichen Strategiekonzepten für die Stadt Wien, aber auch für Österreich als wichtige, nachhaltige Technologie zur Deckung des urbanen Wärmebedarfs erkannt.

Der Wissensstand über die potentiellen, kalkalpinen Geothermiereservoirs des Beckenuntergrunds des zentralen und südlichen Wiener Beckens in Zieltiefen ab 3.500 m ist bis dato nicht ausreichend, da die bisherige Explorationstätigkeit in diesem Gebiet ausschließlich von der Kohlenwasserstoffindustrie betrieben wurde und andere geologische Zieltiefen im Fokus hatte. Jedoch wurden die hydrothermalen Reservoirs bereits in den 1970/80er Jahren im Zuge von Kohlenwasserstoffbohrungen zufällig aufgefunden. Da die geothermische Nutzung damals nicht angedacht war, wurden diese Vorkommen nicht weitergehend untersucht.

Die potenziellen Geothermie Reservoirs im östlichen Raum Wiens liegen in Tiefen von zirka 2.500 m bis 5.500 m unter der Geländeoberkante und bestehen vorwiegend aus karbonatischen Gesteinen der Nördlichen Kalkalpen und klastischen Sedimenten der Miozänen Füllung des Wiener Beckens.

Mit der 2012 durchgeführten Geothermie-Erkundungsbohrung Essling TH1/1a wurde ein erstmaliger Versuch zur Erschließung des Geothermie-Potenzials im Wiener Becken gestartet. Die damalige Bohrung hat gezeigt, dass die bisherigen geologischen Modellvorstellungen mit den erbohrten geologischen Strukturen nicht übereinstimmen. Die Erkundungsbohrung brachte jedoch einen bedeutsamen Erkenntnisgewinn über den geologischen Aufbau.

Im Rahmen des gegenständlichen Forschungsprojekts wurden durch innovative, seismische 2D Untersuchungen (Scherwellen- und Weitwinkelseismik) erste, neue Ergebnisse und Impulse zur geologischen Erforschung des Untergrundes des Wiener Beckens geschaffen. Hierfür wurde erstmalig in Österreich eine 2D Seismik für die Geothermie-Exploration in dicht bebautem Siedlungsgebiet im Osten Wiens und in angrenzenden Gemeinden in Niederösterreich durchgeführt. Dadurch wurden wichtige Erfahrungen gewonnen, welche für die großflächige Anwendung dieser Untersuchungsmethode in Folgeprojekten einen unschätzbaren Wert darstellen.

Energieforschungsprogramm - 3. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Die Anwendung und Auswertung von Scherwellenseismik für solch große Zieltiefen wurde bisher noch nicht erprobt und stellt die Basis für weitergehende Untersuchungen in folgenden Geothermie Explorationsprojekten dar. Die geologische Interpretation dieser Seismikdaten wurde mit bearbeiteten Bestandsdaten der Kohlenwasserstoffindustrie kombiniert, um geologische Modellvorstellungen kritisch zu überprüfen bzw. erstmalig neue geologische Konzepte mit dem Fokus auf geothermische Fragestellungen zu entwickeln.

Eine weitere Herausforderung im gegenständlichen Projekt war der strukturierte Umgang mit großen Mengen an akkumulierten Bestands- bzw. neugenerierten Daten. Über die gesamte Projektlaufzeit begleitete deshalb eine webbasierte Geodatenplattform die Sammlung und Aufarbeitung der erhobenen Datensätze. Diese bildeten die Grundlage für die Erstellung eines 3D Rahmenmodells des südlichen Wiener Beckens.

Aufbauend auf den im gegenständlichen Forschungsprojekt gewonnenen Erfahrungen und Ergebnissen, soll in Folgeprojekten eine großflächige Erforschung des Potenzials für Tiefe Geothermie im Großraum Wien betrieben werden, um eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die mögliche zukünftige Erschließung und Nutzung dieser erneuerbaren Energieform zu schaffen.

In Bezug auf die 3. Ausschreibung des Energieforschungsprogramms lag der Schwerpunkt des Projekts im Themengebiet TF 3/3.4 Tiefe Geothermie. Der Fokus lag auf einer der drei „für die geothermische Nutzung erfolgversprechendsten Regionen“ in Österreich, dem Wiener Becken. In dieser Region wurden (mit Ausnahme der Geothermie-Erkundungsbohrung 2012) noch keine Anstrengungen unternommen dieses vielversprechende Potenzial zu untersuchen, zu erschließen und zu nutzen. Das Ziel des gegenständlichen Forschungsvorhabens war dieses Geothermie-Potenzial erstmals mittels seismischer Messungen zu erfassen. Anschließend wurde „die Sammlung, Bewertung und Aufbereitung der geophysikalischen und seismischen Daten“ vorgenommen, um eine erste „Definition von Geothermieaquiferen, Tiefenlagen und Mächtigkeiten“ vorzunehmen. Diese Arbeiten liefern somit langfristig die Grundlage für die detaillierte Untersuchung (z.B. im Nachfolgeprojekt „GeoTief EXPLORE (3D)“)

3 Inhaltliche Darstellung

GeoTief BASE (2D) stellt den ersten Schritt im Forschungsprojekt „GeoTief Wien“ dar (www.geotiefwien.at). Das übergeordnete Ziel des gegenständlichen Forschungsvorhabens war neue Impulse in der Geothermie-Exploration des tiefen Untergrundes des Wiener Beckens zu geben. Der Einsatz innovativer Explorationsmethoden und die ausführliche Analyse der gewonnenen Daten standen hierbei klar im Vordergrund. Dabei wird auf wissenschaftlich fundierte Weise und auf dem höchsten Stand der Technik die Erforschung und Vermessung der Geologie im östlichen Raum Wiens vorangetrieben, um Erkenntnisse über das Vorhandensein und das Nutzungspotenzial geothermischer Reservoirs zu gewinnen.

Zusätzlich erfolgte eine umfassende Sammlung und Aufbereitung bereits bestehender Geodaten im Projektgebiet. Dies erfolgte in mehreren Schritten und wird nachfolgend anhand der einzelnen Arbeitspakete erläutert.

3.1 Planung & Akquisition 2D Seismik

In einem ersten Schritt wurden erstmals in Österreich im dicht besiedelten Stadtgebiet zwei neue, hochauflösende 2D Seismikprofile mit dem Fokus auf hydrothermale Geothermie-Vorkommen aufgenommen. Dies war notwendig, um den komplexen geologischen Aufbau des Beckenuntergrundes des Wiener Beckens zielgerecht geologisch abbilden zu können.

Die Lage der 2D Seismikprofile und die Aufnahmeparameter wurden auf Basis der vorhandenen geologischen Daten und aktuellen Modellvorstellungen für das Wiener Becken geplant. Nach einem öffentlichen europaweiten Vergabeverfahren durch Wien Energie wurde die Messfirma GEOFIZYKA TORUN S.A. mit der Durchführung der Messung der zwei 2D Seismik-Linien beauftragt. Im Rahmen des Förderprojekts wurden im Februar/März 2017 die Feldmessungen zur Generierung der neuen seismischen Daten in Form eines innovativen 2D Seismikprofils (Seismikprofil „Wittau“) aufgenommen. Zusätzlich wurde, zur Gänze finanziert von Wien Energie, ein zweites Seismikprofil (genannt „Raasdorf“) akquiriert (Abbildung 1).

Für die Durchführung der seismischen 2D Messungen war es notwendig im Vorfeld intensive Kommunikation mit den zuständigen Behörden, der Stadt Wien sowie den betroffenen GrundstücksbesitzerInnen und AnrainerInnen zu betreiben. Es mussten vor Beginn der Messungen die Zustimmungen aller GrundstückseigentümerInnen und PächterInnen, deren Grundstücke von den Messungen betroffen waren, eingeholt werden. Zur Information der AnrainerInnen und der breiten Öffentlichkeit wurde dazu eine Informationskampagne durchgeführt (Informationsveranstaltung, Homepage, Zeitungs- und Fernsehartikel, Postwurfsendung, etc.). Durch die sehr erfolgreiche Informationskampagne vor und während der Messarbeiten konnten die Messungen reibungslos durchgeführt werden. Aufgrund sehr positiver Rückmeldungen seitens der Behörden, Politik und breiten Öffentlichkeit wurde diese Einschätzung bestätigt (Abbildung 2).

Energieforschungsprogramm - 3. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Bei den angewandten reflexionsseismischen Messungen werden durch Vibrationsfahrzeuge (mittels Rüttelplatten) seismische Wellen erzeugt (Abbildung 3, oben). Diese Wellen breiten sich im Untergrund aus und werden an den verschiedenen Gesteinsschichten reflektiert.



Abbildung 1: Position der 2D Seismikprofile im Osten von Wien (siehe GeoTief Wien Broschüre)

Die reflektierten Wellen gelangen zurück an die Geländeoberfläche und werden dort von Geophonen (ähnlich einem Mikrophon), die entlang einer Linie ausgelegt sind, aufgenommen. Um eine Beeinträchtigung von Infrastruktur zu vermeiden wurde, je nach Umgebung, mit verschiedenen Stärken der Energieanregung gearbeitet. Um die Größe der Erschütterung nach ÖNORM S9020 einzuhalten, wurden an naheliegenden Gebäuden laufend Messungen der Vibrationsstärke am Gebäudefundament durchgeführt und gegebenenfalls die Stärke der Energieanregung angepasst.

Energieforschungsprogramm - 3. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG



Abbildung 2: Information der Bevölkerung während der Messungen (links); Digitale 3-Komponenten Aufnehmer (rechts)

Die Messung startete am 10. Februar 2017 und konnte am 10. März abgeschlossen werden. Um das geologisch komplexe Ziel in einer Tiefe von 3.500 bis 5.000 m mit ausreichender Genauigkeit erfassen und abbilden zu können, wurden neue innovative Messtechniken angewendet. Statt konventionellen analogen Geophongruppen in gewöhnlich großen Abständen, wurden bei dieser Seismik erstmals in Österreich digitale Sensoren (MEMS -Micro-Electro-Mechanical Systems) in engen Abständen von 10 m eingesetzt (Abbildung 2 - rechts), wobei sämtliche Sensoren während der Messung aktiv geschaltet waren. Um im Stadtgebiet ein ausreichend großes Nutzsignal zu erhalten, wurden auch die Anregungspunkte in Abständen von 10 m bzw. 20 m durchgeführt. Von den kleinen Empfängerabständen wurde eine deutlich erhöhte vertikale und horizontale Struktur-Auflösung erwartet. Darüber hinaus wurden alle MEMS-Sensoren als 3-Komponenten Sensoren ausgeführt. Dies bedeutet, dass nicht nur, wie konventionell üblich, die vertikale Komponente der Wellen durch die Sensoren registriert wird, sondern zusätzlich auch die beiden horizontalen Komponenten. Dies ermöglichte, dass man zusätzlich auch den Schwerwellenanteil des seismischen Wellenfelds aufnehmen und für die Auswertung nutzen konnte. Die Aufnahmeparameter der MEMS-Sensoren sind in Tabelle 1 angeführt.

	Spread parameter	Wittau	Shover
Spread	Receiver point interval (RI)	10 m	10 m
	Source point interval (SI)	10 m	25 m
	Number of active channels	All live (1392) x 3 components	All live (1392) x 3 components
	Source point position	half -station between channels	half -station between channels
	Spread type	Split spread- All channels active	Split spread- All channels active
	Spread configuration at the ends of the profile [m]	Roll on – roll off (no tail)	Roll on – roll off (no tail)

Tabelle 1: Geophon-Aufnahmeparameter des Seismikprofils und dem Scherwellenexperiment

Energieforschungsprogramm - 3. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Die Anregung des seismischen Signals erfolgte für die P-Wellenanregung durch eine Gruppe von drei Vibrationsfahrzeugen in einer Linie (Abbildung 3, oben).



Abbildung 3: Oben: Vibrationsfahrzeuge; Unten: Impressionen von den Feldmessungen

Schwerwellenexperiment SHOVER

Als innovative Besonderheit wurden im Rahmen der seismischen Messungen Scherwellenmessungen durchgeführt (Shover Experiment).

Bei der Bestimmung des Scherwellenanteils der reflektierten Wellen besteht die Problematik, dass bei einer konventionellen P-Wellenanregung die direkt entstandenen Scherwellen nicht einfach von den konvertierten Scherwellen (runterlaufend als P-Wellen, an den Schichtgrenzen reflektiert und konvertiert zu S-Wellen) unterschieden werden können. Hierdurch entsteht eine Kombination aus den direkt angeregten und reflektierten Scherwellen mit den an den Schichtgrenzen konvertierten Scherwellen. Diese Vermischung der Scherwellen lässt sich vorzugsweise dadurch trennen, dass der Anteil der gewollten Scherwellenanregung gesondert durch eine gezielte Scherwellenanregung (SH-polarisierte S-Wellen) erkannt wird.

Die Scherwellenanregung erfolgte im Rahmen des Projekts durch das Shover-Verfahren, bei dem vier Vibrationsfahrzeuge in einem Quadrat angeordnet werden (Abbildung 4). Dabei arbeiten zwei konventionelle Kompressionswellen-Vibrationsfahrzeuge im Gegentakt, wodurch der Boden zwischen

Energieforschungsprogramm - 3. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

den Vibrationsfahrzeugen horizontal verschoben wird und damit polarisierte Scherwellen vom SH-Typ erzeugen. Die gleichzeitig erzeugten Kompressionswellen (p-Wellen) löschen sich dabei durch die Gegenphasigkeit weitgehend aus. Der Vorteil des Shover-Verfahren ist, dass konventionelle Vibrationsfahrzeuge eingesetzt werden können und die Energieausbeute durch den synchronen Einsatz mehrerer Vibrationsfahrzeuge gesteigert werden kann. Durch den Einsatz der 3-Komponenten Sensoren können diese Scherwellen erfasst werden, um anschließend im Rahmen der Auswertung der Daten detailliertere Analysen über den Untergrund durchführen zu können.

Bei zusätzlichen Auswertungen im Zuge des Nachfolgeprojekts „GeoTief EXPLORE (3D)“ werden aus dem Verhältnis der Geschwindigkeiten von Longitudinalwellen (p-Wellen) zu Transversalwellen (s-Wellen) verschiedene geomechanische Kennwerte (Poisonzahl, Scher- und Kompressionsmodul) der Gesteine im Untergrund abgeleitet.

Durch die Aufnahme der Horizontalkomponenten wird im gegenständlichen Projekt erstmals eine geomechanische Datenbasis, auf Grundlage der innovativen geophysikalischen Messungen (Scherwellenseismik), aufgebaut.

Darüber hinaus wurde im Zuge der Aufnahmen Weitwinkelseismik angewandt. Weitwinkelseismik zeichnet sich durch eine sehr lange Auslage, die durch große Empfänger (Receiver) – Anreger (Shot) Abstände entsteht, aus. Dadurch lassen sich sehr tiefliegende und steil stehende geologische Formationen abbilden.

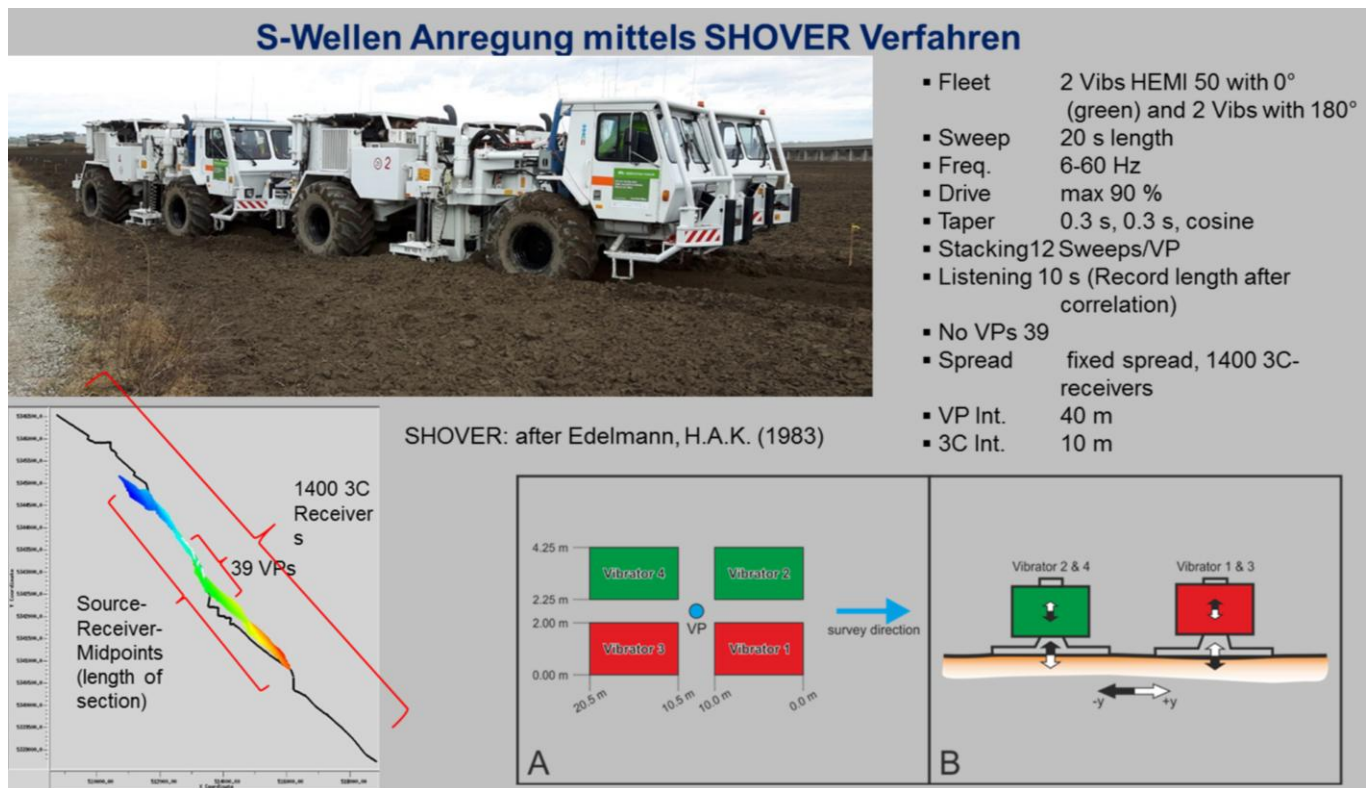


Abbildung 4: Scherwellenanregung durch Shover Experiment an 39 Anregungspunkten des Seismikprofils

Nachfolgend einige Fakten zu den Feldmessungen:

- Die Messungen wurden auf zwei Linien mit insgesamt 26 Kilometer Länge zwischen der Donaustadt und Groß-Enzersdorf bzw. Raasdorf durchgeführt.

- An den Messlinien wurden 2.600 Messgeräte ausgelegt. Es wurden über 60 Kilometer Kabel zur Verbindung der Geophone ausgelegt.
- Die Impulsfahrzeuge haben in 24 Tagen insgesamt 1.600 Einzelmessungen durchgeführt (Vibrationspunkte).
- Während der Dauer der Messungen waren ständig 3 bis 4 Impulsfahrzeuge und 45 Personen der Messfirma (Geofizyka Torun) im Einsatz.
- Eine innovative Messmethode (Shover-Verfahren zur Scherwellenanregung) wurde in der Seestadt Aspern durchgeführt
- Insgesamt wurden 1,2 Terabyte seismische Rohdaten gesammelt
- Über 25.000 Haushalte im Messgebiet wurden über das Projekt informiert
- Es wurden hunderte persönliche Gespräche mit interessierten Anrainern geführt. Dabei gab es sehr viele positive Rückmeldungen zum Forschungsvorhaben seitens der Bevölkerung.

3.2 Aufbereitung bestehender geophysikalischer Daten

Um in einem späteren Schritt die neu generierten und bearbeiteten Daten interpretieren zu können, müssen geologische Informationen aus dem Untersuchungsgebiet herangezogen werden. Bestehende Bohrungs- und Seismikdaten sind dabei unbedingt notwendige Hilfsmittel, um die aufgenommenen Reflexionen aus dem Untergrund geologischen Schichten und Formationen zuordnen zu können.

Im Zuge des Projektes wurden von der Kohlenwasserstoffindustrie Bestandsdaten in Form von Bohrlochdaten und einer Seismikdaten zur Verfügung gestellt. Entscheidende Kriterien waren ausreichende Bohrtiefe und das Vorhandensein von aussagekräftigen geophysikalischen Bohrlochinformationen (Logs). All diese Daten wurden entsprechend aufbereitet, um danach ins Projekt eingegliedert werden zu können. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um geophysikalische Daten wie Testberichte und Logs. Eine große Zahl von Logs musste nachträglich digitalisiert werden, da sie zu Projektbeginn nur auf Papier vorhanden waren.

Zusätzlich standen dem Projektteam geologische und geophysikalische Informationen aus der ersten Geothermie-Erkundungsbohrung im Projektgebiet (Essling TH1 - Wien Energie) aus dem Jahre 2012 zur Verfügung, welche die aktuellste Bohrung in diesem Gebiet darstellt.

Nach der Aufbereitung der Daten wurde zur einfachen Handhabung und als wesentliches Nachschlagwerk für zukünftige Untersuchungen ein ‚Well Data Book‘ mit den wichtigsten vorhandenen Logs aller Bohrungen erstellt. Darin wurde, wenn vorhanden, von allen Bohrungen Kaliper, Stratigraphie, Gamma Ray, CE und DT Log im Maßstab 1:500 (ab Aderklaa Konglomerat) und 1:2000, geplottet. Des Weiteren wurde eine Pivottabelle erstellt, um einen besseren Überblick über die große Datenvielfalt zu haben. Damit ist es z.B. möglich in kürzester Zeit herauszufinden, welche Logs vorhanden sind beziehungsweise welche geologischen Formationen die einzelnen Bohrungen durchteuften.

Neben Bohrungsdaten wurden auch bestehende Seismikdaten teilweise neu bearbeitet (reprocessed) und als Hilfestellung zur geologischen Interpretation herangezogen. Diese Daten wurden einer Qualitätskontrolle unterzogen und derart aufbereitet, dass sie in das Projekt eingegliedert werden konnten.

3.3 Aufbereitung neugenerierter 2D Seismikdaten

3.3.1 Geophysikalische Auswertung neugenerierter Daten

Unter „Processing“ versteht man die digitale Verarbeitung der seismischen Felddaten. Das Ziel des Processings ist eine Erhöhung des Verhältnisses von Nutz- zu Störsignal der registrierten seismischen Daten, um diese bestmöglich zu visualisieren. Störsignale werden bei der Akquisition unvermeidlich mit aufgenommen (zum Beispiel durch Verkehr, Wind, etc.). Durch verschiedene Bearbeitungsverfahren, Filter, etc. können diese Störsignale minimiert und somit die Darstellung der tatsächlichen Reflexionen aus dem Untergrund verbessert werden. Dabei soll so viel wie möglich an Information über die Untergrundstrukturen enthalten sein. Auf Basis der dadurch erstellten Veranschaulichungen wird die geologische Interpretation durchgeführt. Beim gegenständlichen Projekt gliederte sich das Processing in zwei Phasen. Zu Beginn wurde die Vertikalkomponente des Signals bearbeitet, wie es auch bei konventionellen Seismiken gemacht wird. Nachfolgend wurden, die Horizontalkomponenten der Reflexionen (Schwerwellen) ausgewertet und einige Spezialuntersuchungen durchgeführt. Dies war eine Besonderheit in diesem Projekt, da es dafür keine standardisierten Auswertelgorithmen gibt und diese somit erst entwickelt werden mussten.

Datenprocessing der Vertikalkomponenten

Die Auswertung der Vertikalkomponente erfolgte ebenfalls in zwei Schritten. Das erste Datenprocessing wurde von der Seismik-Messfirma durchgeführt. Dies erfolgte (nach Trennung der drei Aufnehmer-Komponenten) ausschließlich mit der Vertikalkomponente zum Zweck der Strukturauflösung mit Hilfe der P-Wellen. Es entstanden auf diese Weise jeweils ein Final Stack, eine Post-Stack Migration auf Basis des Final Stacks sowie eine Pre-Stack Migration. Der Final Stack dient im Wesentlichen zur Bewertung des vertikalen Auflösungsvermögens, weniger der geologischen Interpretation. Beide Migrationsversionen (Post-Stack, Pre-Stack) bringen die seismischen Strukturen in ihre möglichst lagerichtige Position (auch Imaging genannt) und ermöglichen dadurch erst eine geologische Interpretation.

Die Ergebnisse des Processings der Messfirma zeigen insbesondere im Bereich der neogenen Sedimente des Wiener Beckens bis zu ihrer Basis eine sehr hohe Auflösung. Da die Zieltiefen jedoch vorwiegend unterhalb der präneogenen Beckenbasis liegen, wurden im Anschluss vom Projektteam besondere Auswertelgorithmen angewandt. Dadurch wurden die Tiefenbereiche unterhalb der präneogenen Beckenbasis – im kalkalpinen Reservoirbereich - besser aufgelöst. Diese Auswertung wurde durch die Anwendung der Weitwinkelseismik ermöglicht.

Abbildung 5 zeigt die drei Komponenten am Beispiel eines registrierten Vibrationspunktes nach Trennung in drei Komponenten. Hier wird deutlich, dass auch die Vertikalkomponenten erhebliche Schwerwellenenergie aufweisen, dass andererseits die Horizontalkomponenten durch besonders starke Scherwellenenergie einen erheblichen Mehrwert gegenüber einer konventionellen Registrierung (nur Vertikalkomponente) darstellen.

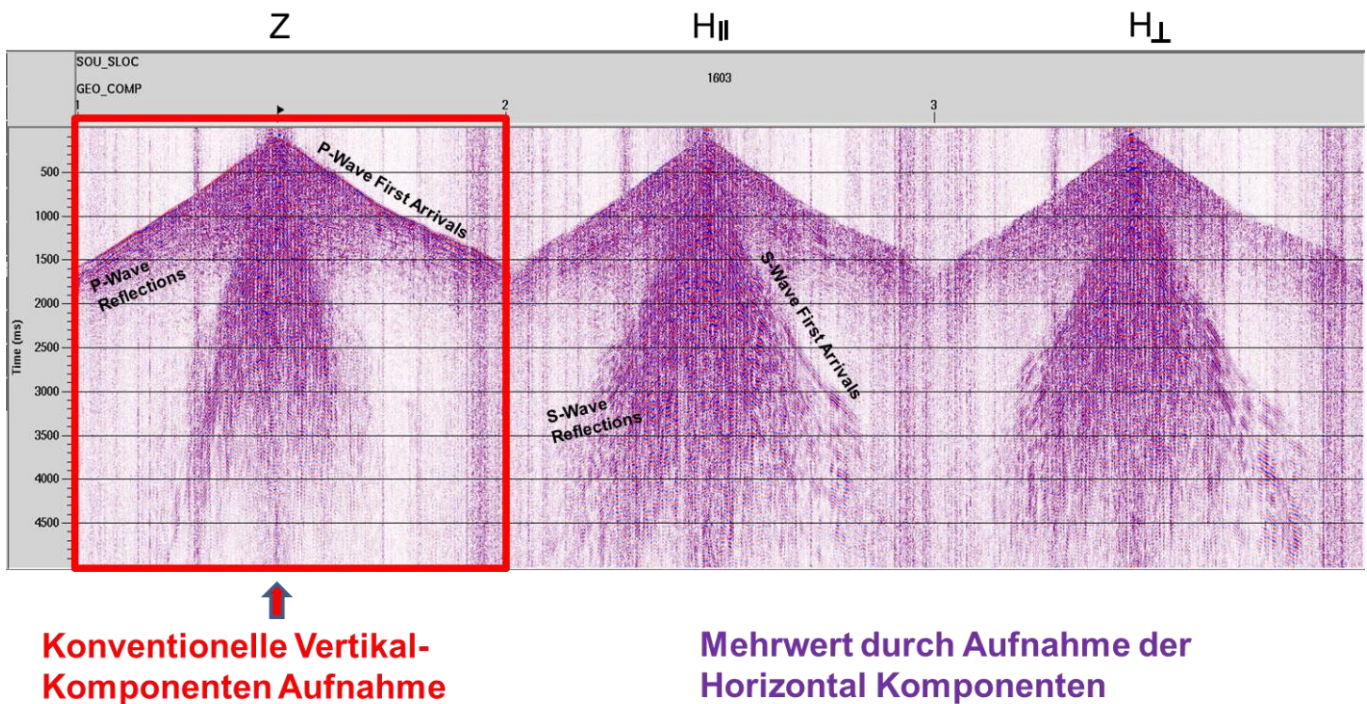


Abbildung 5: Beispiel eines einzelnen Vibrationspunktes nach Trennung der drei Komponenten. Von der 14 km langen Beobachtungsentfernung sind hier zwecks besserer Übersicht nur die ersten 4 km beiderseits der Quelle dargestellt. Links ist die Vertikalkomponente dargestellt, wie sie bei konventionellen Messungen ausschließlich zur Verfügung stehen würde. Rechts die beiden Horizontalkomponenten (Scherwellen).

Spezialuntersuchungen der Seismischen Daten

Zusätzlich zum üblichen p-Wellen Processing wurden einige Spezialuntersuchungen durchgeführt. Diese werden vor allem durch die Aufnahme der horizontalen Komponenten der reflektierten Wellen ermöglicht.

a) Scherwellen-Processing der 3-Komponenten-Produktionsrecords

Abbildung 5 zeigt, dass sich die seismische Wellenenergie auf alle drei Empfängerkomponenten verteilt. Die horizontalen Komponenten (parallel zur Linie und quer zur Linie) werden meist konventionell nicht genutzt. In diesem Projekt wurde jedoch das Potenzial der Scherwellen aufgezeigt und für die zukünftige Nutzung ein Workflow entwickelt. Da im Wesentlichen ein Laufzeitvergleich mit p-Wellen-Reflexionen zwecks Bestimmung des V_p/V_s -Verhältnisses für geotechnische Fragestellungen erfolgen soll, beschränkt sich das Datenprocessing auf die Erstellung einer Stapelsektion.

b) Scherwellen-Experiment SHOVER

Das Scherwellen-Experiment SHOVER (nach Edelmann, 1983) zielte auf die Anregung möglichst großer Energie auf der Horizontalkomponente quer zur Messrichtung, d.h. auf die Anregung von horizontal polarisierter Scherwellenenergie (SH) ab. Diese Scherwelle hat den entscheidenden Vorteil, dass sie (bei annähernd söhlicher Lagerung) nicht konvertiert wird. Diese Methode reduziert gleichzeitig den Anteil

der P-Wellen und sie zeigte somit, dass die Anregung von SH-Wellen tatsächlich gelingt und nachweisbar ist.

c) Vp/Vs-Interpretationen

Das Hauptaugenmerk bei der kombinierten Auswertung von P- und S-Wellen-Reflexionen lag auf der Bestimmung des Geschwindigkeitsverhältnisses Vp/Vs. Dies wurde über die Messung von Laufzeiten und deren Verhältnissen ermöglicht. Das Vp/Vs Verhältnis kann im Bereich 1,4 bis 2,5 liegen und spiegelt u.a. den Gehalt von sandreichen und tonreichen Gesteinen wider. Ein Wert von 1,4 würde reinem Quarzsand entsprechen, 2,5 sehr tonreichem Gesteinen. Andererseits spielt das Vp/Vs-Verhältnis bei der Lokationsbestimmung von eventuell auftretender Mikroseismizität bei geothermischer Produktion eine tragende Rolle.

d) Tomographie aus den P- und S-Wellen-Ersteinsätzen

Ein eigenes Potential der 2D-Messung steckt in der Auswertung der refraktierten Ersteinsätze, sowohl der P-Wellen, als auch der S-Wellen. Diese Einsätze wurden semi-automatisch gepickt und in ihrer Gesamtheit einer tomographischen Auswertung unterworfen. In einem einfachen Geschwindigkeit-Tiefen-Startmodell werden zunächst zwischen jedem Anregungspunkt und jedem Empfängerpunkt Strahlen und deren Laufzeiten berechnet. Die Residuen zu den beobachteten Laufzeiten wurden einer Inversionsrechnung unterworfen. Dies ergab ein neues Modell, das nach weiteren Iterationen verfeinert werden kann.

3.3.2 Geologische Interpretation der aufbereiteten Seismikdaten

Bei der geologischen Interpretation wird versucht aus dem ausgewerteten Reflexionsbild geologische Körper zu identifizieren und voneinander abzutrennen. Hierbei spielen die Ablagerungsgeschichte und die Tektonik eine wichtige Rolle. Die Identifizierung der geologischen Abschnitte und Grenzen orientiert sich an der seismischen Fazies (Kontinuität der Reflexionen, seismische Amplitude, Frequenz, Neigung der Reflektoren und dgl.) und den Informationen aus Bohrungen, bestehenden Seismikdaten und geologischem Vorwissen. Diese Vorgangsweise ist für den Bereich der neogenen Sedimente gut durchführbar, jedoch für den präneogenen Untergrund (Zielgebiete der Geothermie) schwierig. Dies gilt vor allem, wenn das Schichteinfallen oder die Deckengrenzen sehr steil (30° und darüber) einfallen. Auch fehlender Impedanzkontrast erschwert die Interpretation.

Der Fokus der geologischen Interpretation lag im Besonderen auf den folgenden geologischen Abschnitten:

- Neogene Horizonte zur Orientierung und zum Verständnis der tektonischen Gegebenheiten
- Das Aderklaa Konglomerat
- Die Oberkante Beckenuntergrund zur Abgrenzung der neogenen Beckenfüllung vom (kalkalpinen) Basement
- Abgrenzung großer geologischer Strukturen zum Verständnis der internen Gliederung des Beckenuntergrundes. Im Speziellen sind dies die Göller Decke, die Gießhübler Mulde und die Frankenfels-Lunzer Decke

- Identifizierung und Abgrenzung der Asperner Schuppe und weiterer kalkalpiner Reservoirs

3.3.3 Erstellung eines struktureologischen 3D Basismodells

Ein geologisches 3D-Modell wurde auf Basis der geologischen Interpretation erstellt. Es wurden also 2D Daten in einem weiteren Schritt räumlich interpretiert. Form, Lage und die strukturelle Beziehung von geologischen Abschnitten zueinander können in so einem Modell veranschaulicht werden. So sind etwa auch Volumenabschätzungen von einzelnen Geokörpern möglich.

Werden den unterschiedlichen Geokörpern verschiedene Eigenschaften (z.B. Porosität) zugeordnet, dient das 3D Modell in weiterer Folge als wichtige Grundlage für weitergehende Untersuchungen im Nachfolgeprojekt „GeoTief EXPLORE (3D)“ (z.B. für die thermisch-hydraulisch-mechanische Simulation).

3.4 Aufbereitung & Qualitätskontrolle geologischer Bestandsdaten

Ergänzend zur Akquisition und Bearbeitung bestehender geophysikalischer Daten, wurden im Laufe der ersten Projekthälfte geologische Bestandsdaten erhoben und - im Fall von analog vorliegenden Formaten - digital aufbereitet. Bei diesen Daten handelte es sich um Strukturkarten, Profilschnitte, geologische Karten sowie Schichtprofile der verfügbaren Bohrungen im Untersuchungsgebiet. Um die geographische Vorauswahl relevanter Geodatensätze zu unterstützen, wurde eine quadratische 3D Rahmenmodellgrenze über die östliche Wiener Stadthälfte und angrenzende Gebiete aufgrund von vier Faktoren festgelegt (Abbildung 6):

- Hohe Siedlungsdichte und Überdeckung mit zukünftigen Stadtentwicklungs- und Stadterweiterungszonen östlich und südlich des Wiener Stadtgebiets
- Gute Datenlage hinsichtlich des tieferen Untergrunds aufgrund ehemaliger Explorationsgebiete der Erdölindustrie im Wiener Becken
- Überlagerung mit dem Versorgungsgebiet von Wien Energie
- Ausreichende Tiefenlage und damit einhergehend erhöhtes Temperaturniveau der potenziellen, geothermischen Reservoirgesteine

Die innerhalb dieser Rahmenmodellgrenze in geeigneter Qualität vorhandenen Geodaten wurden als Eingangsdatensätze in einem geologischen 3D Rahmenmodell zur Qualitätskontrolle implementiert und anschließend als Stützpunkte für die Interpolation geologischer Grenzflächen herangezogen (stratigraphische Horizonte und geologische Störungsflächen). Durch die räumlich georeferenzierte Verortung und Visualisierung in einer 3D Umgebung konnten diese Eingangsdaten einer Plausibilitätskontrolle unterzogen und Diskrepanzen behoben werden. Alle digitalen bzw. im Projektverlauf digitalisierten Projektdatensätze wurden in einer neukonzipierten Geodatenplattform abgelegt. Die Speicherung von Rohdaten wurde vermieden, da deren direkte elektronische Verwendbarkeit nicht gegeben ist und nur ein Bruchteil der Informationsdichte Relevanz für die weitere Verwendung in der Projektbearbeitung besitzt.

Energieforschungsprogramm - 3. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

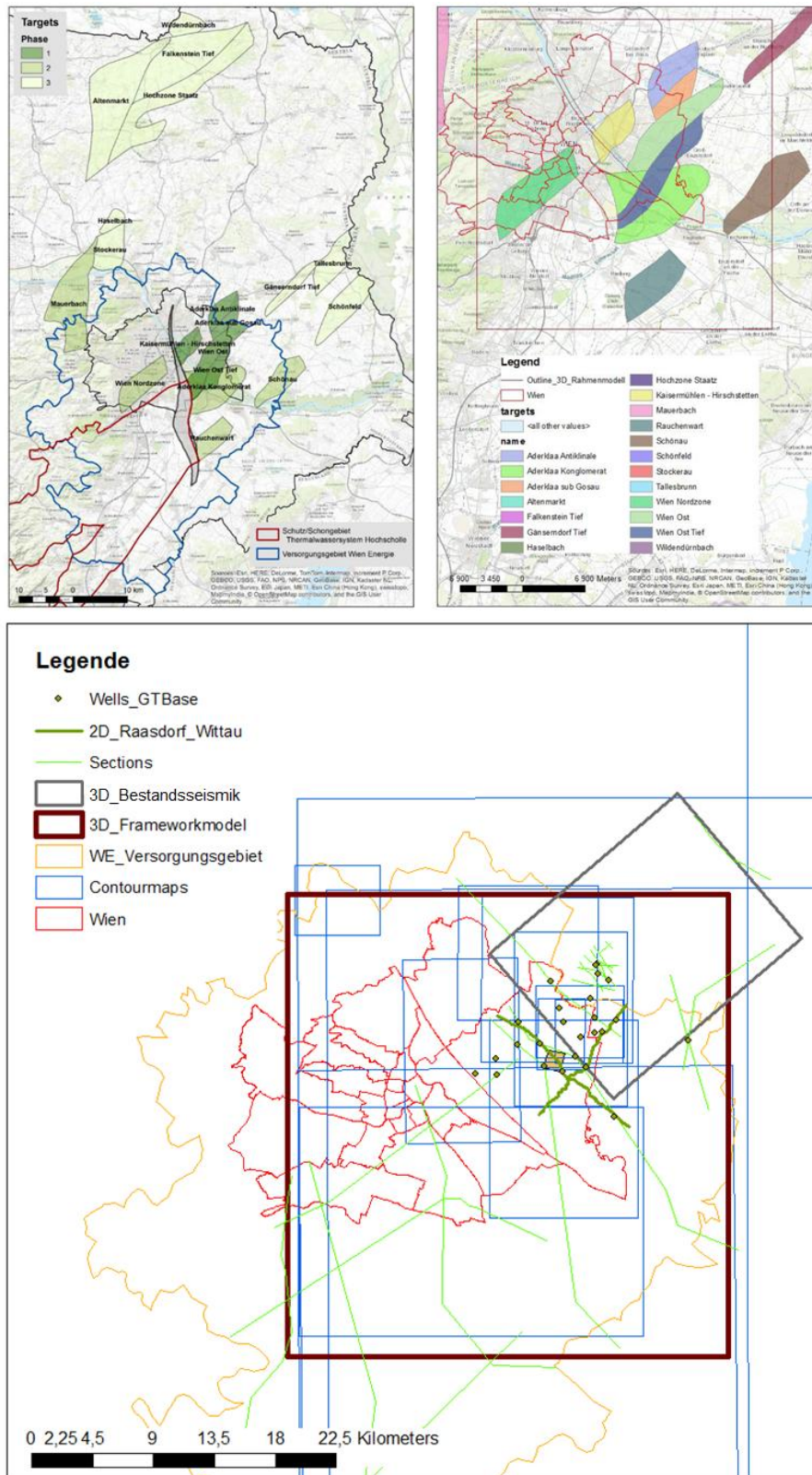


Abbildung 6: *Oben links*: Geothermische Fokusgebiete in Wien und Niederösterreich zur Festlegung der geothermischen Untersuchungsstrategie. *Oben rechts*: Umriss des Rahmenmodells sowie Bezeichnung der einzelnen Fokusgebiete, welche die Untersuchungsgrundlage für das gegenständliche Projekt bilden. *Unten*: Umrisse der aufbereiteten Strukturkarten und Profilschnitte sowie Lage der verfügbaren Tiefbohrungen im Osten Wiens.

3.4.1 Strukturkarten & Profilschnitte

Neben den verfügbaren Bohrungsinformationen bildeten Strukturkarten und Profilschnitte die wichtigste Geodatenquelle. Da es sich bei Strukturkarten und Profilschnitten jedoch um zweidimensionale Interpolationen basierend auf stratigraphischen Bohrungsmarkern handelt und diese meist unabhängig von bestehenden Strukturkarten und Profilschnitten erstellt wurden, widersprechen sich diese umso mehr, je weiter Fehlerbereiche von Bohrungspunkten entfernt zu liegen kommen. Da Bohrungsdaten das entscheidende Qualitätskriterium dieser Geodatenklassen darstellen, wurden bewusst nur die jeweils aktuellsten Profilschnitte und Strukturkarten von betreffenden stratigraphischen Horizonten implementiert, da diese nur eine 2D Interpolation von Bohrungsinformationen darstellen.

Die gesammelten und digital aufbereiteten 15 Strukturkarten wurden in den Jahren 1955 bis 1995 in Zusammenhang mit der Kohlenwasserstoff Explorationstätigkeit im Wiener Becken erstellt. Davon bilden 10 Strukturkarten stratigraphische Horizonte der Neogenen Beckenfüllung im Wiener Becken ab. Fünf die Horizonte der kalkalpinen Einheiten im Beckenuntergrund, der mesozoischen Sedimente auf dem Südostrand der Böhmisches Masse sowie deren Kristallinoberkante. Diese lieferten für die Modellierung wertvolle Informationen über die Verbreitung geologischer Schichten sowie über Ausrichtung, Versatz und Ausdehnung der Hauptstörungszonen im Wiener Becken.

Insgesamt wurden 23 Profilschnitte aufbereitet. Davon entstammen die aktuellsten Profilschnitte über den geologischen Aufbau des Wiener Beckens im Untersuchungsgebiet aus den Erläuterungen zur geologischen Themenkarte „Thermalwässer in Österreich 1:500 000“ aus dem Jahr 2016 (Elster et al., 2016). Diese insgesamt acht Profilschnitte wurden auf Basis der letztgültigen, Bohrungsinformationen erstellt (inklusive der im Jahr 2012 gewonnenen Erkenntnisse aus der Thermalwasserbohrung Essling TH1) und bildeten die Grundlage für die Ausrichtung der 2D Seismikprofile „Raasdorf“ und „Wittau“, welche im Rahmen des Projekts generiert und bearbeitet wurden.

3.4.2 Geodatenplattform

Um die gesammelten und aufbereiteten Geodaten geordnet und nachhaltig den Projektpartnern zur Verfügung zu stellen, wurde eine webbasierte Geodatenplattform erstellt. Diese diente den Projektpartnern als zentrale Daten und Informationsablage und erlaubt den Up- und Download aller relevanten Projektdaten (Bohrungsinformationen, Profilschnitte, Berichte). Des Weiteren kann diese Plattform einfach über das Projektende hinaus für Folgeprojekte genutzt werden.

Die Geologische Bundesanstalt übernahm hierbei, als geowissenschaftliches Geodaten- und Kompetenzzentrum Österreichs, die Rolle des Webhosts und Administrators für die Verwaltung und Speicherung der geologischen Projektdaten sowie der Vergabe von Zugangsberechtigungen an die Projektpartner. Die Geodatenplattform wurde daher auf den Datenservern am Standort der Geologischen Bundesanstalt mittels Cloud Management Software gespeichert und über ein Webinterface in der Projektumgebung zur Verfügung gestellt.

Die interne Datenstruktur wurde unabhängig von der arbeitspaketbasierten Projektmanagementstruktur nach fachlichen Gesichtspunkten konzipiert um die intuitive Nutzung des Datenbestands durch neue Projektpartner in Folgeprojekten zu ermöglichen sowie die modulare Erweiterung mit neuen Forschungsbereichen hinsichtlich Forschung im Bereich Geothermie zu garantieren.

3.4.3 Regionales 3D Rahmenmodell des südlichen Wiener Beckens

Für die Visualisierung der räumlichen Eingangsdaten wurde ein regionalgeologisches 3D Rahmenmodell in Tiefendomäne im Großraum des Untersuchungsgebiets erstellt. Ein regionalgeologisches Modell des Wiener Beckens kann aus drei Gründen für die Projektarbeit verwendet werden:

- Die Geologische Bundesanstalt kann durch ein 3D Rahmenmodell mithilfe des umfangreichen Datenbestands ihre regionalgeologische Expertise optimal in das Projektteam einbringen und durch Visualisierung den Projektpartnern und externen Stakeholdern vermitteln.
- Aufgrund der im Laufe einer Vielzahl von Projektarbeiten gewonnenen Erfahrungen handelt es sich bei der 3D Modellierung um die Best-Practice Methode, wie heterogene, dreidimensionale Geodaten einer Plausibilitätskontrolle unterzogen werden können.
- Hilfe bei der Überprüfung von Ergebnissen der geologischen Detailinterpretation der 2D Seismikprofile durch Gegenüberstellung mit den regionalen, struktureologischen Verhältnissen des Wiener Beckens.

Da abzusehen ist, dass bei der Erforschung und Nutzbarmachung der Tiefen Geothermie im Großraum Wien in den nächsten Jahren eine Vielzahl an Geodaten generiert werden, bietet ein regionalgeologisches Rahmenmodell – in Anlehnung an die im Projekt ebenfalls konzipierten Geodatenplattform - die Möglichkeit, als Geodaten-Visualisierungsplattform zu fungieren, welche modular durch neue Datensätze erweitert werden kann. Der regionalgeologische Detaillierungsgrad des Rahmenmodells entspricht in etwa einer Kartenmaßstabsgrundlage von 1:100 000 - 1:200 000. Da 3D Untergrundmodelle eine praktisch stufenlose und unbegrenzte Vergrößerung zulassen und sich im Gegensatz zu Kartendarstellungen nicht auf eine 2D Informationsebene, sondern auch auf Untergrundinformationen beziehen deren Dichte mit zunehmender Tiefe generell abnehmen, kann der klassische Maßstabsbegriff zur Angabe der Detailgenauigkeit nicht für ein Modell verwendet werden. Analog zum Kartenmaßstab etabliert sich daher im 3D CAD Bereich vermehrt der Begriff LOD (Level of Detail) zur Angabe des Detaillierungsgrades. Mit Abstufungen in LOD0, LOD1, LOD2, LOD3 etc. werden in diesem Zusammenhang unterschiedliche Detailkategorien beschrieben, wobei LOD 0 den geringsten Detaillierungsgrad angibt, welcher sich mit ansteigender Nummerierung erhöht. Bis dato existiert für LOD's jedoch keine einheitliche Definition der Kennwerte, sodass das 3D Rahmenmodell im gegenständlichen Fall als LOD0 bezeichnet werden kann. Dieses dient daher in Ergänzung zu den seismikbasierten Basismodellvarianten in Zeitdomäne (LOD1) mit einer Auflösung auf Reservoirebene als Planungs- und Informationsgrundlage für eine langfristige Explorationsstrategie der hydrothermalen Vorkommen im Wiener Becken. Bei der Evaluierung von weiteren geothermischen Potentialgebieten im Rahmen von GeoTief Wien kann dieses LOD0-Modell mithilfe neuakquirierter Geodaten jederzeit in zukünftigen Untersuchungsgebieten nachverdichtet werden.

Im Laufe der zweiten Projekthälfte verlagerte sich der Schwerpunkt von der geometrischen Modellierung der Potenzialkörper, welche in einer Vorstudie definiert wurden (Abbildung 6), hin zur Modellierung der Störungssysteme des Wiener Beckens. Die wichtigste Datengrundlage für die Verortung von Störungen stellten dafür vor allem Strukturkarten der miozänen Beckenfüllung dar, anhand deren Störungsausrisse

(fault heaves) Informationen zu Lage, Einfallswinkel und Streichrichtung der einzelnen Störungsflächen abgeschätzt werden konnten (Abbildung 7).

Der Themenwechsel von der Modellierung der Potenzialkörper hin zum Störungssystem wurde unternommen, da in der Projektmitte ersichtlich wurde, dass nur ein regionaler Ansatz durch die Modellierung des gesamten Störungsflächennetzwerks dabei hilft die Plausibilität der detaillierten, seismischen Interpretationsvarianten durch Gegenüberstellung mit dem großtektonisch-strukturgeologischen Charakter des Wiener Beckens zu überprüfen und richtig einordnen zu können. Des Weiteren erwies sich die Datengrundlage aufgrund bis dato fehlender, hochauflösender Seismikergenergebnisse als zu gering, um postulierte Potenzialkörper ausreichend abbilden zu können.

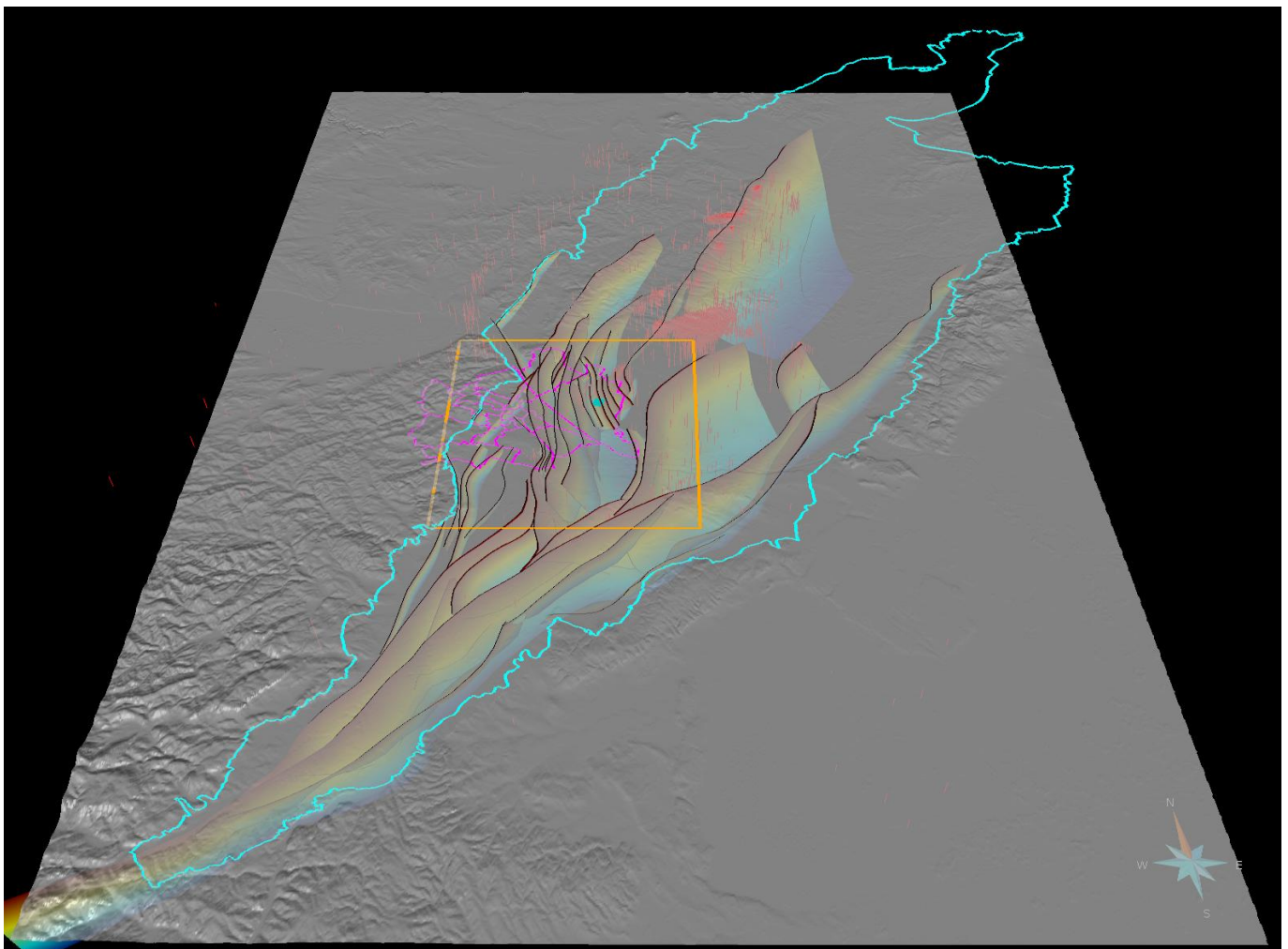


Abbildung 7: Südansicht: Umriss Wiener Becken, Umriss Rahmenmodell, höhenschraffierte Hauptstörungsflächen (Abschiebungen und Seitenverschiebungen) des Wiener Beckens.

4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

4.1 Geophysikalische Auswertung neu generierter Daten

Wie in Kapitel 3.3 erwähnt, ist das Ergebnis des Processings eine Visualisierung der seismischen Daten, welche ein Bild des Untergrundes zeichnet. Nachfolgend werden die Ergebnisse zuerst anhand der konventionellen Vertikalkomponenten und anschließend an den speziell in diesem Projekt generierten Horizontalkomponenten (Scherwellen) gezeigt.

4.1.1 Datenprocessing der Vertikalkomponenten

Der Final Stack der Seismik-Messfirma zeigt eine sehr hohe vertikale Auflösung im neogenen (oberen) Tiefenbereich des Wiener Beckens. Dieser kann hilfreich sein um die neogenen geologischen Körper und ihre strukturelle Stellung (neogene Tektonik) zu interpretieren.

Die Bearbeitung der Daten der Vertikalkomponente (Z) durch das Projektteam konzentrierte sich vor allem darauf, Reflexionen aus den tieferen Bereichen (kalkalpiner Untergrund) hervorzuheben, um eine interne Zonierung der Gesteinsformationen bei der Interpretation zu ermöglichen. Die Datenbearbeitung wurde mit dem Paket ProMAX/SeisSpace von Halliburton-Landmark, welches standardmäßig in der Erdölindustrie verwendet wird, durchgeführt. Dabei wurde auf eine geeignete Amplitudenskalierung während des Stapelns Wert gelegt sowie auf möglichst wenige Processingschritte in den tieferen Bereichen, die die Tendenz haben, das Signal/Noise-Verhältnis dort unnötig zu verringern. Außerdem wurde der Frequenzbereich auf 8-64 Hz beschränkt. Im Ergebnis machen sich dadurch Strukturen unterhalb der Beckenbasis und damit im Zielgebiet für geothermische Ressourcen besser bemerkbar (Abbildung 8). Ein Testprocessing mit dem Frequenzbereich 12-64 Hz, als Ergebnis von Messungen mit der Anregung zwischen 12-96 Hz, wie man ihn eventuell in stark bebauten Gebieten anwenden würde, ergab eine deutliche Degradierung der Strukturen unterhalb der Beckenbasis.

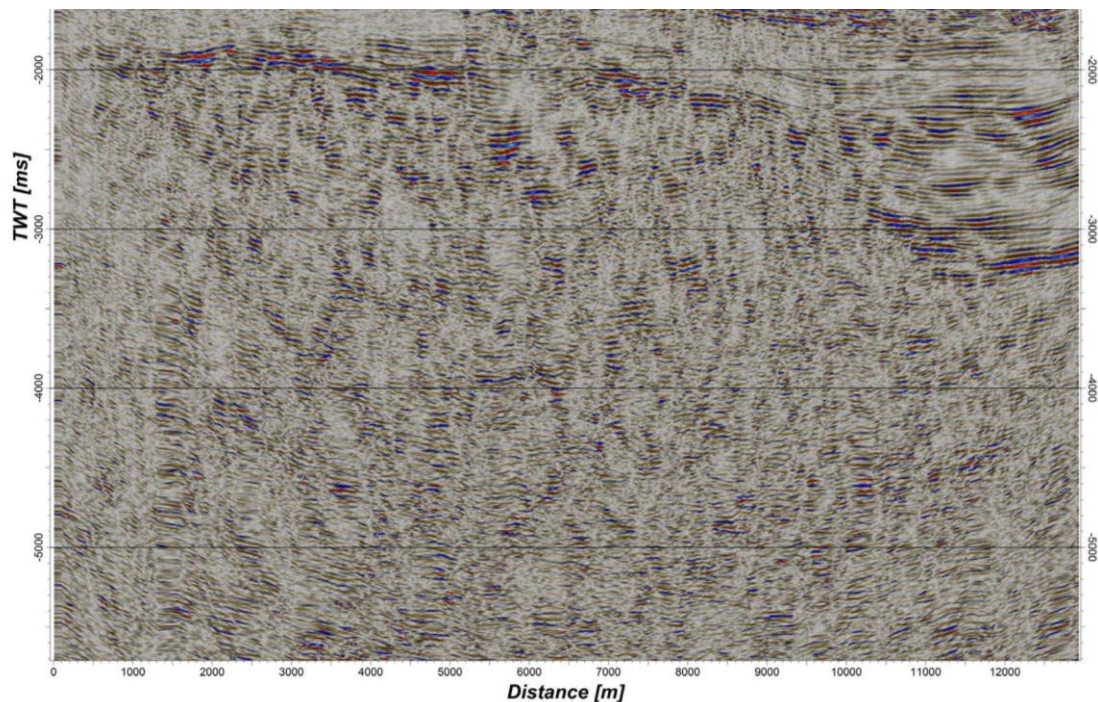


Abbildung 8: Final Stack von Geo5. Frequenzbereich 8-64 Hz. Preprocessing ist fokussiert auf tiefe Strukturen. Final Stack ist Input-Datensatz für Post-Stack-Migration. Bessere Strukturauflösung erscheint in Bereichen geothermischer Ressourcen.

4.1.2 Spezialuntersuchungen der Seismischen Daten

Die Idee hinter der gesonderten Registrierung und Auswertung von Scherwellendaten, wurde bereits in Kapitel 3.3.1 diskutiert.

a) Scherwellen-Processing der 3-Komponenten-Produktionsrecords

Abbildung 9 zeigt die Stapelsektion mit Kohärenzfilterung. Bis über eine Zweiweglaufzeit von 5 Sekunden hinaus ist Scherwellen-Energie zu erkennen. Wie zu erwarten, sind besonders Scherwellenreflexionen in den neogenen Sedimenten des Wiener Beckens zu erkennen. Da es sich um vertikal polarisierte Scherwellen (Teilchenbewegung in senkrechter Ebene und quer zur Ausbreitung der Welle) handelt, kann nicht ganz ausgeschlossen werden, dass Anteile von konvertierten Wellen vorhanden sind. Um diesen Aspekt zu untersuchen, wurde das sogenannte SHOVER Experiment durchgeführt.

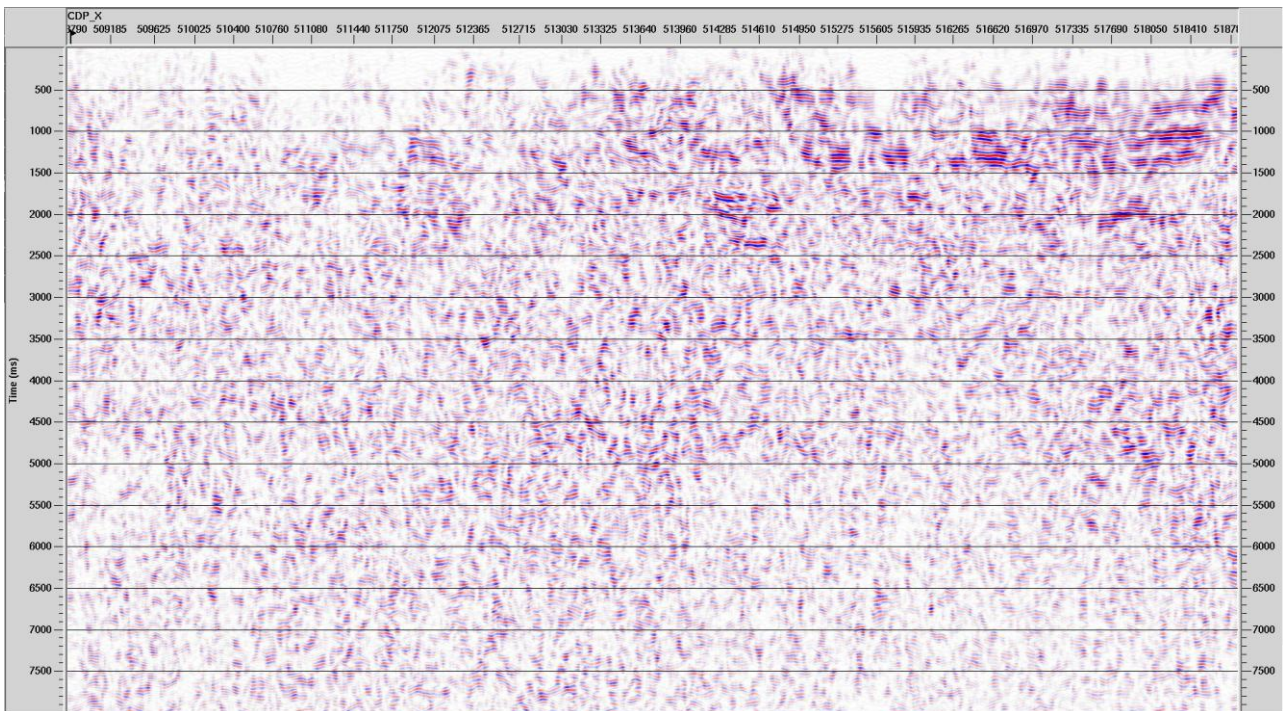


Abbildung 9: Stapelsektion der H_{II} -Komponente (Inline) der Linie Wittau nach Kohärenz-Verstärkung durch einen Tau-P-Filter (dipscan stack)

b) Scherwellen-Experiment SHOVER

Das Scherwellen-Experiment SHOVER zeigte, dass durch dieses Messverfahren zusätzliche Informationen zu reflektierten Scherwellen generierbar sind (Abbildung 10). Die Energie reicht bis zu einer Laufzeit von fünf bis sechs Sekunden, weist allerdings ein schlechtes Signal/Noise Verhältnis auf. Dennoch ist es möglich dadurch ein V_p/V_s Verhältnis abzuleiten, das der lithologischen Interpretation dienen kann.

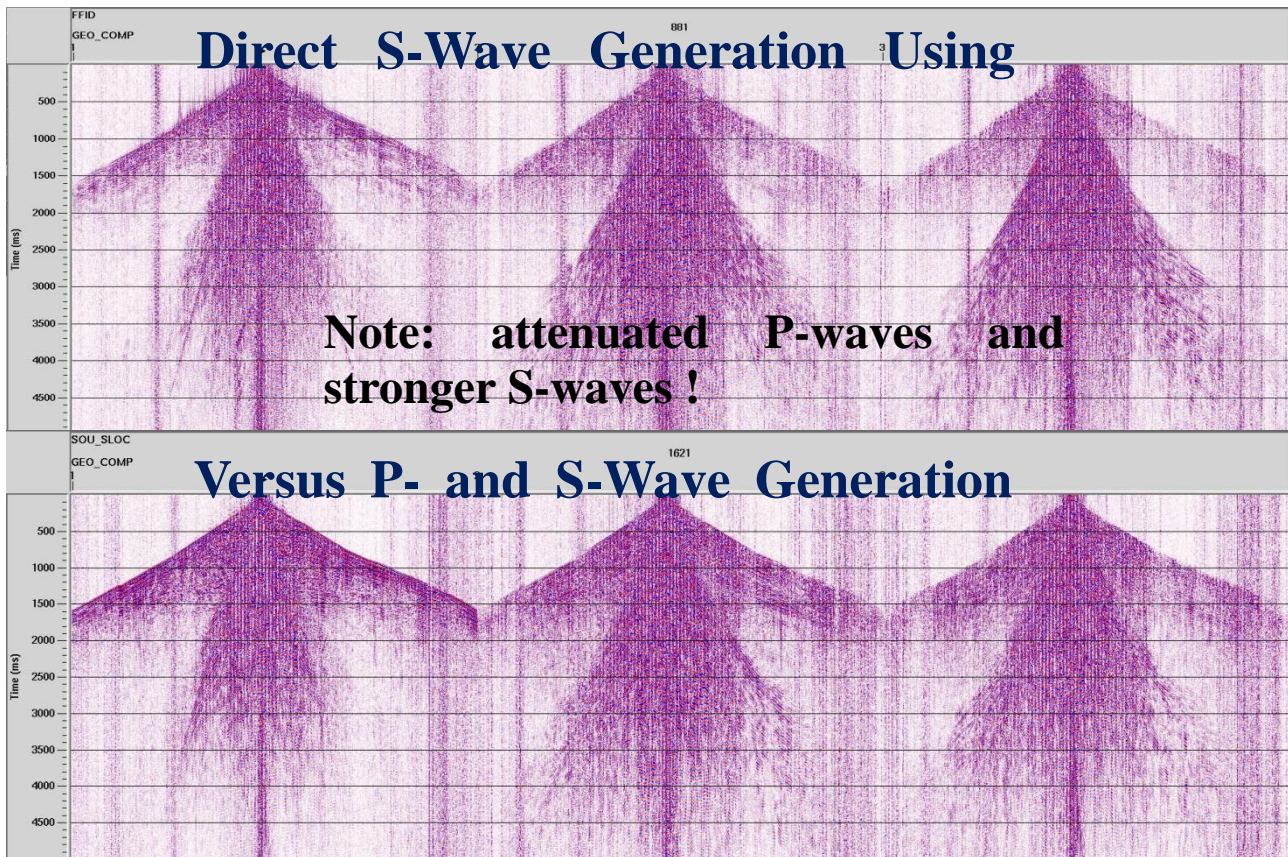


Abbildung 10: SHOVER-Registrierung (oben) und Produktionsregistrierung (unten) an gleicher Stelle im direkten Vergleich (ohne Pre-Processing, gleiche Amplitudenskalierung). Hier ist der Nachweis, dass das SHOVER-Verfahren funktioniert. Die P-Wellen sind beim SHOVER-Experiment tendenziell unterdrückt, während S-Wellen stärker auftreten.

c) V_p/V_s -Interpretationen

Die V_p/V_s Interpretation konnte auf Grund des erfolgreichen SHOVER-Experiments mit aussagekräftigen Ergebnissen durchgeführt werden. In Abbildung 11 wurden die Horizonte unter größtmöglicher Anpassung auf die s-Wellen-Sektionen übertragen. Bei den oberen Horizonten (gelb, hellblau) gelingt dies zuverlässig. Die durchschnittlichen V_p/V_s -Verhältnisse lassen sich hier mit einem Fehler von etwa 5 % bestimmen. Bei den tieferen Horizonten hängt der Fehler hauptsächlich von einer Interpretation ab, da hier die laterale Kontinuität nicht unbedingt gegeben ist und daher die Energieverteilung eher bestimmend ist.

In Abbildung 12 ist der Verlauf des V_p/V_s -Verhältnisses in Abhängigkeit von der p-Wellen-Reflexionslaufzeit (Zweiweglaufzeit TWT) aufgetragen. Einmal als Durchschnittswert (von der Erdoberfläche bis zum Reflektor) und zum anderen als Intervallwert. Die Durchschnittswerte von 1,8 bis 2,0 entsprechen üblichen Werten und sprechen für eine Wechsellagerung von ton- und sandreichen Schichten. Die Intervallwerte von 1,4 (sehr sandreich) und 2,5 (sehr tonreich) mögen tendenziell etwas zu niedrig, bzw. zu hoch erscheinen.

Energieforschungsprogramm - 3. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

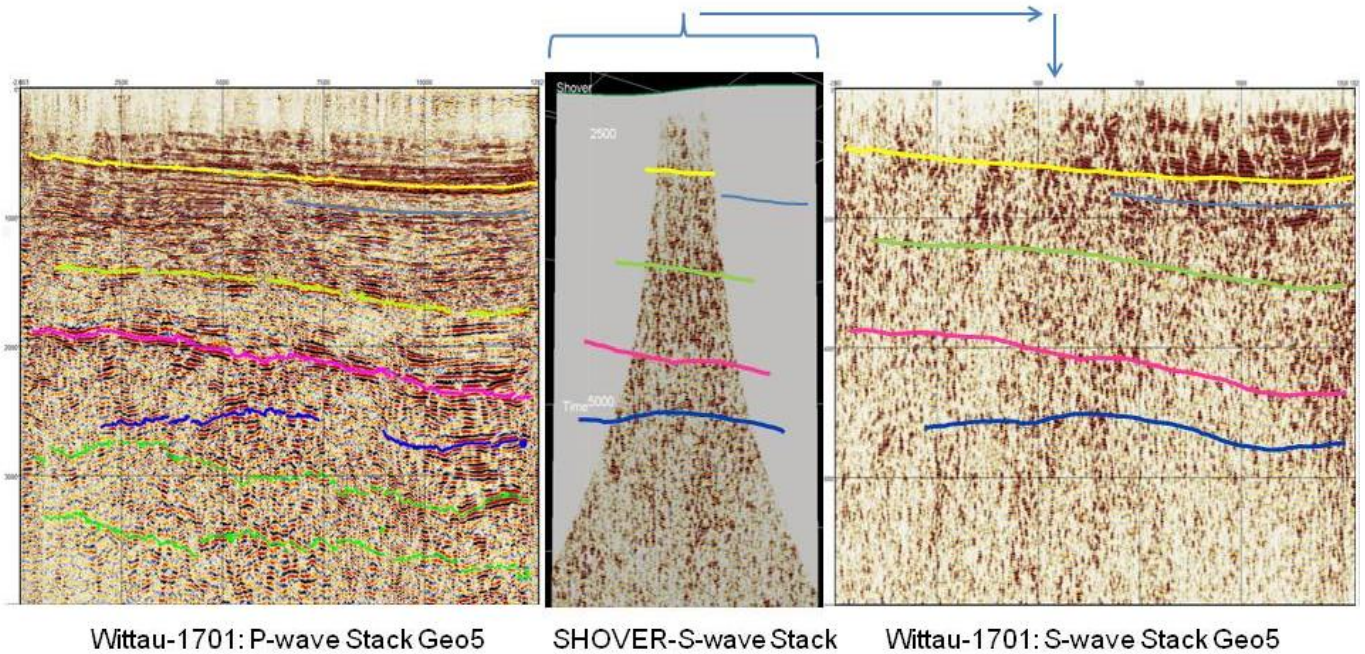


Abbildung 11: Laufzeitvergleich P-Wellen mit S-Wellen: P-Stack (links), SHOVER-Stack (mitte) und S-Stack der Produktion (rechts). Laufzeitskalen sind hier im Verhältnis 1:2 zwischen P und S gehalten, was einem V_p/V_s -Verhältnis von 2,0 entspricht, wenn entsprechende Horizonte genau nebeneinanderliegen würden. Hier sind die markierten Horizonte der P-Wellen-Sektion unter besserer Anpassung auf die S-Wellen-Sektionen von SHOVER und Produktion übertragen worden.

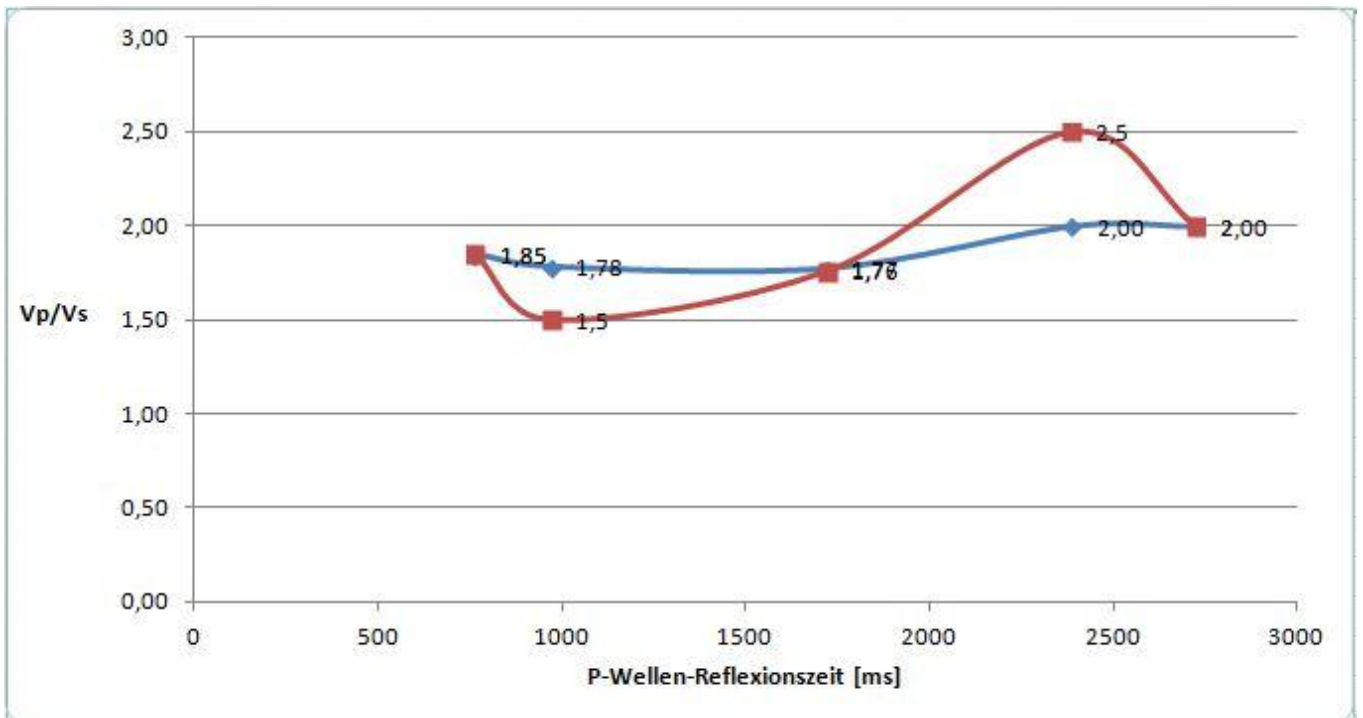


Abbildung 12: V_p/V_s -Verhältnis in Abhängigkeit von der P-Wellen-Reflexionslaufzeit bis zur Basis der neogenen Sedimente des Wiener Beckens. Blau: Durchschnittswerte von Oberfläche zum Reflektor. Rot: Intervallwerte.

d) Tomographie aus den P- und S-Wellen-Ersteinsätzen

Abbildung 13 zeigt Ergebnisse dieses iterativen Verfahrens. Bei der Tomographie der P-Wellen-Ersteinsätze wurden Beobachtungen bis 6500 m Entfernung von der Quelle verwendet und der Vereinfachung halber nicht alle der über 900 Vibrationsaufzeichnungen miteinbezogen. Die Eintauchtiefe der refraktierten Wellen beträgt etwa 800 m. Entsprechend verläuft das Geschwindigkeitstiefenmodell nicht tiefer. Die S-Wellen-Ersteinsätze konnten dagegen nur bis in 2000 m Beobachtungsentfernung zuverlässig gepickt werden. Im Vergleich mit den P-Wellen-Reflexionssektionen deutet sich eine Geschwindigkeiterniedrigung im Zusammenhang mit steilstehenden Störssystemen an. Es soll hier aber besonders darauf hingewiesen werden, dass diese Methode einen wertvollen Beitrag zur Interpretation seichtliegender Störungen, vor allem bei der 3D-Seismik, leisten kann.

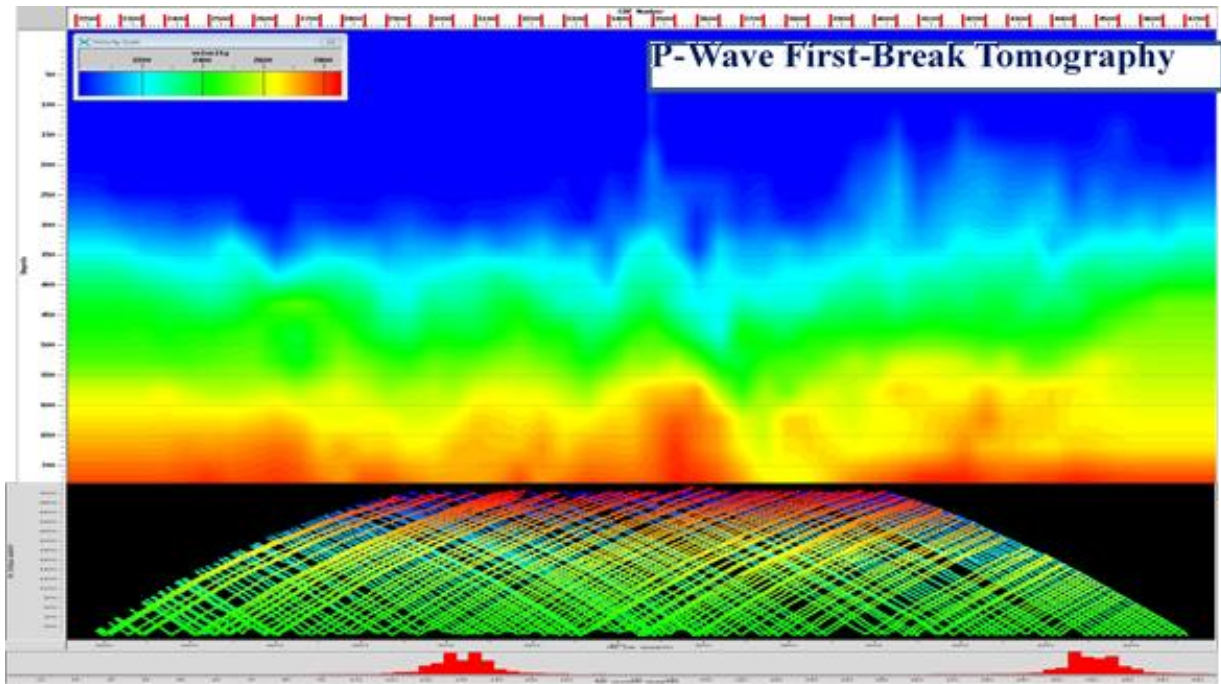


Abbildung 13: Ergebnis der P-Wellen-Tomographie aus den abgelesenen Ersteinsätzen. Eine bis in 6500 m Beobachtungsentfernung Auswahl der Ersteinsätze ist über der CDP-Linie Wittau dargestellt (unten). An den Seiten des Modells liegt wegen der fehlenden Strahlenüberdeckung keine Aussagemöglichkeit vor, dort handelt es sich um das nicht veränderte Startmodell.

4.2 Geologische Interpretation der aufbereiteten Seismikdaten

Abbildung 14 zeigt die geologische Interpretation des im Projekt generierten Seismik-Profiles Wittau. Das Hauptaugenmerk für geothermische Ressourcen liegt im Projektgebiet auf dem kalkalpinen Beckenuntergrund und dem Aderklaaer Konglomerat. An tektonischen Großeinheiten im kalkalpinen Beckenuntergrund können das Bajuvarikum (Frankenföls/Lunzer Decke) mit auflagernder Gießhübler Mulde und das Tirolikum unterschieden werden. Dem Tirolikum gehören die Gölle Decke mit ihren Stirnanteilen „Asperner Schuppe“ (AS) und „Esslinger Deckscholle“ (ED) an. Letztere sind nach grundlegenden Überlegungen einer Rücküberschiebung (*backthrusting*) der Stirne der Gölle Decke (analog der Schönkirchener Schuppe) zuzuschreiben. Eine stratigraphische Untergliederung beider Teileinheiten kann voraussichtlich erst mit den Aufnahmen der 3D Seismik durchgeführt werden. Die Geometrien der unterschiedlichen Geokörper wurden bei 2nd Opinion Workshops mit Fachkollegen beteiligter Institutionen diskutiert und abgestimmt.

Die Lagebeziehung zwischen AS und ED konnte nicht zufriedenstellend geklärt werden, eine Trennung beider ist zumindest durch eine leichte Aufwölbung dazwischen erkennbar. Detailliertere Untersuchungen zu dieser Thematik können anhand der Daten der 3D-Seismik im Nachfolgeprojekt „GeoTief EXPORE (3D)“ durchgeführt werden. Der Hauptteil der Gölle Decke kann in seinem Umfang und Bau nur aus dem Bereich der Hochscholle des Wiener Beckens in die Tiefscholle extrapoliert werden. Dabei ist anzunehmen, dass ein mächtiger Karbonatkomplex, wie ihn die Anninger Mulde aufweist, auch hier in der Tiefscholle vertreten sein muss. Die Sedimente der Gosau Formation liegen im Südosten des Profils diskordant darüber und zeigen ein Einfallen nach Südost. Ein Bohrkern wurde im Zuge der Bohrungsaufnahme 1984 der Gosauformation zugeordnet.

Die im Zuge des gegenständlichen Projektes durchgeführten Mikrofaziesanalyse der Makrofossilquerschnitte und der Schwermineralien veranlassten eine Umdeutung des Alters auf höhere Unterkreide. Die steile Anordnung des Schichtglieds lässt es als vorgosauisch, steilgestelltes Element dem Unterbau der Gosau zuweisen.

Die Ausbreitung der Gosausedimente wurde auch bei 2nd Opinion Workshops mit Fachkollegen intensiv diskutiert. Dennoch sind vor allem hinsichtlich der lateralen Erstreckung sowie deren Mächtigkeit noch einige Fragen offen, die die 3D Seismik aber voraussichtlich klären wird.

Energieforschungsprogramm - 3. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

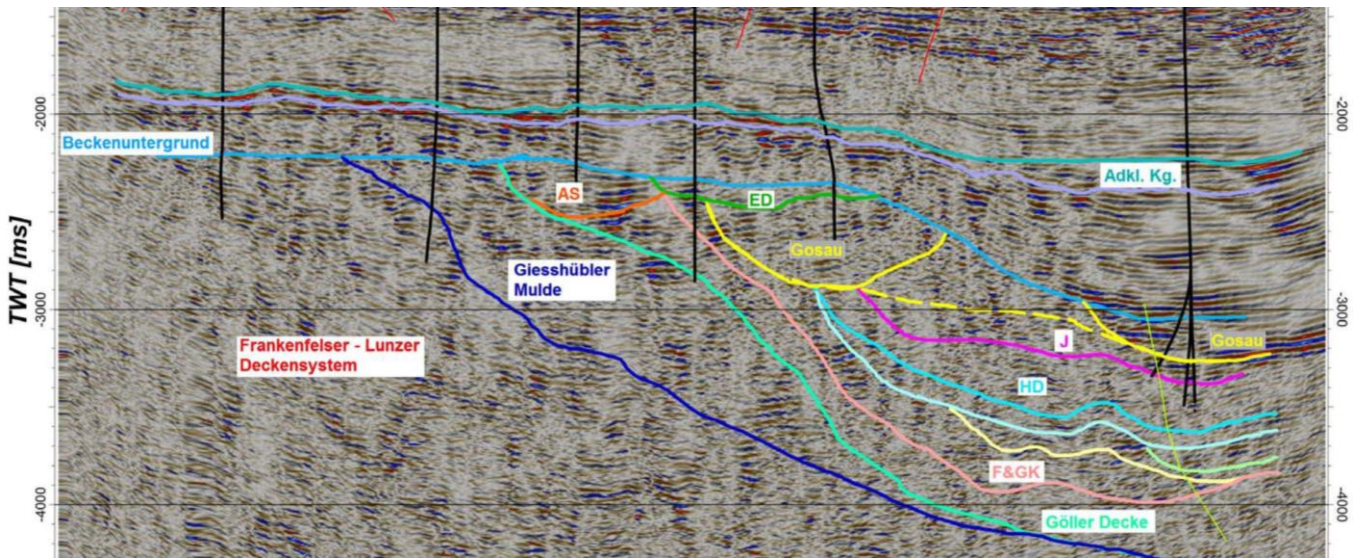


Abbildung 14: Modellvorstellung: Profil Wittau verläuft normal auf das Streichen der geologischen Einheiten. Adkl. Kg. = Aderklaa Konglomerat, AS = Asperner Schuppe, ED = Esslinger Deckscholle, J = Jura, HD = Hauptdolomit, F&GK = Further & Gutensteiner Kalk. Die Göller Decke erfährt an der Stirne eine Rücküberschiebung durch zwei Elemente, die als Asperner Schuppe und die Esslinger Deckscholle bezeichnet werden.

Abbildung 15 ist ein Seismikprofil eines 3D Seismik Cubes. Sie ist hier stellvertretend für insgesamt sieben solcher extrahierten Linien angeführt, die wesentliche Eckpunkte für eine räumliche Interpretation darstellen.

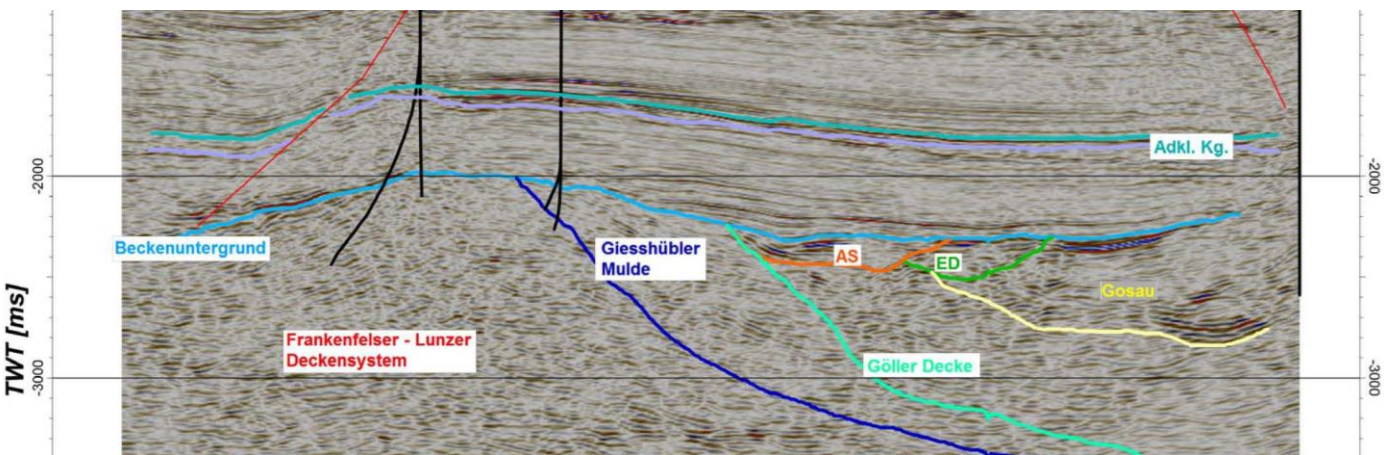


Abbildung 15: Modellvorstellung: Adkl. Kg. = Aderklaa Konglomerat, AS = Asperner Schuppe, ED = Esslinger Deckscholle. Die Lage der Gießhübler Mulde ist durch eine Bohrung gesichert. Die Mächtigkeit der Gosau Sedimente nimmt nach Südosten zu. Das Adkl. Kg. wird durch den Aderklaa Westbruch deutlich versetzt.

Zwischen den Gosauzonen der Gießhübler Mulde über dem Bajuvarikum und der Gosau Formation, die über dem Tirolikum liegt (vertreten durch die Gosau der Glinzendorfer Mulde) gibt es gravierende Unterschiede in ihrer Lithologie. Um die in der Bohrung Essling TH1 angetroffene Oberkreide in Bezug

zur Glinzendorfer Gosau zu bringen, wurden, neben der Lithologie des aus grauen bis dunkelgrauen Mergeln und leicht sandigen Lagen bestehenden Gesteins, mikro- und nannopaläontologische Untersuchungen sowie Schwermineralanalysen durchgeführt. Die Ergebnisse liefern Hinweise auf limnische Fauna. Die Ausbreitung der unterschiedlichen Gosauformationen und ihre Beziehung zueinander konnte noch nicht restlos geklärt werden.

Mithilfe der geologischen Interpretation wurde auf Basis der vorhandenen Seismikdaten sowie bereits bekannter strukturgeologischer Daten im dafür üblichen Programm Petrel ein erstes geologisches Basismodell erstellt. Die wichtigsten Elemente dieses Modells sind einige neogene Horizonte, die Abtrennung des neogenen Beckeninhalts vom kalkalpinen Untergrund sowie die großen Überschiebungen der Gießhübler Mulde und der Göller Decke.

4.3 Geodatenmanagement & 3D Rahmenmodell

Mithilfe der im Zuge des Projekts erstellten webbasierten Geodatenplattform konnte eine erste Datenbasis für die systematische Untersuchung und Nutzung der hydrothermalen Reservoirs im Großraum Wien geschaffen werden. Diese wurde von und für die Partner des gegenständlichen Projekts mit den verfügbaren Geodaten bestückt sowie für die Projektabwicklung genutzt. Die gespeicherten Geodatenätze wurden mit Urheber- und Nachnutzungsrechten sowie mit dem Entstehungsjahr attribuiert. Diese mithilfe der Verwaltungssoftware vergebenen, elektronischen Etiketten (Tags) unterstützen die Datennachhaltigkeit für Folgeprojekte im Bereich Tiefe Geothermie im Wiener Becken und bilden die Basis für eine mögliche Langzeitarchivierung über das Projektende hinaus im derzeit in Entwicklung befindlichen Forschungsdatenrepositorium der Geologischen Bundesanstalt.

Das regionalgeologische 3D Rahmenmodell des südlichen Wiener Beckens legt den Hauptfokus auf die realitätsnahe Darstellung des Störungsnetzwerks des Wiener Beckens als regionalgeologische Ergänzung zum seismikbasierten Basismodell der hydrothermalen Reservoirkörper. Die Modellierung fußt auf den im ersten Projektabschnitt erhobenen und digitalisierten Geodaten welche auf der Geodatenplattform verortet wurden.

Das Störungsnetzwerk des Rahmenmodells kann ebenfalls einen Mehrwert für die Erforschung induzierter bzw. assoziierter Seismizität in Zusammenhang mit der Nutzung hydrothermalen Ressourcen im Großraum Wien darstellen. Die dafür notwendigen Untersuchungen (Paläoseismologie, Seismisches Beobachtungsnetzwerk) setzen die vorherige Lokalisierung von oberflächennahen Störungen durch geophysikalische Messverfahren voraus (Bodenradar etc.). Das 3D Störungsmodell kann dabei als Informations- und Planungsgrundlage bei der Vorauswahl des betreffenden Messgebiets dienen.

Der Abgleich zwischen seismischen Störungsinterpretationen aus den 3D Seismikmessungen der KW-Industrie im Bereich Seyring mit dem Störungsnetzwerk des Wiener Beckens im 3D Rahmenmodell basierend auf Bestandsdaten zeigt, dass die interpretierten N-S streichenden Störungen im Untersuchungsgebiet dem Aderklaa-Bockfließ Abschiebungssystem zuzuordnen sind. Diese antithetischen, westgeneigten Störungen begrenzen die Gänserndorfer Eiszeiterrasse aus quartären Schottern nach Nordosten und versetzten deren Basis um 10 m in die Tiefe (Weissl, Hintersberger, Lomax, Lüthgens, & Decker, 2017). Diese Störungen bilden zusammen mit den synthetischen, ostgeneigten Abschiebungen des Leopoldsdorfer Störungssystems ein lokales, konjugiertes

Abschiebungssystem im Untergrund von Wien, welches in seiner N-S gerichteten Kernzone eine erhöhte Mächtigkeit der Miozänen Beckenfüllung aufweist und Richtung Süden im Bereich der Schwechater Senke zunimmt.

Für das 3D Rahmenmodell wurden insgesamt 68 Störungsflächen des Wiener Beckens auf Basis des SKUA-GOCAD™ 3D Programms erstellt. Die größte Fläche nimmt hierbei die NO-SW streichende Alpin-Karpatische Überschiebungsbahn (Alpine-Carpathian Detachment) ein, die das gesamte Wiener Becken unterlagert und mit ca. 5-10° nach Südosten einfällt. Diese bildet die Basisüberschiebungfläche auf welcher die alpinen Einheiten wie Kalkalpen, Flyschzone und Waschbergzone nach Nordwesten geschoben wurden. Gleichzeitig fungiert diese als Schwächezone auf der die Seitenverschiebungen und Abschiebungen in der Tiefe zusammenlaufen, welche für die Öffnung und Einsenkung des Wiener Beckens im Miozän verantwortlich sind. Die südöstliche Beckengrenze wird durch das NO-SW streichende, sinistrale VBTF Hauptstörungssystem (Vienna Basin Transfer Fault) dominiert, welches ab dem Miozän die Initialbewegung infolge der Einsenkung des Wiener Beckens als Pull-Apart Becken darstellt und die Ausgangszone für die Bildung von synthetischen (gleichsinnig mit der Hauptabschiebung) und antithetischen (gegensinnig zur Hauptabschiebung) Abschiebungsästen darstellt. Diese zweigen als normal fault splays von der VBTF in nördlicher Richtung ab und biegen mit zunehmendem Abstand Richtung NW-SO ein. Mit den gegengleich einfallenden antithetischen Abschiebungen bilden diese lokale, konjugierte Störungszonen welche die Basis des Wiener Beckens in lokale Senken (Schwechat, Marchfeld, Zistersdorf, Droesing, Groß-Engersdorf, Voesendorf) unterteilen. Im Gegensatz dazu zeigen lokale Hochzonen Gebiete zwischen diesen lokalen Konjugierungszonen an (Oberlaa, Steinberg, Matzen, Enzersdorf, Zwerndorf, Aderklaa). Dies hat großen Einfluss auf die Sedimentmächtigkeitsverteilung der Einheiten der Miozänen Beckenfüllung im Wiener Becken. So besitzt das Aderklaa Konglomerat - welches als hydrothermales Sekundärtarget neben Hauptdolomitmörpern im kalkalpinen Untergrund des Wiener Becken zur Disposition steht – im Raum Wien in der Schwechater Senke eine achtfache Mächtigkeit (über 320m) im Vergleich zur westlich angrenzenden Oberlaaer Hochzone. Hydrothermale Reservoiruntersuchungen in Formationen der Miozänen Beckenfüllung sollten sich daher auf die lokalen Senkungsbereiche konzentrieren, da hier die höchsten Sedimentmächtigkeiten zu erwarten sind.

Das modellierte Störungsnetzwerk wurde speziell im Untersuchungsgebiet anhand der für diesen Bereich verfügbaren Untergrunddaten stark nachverdichtet.

Die Gegenüberstellung von Strukturkarten mit Profilschnitten im 3D Rahmenmodell legten zudem den Schluss nahe, dass die kalkalpinen Deckeneinheiten im Wiener Beckenuntergrund (Frankenfels-Lunzer Decke, Göller Decke) höchstwahrscheinlich geringmächtiger sind, als in den publizierten Profilschnitten dargestellt (3 km). Speziell der flache Einfallswinkel der Basisfläche des Molassebeckens in Niederösterreich in Richtung Südosten, welcher aus der Strukturkarte der Molassebasis ableitbar ist (Kröll & Wessely, 2001), ist ausschlaggebend für diese Annahme.

4.4 Erkenntnisse aus der Projektzusammenarbeit

- Gute Akzeptanz bei Anrainern und Bevölkerung während 2D Seismikmessungen im Rahmen der Geothermieforschung im Osten Wiens.
- Laufende Kommunikation mit der Öffentlichkeit und Transparenz über den Projektfortschritt und Zwischenergebnisse helfen dabei Vorbehalte in der Bevölkerung abzubauen und Vertrauen zu schaffen.
- Datenaustausch und Projektadministration über die Geodatenplattform haben sich bewährt und können als Best-Practice für Folgeprojekte mit einer Vielzahl an Projektpartner und beteiligten Akteuren herangezogen werden.
- Regelmäßige Second-Opinion Workshops zwischen den Projektpartnern und externen Experten entwickelten sich im Projektverlauf als optimale Plattform um die neugenerierten Seismikergebnisse sowie die abgeleiteten, geologischen Interpretationsvarianten einer kritischen Prüfung zu unterziehen. Diese Vorgangsweise stellte sich als entscheidend heraus um zu einem bestmöglichen Endergebnis zu kommen, da alle namhaften Experten aus Geologie und Geophysik das Untersuchungsgebiet betreffend an diesen Abstimmungstreffen beteiligt waren.
- Der Qualifikationsmix der Projektpartner erwies sich im Laufe des Projekts als optimal für den ersten Schritt, die Erforschung Tiefer Geothermie im Osten Wiens voranzutreiben:
 - o Wien Energie besitzt als größtes Energieversorgungsunternehmen Österreichs das benötigte Knowhow für die Durchführung großer Energieforschungsprojekte.
 - o Geo5 deckt durch seine Expertise im Bereich geophysikalischer Dienstleistungen im Bereich Seismik (Ausnahme, Processing, Interpretation) alle Aspekte der 2D Seismikmessungen ab.
 - o Die Geologische Bundesanstalt bringt als Geozentrum Österreichs ihren umfangreichen, geologischen Datenbestand sowie ihre Kompetenz im Bereich Geodatenmanagement in das Projektteam ein. Durch ihre regionalgeologische Expertise im Bereich Strukturgeologie und Tektonik nimmt sie eine Beratungs- und Kontrollfunktion in Bezug auf die regionalgeologischen Zusammenhänge im Untersuchungsgebiet ein.

5 Ausblick und Empfehlungen

Im Laufe des Projekts sowie bei der Planung und Fördereinreichung für das Nachfolgeprojekt „GeoTief EXPLORE (3D)“, konnte ein großes Konsortium mit einer Vielzahl an Experten aus den verschiedensten Disziplinen zur umfangreichen Untersuchung des Geothermiepoteziels im Wiener Becken gebildet werden. Dieses Projekt wird ebenfalls seitens des Klima- und Energiefonds gefördert und schließt nahtlos an das gegenständliche Projekt an. Das Konsortium besteht aus den folgenden Institutionen:



Dadurch ist sichergestellt, dass die Ergebnisse des hier behandelten Projekts zur Gänze weiterverarbeitet werden können. Durch das Nachfolgeprojekt GeoTief EXPLORE (3D) soll eine neue Ära der geothermischen Erschließung in Österreich eingeleitet werden.

Durch eine fundierte Datengrundlage, unter Berücksichtigung aller relevanten Disziplinen, wird eine bestmögliche Minimierung des Entwicklungsrisikos erzielt, um eine erfolgreiche Realisierung der Anwendung der Tiefen Geothermie in Wien zu ermöglichen.

Das Projekt GeoTief EXPLORE (3D) hat sich zum Ziel gesetzt das Wissen über die geothermalen Reservoirs im Raum Wien signifikant zu erweitern. In diesem Projekt möchte man weg von einer standortbezogenen Projektentwicklung, sondern hin zu einer großflächigen Betrachtung des gesamten Potenzialgebietes. Durch das Verständnis des Gesamtsystems kann somit eine optimale Strategie für eine erfolgreiche Nutzbarmachung der Geothermie für das gesamte Projektgebiet erarbeitet werden.

Als ein Ergebnis wird ein großflächiges geologisches 3D Modell des Untergrunds in den Fokusgebieten erarbeitet. Dadurch können Geothermieaquifere, Tiefenlagen, Mächtigkeiten, Temperaturniveaus, etc. identifiziert werden.

Zu Beginn des Projekts findet die Sammlung, Bewertung und Aufbereitung geologischer und geophysikalischer Daten statt. Dieser Teil beinhaltet eine erstmalig in Österreich durchgeführte 3D seismische Untersuchung mit dem Fokus auf Tiefe Geothermie im Wiener Stadtgebiet. Darüber hinaus werden bereits vorhandene geologische/geophysikalische Daten sowie Daten aus Bestandsbohrungen gesammelt, analysiert und zusammengeführt. Des Weiteren umfasst dieser Teil die anschließende Bearbeitung der generierten Daten und die begleitende geologische Interpretation. Zusätzlich werden in diesem Abschnitt des Vorhabens, in begleitenden Forschungsarbeiten, weitergehende Analysen (Bestimmung geophysikalischer Gesteinsparameter; geomechanische Bewertung von Brüchen, etc.) durchgeführt. Somit wird eine fundierte Datengrundlage für die anschließende geologische Modellierung und Simulation von hydrothermalen Reservoirs geschaffen.

Begleitend wird von Beginn an ein umfassendes Datenmanagement betrieben, um die enorme Menge an verschiedenartigsten (vorhandenen und neu generierten) Daten transparent und übersichtlich zu verwalten. Die Datenvisualisierung dient dem einfachen Zugang der geologischen Informationen für die Projektpartner sowie in weiterer Folge für die Öffentlichkeit.

In einem weiteren Schritt werden die gesammelten und bearbeiteten Daten für die geologische Modellierung und Simulationen von geothermischen Reservoirs herangezogen. Die Modellierung dient

der Definition von Geothermieaquiferen, Tiefenlagen, Mächtigkeiten, Temperaturniveaus und Störungszonen. In der Simulation wird abgeschätzt, welche Bereiche der Reservoirs über günstige Eigenschaften (Wassermenge, Temperaturniveau, etc.) zur Nutzung der geothermischen Energie verfügen und welche Nutzungskonzepte technisch und wirtschaftlich zielführend sind.

Anschließend erfolgt in der Risiko- und technisch-, ökonomischen Analyse eine gesamtheitliche Untersuchung der Einflussfaktoren, welche für die zukünftige erfolgreiche Erschließung und Nutzbarmachung der hydrothermalen Geothermie im Wiener Becken maßgebend sind. Diese enthält die Bestimmung und Bewertung aller potenziellen Risiken. Von der Beurteilung des geologischen Risikos und der Abschätzung des Fündigkeitsrisikos über die Auswirkung der chemischen Zusammensetzung des Thermalwassers auf Anlagenteile sowie die Integration der Geothermieanlagen in das Fernwärmenetz. Hier werden auch im Besonderen ökonomische und rechtliche Aspekte beleuchtet werden.

Die Zusammenführung aller vorher genannten Punkte ermöglicht unter Einbeziehung technischer, ökonomischer und rechtlicher Aspekte eine ganzheitliche Betrachtung in Hinblick auf die Quantifizierung des Fündigkeits-, Bohr- und Betriebsrisikos. Dadurch werden die bestmöglichen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Erschließung der hydrothermalen Vorkommen im Wiener Becken geschaffen.

Darüber hinaus hat sich GeoTief EXPLORE (3D) vorgenommen, Explorationsmethoden aus der Geothermie und etablierte Workflows der Kohlenwasserstoff-Industrie in wissenschaftlich fundierte und adaptierbare Konzepte einer neuen Generation zusammenzuführen. Dies wird die Übertragbarkeit der erarbeiteten Methoden auf andere Geothermie Potenzialgebiete gewährleisten.

Durch die Interaktion mit Stakeholdern und Entscheidungsträgern sollen Konzepte zur Verbesserung der allgemeinen Rahmenbedingungen in Österreich und damit einhergehende Risikoreduktionen für Akteure (z.B. kommunale Energieversorger) im Zusammenhang mit der Nutzung der Tiefen Geothermie entstehen. Somit wird langfristig der Rahmen für einen signifikanten Ausbau der Geothermie im Wiener Becken sowie in Österreich ermöglicht.

Zusammenfassend möchte GeoTief EXPLORE (3D) die Stadt Wien als eine Modellregion für eine nachhaltige und ökonomisch sinnvolle Wärmeversorgung auf Grundlage der Geothermie etablieren.

6 Literaturverzeichnis

- Edelmann, H. A. K and Schmoll, J. 1983, Shear wave seismics. PRAKLA-SEISMOS Report 3+4, 6-17. www.wdiehl.de/PS/Download/Report/OCR/Report_83_34.pdf.
- Elster, D., Goldbrunner, J., Wessely, G., Niederbacher, P., Schubert, G., Berka, R., ... Hörhan, T. (2016). *Erläuterungen zur geologischen Themenkarte Thermalwässer in Österreich 1:500.000*. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Könighofer, K., Domberger, G., Gunczy, S., Hingsamer, M., Pucker, J., Schreilechner, M., ... Pölzl, U. (2014). *GeoEnergie2050 Potenzial der Tiefengeothermie für die Fernwärme- und Stromproduktion in Österreich*.
- Kröll, A., & Wessely, G. (2001). *Molassezone Niederösterreich und angrenzende Gebiete 1:200.000: Geologische Karte der Molassebasis*. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Streicher, W., Schnitzer, H., Titz, M., Tatzber, F., Heimrath, R., Wetz, I., ... Haas, R. (2010). *Energieautarkie für Österreich*.
- Weissl, M., Hintersberger, E., Lomax, J., Lüthgens, C., & Decker, K. (2017). Active tectonics and geomorphology of the Gaenserndorf Terrace in the Central Vienna Basin (Austria). *Quaternary International*. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.11.022>

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Position der 2D Seismikprofile im Osten von Wien (siehe GeoTief Wien Broschüre)	8
Abbildung 2: Information der Bevölkerung während der Messungen (links); Digitale 3-Komponenten Aufnehmer (rechts).....	9
Abbildung 3: Oben: Vibrationsfahrzeuge; Unten: Impressionen von den Feldmessungen	10
Abbildung 4: Scherwellenanregung durch Shover Experiment an 39 Anregungspunkten des Seismikprofils	11
Abbildung 5: Beispiel eines einzelnen Vibrationspunktes nach Trennung der drei Komponenten. Von der 14 km langen Beobachtungsentfernung sind hier zwecks besserer Übersicht nur die ersten 4 km beiderseits der Quelle dargestellt. Links ist die Vertikalkomponente dargestellt, wie sie bei konventionellen Messungen ausschließlich zur Verfügung stehen würde. Rechts die beiden Horizontalkomponenten (Scherwellen).	14
Abbildung 6: <i>Oben links</i> : Geothermische Fokusgebiete in Wien und Niederösterreich zur Festlegung der geothermischen Untersuchungsstrategie. <i>Oben rechts</i> : Umriss des Rahmenmodells sowie Bezeichnung der einzelnen Fokusgebiete, welche die Untersuchungsgrundlage für das gegenständliche Projekt bilden. <i>Unten</i> : Umrisse der aufbereiteten Strukturkarten und Profilschnitte sowie Lage der verfügbaren Tiefbohrungen im Osten Wiens.	17
Abbildung 7: Südansicht: Umriss Wiener Becken, Umriss Rahmenmodell, höhenschraffierte Hauptstörungsflächen (Abschiebungen und Seitenverschiebungen) des Wiener Beckens.....	20
Abbildung 8: Final Stack von Geo5. Frequenzbereich 8-64 Hz. Preprocessing ist fokussiert auf tiefe Strukturen. Final Stack ist Input-Datensatz für Post-Stack-Migration. Bessere Strukturauflösung erscheint in Bereichen geothermischer Ressourcen.	22
Abbildung 9: Stapelsektion der H_{II} -Komponente (Inline) der Linie Wittau nach Kohärenz-Verstärkung durch einen Tau-P-Filter (dipscan stack)	23
Abbildung 10: SHOVER-Registrierung (oben) und Produktionsregistrierung (unten) an gleicher Stelle im direkten Vergleich (ohne Pre-Processing, gleiche Amplitudenskalierung). Hier ist der Nachweis, dass das SHOVER-Verfahren funktioniert. Die P-Wellen sind beim SHOVER-Experiment tendenziell unterdrückt, während S-Wellen stärker auftreten.....	24
Abbildung 11: Laufzeitvergleich P-Wellen mit S-Wellen: P-Stack (links), SHOVER-Stack (mitte) und S-Stack der Produktion (rechts). Laufzeitskalen sind hier im Verhältnis 1:2 zwischen P und S gehalten, was einem V_p/V_s -Verhältnis von 2,0 entspricht, wenn entsprechende Horizonte genau nebeneinanderliegen würden. Hier sind die markierten Horizonte der P-Wellen-Sektion unter besserer Anpassung auf die S-Wellen-Sektionen von SHOVER und Produktion übertragen worden.	25
Abbildung 12: V_p/V_s -Verhältnis in Abhängigkeit von der P-Wellen-Reflektionslaufzeit bis zur Basis der neogenen Sedimente des Wiener Beckens. Blau: Durchschnittswerte von Oberfläche zum Reflektor. Rot: Intervallwerte.	25
Abbildung 13: Ergebnis der P-Wellen-Tomographie aus den abgelesenen Ersteinsätzen. Eine bis in 6500 m Beobachtungsentfernung Auswahl der Ersteinsätze ist über der CDP-Linie Wittau dargestellt (unten). An den Seiten des Modells liegt wegen der fehlenden Strahlenüberdeckung keine Aussagemöglichkeit vor, dort handelt es sich um das nicht veränderte Startmodell.	26

Energieforschungsprogramm - 3. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Abbildung 14: Modellvorstellung: Profil Wittau verläuft normal auf das Streichen der geologischen Einheiten. Adkl. Kg. = Aderklaa Konglomerat, AS = Asperner Schuppe, ED = Esslinger Deckscholle, J = Jura, HD = Hauptdolomit, F&GK = Further & Gutensteiner Kalk. Die Gölzer Decke erfährt an der Stirne eine Rücküberschiebung durch zwei Elemente, die als Asperner Schuppe und die Esslinger Deckscholle bezeichnet werden.28

Abbildung 15: Modellvorstellung: Adkl. Kg. = Aderklaa Konglomerat, AS = Asperner Schuppe, ED = Esslinger Deckscholle. Die Lage der Gießhübler Mulde ist durch eine Bohrung gesichert. Die Mächtigkeit der Gosau Sedimente nimmt nach Südosten zu. Das Adkl. Kg. wird durch den Aderklaa Westbruch deutlich versetzt.28

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Geophon-Aufnahmeparameter des Seismikprofils und dem Scherwellenexperiment.....9

9 Kontaktdaten

Projektleiter: Rusbeh Rezania
Institut/Unternehmen: Wien Energie GmbH
Adresse: Thomas-Klestil Platz 14, 1030 Wien
Tel: +43 (0)1 4004-30233
E-Mail: Rusbeh.rezania@wienenergie.at
Webpage Unternehmen: www.wienenergie.at
Webpage Projekt: www.geotiefwien.at

Auflistung der weiteren Projekt- bzw. KooperationspartnerInnen Name / Institut oder Unternehmen

Geologische Bundesanstalt
Mag. Gregor Götzl
Neulinggasse 38, 1030 Wien
Tel. +43 (1) 712 56 74 – 336
gregor.goetzl@geologie.ac.at

Geo5 GmbH
Dr. Marcellus Schreilechner
Roseggerstraße 17, 8700 Leoben
Tel. +43 3842 47061 12
marcellus.schreilechner@geo-5.at