

# **LIEBOCHER TEILBECKEN**

## **REFLEXIONSSEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN**

WESTSTEIERMARK

Proj. Nr.: IG20-P016

Verfasser:

Heinz Binder, BSc.

Florian Dax, BSc.

DI Markus Jud,

Dr. DI Marcellus Schreilechner,

Ausfertigung: Oktober 2021



Auftraggeber:



Referat Wasserwirtschaftliche Planung

Wartingergasse 43, 8010 Graz

Wissen das in die Tiefe geht

*Angebot: Geo5-20021*

*28.09.2020*

*Bestellung: ABT14-74476/2020-30*

*02.12.2020*

*Unsere Projektnummer: IG20-P016*

## Inhaltsverzeichnis

Anlagen .....	6
1 Einleitung .....	7
2 Geologischer Überblick .....	8
3 Daten Akquisition.....	10
4 Datenbearbeitung („Processing“) .....	14
5 Neubearbeitung der Hitzendorf Profile („Reprocessing“).....	22
6 Interpretation der reflexionsseismischen Profile .....	26
6.1 Einführung.....	26
6.1.1 Allgemein.....	26
6.1.2 Geschwindigkeitsmodelle.....	26
6.1.3 Refraktionsseismische Profile .....	27
6.2 Datengrundlage.....	27
6.2.1 Refraktionsseismisches Profil WS1901.....	28
6.3 Geschwindigkeitsmodell.....	29
6.4 Interpretation .....	30
6.4.1 SO2101 und SO2102.....	31
6.4.2 HI8901 .....	33
6.4.3 HI8701 .....	34
6.4.4 HI8902 .....	35
6.4.5 RO9801 .....	36
6.5 Diskussion .....	37
7 Literaturverzeichnis .....	39

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lageplan der Seismikprofile. Die Profile HI8701, HI 8901 und HI 8902 wurden neu bearbeitet (Reprocessing). Reflexionsseismische Daten der Profile SO2101 und SO2102 wurden im Februar/März 2021 aufgenommen und anschließend bearbeitet.....	7
Abbildung 2: Rohdatenaufnahme über die gesamte „Record“-Länge am Beispiel von FFID 1 des Profils SO2101.....	12
Abbildung 3: Zoom über eine Sekunde in eine Rohdatenaufnahme am Beispiel von FFID 100 des Profils SO2101.....	12
Abbildung 4: Rohdatenaufnahme über die gesamte „Record“-Länge am Beispiel von FFID 1 des Profils SO2102.....	13
Abbildung 5: Zoom über eine Sekunde in eine Rohdatenaufnahme am Beispiel von FFID 41 des Profils SO2102.....	13
Abbildung 6: Programminterne Basemap: Aufnehmerlinie (schwarz); berechnete Mittelpunkte (weiß) basierend auf entsprechenden Quellen – und Empfängerabständen; CDP-Bezugslinie (farbig).....	16
Abbildung 7: gepickte Ersteinsätze (rot) am Beispiel von FFID 100 von Profil SO2101.....	17
Abbildung 8: Stapelergebnis des Profils SO2101.....	19
Abbildung 9: Finale Stapelsektion des Profils SO2102. Hauptaugenmerk lag auf dem Ausschnitt gekennzeichnet durch das schwarze Rechteck. ....	19
Abbildung 10: Zoom in den entsprechenden Ausschnitt der finalen Stapelsektion (Profil SO2102) .....	20
Abbildung 11: Entsprechender Ausschnitt (Profil SO2102) nach einer „Steep Dip“ Zeitmigration.....	21
Abbildung 12: „Straight line“ Geometriedefinition anhand Profil HI8901: Aufnehmerpositionen (schwarz) und gemeinsame Mittelpunkte (weiß). Basierend auf diesen Mittelpunkten erfolgte das „Binning“ der CDPs und die daraus resultierenden CDP Koordinaten.....	23
Abbildung 13: Ausschnitt aus dem Profil HI8901 der Erstbearbeitung.....	25
Abbildung 14: Ausschnitt aus dem Profil HI8901 der Neubearbeitung .....	25
Abbildung 15. Refraktionsseismisches Profil WS1901. ....	29
Abbildung 16. Seismik Linien S2102 und SO2101. Links: SW, Rechts: N. ....	31
Abbildung 17. Nahansicht des westlichen Beckenrandes in der Seismik Linie SO2102 ...	33
Abbildung 18. Seismik Linie HI8901. Links: SW, rechts: NO.....	34

Abbildung 19. Linie HI8701 und HI8902. ....	35
Abbildung 20. Seismik Linie RO9801. Links: NO, rechts: S. Bohrungen 1 und 2 = Steinbergersatzbrunnen II Nord sowie Süd. Bohrung 3 = Bohrloch 832 (Rohrbach). ....	37

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Akquisitionsparameter .....	11
Tabelle 2: Bearbeitungsparameter .....	15
Tabelle 3 Akquistionsparameter .....	22
Tabelle 4: Datenbearbeitungsbereiche .....	23
Tabelle 5: Bearbeitungsparameter .....	24
Tabelle 6: Tiefe Bohrungen im Liebocher Becken. Die Bohrtiefe bezieht sich auf GOK. Das Koordinatensystem ist UTM N33. ....	28

## Anlagen

- 1.1. Lageplan 1:25.000
- 1.2. Geologische Karte 1:25.000
- 2.1. SO2101 Final Stack
- 2.2. SO2101 Migrated Stack
- 2.3. SO2102 Final Stack
- 2.4. SO2102 Migrated Stack
- 2.5. HI8701 Final Stack
- 2.6. HI8701 Migrated Stack
- 2.7. HI8901 Final Stack
- 2.8. HI8901 Migrated Stack
- 2.9. HI8902 Final Stack
- 2.10. HI8902 Migrated Stack
- 2.11. RO9801 Final Stack
- 2.12. RO9801 Migrated Stack
- 3.1. Kombi-Linie SO2102-SO2101-HI8901 (1:25.000)
- 3.2. Kombi-Linie RO9801-HI8701-HI8902 (1:25.000)

# 1 Einleitung

Im nördlichen Teil der Weststeiermark – Liebocher Teilbecken – wurden einerseits neue reflexionsseismische Untersuchungen (SO2101 und SO2102) durchgeführt und andererseits wurden bestehende seismische Aufnahmen (HI8701, HI8901 und HI8902) aus den Jahren 1987 – 1989 neu bearbeitet beziehungsweise neu interpretiert (RO9801).

In diesem Endbericht werden sämtliche Projektphasen der betroffenen Profile (Abbildung 1) beschrieben.

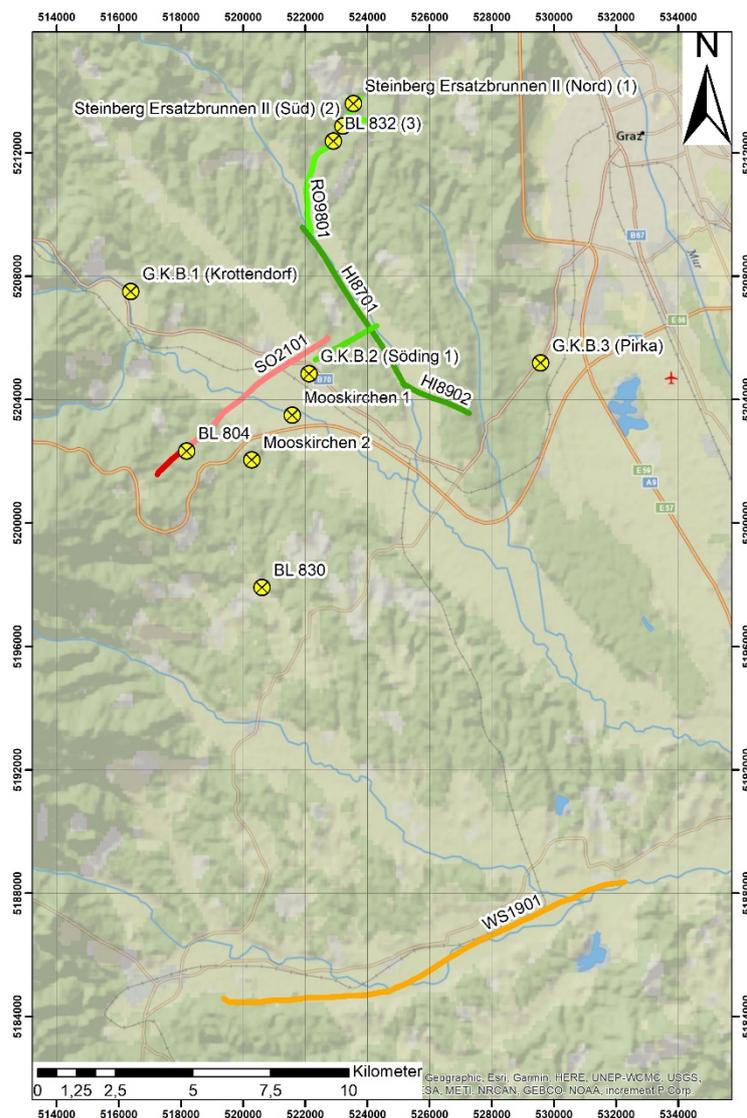


Abbildung 1: Lageplan der Seismikprofile. Die Profile HI8701, HI8901 und HI8902 wurden neu bearbeitet (Reprocessing). Reflexionsseismische Daten der Profile SO2101 und SO2102 wurden im Februar/März 2021 aufgenommen und anschließend bearbeitet. Ebenso wurde das bereits bestehende Profil RO9801 in das Projekt integriert. Refraktionsseismische Daten der Linie WS1901 wurden für ein Geschwindigkeitsmodell der seismischen Wellen verwendet.

## 2 Geologischer Überblick

Das Steirische Becken wird durch zahlreiche Grundgebirgsschwellen in einzelne Teilbecken mit unterschiedlich tiefer Sedimentfüllung gegliedert. Die etwa Nord-Süd verlaufende Mittelsteirische Schwelle, an der Oberfläche durch Plabutsch und Sausal sichtbar, trennt das Oststeirische Becken vom Weststeirischen Becken. Das Weststeirische Becken kann wiederum durch West-Ost verlaufende Schwellen weiter in drei Teilbereiche unterteilt werden: das Liebocher Becken im Norden, das Florianer Becken im Zentrum und das Eibiswalder Becken im Süden. Basierend auf gravimetrischen Messungen wurden für die einzelnen Teilbereiche maximale Tiefen unterhalb der Geländeoberkante zwischen 800 und 1000 m angenommen (Kröll et al. 1988). Die Auswertung der Seismikprofile zeigt jedoch, dass der Beckenuntergrund in Tiefen von 1000 bis 1200 m verläuft. Kröll et al. (1988) deuten in Untergrundkarten eine Asymmetrie des zentralen Weststeirischen Beckens mit einer steileren Westflanke an. Neubauer und Genser (1990) nehmen hingegen eine steilere Ostflanke an.

Das umrahmende Grundgebirge besteht im Norden und Osten aus paläozoischen Karbonaten, Phylliten und Tonschiefern und im Westen aus kristallinen Gesteinen des Koralm-Kristallins (Gneise und Granatglimmerschiefer). Im Süden (Poßruck) liegen einzelne Reste paläozoischer Gesteine über Kristallin. Nach derzeitigem Wissenstand wird der überwiegende Teil des prä-neogenen Beckenuntergrundes von kristallinen Gesteinen der Koralm gebildet (Kröll et al. 1988). Jene wenigen tiefen Bohrungen die im Weststeirischen Becken abgeteuft wurden (z.B. G.K.B.1 (Krottendorf 1), G.K.B.2 (Söding 1)), bestätigen diese Hypothese.

Die Entwicklung des Sedimentbeckens kann in eine „Synrift“ und „Postrift“ Phase untergliedert werden. Die „Synrift“ Phase entstand durch Dehnung der Erdkruste im Frühen Miozän (Ottungium, Karpatium) vor ca. 18 bis 16 Millionen Jahren. Während der „Synrift“ Phase kam es zu vergleichsweise starker Absenkung (Ebner und Sachsenhofer 1991). In der Köflach-Voitsberg Bucht, dem äußersten Nordwesten des Liebocher Beckens, kam es zur Herausbildung eines ausgeprägten Reliefs. Über den Gesteinen des Beckenuntergrundes lagerten sich Schwemmfächer ab. Deren Basis besteht aus groben Brekzien; nach oben hin nimmt die Korngröße ab und Sand- und Tonsteinlagen werden häufiger. Darüber folgen fluviatile Ablagerungen die ebenso durch Sand- und Tonsteine sowie einzelnen Kohleflöze charakterisiert sind. Diese Gesteinsabfolge wird als Köflach-Voitsberg Formation bezeichnet (Stingl 2003). Im

Norden des Liebocher Beckens finden sich die Konglomerate von Stiwoll, die auch der „Synrift“ Phase zugeteilt werden (Flügel 1975). Am Ende der „Synrift“ Phase kam es zur Hebung der Mittelsteirischen Schwelle, welche von da an das Weststeirische vom Oststeirischen Becken trennte (Friebe 1991).

Die „Postrift“ Phase im Mittleren Miozän (Badenium, Sarmatium) vor etwa 16 bis 12 Millionen Jahren ist durch eine langsamere Absenkung charakterisiert. Es lagerten sich besonders Tone und Sande sowie einzelne Kieslagen ab (Ebner und Sachsenhofer 1991). Stellenweise lagern diese Sedimente erosiv über den „Synrift“ Schichten (Flügel 1975; Ebner und Stingl 1998). Im nördlichen Teil des Liebocher Beckens war der Ablagerungsraum durch Flüsse und Seen gekennzeichnet und die dort abgelagerten Sedimente werden als Stallhofen Formation bezeichnet (Ebner und Stingl 1998). Südlich davon befand sich ein flachmariner Ablagerungsraum. Im Zentrum des Weststeirischen Beckens, etwa dem Gebiet des Florianer Becken sowie dem südlichen Liebocher Becken entsprechend, befand sich ein flachmariner Ablagerungsraum (Ebner und Sachsenhofer 1991). Der Schwanberg Blockschutt ist am westlichen Beckenrand an den Rändern zur Koralm zu finden. Die zeitliche Einteilung und damit relative Position des Schwanberg Blockschutts zu anderen Sedimenten des Weststeirischen Beckens ist unklar. Nebert (1989) interpretiert diese groben Sedimente als Schutt der sich während der Hebung der Koralm abgelagerte.

Anders als im Oststeirischen Becken beschränken sich die jüngsten erhaltenen Sedimente des Weststeirischen Beckens auf das Mittlere Miozän (Badenium und möglicherweise frühe Sarmatium) (Gross et al. 2007). Beendet wurde die Entwicklung des Weststeirischen Beckens durch Hebung. Das Zeitalter sowie der Betrag der Hebung sind nicht eindeutig bestimmt. Pischinger et al. (2008) geht davon aus, dass sich das Weststeirische Becken gemeinsam mit der Koralm voraussichtlich nach dem Mittleren Miozän um bis zu 800 m gehoben hat.

### 3 Daten Akquisition

Im Rahmen dieses Projektes wurden 2D reflexionsseismische Daten mit der sogenannten „Roll-Along“ Methode entlang einer Linie von der Ortschaft Söding bis nach Steinberg aufgenommen. Die Akquisitionsarbeiten für diese Linien wurden Ende Februar bis Anfang März 2021 durchgeführt. Ziel dieser seismischen Linien war es, den strukturellen Verlauf des Grundgebirges abzubilden und zusätzlich eine Übersicht über den sedimentären Aufbau in diesem Weststeirischen Teilbecken zu erhalten. Basierend auf den daraus abgeleiteten Erkenntnissen sollen detailliertere Aussagen bezüglich der räumlichen Ausdehnung von Tiefengrundwasserleitern möglich sein.

Als Messapparatur wurde das 24-bit seismische Akquisitionssystem SUMMIT II+ (DMT GmbH, Essen) mit rund 172 (SO2101) und 188 (SO2102) aktiven Kanälen im „Split Spread“ eingesetzt. Der Durchlassbereich des Aufnahmefilters der Messapparatur betrug 1 – 400 Hz. Registriert wurde über die Dauer von jeweils 3072 ms mit einem Abtastintervall von 2 ms. Als Aufnehmer dienten Geophonketten mit jeweils acht 10 Hz Geophonen (Sensor PE2), die bei den Aufnehmerpositionen gebündelt im Boden platziert wurden. Der mittlere Abstand zwischen den Aufnehmerpositionen betrug 10 m (SO2101) und 5 m (SO2102).

Als Energiequelle diente Austrogel P25/200 (Sprengstoff – 20 g bis 125 g), der in von der Fa. Geolith zuvor gefertigte Löcher von ca. 2,0 m Tiefe mit elektrischen Zündern zur Detonation gebracht wurde.

Der nominelle Abstand zwischen den Schusspositionen betrug 20 m beim Profil SO2101 und 10 m beim Profil SO2102. Insgesamt wurden 436 Einzelaufnahmen registriert.

In Tabelle 1 sind sämtliche Akquisitionsparameter zusammengefasst.

		Akquisition	
Profil		SO2101	SO2102
Feldmessungen		2021	2021
Aufnahmeapparatur		Summit II+	Summit II+
Aufzeichnungslänge [ms]		3072	3072
Abtastintervall [ms]		2	2
Feldfilter		1 - 400 Hz	2 - 400 Hz
mittlere aktive Kanalanzahl - EndOn/Off		197	223
mittlere aktive Kanalanzahl - Split		172	188
Aufnahmegeometrie		Split Spread	Split Spread
Max. Offset [m]		2070	1135
Max. Offset im Split [m]		900	1085
Geophone		Sensor PE2 4SB-10-71-486	Sensor PE2 4SB-10-71-487
Geophone/Geophongruppe		8	8
Geophonanordnung		Bundle	Bundle
nomineller GP-Abstand [m]		10	5
Anzahl der Positionen		600	300
nominelle Profillänge [m]		5990	1495
Quelle		Austrogel P25/200 125g	Austrogel P25/200 125g
Lademenge [g]		30 - 125	20 - 62
Inline Offset [m]		5,0	2,5
nomineller SHT-Abstand [m]		20	10
Records		283	153
Mittlerer Nom. Überdeckungsgrad		43	47
GP-Bereich		101 - 700	101 - 400
SP-Bereich		100.5 - 700.5	100.5 - 400.5
CDP-Bereich		202 - 1400	202 - 800

Tabelle 1: Akquisitionsparameter

Des Weiteren wurden im Zuge der Akquisition über drei ausgewählte aktive Aufstellungslängen, jeweils drei zusätzliche Aufnahmen registriert, welche die Grundlage für Refraktionsauswertungen bilden.

In den folgenden Abbildungen (Abbildung 2, Abbildung 3, Abbildung 4 und Abbildung 5) sind zur Veranschaulichung beispielsweise vier Aufnahmen (Felddaten - pro Profil jeweils zwei Aufnahmen) dargestellt.

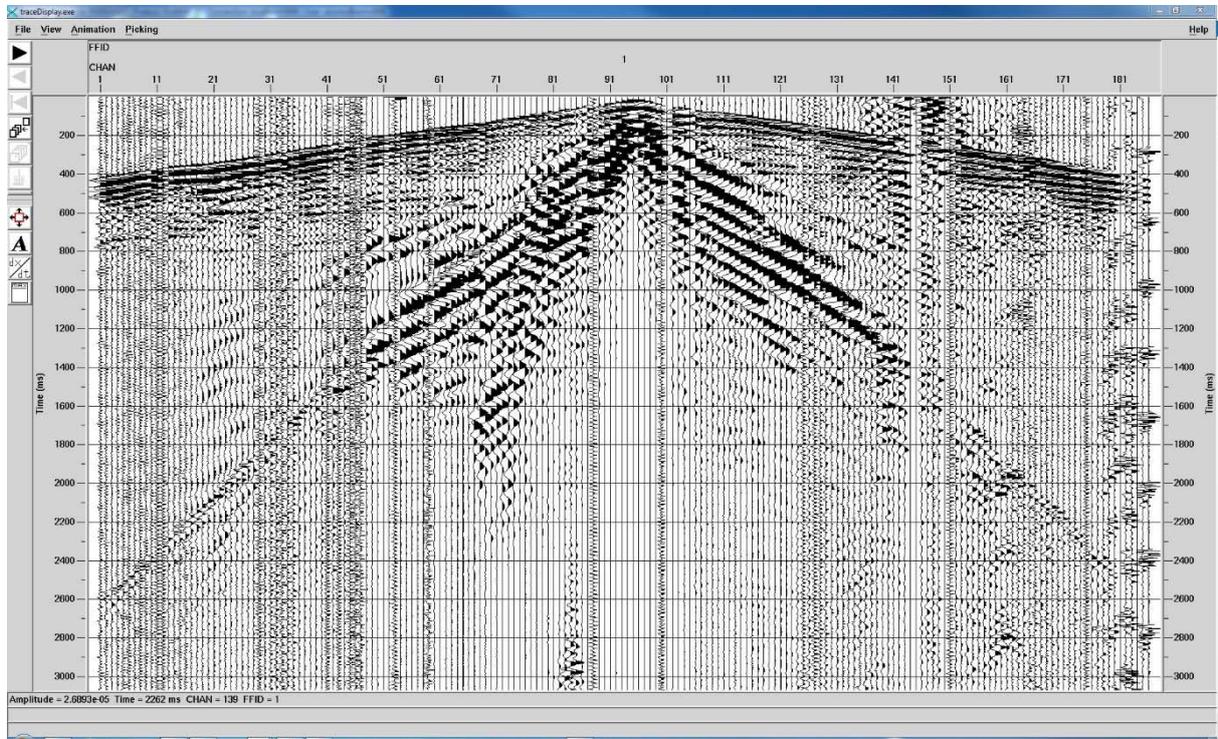


Abbildung 2: Rohdatenaufnahme über die gesamte „Record“-Länge am Beispiel von FFID 1 des Profils SO2101.

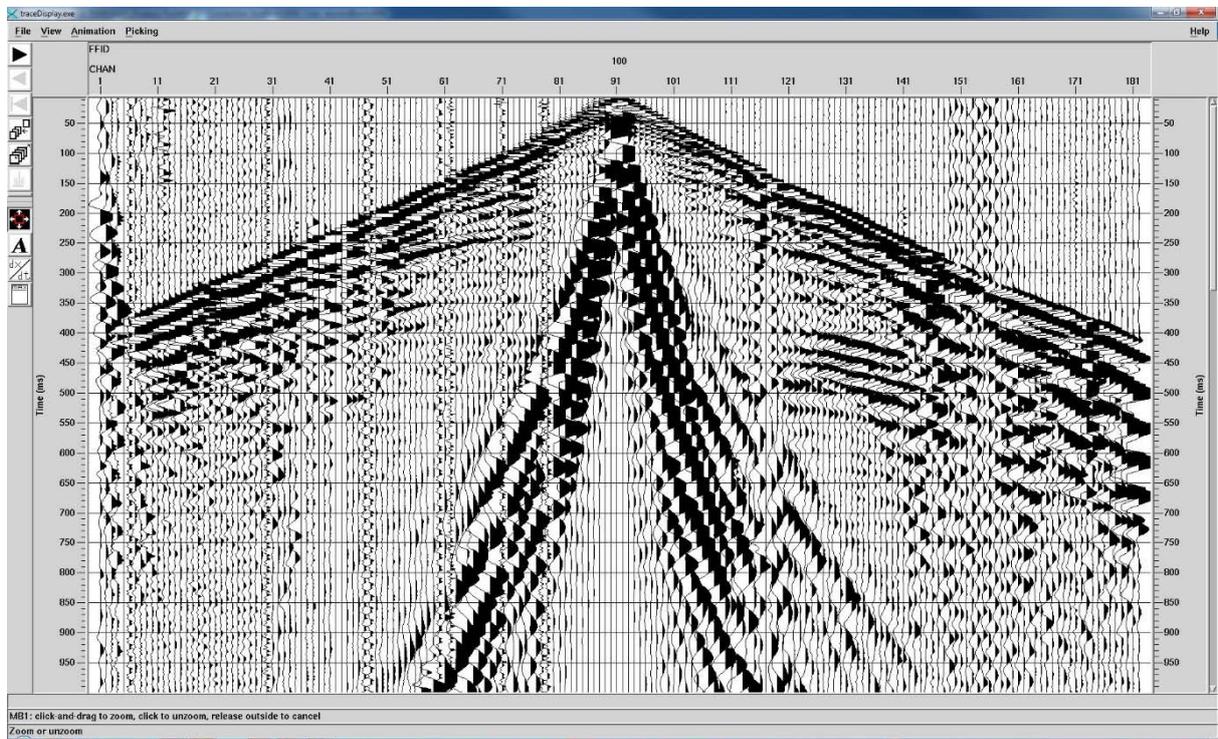


Abbildung 3: Zoom über eine Sekunde in eine Rohdatenaufnahme am Beispiel von FFID 100 des Profils SO2101.

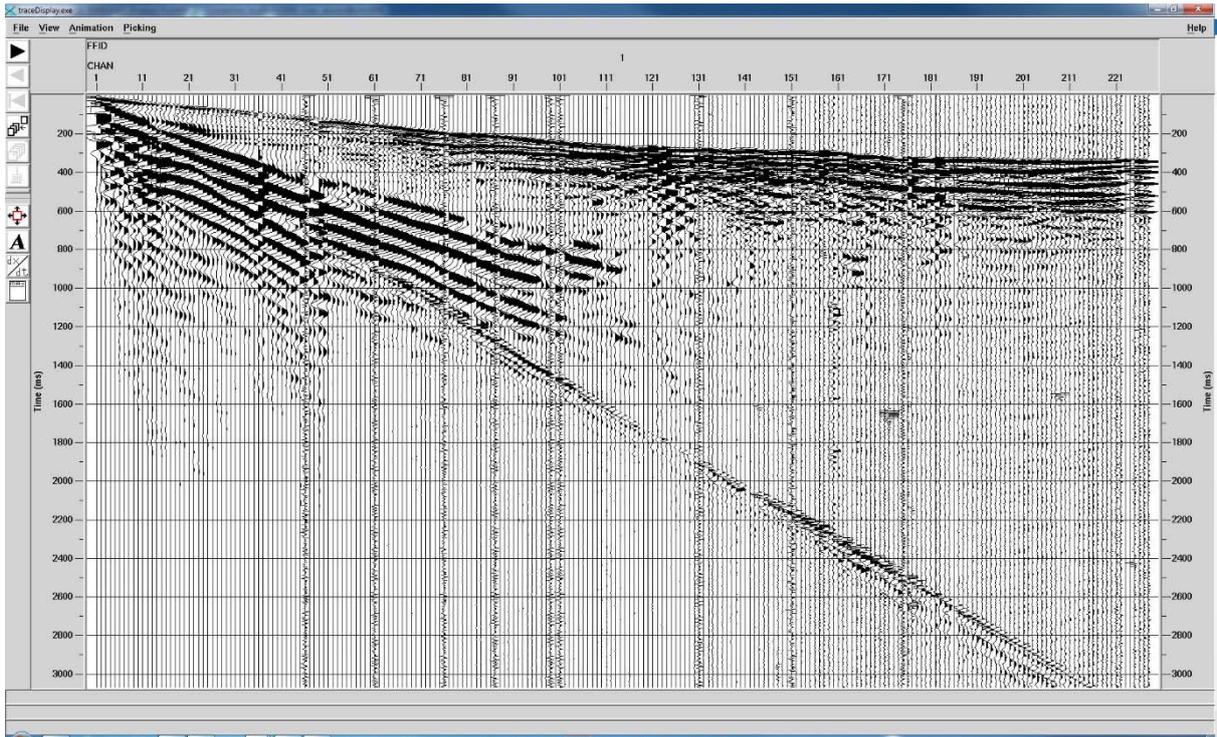


Abbildung 4: Rohdatenaufnahme über die gesamte „Record“-Länge am Beispiel von FFID 1 des Profils SO2102.

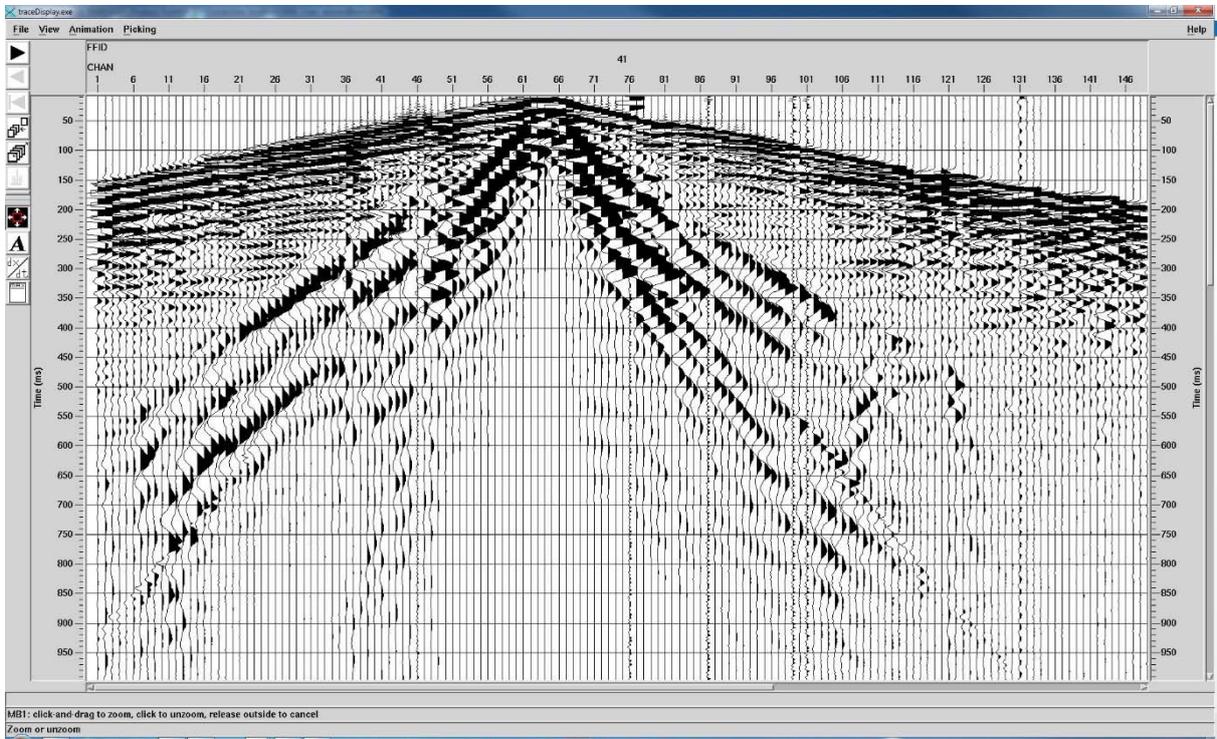


Abbildung 5: Zoom über eine Sekunde in eine Rohdatenaufnahme am Beispiel von FFID 41 des Profils SO2102

## 4 Datenbearbeitung („Processing“)

Die reflexionsseismische Datenbearbeitung wurde mit dem in der Erdölindustrie weit verbreiteten Softwarepaket SeisSpace/ProMAX R5000 (Landmark) durchgeführt. Die Bearbeitungsabfolge lässt sich in folgende Schritte zusammenfassen:

- Einlesen und Editieren der Rohdaten
- Definition der Geometrie
- Amplitudenkorrektur
- Statische Korrektur auf das „Processing Datum“
  - Bestimmung der Ersteinsatzzeiten
  - Tomographie
- Signalbearbeitung
- Geschwindigkeitsanalyse
- Dynamische Korrektur und „Muting“
- Reststatische Korrektur
- Stapelung und Korrektur auf das seismische Bezugsniveau
- Frequenzfilterung
- Kohärenzfilterung
- Migration

In der nachfolgenden Tabelle 2 sind sämtliche verwendete Parameter der Bearbeitungsabfolge beider Profile (SO2101 und SO2102) zusammengefasst.

Processing		
Profil	SO2101	SO2102
Einlesen der Daten	SEG-2	SEG-2
Geometrie	Straight Line	Straight Line
"Muting"	-	Top Mute
"Trace-Edit"	Reverse Polarity / Kill Bad Traces	Reverse Polarity / Kill Bad Traces
"First Break Picking"	every 3. FFID: Offset ~ 700 m	every FFID: Offset ~ 300 m
Amplitudenkorrektur	Spherical Divergence	Spherical Divergence
Seismisches Datum	300 m	480 m
Statische Korrektur	Refraction static	Elevation + Velocity Static
"Groundroll" Filter	Velocity Filter [8-65 Hz]	Velocity Filter [8-65 Hz]
Mehrkanal-Dekonvolution	Minimum Phase Spiking Op.len. 120 ms	Minimum Phase Spiking Op.len. 65 ms
Einkanal-Dekonvolution	Minimum Phase Spiking Op.len. 65 ms	Minimum Phase Spiking Op.len. 15 ms
Luftschall Unterdrückung	Attenuation	Attenuation
Geschwindigkeitsanalyse	every 25'te CMP	every 15'te CMP
NMO	Velocity Analysis based on guided velocity derived from tomography	Velocity Analysis based on guided velocity derived from tomography
"Stretch mute" [%]	25	25
Reststatische Korrektur	4 Iterationen 8 ms max.shift	4 Iterationen 8 ms max.shift
AGC [ms]	500	500
CMP-Stapelung ("Final Datum")	Mean: Full Offset	Mean: Limited Offset -150m/+150m
TV - Bandpassfilterung [Hz]	TV-SV BP: Ormsby	Single BP: 20 - 160 Hz Butterworth
F-X Dekonvolution	L2 Norm Adaptive	L2 Norm Adaptive
Migration	Kirchhoff Time/Steep Dip Time/ Reverse Time	Kirchhoff Time/Steep Dip Time/ Reverse Time

Tabelle 2: Bearbeitungsparameter

Im ersten Schritt der Bearbeitung wurden die seismischen Daten (SEG-2 Format) in die Bearbeitungssoftware eingelesen, die Koordinaten- und Höhenwerte für das Einlesen in die Bearbeitungssoftware aufbereitet und zusammen mit den seismischen Daten auf Vollständigkeit und Plausibilität überprüft.

Anschließend erfolgte programmintern die Definition der Aufnahme- und Liniengeometrie. Dabei wurden Zuordnungen zwischen seismischen Spuren, Aufnehmer- und Anregungspositionen, Koordinaten und Höhenwerte getroffen. Aufgrund der Krümmung der Aufnehmerlinie wurde der Verlauf einer begradiigten CMP-Bezugslinie definiert (CMP = „Common Mid-Point“ = Koordinatenmittelpunkt)

zwischen Aufnehmer- und Anregungsposition einer jeweiligen Spur) und die seismischen Spuren zu äquidistanten Positionen entlang dieser CMP-Bezugslinie zugeordnet. Abbildung 6 zeigt die Anordnung der Aufnehmer mit entsprechender Streuung der Mittelpunkte und der CMP Bezugslinie am Beispiel der Linie SO2101.

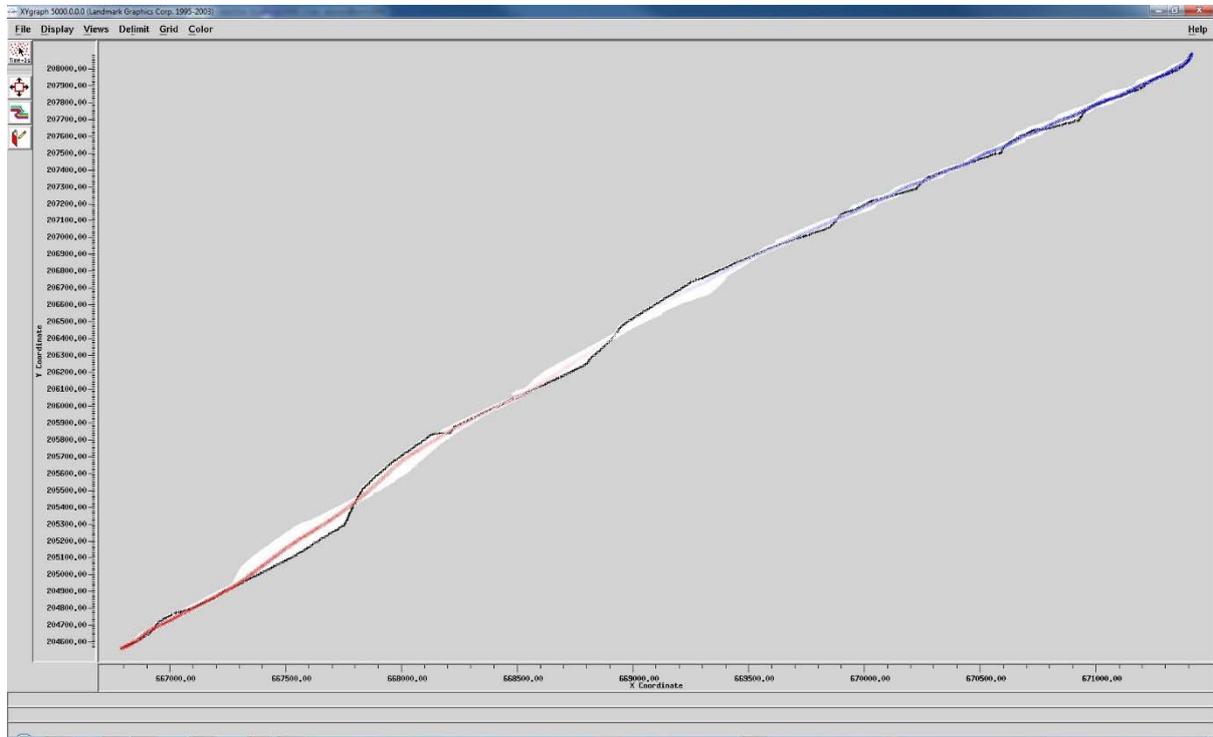


Abbildung 6: Programminterne Basemap: Aufnehmerlinie (schwarz); berechnete Mittelpunkte (weiß) basierend auf entsprechenden Quellen – und Empfängerabständen; CDP-Bezugslinie (farbig)

Nach vollständiger Installation der Geometrieinformationen auf der programminternen „Database“ wurden sämtliche „Trace Header“ mit diesen Geometrieinformationen befüllt. Nach einer ausführlichen Überprüfung eines jeden einzelnen „Records“ (FFID's) bezüglich Plausibilität wurden für spezielle weitere Bearbeitungsschritte (Statische Korrekturen) zunächst die Ersteinsätze („First Breaks“ siehe Abbildung 7) bestimmt.

Diese Ersteinsatzzeiten bilden nicht zuletzt die Grundlage für die Berechnung statischer Korrekturwerte, sondern es lassen sich daraus auch Geschwindigkeitsinformationen ableiten (Tomographie), welche unter anderem als Grundlage für weitere Geschwindigkeitsanalysen dienen können.

Sämtliche Spuren beider Profile wurden für die nachfolgende Signalbearbeitung statisch auf das jeweilige entsprechende „Floating“ Datum (NMO Datum oder „Processing“ Datum) verschoben.

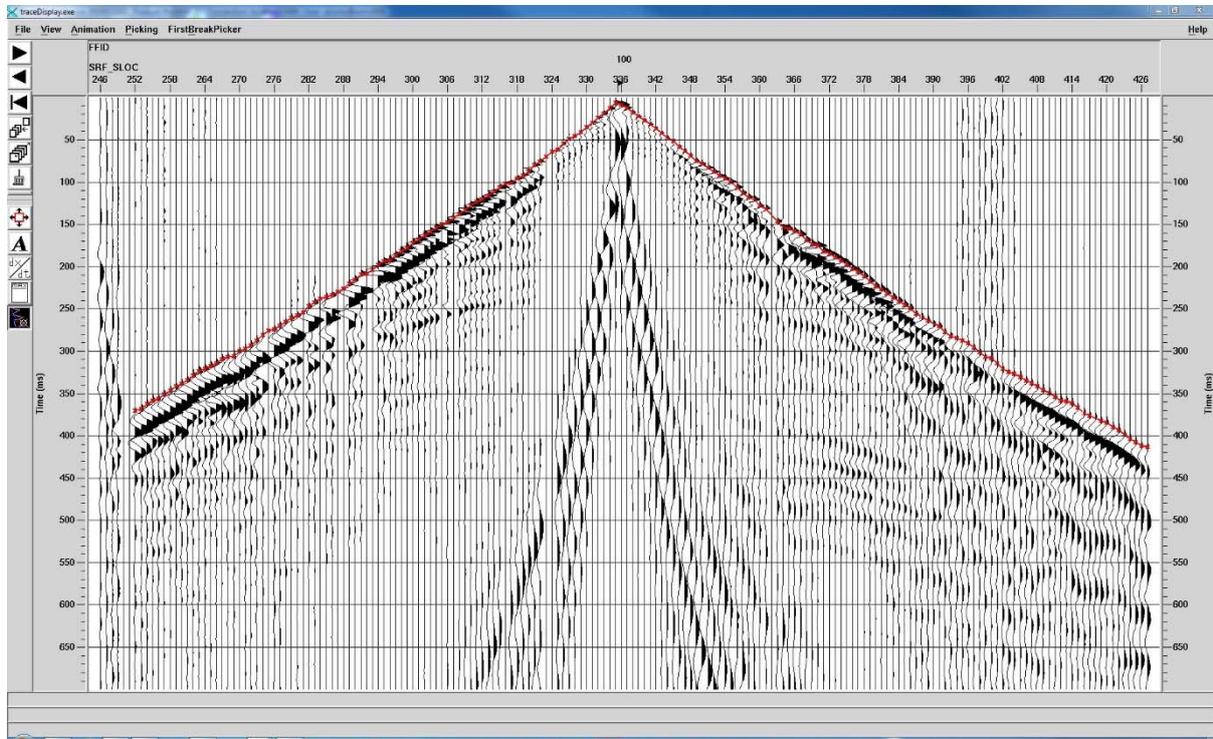


Abbildung 7: Ersteinsätze (rot) am Beispiel von FFID 100 von Profil SO2101

Die Korrektur der sphärischen Divergenz dient zur Wiederherstellung der durch die räumliche Wellenausbreitung mit der Entfernung bzw. der Laufzeit abnehmenden Signalamplitude. Dabei erhält man im Hinblick auf die seismischen Amplituden über den gesamten Zeitbereich (=Tiefenbereich) und Entfernungsbereich ein ausgeglichenes Seismogramm.

Die Dekonvolution ist ein Signalbearbeitungsschritt, bei dem die Signalschärfe und somit das seismische Auflösungsvermögen wesentlich vergrößert und zugleich der Einfluss von Störwellen (Oberflächenwellen, geführte Störwellen,...) verringert werden kann. In einer Reihe ausführlicher Vergleiche wurden verschiedene Dekonvolutionsalgorithmen getestet und die optimalen Dekonvolutionsparameter (z.B.: Operatorlänge) ermittelt. Durch die verwendete „Multichannel spiking deconvolution“ gefolgt von einer „Singlechannel spiking deconvolution“ konnte neben einer Vergrößerung des Auflösungsvermögens auch eine Unterdrückung

übriggebliebener Störwellen und somit eine Vergrößerung des Signal/Rausch-Verhältnisses erzielt werden.

Eine weitere, rein statistische Verbesserung des Signal/Rausch-Verhältnisses wird mittels der sogenannten Stapelung erzielt. Dabei werden die seismischen Spuren der Aufnahmen („Shot-Gather“), basierend auf der Untergrundüberdeckung („Binning“) zu entsprechenden „CMP-Gather“ zusammengefasst und anschließend aufsummiert (gestapelt).

Vor der Stapelung müssen jedoch die einzelnen seismischen Spuren aufgrund der unterschiedlichen Abstände zwischen den Anregungs- und Aufnehmerpositionen und den daraus resultierenden unterschiedlichen Laufzeiten des seismischen Signals zueinander zeitlich korrigiert werden. Für diesen Vorgang, der NMO („normal move-out“) oder dynamische Korrektur bezeichnet wird, wird jedoch ein Geschwindigkeitsmodell des Untergrundes benötigt, welches interaktiv bei der Analyse von sogenannten vordefinierten CMP – „Supergather“ ermittelt wird.

Nach der Geschwindigkeitsanalyse erfolgte die NMO. Da es bei dieser dynamischen Korrektur, speziell im oberflächennahen Bereich, zu einer unerwünscht großen Dehnung des seismischen Signals kommen kann, wird diese Dehnung durch den sogenannten „stretch-mute“ Prozentsatz quantitativ begrenzt. Basierend auf ausführlichen Tests wurde ein „stretch-mute“ Prozentsatz von 25% verwendet. D.h. Signalbereiche, die durch die dynamische Korrektur um mehr als diesen Prozentbetrag gedehnt werden, wurden nicht in den Stapelungsprozess einbezogen.

Nach der dynamischen Korrektur und dem „muting“ müssen vor der Stapelung die einzelnen seismischen Spuren noch auf ein einheitliches Bezugsniveau verschoben (=statische Korrektur zum jeweiligen Datum) werden. Verbleibende kleine Verschiebungsfehler werden durch Berechnung und Anwendung von reststatischen Korrekturen ausgeglichen.

Anschließend wurden die Amplituden der seismischen Spuren gleitend über ein Fenster von 500 ms aneinander angepasst und gestapelt. Danach wurde das Nutzsignal gegenüber dem Störsignal durch raum – und zeitvariante Bandpassfilterung beim Profil SO2101 oder einer einfachen Bandpassfilterung beim Profil SO2102, deren Ziel die Auflösung der obersten Schichten ist, erhöht. Anschließend wurde die Kohärenz mittels Anwendung einer F-X Dekonvolution weiter erhöht.

Abbildung 8 zeigt eine Rohstapelung der Linie SO2101 und Abbildung 9 das finale Stapelergebnis („Final Stack“) der Linie SO2102.

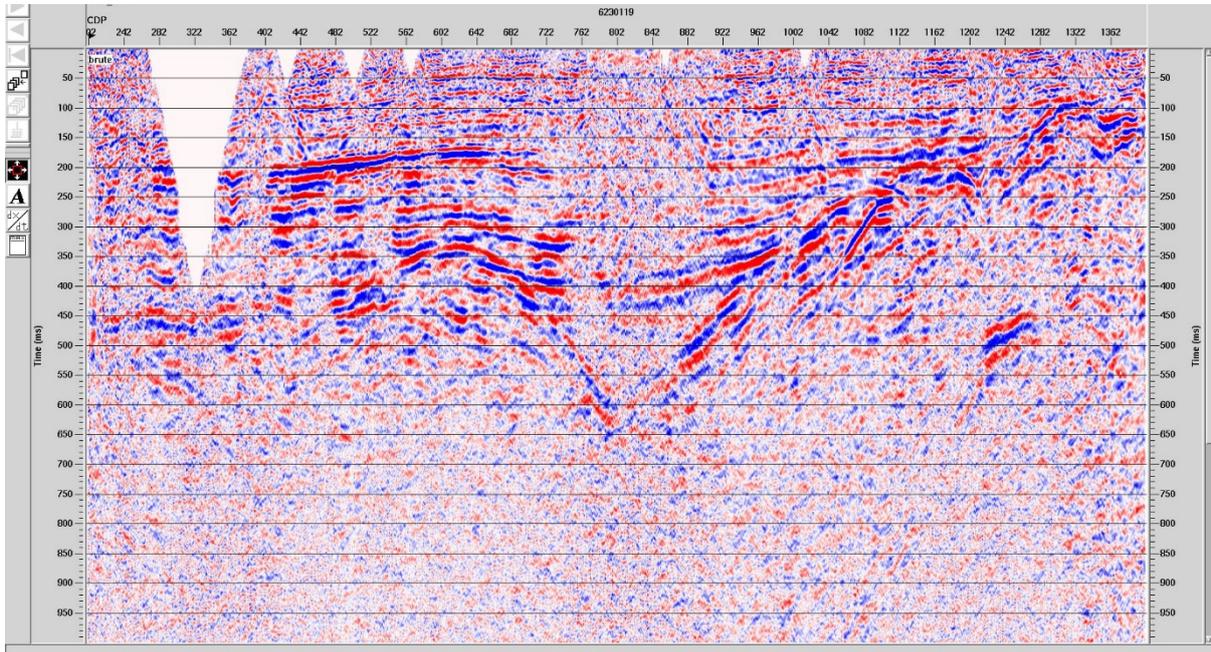


Abbildung 8: Stapelergebnis des Profils SO2101

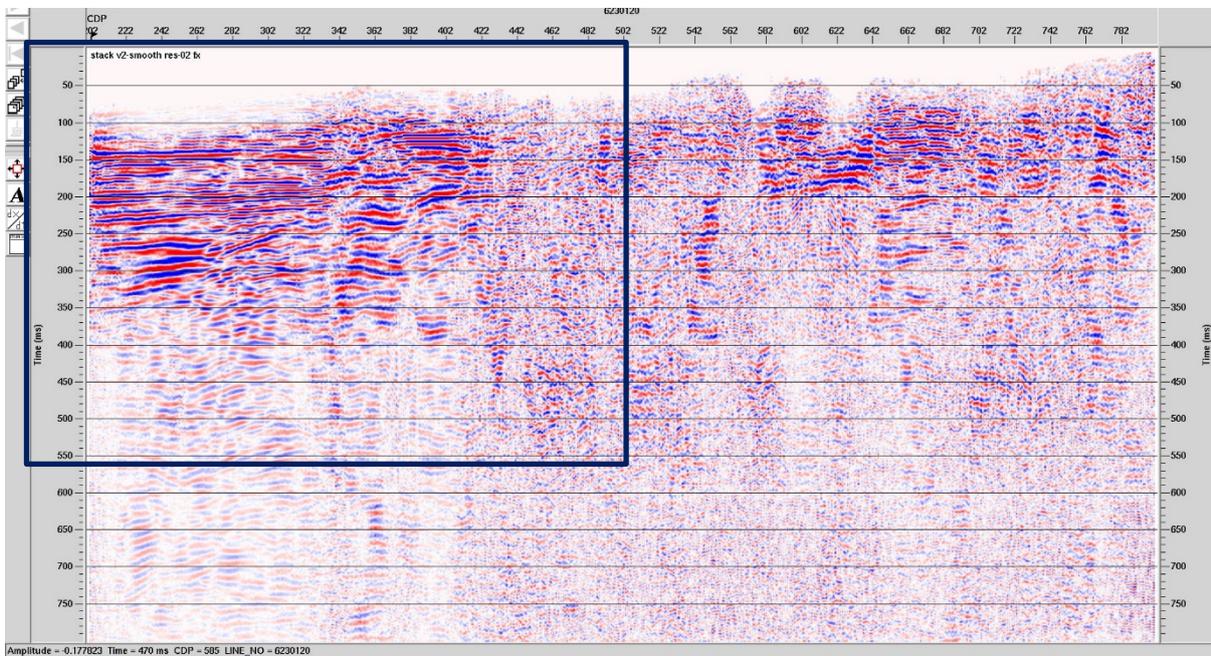


Abbildung 9: Finale Stapelsektion des Profils SO2102. Hauptaugenmerk lag auf dem Ausschnitt gekennzeichnet durch das schwarze Rechteck.

Abbildung 10 zeigt eine vergrößerte Darstellung des nordöstlichen Ausschnittes (Markierung von Abbildung 9).

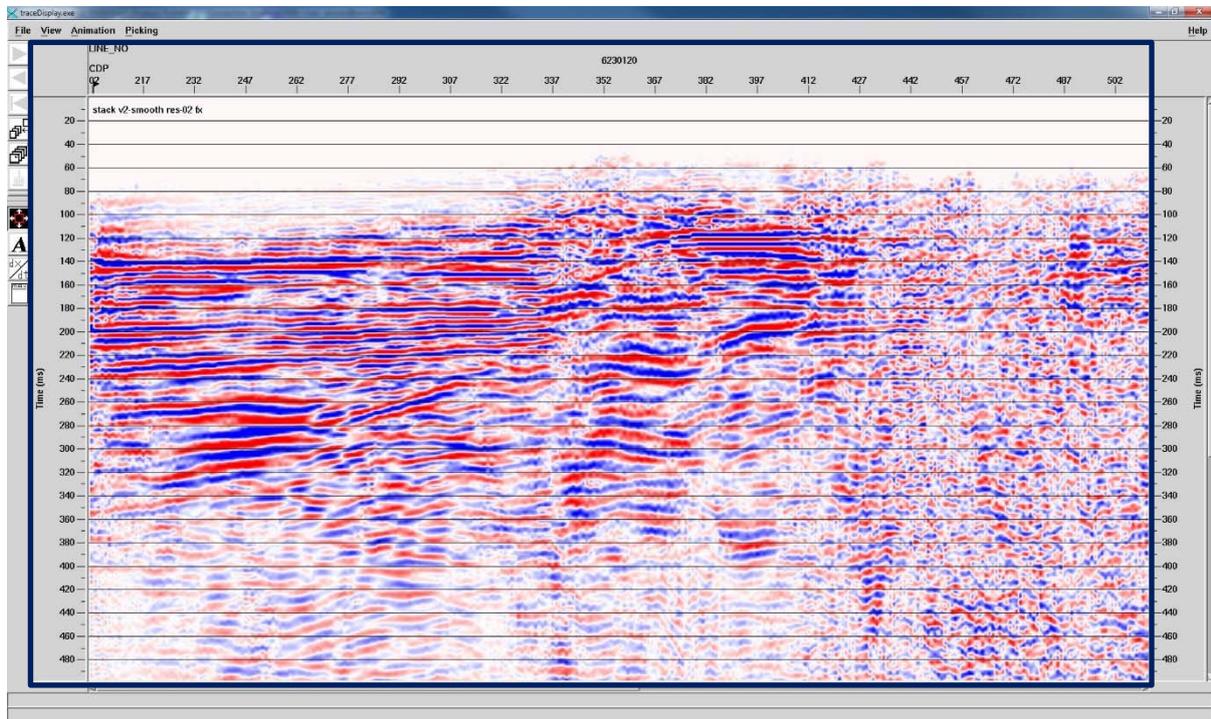


Abbildung 10: Zoom in den entsprechenden Ausschnitt der finalen Stapelsektion (Profil SO2102)

Durch die physikalischen Gesetze der Wellenausbreitung und durch die Aufnahmegeometrie einer 2D Reflexionsseismik bedingt, ergibt sich bei einer nicht horizontalen Lagerung von geologischen Schichtpaketen weder der wahre Einfallswinkel noch die richtige räumliche Lage eines Reflexionshorizontes. Des Weiteren können durch Bruchstrukturen und kleinräumige Strukturen Artefakte (Diffraktionen) in der Stapelsektion entstehen, die nicht den geologischen Gegebenheiten entsprechen und somit zu Fehlinterpretationen führen. Mit der sogenannten Migration (Abbildung 11) können die oben beschriebenen Abbildungsfehler eliminiert werden. In einer Reihe von Durchläufen wurden verschiedene Migrationsalgorithmen getestet und angewandt. Die Ergebnisse aus den Migrationen wurden abschließend im SEG-Y Format exportiert.

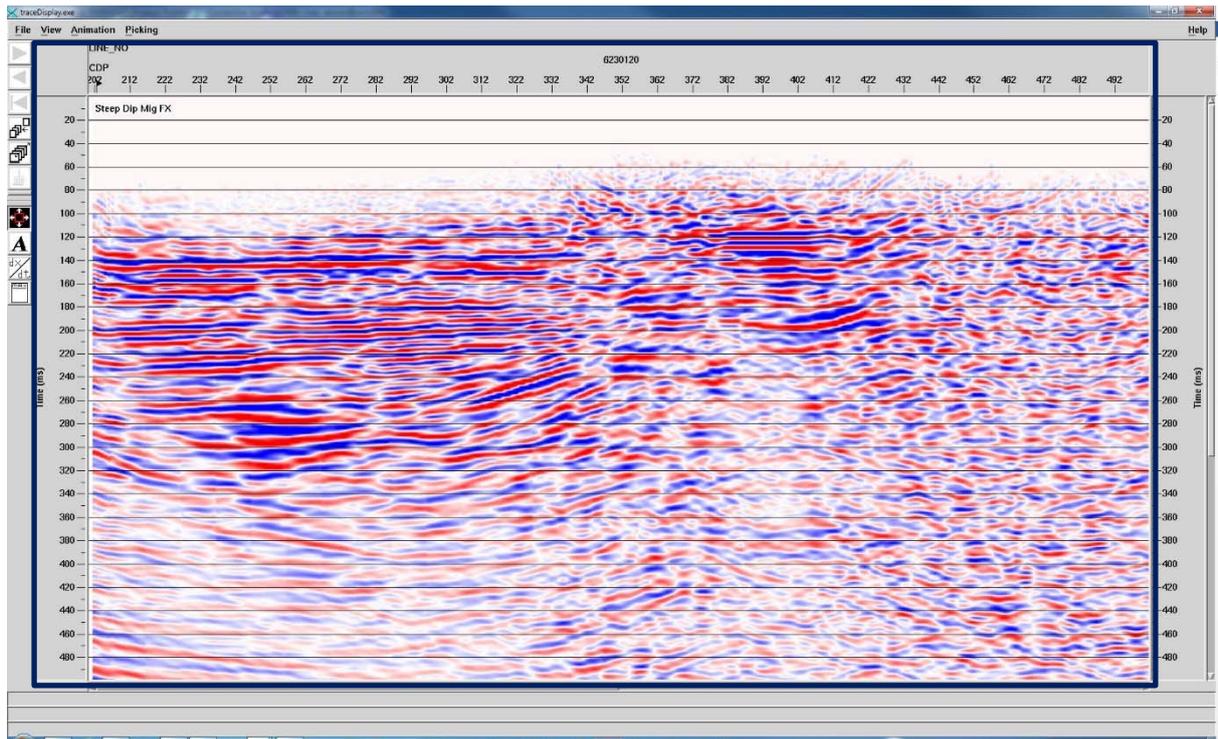


Abbildung 11: Entsprechender Ausschnitt (Profil SO2102) nach einer „Steep Dip“ Zeitmigration.

## 5 Neubearbeitung der Hitzendorf Profile („Reprocessing“)

Die seismischen Daten der neu bearbeiteten Profile (HI8701, HI8901 und HI8902) wurden von der Montanuniversität in den Jahren 1987 und 1989 akquiriert.

Die Messungen der Profile wurden mit 48 aktiven Kanälen mit Stationsabständen von 20 m durchgeführt. Die Anregung erfolgte mit Sprengstoff an ausgewählten Positionen mit einem Minimum Offset von 70m beim Profil HI8701 und 30 m bei den Profilen HI8901 und HI8902 zur ersten aktiven Geophongruppe. Die Länge der aktiven Auslage beträgt nominell 940 m. Durch diese Aufnahmegeometrie ergibt sich ein CDP Abstand von 10 m bei einer 12-fachen nominellen Untergrundüberdeckung.

Tabelle 3 fasst die die wichtigsten Akquisitionsparameter zusammen.

Akquisition			
Profil	HI8701	HI8901	HI8902
Feldmessungen	1987	1989	1989
Aufnahmeapparatur	Sercel 338 B	Sercel 338 B	Sercel 338 B
Aufzeichnungslänge [ms]	3000	3000	3000
Abtastintervall [ms]	2	2	2
Feldfilter	12.5 - 125 Hz	16 - 125 Hz	16 - 125 Hz
aktive Kanalanzahl	48	48	48
Aufnahmegeometrie ("Spread")	Split	End Off	End On
Geophone	10 Hz	10 Hz	10 Hz
nomineller GP-Abstand [m]	20	20	20
Anzahl der Positionen	300	114	120
Profillänge (gesamt) [m]	5981.8	2233.5	2321.5
Quelle	Dynamite	Dynamite	Dynamite
"Shotdepth" [m]	1	1	1
"Charge" [kg]	0.1 - 0.3	0.07 - 0.15	0.14 - 0.22
Records (gesamt)	158	57	61
nominelle Überdeckung	12	12	12

Tabelle 3 Akquisitionsparameter

Nach Überprüfung der Vollständigkeit und Plausibilität wurden die Daten entsprechend aufbereitet und in die das Bearbeitungspaket ProMAX eingelesen. In Tabelle 4 sind die Bearbeitungsbereiche sämtlicher Profile zusammengefasst.

Profil	HI8701	HI8901	HI8902
GP-Bereich	101 - 400	101 - 214	101 - 220
SP-Bereich	98.5 - 404.5	100.5 - 216.5	101.5 - 222.5
FFID's	3 - 158	2 - 56	2 - 61
CMP-Bereich	202 - 800	202 - 428	202 - 440

Tabelle 4: Datenbearbeitungsbereiche

Anschließend wurde die „Processing“ Geometrie entsprechend der „Straight Line“ Methode definiert.

Abbildung 12 zeigt am Beispiel der Linie HI8901, dass es dadurch idealerweise kaum zu Streuungen der Mittelpunkte um die Aufnehmerlinie kommt.

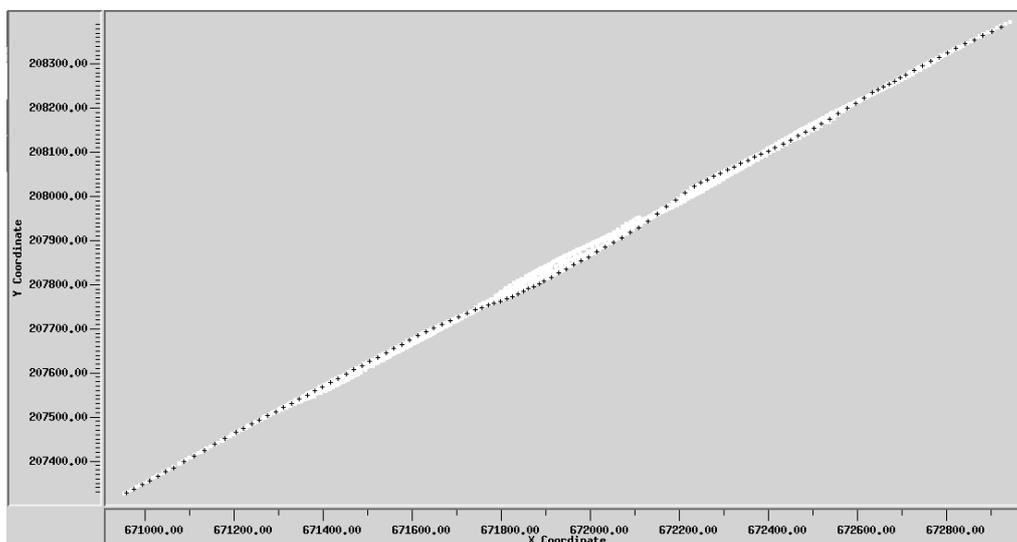


Abbildung 12: „Straight line“ Geometriedefinition anhand Profil HI8901:  
 Aufnehmerpositionen (schwarz) und gemeinsame Mittelpunkte (weiß).  
 Basierend auf diesen Mittelpunkten erfolgte das „Binning“ der CDPs und die daraus resultierenden CDP Koordinaten [m].

Tabelle 5 fasst die Bearbeitungsfolge für die jeweiligen Profile detailliert zusammen.

Bearbeitung			
Profil	HI8701	HI8901	HI8902
Einlesen "SEGy"	Raw_Band-2; Raw_Band-3; Raw_Band-4	band1.sgy	band2.sgy
Geometrie "Setup"	Midpoints/Binning	Midpoints/Binning	Midpoints/Binning
Spuren Editieren	bad / reverse	bad / reverse	bad / reverse
Amplitudenkorrektur	sphärische Divergenz	sphärische Divergenz	sphärische Divergenz
Statische Korrektur ("NMO Datum")	Refraktionsstatik	orig. Statikwerte	orig. Statikwerte
"Spiking"-Dekonvolution	160 ms Operatorlänge	160 ms Operatorlänge	160 ms Operatorlänge
Geschwindigkeitsanalyse	Interaktive VA max. Offset rd.1000 m / 20'te CMP	Interaktive VA max. Offset rd.1000 m / 20'te CMP	Interaktive VA max. Offset rd.1000 m / 20'te CMP
NMO	geglättetes gepicktes Geschwindigkeitfeld	geglättetes gepicktes Geschwindigkeitfeld	geglättetes gepicktes Geschwindigkeitfeld
"stretch mute" [%]	25	25	25
Reststatische Korrektur	4 Iterationen 8 ms max.shift	4 Iterationen 8 ms max.shift	4 Iterationen 8 ms max.shift
AGC	300 ms	300 ms	300 ms
CMP-Stapelung ("Final Datum")	mean	mean	mean
Bandpassfilterung [Hz]	16-20-50-53	16-20-50-53	16-20-50-53
F-X Dekonvolution	L2 Norm Adaptive	L2 Norm Adaptive	L2 Norm Adaptive
"Poststack" Zeitmigration	Kirchhoff; RTM; Steep-Dip	Kirchhoff; RTM; Steep-Dip	Kirchhoff; RTM; Steep-Dip

Tabelle 5: Bearbeitungsparameter

Generell zeichnen sich die Ergebnisse der Neubearbeitung durch ein deutlich größeres Signal/Rausch Verhältnis aus. Ferner bilden sich bei sämtlichen Profilen die sedimentären Strukturen weit deutlicher und schärfer als beim ursprünglichen Bearbeitungsergebnis ab. Darüber hinaus bilden sich im tieferen Bereich im Ergebnis der Neubearbeitung Strukturen ab, die im ursprünglichen Bearbeitungsergebnis kaum oder nicht zu erkennen sind.

Abbildung 13 und Abbildung 14 zeigen anhand eines vergleichbaren Ausschnittes über eine Sekunde beim Profil HI8901 den Unterschied zwischen Erstbearbeitung und Neubearbeitung.

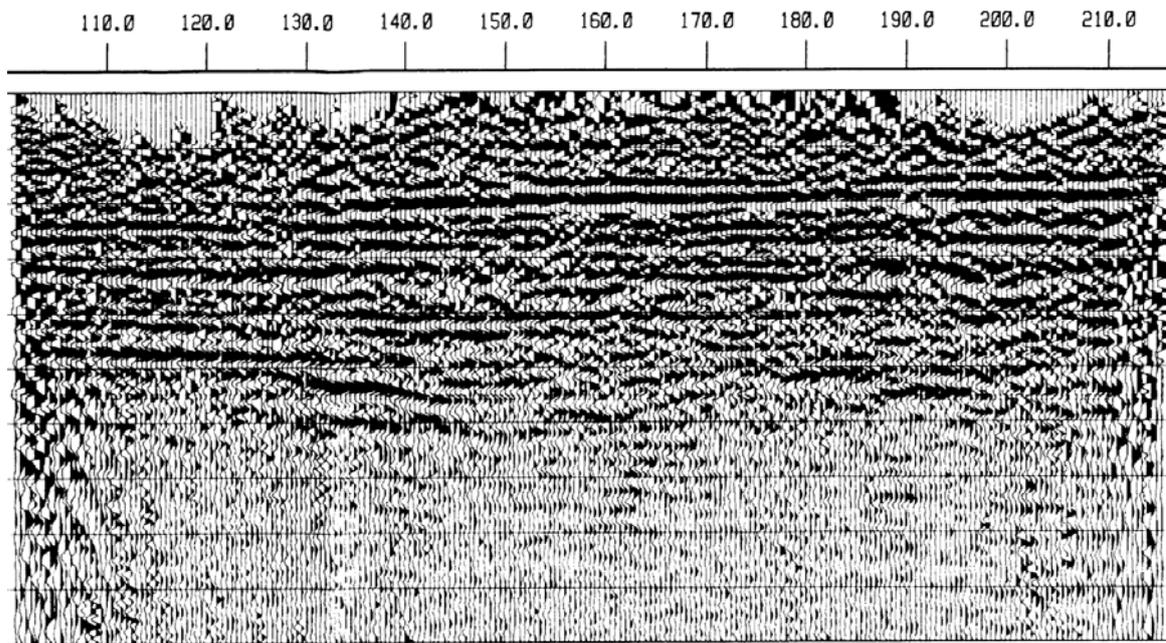


Abbildung 13: Ausschnitt aus dem Profil HI8901 der Erstbearbeitung

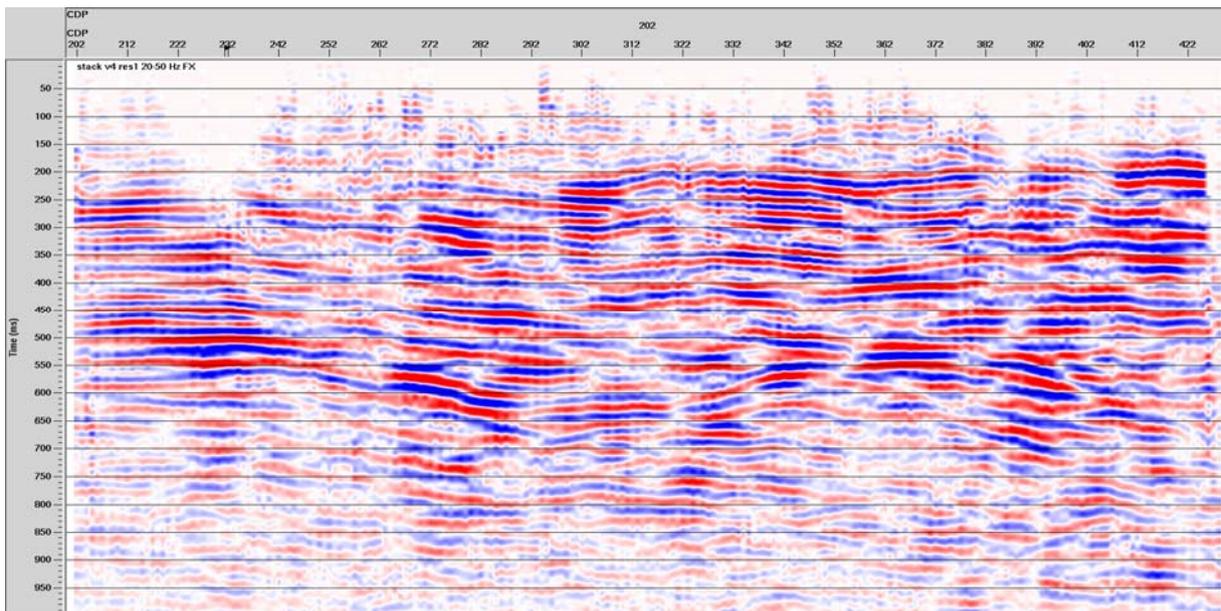


Abbildung 14: Ausschnitt aus dem Profil HI8901 der Neubearbeitung

## **6 Interpretation der reflexionsseismischen Profile**

### **6.1 Einführung**

#### **6.1.1 Allgemein**

Reflexionseismikprofile werden erstellt um Strukturen im Untergrund sichtbar zu machen. Dabei handelt es sich z.B. um Grenzflächen verschiedener Gesteinspakete sowie Trennflächen (Störungen) im Gestein. Ob Strukturen auflösbar (sichtbar) sind, hängt neben Akquisitionsparametern besonders von der Tiefe. Damit Gesteinspakete auflösbar sind, müssen diese zumindest mehrere 10er Meter mächtig sein. Sichtbare Strukturen werden als Reflektoren bezeichnet. Nach dem Processing liegt ein Reflexionsseismikprofil in der sogenannten Zeit-Domäne als Zweiweglaufzeit (engl.: two-way-traveltime, TWT) des seismischen Signals vor. Die vertikale Achse eines Profils zeigt dann die Zweiweglaufzeit und nicht die Tiefe an. Die Zweiweglaufzeit gibt an, wie lange ein Signal von der Oberfläche bis zu einem Reflektor und wieder zurück braucht. Ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Signals im Untergrund bekannt, kann mittels Geschwindigkeitsmodell zwischen Zweiweglaufzeit und Tiefe umgerechnet werden. Dadurch können ebenso Bohrungsinformationen (in Tiefe) in die Seismik (in Zweiweglaufzeit) „eingehängt“ werden.

#### **6.1.2 Geschwindigkeitsmodelle**

Die unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten von seismischen Wellen (Longitudinalwellen) sind Gesteinseigenschaften. Es gibt mehrere Möglichkeiten ein Geschwindigkeitsmodell für den Untergrund zu erstellen. Besonders genaue Geschwindigkeiten können von Bohrungen durch geophysikalische Bohrlochmessungen erhalten werden (Vertical Seismic Profiling, Checkshots). Daneben liefern Refraktionsseismische Messungen ein solides Geschwindigkeitsmodell des Untergrundes. Alternativ kann ein Geschwindigkeitsmodell auch aus dem seismischen Processing annäherungsweise abgeleitet werden. Hier sind Genauigkeiten mit einem Fehler von 10 – 20 % gegenüber den realen Geschwindigkeitswerten zu erreichen. Darüber hinaus sind Messungen an Bohrkernen oder ergänzend an Aufschlussäquivalenten möglich, um Geschwindigkeiten verschiedener Gesteine abzuleiten.

### **6.1.3 Refraktionsseismische Profile**

Für manche der reflexionsseismischen Profile wurden auch refraktionsseismische Auswertungen durchgeführt. Diese geben verlässliche Tiefenberechnungen von geologischen Schichten wenn die seismischen Geschwindigkeiten mit der Tiefen zunehmen. Weiters liefern refraktionsseismische Messungen ein Geschwindigkeitsmodell. Eine Refraktionsseismik erfasst Gesteinsschichten in einer Tiefe von etwa 20-30% der Auslagenlänge der Messung.

## **6.2 Datengrundlage**

Als Datengrundlage sind sechs reflexionsseismische Profile aus dem Liebocher Becken (Tabelle 6) zur Verfügung gestanden. Für zwei dieser Profile (SO2102 und RO9801) waren auch Ergebnisse refraktionsseismischer Messungen verfügbar. Weiters sind Geschwindigkeiten aus dem Florianer Becken durch das refraktionsseismische Profil WS1901 bekannt. Dieses refraktionsseismische Profil ist besonders umfangreich. Die Ergebnisse werden daher weiter unten dargestellt (Abbildung 15) und sind aufgrund einer ähnlichen Geologie des Florianer Beckens auch für das Lieboch Becken aussagekräftig. Neben der Refraktionsseismik von WS1901 wurden auch auf Werte in der Literatur zurückgegriffen. Refraktionsseismische Daten des nordwestlichen Liebocher Beckens wurden von Weber (2003) veröffentlicht. Informationen über das nordöstliche Liebocher Becken stammen aus (Schmid et al.1999).

Sämtliche verfügbare Informationen relevanter Bohrungen im Liebocher Becken wurden in die Interpretation der Seismikprofile integriert. Tabelle 6 gibt einen Überblick über diese Bohrungen. Die Bohrungen G.K.B.1 (Krottendorf), G.K.B.2 (Söding 1) sowie G.K.B.3 (Pirka) haben im Liebocher Becken das Grundgebirge erreicht. G.K.B.2 (Söding 1) ist aufgrund ihrer Position im Beckenzentrum nahe der Seismik-Linie SO2101 von besonderer Bedeutung. Diese Bohrung stellte dadurch eine Möglichkeit zur Kalibration des Geschwindigkeitsmodells dar. Alle anderen Bohrungen verblieben in der Sedimentfüllung des Weststeirischen Beckens.

Informationen über die ungefähre Beckentiefe und Beckengeometrie können aus den Untergrundkarten des Steirischen Beckens von Kröll et al. (1988) entnommen werden. Die Datengrundlage für diese Karten war im Weststeirischen Becken gering. Die Angaben der Tiefenlagen des prä-neogenen Basements dieser Karten sollten daher mit gewisser Vorsicht verwendet werden. Die Auswertung der Seismikprofile hat aber

gezeigt, dass die in den Karten eingezeichnete Beckentiefe und Geometrie für das Lieboch Becken weitgehend plausibel ist.

Bohrung	Seehöhe [m]	Bohrtiefe [m]	X [m]	Y [m]
Bohrloch 804 (Rauchegg)	397,0	147,9	518195,48	5202321,62
Bohrloch 805 (Steinberg)	377	78,7	518128,19	5202750,33
Bohrloch 830 (Zirknitz)	350	409,95	520620	5197895
Bohrloch 832 (Rohrbach)	413	188,6	522908,5	5212373,3
Bohrloch 833 (Steinberg)	418	66,6	522446,27	5211566,08
G.K.B.1 (Krottendorf)	362,85	254	516394	5207497
G.K.B.2 (Söding 1)	342,17	736,75	522126	5204831
G.K.B.3 (Pirka)	355,93	277,7	529579	5205171
Mooskirchen 1 (1926)	339	451,2	521590	5203487
Mooskirchen 2 (1927)	387	ca 368	520291	5202030
Steinberg Ersatzbrunnen II (Nord)	ca 434	212	523552	5213586,5
Steinberg Ersatzbrunnen II (Süd)	ca 422	204	523214	5212858

*Tabelle 6: Tiefe Bohrungen im Liebocher Becken. Die Bohrtiefe bezieht sich auf GOK. Das Koordinatensystem ist UTM N33.*

### 6.2.1 Refraktionsseismisches Profil WS1901

Das Ergebnis der Auswertung des Refraktionsseismischen Profil WS1901 ist in Abbildung 15 gezeigt. Es zeigt im Westen eine geringmächtige Schicht direkt unter der Geländeoberkante. Darunter befindet sich eine einige hundert Meter mächtige Schicht, die eine durchschnittliche Geschwindigkeit von etwa 2,5 km/s aufweist. Die tiefste auflösbare Schicht darunter weist eine Geschwindigkeit von 5,3 km/s auf. Im Beckenzentrum ist es nicht möglich diese unterste Schicht aufgrund ihrer zu großen Tiefe aufzulösen. Im Osten des Profils sind vier Schichten mit Geschwindigkeiten von 2,4 km/s, 3,8 km/s, 4,6 km/s und 5,5 km/s zu beobachten.

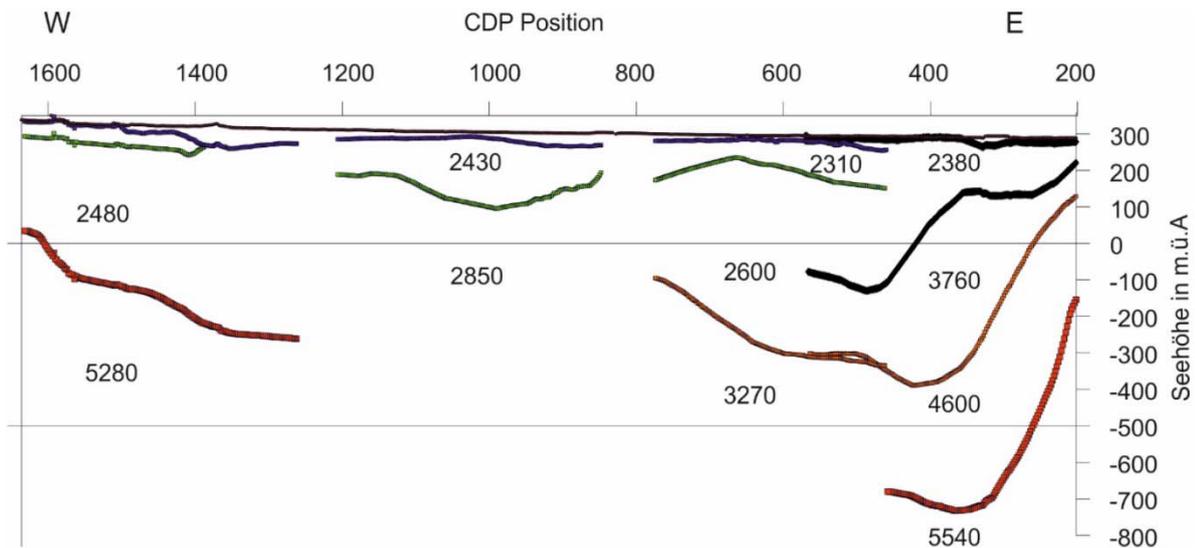


Abbildung 15. Refraktionsseismisches Profil WS1901.

### 6.3 Geschwindigkeitsmodell

Ein Geschwindigkeitsmodell wurde für die Neogene Beckenfüllung erstellt. Anhand dieses Geschwindigkeitsmodells wurde die Tiefe des Sedimentbeckens entlang des Sedimentbeckens berechnet.

Das prä-neogene Grundgebirge zeigt eine Variabilität an Geschwindigkeiten. Durch Werte von zumindest 4,3 km/s lässt sich das Grundgebirge aber eindeutig von der Beckenfüllung abgrenzen, welche Geschwindigkeiten von weniger als 4 km/s aufweist. Werte um 4,5 km/s zeigen paläozoische Gesteine des Grundgebirges an. Dabei handelt es sich entweder um Phyllite oder verwittertes Gestein. Paläozoische Schiefer weisen Werte zwischen 4,9 und 5,7 km/s auf. Paläozoische Karbonate zeigen typischerweise höhere Geschwindigkeiten von bis zu 6 km/s (Kröll und Heller 1978). Kristalline Gesteine im Untergrund des Weststeirischen Beckens weisen Geschwindigkeiten zwischen 5 und 5,5 km/s. In diesem Bereich besteht daher Verwechslungsgefahr mit paläozoischen Schiefen. Die Ausbreitungsgeschwindigkeiten der seismischen Wellen im Grundgebirge sind für die Tiefenberechnung des Liebocher Beckens jedoch irrelevant und wurden nur als Anhaltspunkte für die Interpretation des Beckenuntergrundes verwendet.

Die sedimentäre Beckenfüllung wurde basierend auf der seismischen Fazies in Kombination mit Bohrungsinformation in drei Schichten unterteilt:

- Basiskonglomerate
- Konglomerat-Sandstein Zwischenschicht
- Glimmersande und Tone.

Basiskonglomerate bilden die tiefste Beckenfüllung. Anhand der Refraktionsseismik WS1901 konnte ihnen eine Geschwindigkeit von 3,8 km/s zugeordnet werden. Richtung Beckenrand ist eine geringe Abnahme aufgrund geringer Überlagerung indiziert. Jedoch bleibt selbst bei sehr geringer Überlagerung in der Köflach-Voitsberg Bucht die Geschwindigkeit basaler Konglomerate mit 3,5 km/s vergleichsweise hoch (Weber, 2003). Es wurde daher von einer konstanten Geschwindigkeit von 3,8 km/s für die Basiskonglomerate ausgegangen. Der Fehler bleibt dabei selbst bei geringer Überlagerung unter 10%.

Der Konglomerat-Sandstein Zwischenschicht wurde basierend auf Werten von Weber (2003) eine Geschwindigkeit von 2,7 km/s zugeteilt. In diesem Fall fällt ein möglicher Fehler nahe den Beckenrändern noch geringer aus, da die Überlagerung bereits ohnehin geringer ist.

Die Geschwindigkeit der obersten Schicht aus Glimmersanden und Tonen wurde mit 2,2 km/s angesetzt. Dieser Wert ist durch die Refraktionsseismik RO9801 bekannt und stimmt mit Werten aus Weber (2003) überein. Aufgrund einer fehlenden Überlagerung ist hier von keiner relevanten horizontalen Variabilität der Ausbreitungsgeschwindigkeiten auszugehen.

## **6.4 Interpretation**

Für die Interpretation wurde die Software Petrel (Schlumberger) verwendet. Im Zuge der geologischen Interpretation wurden geologische Schichtpakete und der Beckenuntergrund sowie das Störungssystem auskartiert. Unter Einbezug wissenschaftlicher Literatur wurde die Entstehung des Weststeirischen Becken rekonstruiert, wodurch zusätzliche Informationen über die einzelnen Gesteinsschichten erhalten werden können. Eine stratigraphische Einteilung der geologischen Schichtpakete wurde so gut wie möglich durchgeführt. Einschränkend war in diesem Fall das Fehlen von stratigraphischen Gliederungen der Bohrungen.

## 6.4.1 SO2101 und SO2102

Die Linie SO2102 verläuft vom Anstehenden des Beckenrandes (Koraln) in Richtung Nordost. An ihrem Ende schließt die Linie SO2101 an. Beide Linien sind in Abbildung 16 dargestellt.

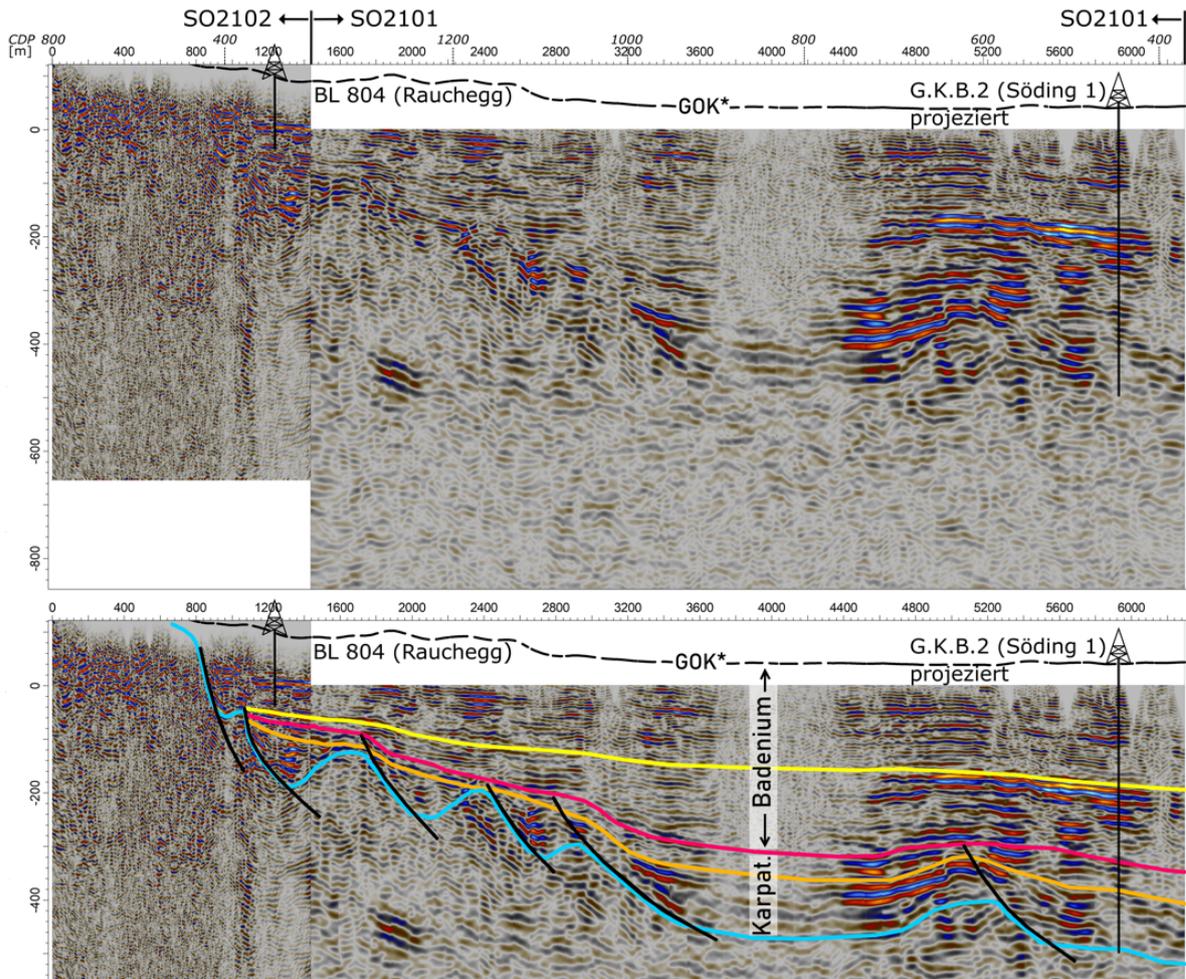


Abbildung 16: Seismik Linien SO2102 und SO2101. Links: SW, Rechts: NE. Die Lage des Profils ist in Abbildung 1 ersichtlich.

Die Interpretation des prä-neogenen Beckenuntergrundes ist als blauer Horizont dargestellt. Besonders im Südwesten ist ein ausgeprägtes Relief des Beckenuntergrundes, welcher durch Störungen in einzelne Blöcke gegliedert ist, sichtbar. Die Störungen fallen Richtung Beckenzentrum ein. Zwischen den Störungsblöcken befinden sich kleine Halbgräben. Die Bohrung G.K.B.2 (Söding 1) befindet sich etwa 650 m von der Linie SO2101 entfernt und wurde auf die Seismik projiziert und eingehängt. Der Beckenuntergrund wurde in Söding 1 in einer Tiefe von 724,3 m in Form von kristallinen Schiefen und Gneisen erreicht. Darüber folgten etwa

200 m basale Konglomerate. Die Oberkante dieser Basiskonglomerate wurden als oranger Horizont auskartiert. Die Basiskonglomerate ergeben kräftige, niedrigfrequente Reflektoren. Die Mächtigkeit der Basiskonglomerate nimmt zum Beckenrand hin ab und lokal können sie über einzelnen Störungsblöcken nahezu ganz fehlen. Eine Abnahme der Mächtigkeit zum Beckenrand ist auch durch die Bohrung G.K.B.1 (Krottendorf) bestätigt. In dieser etwa 6 km weiter nordwestlich entfernten Bohrung befinden sich zwischen den nur 80 m mächtigen basalen Konglomeraten und dem Grundgebirge noch 25 m schotteruntermengte Roterde-Horizonte. Die schotteruntermengten Roterdhorizonte könnten möglicherweise eine Halbgrabenfüllung darstellen. In solchen Halbgräben wie sie im Südwesten der Linie SO2102 zu sehen sind, ändert sich die seismische Fazies. Dies ist ein Hinweis auf das Auftreten anderer Gesteine. Bohrloch 830 (Zirknitz) erbohrte weiter südlich im Lieboch Beckens über 40 m Kristallinschutt. Vermutlich stellt auch dieser Kristallinschutt eine Grabenfüllung dar.

Über den Basiskonglomeraten folgt in Söding 1 eine etwa 280 m mächtige Schicht, in der Sandsteine und Konglomerate wechseln. Vereinzelt treten auch Tonsteinlagen auf. Die Oberkante dieser Sandstein-Konglomerat Zwischenschicht wurde als gelber Horizont auskartiert. Erneut ist eine Abnahme der Mächtigkeit Richtung Beckenrand zu beobachten. Die seismische Fazies ähnelt im Bereich wo Söding 1 in der Seismik dargestellt wird jener der Basiskonglomerate. Stellenweise sind die Amplituden aber von höherer Frequenz und geringerer Amplitude. Das ist ein mögliches Indiz für eine gewisse laterale Variabilität. In diesen Bereichen ist eine feinkörnigere Zusammensetzung des Sedimentgesteins möglich. Der rote Horizont innerhalb der Sandstein-Konglomerat Zwischenschicht wird als Grenze zwischen „Synrift“ und „Postrift“-Phase interpretiert. Störungen enden spätestens an diesem Horizont und Reflektoren darüber lagern mit Onlaps auf.

Die obersten 240 m der Bohrung Söding 1 sind durch Glimmersande und Glimmertone charakterisiert. Darin treten untergeordnet auch Kieslagen auf. Auch die Bohrungen Bohrloch 804 (Rauchegg) sowie Bohrloch 805 (Steinberg) erbohrte nahe dem Beckenrande vergleichbare Sedimente. Diese Glimmersande und Glimmertone stellen den Bereich über dem gelben Horizont in der Seismik dar und es handelt sich dabei auch um jene Sedimente der Stallhofen Formation, die in weiten Teilen des Liebocher Beckens an der Oberfläche zu Tage treten. Die Mächtigkeit dieser Schicht nimmt Richtung Beckenrand zwar ab, jedoch deutlich geringer als wie bei den älteren

Schichten. Die seismische Fazies unterscheidet sich ebenso von den anderen Schichten durch höher frequente Reflektoren.

Erwähnenswert bei der Linie SO2102 ist, dass die Schichten nahezu horizontal an das Grundgebirge im Südwesten anstoßen (Abbildung 17). Es ist keine deutliche Verschleppung sichtbar. Weiters zeigt die Seismik, dass die Bohrungen Bohrloch 804 (Rauchegg) sowie 805 (Steinberg) das Grundgebirge, anders als wie in den Bohrprotokollen angeführt, nicht erreicht hat. Irrtümlicherweise wurden Konglomerate in den beiden Bohrungen als Grundgebirge angesprochen. Möglicherweise beruhte diese Interpretation noch auf der Vorstellung, dass Gosau Konglomerate den prä-neogenen Beckenuntergrund darstellen. Dies war zumindest bei der nahe gelegenen Bohrung Mooskirchen 1 der Fall.

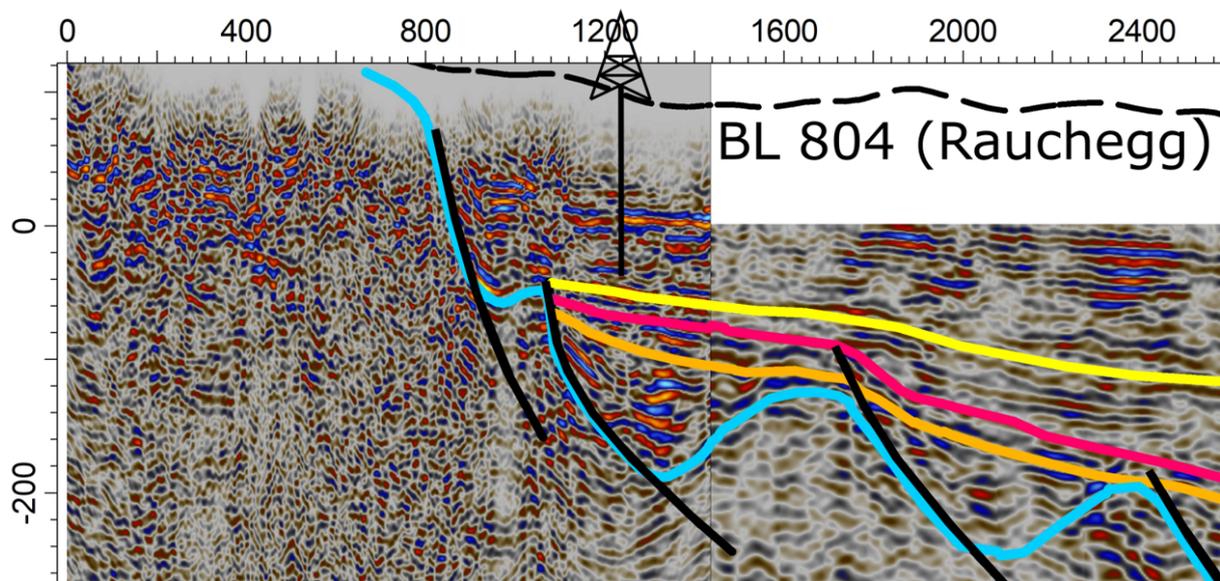


Abbildung 17: Nahansicht des westlichen Beckenrandes in der Seismik Linie SO2102.

#### 6.4.2 HI8901

Die Linie HI8901, dargestellt in Abbildung 18, setzt die Linie SO2101 leicht versetzt ins Beckenzentrum fort. Die oben genannten Horizonte wurden daher in der Linie HI8901 weiterverfolgt. Das Sedimentbecken erreicht größere Tiefen und die Schichten entsprechend erhöhte Mächtigkeiten. Die Glimmersande und Tone können in der älteren Seismik Linie HI8901 nicht aufgelöst werden. Die darunter liegenden gröberen Schichten kommen jedoch hervor. Das Basiskonglomerat ist im Schnitt ca. 250 m mächtig; die Konglomerat-Sandstein Zwischenschicht etwa 400 m. An den tiefsten

Stellen erreicht die Sedimentfüllung eine Mächtigkeit von etwa 900 m (unter GOK). Die Störungsaktivität der „Synrift“-Phase (begrenzt durch die rote Linie in Abbildung 18) ist auch in Linie HI8901 indiziert.

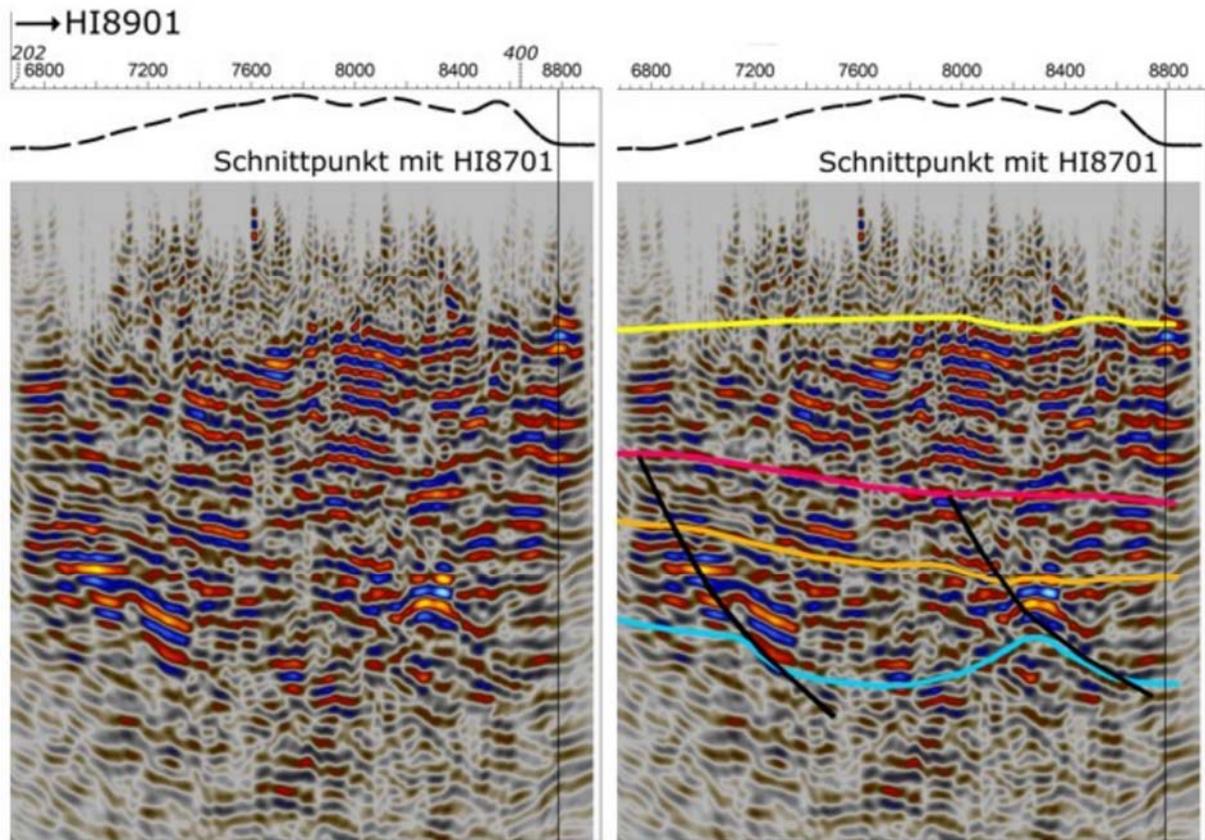


Abbildung 18: Seismik Linie HI8901. Links: SW, rechts: NO. Die Lage des Profils ist in Abbildung 1 ersichtlich.

### 6.4.3 HI8701

Die Linie HI8701 schneidet Linie HI8901 im Nordosten. Linie HI8701 verläuft von NNW nach SSE (Abbildung 1) und deckt besonders den tiefen Bereich des Liebocher Beckens ab, mit Sedimentmächtigkeiten von bis zu 1000 m. Der Beckenuntergrund zeigt wieder ein ausgeprägtes Relief mit zwei markanten Hochzonen. Es wurden dieselben Horizonte auskartiert wie in den bisherigen Linien. An der Position der Hochzonen fehlt die als Basiskonglomerat kartierte Schicht vollständig. Die Mächtigkeit dieser Schicht variiert daher stark mit Maxima von etwa 400 m. Die Sandstein-Konglomerat Zwischenschicht ist gut abgebildet und zeigt eine leichte Mächtigkeitsabnahme Richtung Beckenrand. Die Mächtigkeit entlang der Linien

HI8701 und HI8902 beträgt im Mittel etwa 375 m. Die Glimmersande und Tone sind in diesem Seismik Profil ebenso wie in HI8901 nicht aufgelöst. Auffallend im Südosten des Profil HI8701 sind Abschiebungen, die sowohl „Synrift“ als auch „Postrift“ Sedimentgesteine durchschlagen. Abbildung 19 zeigt Linie HI8701 und HI8902.

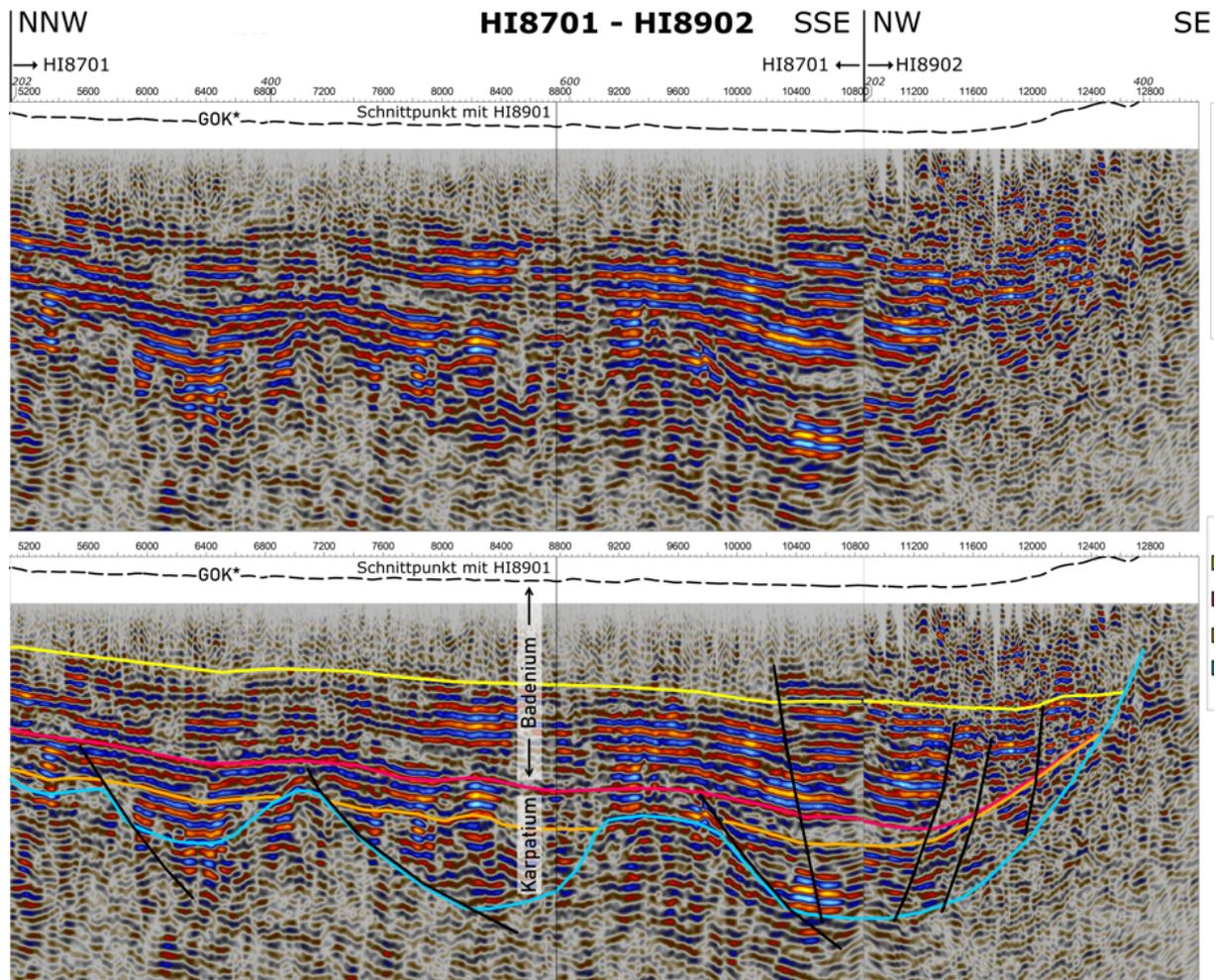


Abbildung 19: Linie HI8701 und HI8902.

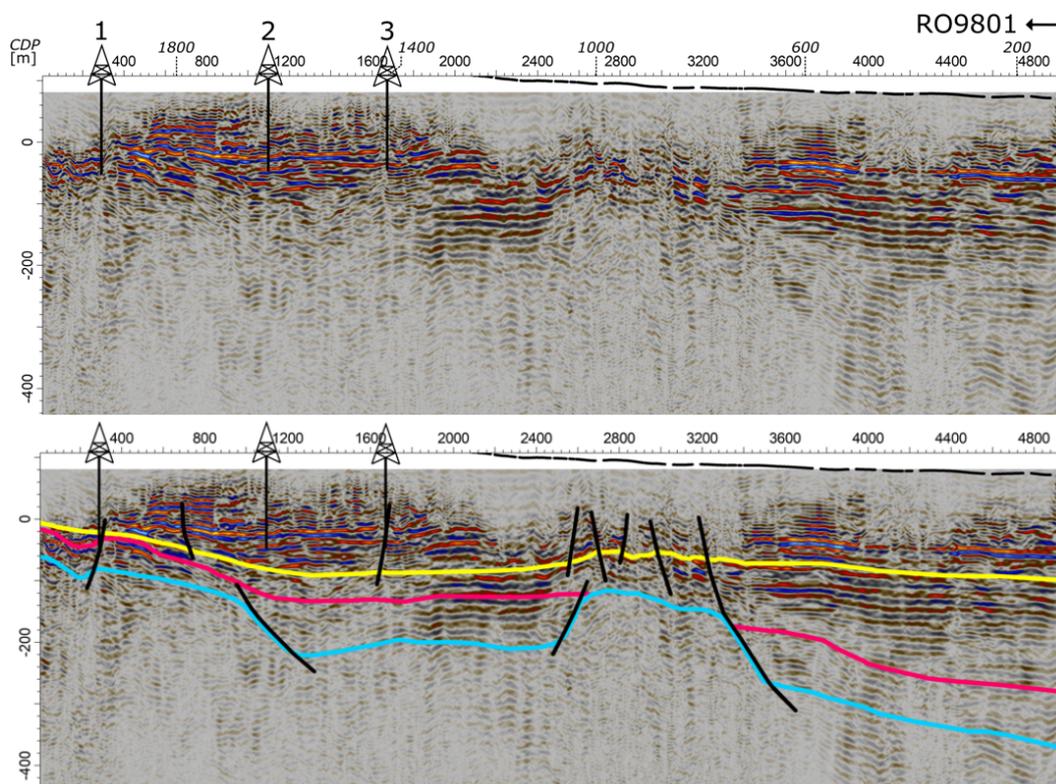
#### 6.4.4 HI8902

Die Linie HI8902 setzt das Profil HI8701 mit leichtem Knick nach Südosten fort (Abbildung 1). Dadurch nähert sich die Linie rasch der Mittelsteirischen Schwelle (Plabutsch). Der prä-neogene Beckenuntergrund steigt dementsprechend innerhalb von nur 2 km vom nahezu Beckentiefsten bis nahe an die Oberfläche. Die Basiskonglomerate liegen mitverschleppt der Mittelsteirischen Schwelle auf. Für die Sandstein-Konglomerat Zwischenschicht trifft das nur noch eingeschränkt zu. Die Glimmersande und Tone sind nicht auflösbar. Da die obersten Schichten der Sandstein-Konglomerat

Zwischenschicht jedoch nur minimal bei der Mittelsteirischen Schwelle aufbiegen, ist für die Glimmersande und Tone anzunehmen, dass sie (nahezu) normal an der Mittelsteirischen Schwelle anliegen. In den Basiskonglomeraten und in der Sandstein-Konglomerat Zwischenschicht sind Abschiebungen sichtbar. Diese fallen von der Mittelsteirischen Schwelle weg nach ungefähr Westen ein.

#### 6.4.5 RO9801

Die Linie RO9801 schließt am nördlichen Ende der Linie HI8701 an, biegt nach Osten um und endet am Beckenrand zur Mittelsteirischen Schwelle (Abbildung 7). Die Horizonte wurden ausgehend vom Ende der HI8701 Linie auch auf die Linie RO9801 ausgeweitet. In der Linie RO9801 (Abbildung 20) sind jedoch nur die seichten Schichten gut aufgelöst. Diese Schicht entspricht etwa der Schicht der Glimmersande und Tone der zentralen Beckenbereiche. Tiefer liegende Schichten gehen weniger deutlich aus der Seismik hervor. Erwähnenswert ist die Bohrung Steinberg Ersatzbrunnen II (Nord) welche in 200 m Tiefe Eggenberger Brekzien erbohrte. In Kombination mit der Seismik wird klar, dass es sich dabei vermutlich um Basisbrekzien der „Synrift“-Phase handelt. Die restlichen Bohrungen erreichten keine Basisschichten. Sie erbohrte Schotter, Sande und Tone. Auffallend ist der höhere Anteil an Schottern in den obersten 200 m verglichen mit den zentralen Bereichen des Liebocher Beckens.



*Abbildung 20: Linie RO9801. Links: NO, rechts: S. Bohrungen 1 und 2 = Steinbergersatzbrunnen II Nord sowie Süd. Bohrung 3 = Bohrloch 832 (Rohrbach).*

## **6.5 Diskussion**

Aus der Interpretation der Seismik Profile ergeben sich neue Erkenntnisse über Tiefe, Geometrie und Entwicklungsgeschichte des Liebocher Becken.

Der Beckenuntergrund befindet sich in bis zu 1000 m Tiefe. Das ist übereinstimmend mit Werten die von Kröll et al. (1988) publiziert wurden. Eine geringe Diskrepanz zwischen Seismik und Untergrundkarten ist jedoch in der Beckengeometrie ersichtlich. Die Seismik Daten zeigen eine noch steilere Ostflanke des Beckens als wie bisher angenommen. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Erdwissenschaften der Karl-Franzens-Universität Graz wurde die Beckenuntergrundkarte dementsprechend überarbeitet. Der prä-neogene Beckenuntergrund wird durch flach einfallende Störungen in einzelne Blöcke zerteilt, welche verkippt wurde. Die Störungen sind ein Ergebnis von Krustenausdünnung in der „Synrift“-Phase (Ottangium? bis Karpatium) des Liebocher Beckens und sind wahrscheinlich konzentrisch um das Beckenzentrum angeordnet. Durch die Störungen entstand ein deutliches Relief des Beckenuntergrundes wodurch Krsitallinschutt bzw. Basisbrekzien in unmittelbarer Nähe der Störungsblöcke abgelagert wurden. In Bereichen in denen sich weniger Relief ausbildete und teilweise auch über dem Schutt, lagerten sich mächtige Basiskonglomerate ab. Diese treten großräumig im Untergrund Beckenzentrum auf; sind aber oftmals auch in randlichen Positionen ausgebildet. Vermutlich entsprechen die Basiskonglomerate den Konglomeraten von Stiwoll, welche im Norden des Weststeirischen Beckens zu Tage treten. Diese wahrscheinlich karpatischen Konglomerate sind durch einen Zement verkittet und stark geklüftet. (Flügel, 1975). Der unterste Teil der Sandstein-Konglomerat Zwischenschicht gehört vermutlich dem Karpatium an. Für die überwiegenden Teile liegt jedoch eine zeitliche Zuteilung ins Unter- und v.a. Mittel-Badenium nahe. In der nördlichen Hälfte des Liebocher Beckens ist zu dieser Zeit ein terrestrischer, vorwiegend fluviatiler, Ablagerungsraum anzunehmen (Ebner und Sachsenhofer 1991). Es sind daher für den Untergrund in diesem Bereich weiträumig ähnliche Sedimente, wie sie in Söding 1 erbohrt worden sind, zu erwarten. Aufgrund des Badenen Alters ist für die überwiegenden Teile der Sandstein-Konglomerat Zwischenschicht eine Zuteilung zur Stallhofen Formation naheliegend. Die Glimmersande und Glimmertone können ebenso der Stallhofen Formation zugeteilt werden.

Hervorzuheben ist die Beobachtung, dass die karpatischen Schichten an der Mittelsteirischen Schwelle stark mitverschleppt wurden. Für die frühen Badenien Schichten trifft das nur bedingt zu. Das indiziert eine Hebung der Mittelsteirischen Schwelle im späten Karpatium bis möglicherweise ins frühe Badenium. Am Westrand des Sedimentbeckens liegen die Sedimente hingegen normal am Grundgebirge der Koralm auf.

## 7 Literaturverzeichnis

Ebner, F. & Sachsenhofer, R.F. 1991. Die Entwicklungsgeschichte des Steirischen Tertiärbeckens. Mitt. Abt. Geol. und Paläont. Landesmuseum Joanneum, 49, 1–96.

Ebner, F. & Stingl, K. 1998. Geological frame and position of the Early Miocen Lignite Open-cast Mine Oberdorf (N Voitsberg, Styria, Austria). Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 140, 403–406.

Flügel, H. 1975. Die Geologie des Grazer Berglandes. Mitt. Abt. Geol. und Paläont. Landesmuseum Joanneum.

Friebe, G. 1991. Neotektonik an der Mittelsteirischen Schwelle (Österreich): Die "Steirische Phase". Zentralblatt für Geologie und Paläontologie Teil 1, 41–45.

Gross, M. & Fritz, I. et al. 2007. Das Neogen des Steirischen Beckens – Exkursionsführer. Joannea Geologie & Paläontologie, 9, 117–193.

Kröll, A.J., Flügel, H., Seiderl, W., Weber, F., Walach, G. & Zych, D. 1988. Erläuterungen zu den Karten über den prätertiären Untergrund des Steirischen Beckens und der Südburgenländischen Schwelle. Wien.

Kröll, A.J. & Heller, R. 1978. Die Tiefbohrung AFLING U 1 in der Kainach Gosau. Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 23–24.

Nebert, K. 1989. Das Neogen zwischen Sulm und Laßnitz (Südweststeiermark). Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 132, 727–743.

Neubauer, F. & Genser, J. 1990. Architektur und Kinematik der östlichen Zentralalpen - eine Übersicht. Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 120, 203–219.

Pischinger, G., Kurz, W., Übleis, M., Egger, M., Fritz, H., Brosch, F.J. & Stingl, K. 2008. Fault slip analysis in the Koralpe Massif (Eastern Alps) and consequences for the final uplift of "cold spots" in Miocene times. Swiss Journal of Geosciences, 101, 235–254

Schmid, C., Burgschwaiger, E., Fruwirth, R.K, Maier, A., Rieger, A., Schreilechner, M. 1999. Verfolgung eines Tiefengrundwasserleiters mittels hochauflösender Reflexionsseismik in den NW-Ausläufern der Grazer Bucht. Unveröffentlichter interner Bericht

Stingl, K. 2003. The Lignite-Bearing Sediments of the Middle Miocene Köflach-Voitsberg Embayment (Styrian Basin, Austria). Arch. f. Lagerst.forsch. Geol- B.-A., 24, 219–229.

Weber, F. 2003. Ergebnisse refraktionsseismischer Messungen zur Braunkohlenprospektion im weststeirischen Tertiär (Raum Tregist – Lobmingberg bei Voitsberg). Arch. f. Lagerst.forsch. Geol- B.-A., 24, 231–245.



Wissen das in die Tiefe geht

Geo5 GmbH Ingenieurbüro, 8700 Leoben, Roseggerstraße 17  
FN 435764 f, Landesgericht Leoben, UID-Nummer: ATU69656525

office@geo-5.at  
www.geo-5.at