

LEIBNIZ-INSTITUT FÜR ANGEWANDTE GEOPHYSIK
HANNOVER

Reflexionsseismische Untersuchungen Scherwellenseismik Schillerslage

- Kurzbericht -

Projekt:

Interreg VB Nordseeprogramm: Topsoil



Processing und Bericht:

Helga Wiederhold

Technische Durchführung:

Jan Bayerle, Erwin Wagner, Sven Wedig

Projektleitung:

Helga Wiederhold

Berichtsdatum:

29.10.2018

Archiv-Nr.:

TK 25:

3525

Seiten:

37 (inkl. Anlagen)

Anlagen:

10



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Messgebiet und Durchführung der Messung	3
3. Processing	4
3.1. Qualitätskontrolle	4
3.2. PreStack-Processing	5
3.3. Dynamische Korrekturen	6
3.4. PostStack-Processing	6
3.5. Ausgabe	6
3.6. Refraktionsauswertung	7
3.7. Synthetische Betrachtung	7
4. Ergebnisse	10
5. Zusammenfassung und Ausblick	12
6. Literatur	13

Anlagen

Anlage 1: Lageplan

Anlage 2: Geländeimpressionen

Anlage 3: Messprotokoll

Anlage 4: Sweep, Test mit verschiedenen Frequenzbändern

Anlage 5: Sweep, unkorreliert

Anlage 6: Einzelschüsse

Anlage 7: CMP-Familien

Anlage 8: Geschwindigkeitsanalyse

Anlage 9: Seismische Sektionen (Zeit)

Anlage 10: Refraktionsanalyse

1. Einleitung

Am 19. April 2018 wurde im Hydrogeophysik-Testfeld Schillerslage ein seismisches Profil mit SH-Wellen-Anregung (ELVIS 7) und SH-Landstreamer vermessen. Hintergrund der Messung ist einerseits die sehr gute Kenntnis des Messgebietes durch Bohrungen und verschiedene geophysikalische Messungen (Geoelektrik, Radar) zu deren Vergleich die Seismik noch fehlt. Andererseits ist es die sehr ähnliche geologische Situation zu dem TOPSOIL Messgebiet Münsterdorf, bei dem die Basis quartärer bzw. tertiärer Sedimente und Kreideoberkante ebenfalls in etwa 20 m Tiefe zu liegen kommt. In letzterem Messgebiet erschweren schwache Reflexionssignale bzw. die Überlagerung von Oberflächenwellen das Processing und damit das Ergebnis. Die jetzt in Schillerslage erfolgten Vergleichsmessungen dienen gewissermaßen der Kalibrierung der Messtechnik.

Ziel war die Abbildung der Kreideoberkante und möglicherweise darüber liegender Schichtgrenzen. Aus Bohrungen und Georadar ist z.B. die Reflexion einer Geschiebemergelschicht gut bekannt. Ziel ist einerseits das Potential der Seismik für oberflächennahe Abbildung zu zeigen, andererseits die Ankopplung seismischer Energie bei wenig verfestigtem Waldboden und damit unversiegelter Oberfläche zu testen.

2. Messgebiet und Durchführung der Messung

Das Messgebiet befindet sich östlich von Hannover, in einem Waldgebiet zwischen Schillerslage und Engensen. Ein detaillierter Lageplan des aktuellen seismischen Profils ist in Anlage 1 dargestellt. Eine detaillierte geologische Beschreibung des Gebietes liefert Binot (2008a, 2008b, 2017).

Die seismischen Messungen fanden am 19.04.2018 statt. Es wurde ein Profil von 300 m Länge von Mitarbeitern des LIAG vermessen. Beteiligt an den Messungen waren Jan Bayerle (Registrierung), Sven Wedig (Quellenteknik), Erwin Wagner (Linienaufbau) und zeitweise Helga Wiederhold. Die Messbedingungen seitens Wetter und Noise waren optimal: trocken, windstill, kein Verkehr oder anderer störender Noise. Die Ankopplung der seismischen Quelle und der Geophone war dagegen auf dem nur leicht verfestigten Waldweg nicht optimal. Fotos siehe Anlage 2.

Das Profil wurde mit einer Kombination aus split-spread und roll-along-Technik vermessen. Der erste Schusspunkt (VP) lag 1 m vor der aktiven Geophonauslage. Im 2-m Abstand wurde bis zum 90. Geophon vibriert, dann wurde der 120 m lange Streamer um 60 m versetzt. Insgesamt wurde der Streamer 3mal versetzt. Am Ende wurde bis zum letzten Geophon entlang der Auslage vibriert. Durch diese Vorgehensweise wurde eine hohe Überdeckung (*fold*) im schusspunktnahen als auch im schusspunktfernen Bereich erzielt. Das Messprotokoll ist als Anlage 3 dem Bericht beigelegt.

Zu Beginn wurde ein Quellentest mit zwei unterschiedlichen Sweeps durchgeführt (20 - 160 Hz und 50 - 220 Hz). Aufgrund der schwächeren Ausprägung einer Oberflächenwelle haben wir uns für den Sweep mit dem höheren Frequenzspektrum (50 - 220 Hz) entschieden. Am Ende des Profils wurde ein weiterer Vergleich durchgeführt. Die Ergebnisse des Vergleichs sind in Anlage 4 dargestellt.

Für die Messung verwendete Geräte und Mess- und Profilparameter sind in Tabellen 1 und 2 zusammengefasst. Eine topographische Vermessung entfällt, da sich das Profil an bereits eingemessenen Pflöcken orientiert (Binot 2017).

Tabelle 1: Akquisitionsparameter

Quelle	Elektrodynamischer Scherwellenvibrator ELVIS 7 Ausrichtung: SH
Sweep	50 Hz - 220 Hz – 10 s, pro Anregungspunkt erfolgten zwei sweeps mit jeweils inverser Polarisation
Sampleintervall	1 ms
Aufnahme	unkorreliert, nicht gestapelt, SEG-2-Format
Aufnahmenlänge	12 s
Verstärkung (pre-amp gain)	24 dB
Aufnahmeapparatur	Geometrics Geode
Gesamtanzahl Kanäle	124
Geophone	SM6 – 10Hz, die Geophone sind zu einem Landstreamer verbunden
Geophonabstand	1 m
Schusspunktabstand	2 m

Tabelle 2: Profilparameter

Profilrichtung	E -> W
Anzahl Kanäle (aktiv)	120
Sweep Kanäle	Nr. 121: Referenzsweep der Vibratorsteuerung Nr. 122: Beschleunigungsaufnehmer „baseplate“ Nr. 123: Beschleunigungsaufnehmer „Masse“ Nr. 124: Strom
Profilgeophone PG PG (m) (Geode/Messprotokoll) PG-Nr (ProMAX)	1000-1300 1001-1301
Schusspunkte VP VP (m) (Geode/Messprotokoll) VP-Nr (ProMAX)	dito
Anzahl Schusspunkte nach „vertical stack“	308 154
FFID	1000-1307
Umbau	3
CMP-Punkte Abstand 0,5 m	2003-2602
CMP-Profillänge	299 m
CMP-Überdeckung maximal (mittel)	46 (31)
Kreuzungspunkte (ProMAX)	PG 1061 = CMP 2122 = Pflock 150 m PG 1161 = CMP 2322 = Pflock 50 m (Wegkreuzung) PG 1301 = CMP 2602 = Pflock -90 m

3. Processing

Die reflexionsseismische Bearbeitung der Daten erfolgte mit dem kommerziellen Processingsystem ProMAX (Landmark Corp., Version 2003.12.1) auf einer IBM Workstation.

Alle Processingschritte sind mit den wichtigsten Parametern in Tab. 3 aufgelistet.

3.1. Qualitätskontrolle

Als erste Qualitätskontrolle wurden die unkorrelierten Sweepaufzeichnungen (chan 121-124) überprüft. Kanal 121 zeigt bis auf eine Verpolung (1266.dat und 1267.dat) keine Unregelmäßigkeit (Anlage 5.1) und kann für die Vibroseiskorrelation verwendet werden. Die Mitaufzeichnung durch den Beschleunigungsaufnehmer auf der Masse (chan 123) ist ein gutes

Maß für den Einfluss der Ankopplung (Anlage 5.2) und deutet vereinzelt auf schlechter angekoppelte Schüsse hin.

Nach der Vibroseiskorrelation werden schlechte Geophone ausgesondert (chan 30, 98). Anschließend werden die pro Anregungspunkt vorliegenden zwei Records gestapelt (vertical stack) und die Einzelschüsse analysiert.

Die Einzelschüsse zeigen starke Oberflächenwellen, keine augenfälligen Reflexionen, höchstens Bruchstücke, eine kräftige, vermutlich refraktierte Welle mit Ansatz von Reflexion. Die Signale außerhalb des Ersteinsatz- bzw. Oberflächenwellenkegels zwischen 50 und 150 ms könnten (aufgrund ihrer Geschwindigkeit) Einsätze von P-Wellen sein. Eine exemplarische Auswahl von Rohdaten und PreStack-processierten Daten ist in Anlage 6 beigefügt.

Zur weiteren Qualitätsabschätzung ist in Abbildung 1 die Offset-Verteilung der einzelnen Spuren und die CMP-Überdeckung (fold) dargestellt.

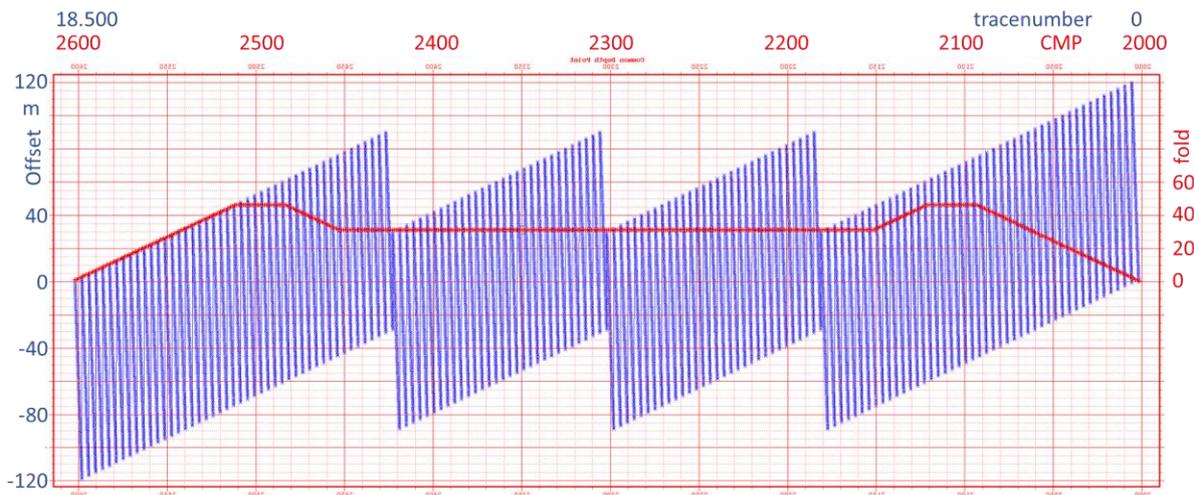


Abbildung 1: Offset-Verteilung aller Spuren und CMP-Überdeckung.

3.2. PreStack-Processing

Nach dem Einlesen der Rohdaten, Vibroseiskorrelation, vertikaler Stapelung und der Geometriezuweisung wurden verschiedene weitere Processingschritte angewendet. Bei der Geometrie gilt es zu beachten, dass ProMAX-intern nur 8-stellige Zahlen verwendet werden können. Um eine zufriedenstellende Genauigkeit zu erreichen, wurden vom Rechtswert 500000 und vom Hochwert 5800000 subtrahiert. Bei einem späteren georeferenziertem Verwenden der Daten muss die Korrektur der Werte berücksichtigt werden. Es wurden UTM-Koordinaten verwendet.

Anhand der Einzelschüsse und verschiedener Spursortierungen wurden schlechte Spuren erkannt und gelöscht. Aufgrund des Interesses an oberflächennahen Strukturen und keinem erkennbaren Nutzsignal in größeren Laufzeiten wurden die Spuren auf eine Länge von 1000 ms reduziert.

Zum Amplitudenausgleich wurde zuerst die sphärische Divergenz über eine konstante Geschwindigkeit von 300 m/s für jede Spur korrigiert (TRUE AMPLITUDE RECOVERY). Daran anschließend erfolgte Amplitudenausgleich je Einzelschuss (ENSEMBLE BALANCE).

Es folgen der spektrale Ausgleich über das Modul `TV SPECTRAL WHITENING` im Bereich 48-54-200-220 Hz (5 Fenster), eine AGC (`AUTOMATIC GAIN CONTROL`) mit einer Länge von 200 ms und ein Frequenzfilter (`BANDPASS FILTER`) 48-54-200-220 Hz.

Zur Abschwächung der Oberflächenwellen wird ein Geschwindigkeitsfilter angewendet (`F-K-FILTER`). Über eine F-K-Analyse wurde ein Polygon für den Durchlassbereich definiert.

PreStack-processierte CMP-Familien sind in Anlage 7 dargestellt.

3.3. Dynamische Korrekturen

Für die vor der CMP-Stapelung notwendige dynamische Korrektur (NMO) wurde eine interaktive Geschwindigkeitsanalyse (`VELOCITY ANALYSIS`) durchgeführt, bei der die Spuren einer bzw. mehrerer CMP-Familien in Semblance-Analysen und Stapeltests eingingen. Der Analysenabstand betrug 50 CMPs. Das Geschwindigkeitsmodell wurde iterativ verbessert (Anlage 8.1).

Um sicherzustellen, dass bei der Stapelung im oberflächennahen Bereich keine Einsätze von Refraktionssignalen oder Oberflächenwellen aufgestapelt werden, wurden in den NMO-korrigierten CMP-Familien top und bottom mute Grenzen manuell gepickt.

Die für die Stapelung verwendeten Geschwindigkeitsmodelle (*rms-velocities*) sind in Anlage 8.2 dargestellt. Nach erfolgter NMO-Korrektur wurden die CMP-Spuren gestapelt. Es wurden keinerlei statische Korrekturen angewendet. Bezugsniveau ist Geländeoberkante (elevation).

3.4. PostStack-Processing

Für die anschließende Migration im Zeitbereich wurden die Intervallgeschwindigkeiten aus den Stapelgeschwindigkeiten berechnet und eine mittlere Funktion abgeleitet (Anlage 8.3). Für die Migration wurde das PostStack-Modul `IMPLICIT FD TIME MIGRATION` verwendet. Die Geschwindigkeiten wurden dabei auf 70% reduziert. Die Migration wurde mit dem gesamten geglätteten Geschwindigkeitsfeld gerechnet und auch mit nur einer einzelnen Funktion (siehe Anlage 8.3). Die Unterschiede sind vernachlässigbar.

Mit einer `F-X DECONVOLUTION` und anschließender `SPIKING/PREDICTIVE DECONVOLUTION` (zero phase spiking) inklusive Bandpassfilter (48-54-160-180 Hz) wurde das Bild verbessert.

Anschließend wurde mit derselben Geschwindigkeitsfunktion, die zur Migration verwendet wurde, die migrierte Zeitsektion in Tiefe umgerechnet (`TIME/DEPTH CONVERSION`) (Geschwindigkeitsreduktion 80%).

3.5. Ausgabe

Zeit- und migrierte Zeitsektion befinden sich in Anlage 9. Die Tiefensektion ist in Abbildung 7 dargestellt.

Tabelle 3: Processingschritte

Processingschritte	
Rohdaten	Data Input
	Automatic Gain Control [1000 ms]; chan 1-120
	Vibroseis Correlation (chan 121)
	Trace length 1000 ms
	Quality Control / Trace Kill
	Ensemble Stack (2 input ensembles per output ensemble)
	Geometry Load
PreStack	True Amplitude Recovery (time-velocity: 0-100)
	Ensemble Balance (time gate: 0-1000)
	TV Spectral Whitening [50-55-215-225], 5 frequency panels, 250 ms balancing scalar length
	Automatic Gain Control [200 ms]
	F-K Filter, polygon, accept
	Zero phase spiking deconvolution
Dynamische Korrektur	Velocity Analysis
	Normal Moveout Correction [without <i>stretch mute</i>]
	Trace Muting [<i>top mute</i> , <i>bottom mute</i>]
	CDP Stack
Poststack	Trace Equalization
	Implicit FD Time Migration (70% smoothed interval velocities)
	F-X Decon (number of filter samples 5, window length 250 ms)
	Zero phase spiking deconvolution
	Bandpass-Filter 48-54-160-180
	Time/Depth Conversion (80% smoothed interval velocities)
Output	SEG-Y Data Output
	CGM-Plot

3.6. Refraktionsauswertung

Zusätzlich zu dem oben aufgeführten Processing wurden die Ersteinsätze refraktionsseismisch analysiert, mit dem Ziel auf diesem Weg die Tiefe der Kreideoberkante zu erfassen. Dazu wurde das in ProMAX enthaltene Modul `REFRACTION STATICS*` verwendet. Es wurde ein Zweischichtfall zu Grunde gelegt. Die Geschwindigkeit der ersten Schicht (V_0) wurde auf 200 m/s gesetzt. Beispiele für das Festlegen der Ersteinsatzlaufzeiten sowie die Ergebnisse der Analyse sind Anlage 10 dargestellt.

3.7. Synthetische Betrachtung

Zur Einschätzung der Glaubwürdigkeit der Daten und auch um das optimale Registrierfenster für Reflexionen zu verdeutlichen wurden synthetische Betrachtungen durchgeführt. Hierzu wurden für ein simples Modell (Tabelle 4), welches sich an die Ergebnisse der Georadar Untersuchungen beschrieben bei Helms (2018) bzw. Igel et al. (2018) anlehnt, synthetische Seismogramme berechnet (Abbildung 2): Schicht 2 Geschiebemergel, Schicht 3 Top Kreide, Schicht 4 fiktiv.

Tabelle 4: Parameter für synthetisches Seismogramm

Index	Tiefe z (m)	Geschw. V (m/s)	Zweiweg-Laufzeit (TWT) t (s)	Schichtdicke h (m)	$V_{average}$ (m/s)	V_{rms} (m/s)	Interceptzeit für Refraktion t_{ic} (s)	kritische Entfernung x_c (m)
				$h = \frac{1}{2} V dt$	$V_{ave} = \frac{\sum_i h_i}{\sum_i h_i/V_i}$	$V_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_i V_i^2 t_i}{\sum_i t_i}}$	$t_{ic} = \frac{2h_1 \sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_1 V_2}$	$x_c = \frac{2h_1}{\sqrt{(V_2/V_1)^2 - 1}}$
1	0,9	180	0,04	0,9	180	180	0,0	
2	9,3	240	0,08	8,4	232	235	0,07	2
3	25,8	330	0,18	16,5	287	290	0,055	17,8
4	53,8	800	0,25	28,0	430	490	0,146	15

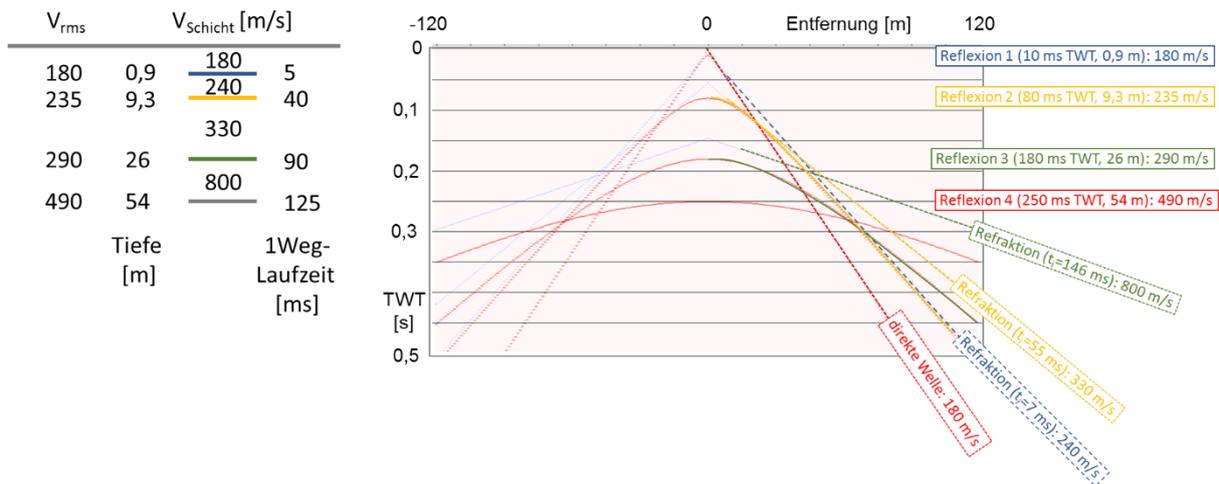


Abbildung 2: Synthetische Laufzeitkurven für Refraktions- und Reflexionseinsätze entsprechend Tab. 4. Für Refraktionen wurde $V_{Schicht}$ und für Reflexionen V_{rms} verwendet. Die Refraktionseinsätze können in der Praxis erst ab der kritischen Entfernung auftreten (Tab. 4).

Die Laufzeitkurven (Abbildung 2) zeigen, dass das laterale Registrierfenster für oberflächennahe Reflexionen mit niedrigen Geschwindigkeiten (etwa <350 m/s) sehr klein ist und sich auf geringe Entfernungen zum Schusspunkt beschränkt. Mit zunehmender Entfernung und Laufzeit überlagern sich die verschiedenen Einsätze von Refraktionen, Reflexionen und auch Oberflächenwellen (in Abbildung 2 durch die „direkte Welle“ vertreten) und sind nicht sauber zu trennen. Hier kann die gezielte Anwendung eines F-K-Filter sehr nützlich und notwendig sein. Bei der NMO-Korrektur erfahren die Reflexionssignale eine große Frequenzverzerrung und werden durch das mute eliminiert (Abbildung 3). Abbildung 3b verdeutlicht das optimale Registrierfenster.

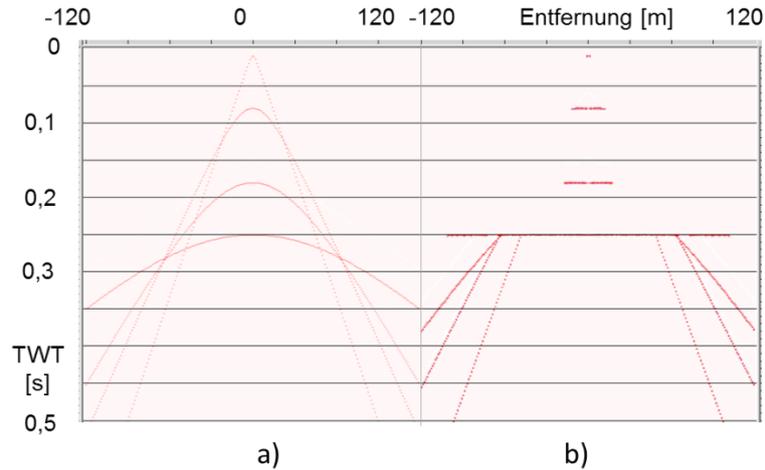


Abbildung 3: a) Reflexionseinsätze wie in Abb. 2; b) NMO-Korrektur mit 30% stretch mute angewendet.

Die synthetischen Daten wurden auch benutzt, um die Effektivität des F-K-Filters zu testen. Der Vergleich zwischen den verschiedenen ProMAX-Moduln (Abbildung 4) zeigt das beste Ergebnis bei Verwendung eines Polygons zur Festlegung der Filterparameter (Abb. 4c). Die mögliche Frequenzverschmierung kann durch eine Spike Deconvolution wieder verbessert werden (Abbildung 5). Generell ist aber das Signal-Noise-Verhältnis schlechter als bei den Fan-Filtern. Die Fan-Filter (Abb. 4b und 4d) haben jedoch Probleme bei niedrigen Geschwindigkeiten; der Einsatz mit einer Geschwindigkeit von 180 m/s wird z.B. nicht eliminiert.

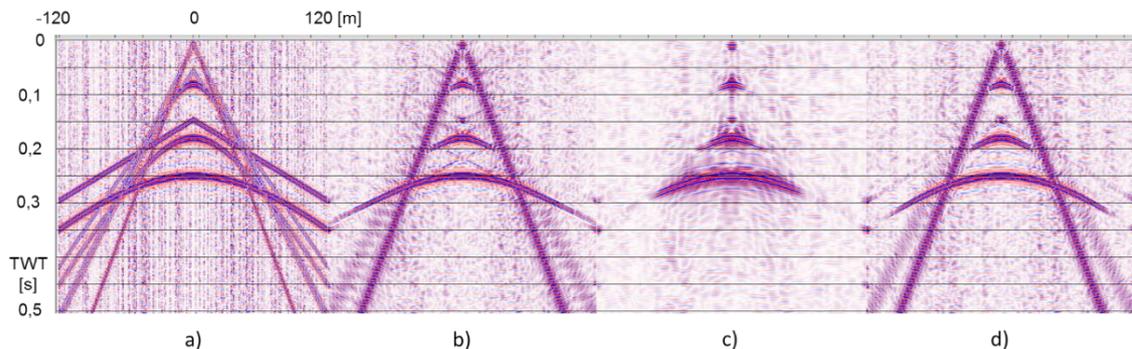


Abbildung 4: a) Synthetisches Seismogramm analog Abb. 2 und Tabelle 1, aber mit einem Klauter-Wavelet (50-220 Hz) berechnet und random noise aufaddiert; b) F-K-Filter (Fan accept -1000,1000 m/s, 50-220 Hz); c) F-K-Filter (polygon accept) (Polygon siehe Abb. 6); c) Fan-Filter (pass, low-cut 900 m/s, high-cut 1000 m/s)

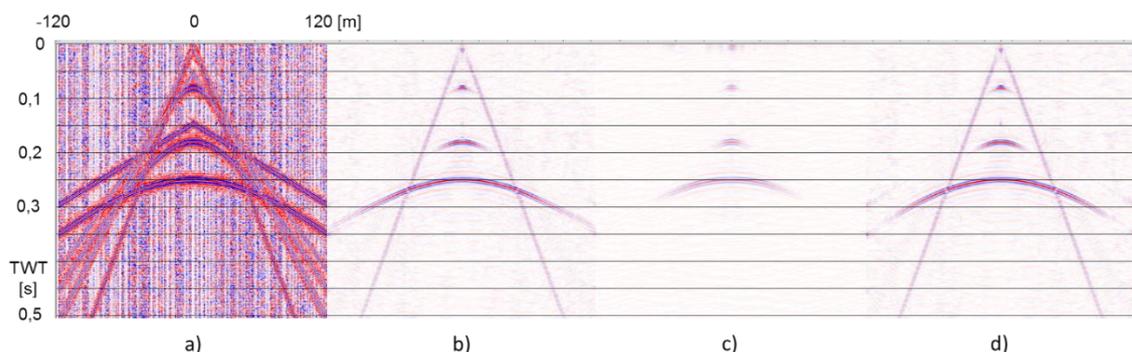


Abbildung 5: wie Abb. 4, bei b) bis d) wurde nachfolgend Spike Deconvolution angewendet. Unterschiede in der Skalierung zu Abb. 4 ergeben sich durch Einstellung auf „entire screen“.

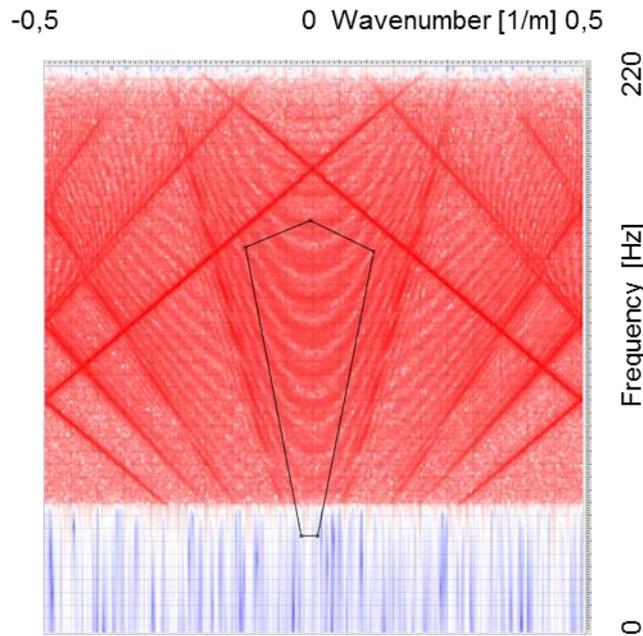


Abbildung 6: Frequenz-Wellenzahl (F-K-) Diagramm zu Abbildung 4a mit Polygon zu Abbildung 4c. Die Eckpunkte des Polygons sind: F-K: 37- -0.04, 37-0.02, 148-0.23, 160-0, 150- -0.25. (Diskrepanz zwischen Werten in Abb. und Werten des Polygons (k-Wert um Faktor 2 größer) ist zu klären)

4. Ergebnisse

Das reflexionsseismische Profil von Schillerslage zeigt einen Reflektor bei etwa 165 ms (Anlage 9.2) bzw. etwa 20 m Tiefe (Abbildung 7). Dieser Reflektor ist vermutlich dem Übergang von elsterzeitlichem Kies und Sand zum Kalkmergelstein der Oberkreide zuzuordnen (Abbildung 8). Der Reflektor ist nur schwach ausgebildet und weist unterschiedliche Qualität auf. Dies ist der relativ schlechten Nutzsignalausbeute zuzuschreiben. Inwieweit diese auch durch die starke Topographie einer darüber liegenden Geschiebemergelschicht, wie sie Igel (2018) beschreibt, beeinflusst wird, bleibt zu untersuchen. Der Geschiebemergel bildet sich auf jeden Fall nicht in der Klarheit wie bei Igel (2018) beschrieben ab. Bruchstückhafte Reflexionen sind aber oberhalb der Kreidereflexion zu erkennen.

Zur Qualität ist zu bemerken, dass die CMP-Überdeckung zwar im Mittel 30 beträgt (Abb. 1 und 7), sich für den oberflächennahen Bereich aber verringert. So tragen zur Reflexion Top Kreide z.B. nur Offsets bis ± 40 m bei, d.h. für die Überdeckung eine Reduktion auf etwa 20 Spuren. Die Überdeckung der darüber liegenden Reflexionen ist entsprechend weiter reduziert.

Die Oberkreide wird auch durch die Refraktionsanalyse erfasst und weist eine Refraktorgeschwindigkeit von 1200 m/s auf (Anlage 10). Die Tiefe des Refraktors ergibt sich ebenfalls auf knapp 20 m, ist aber aufgrund Unsicherheit in der V_0 -Geschwindigkeit mit Fehler behaftet.

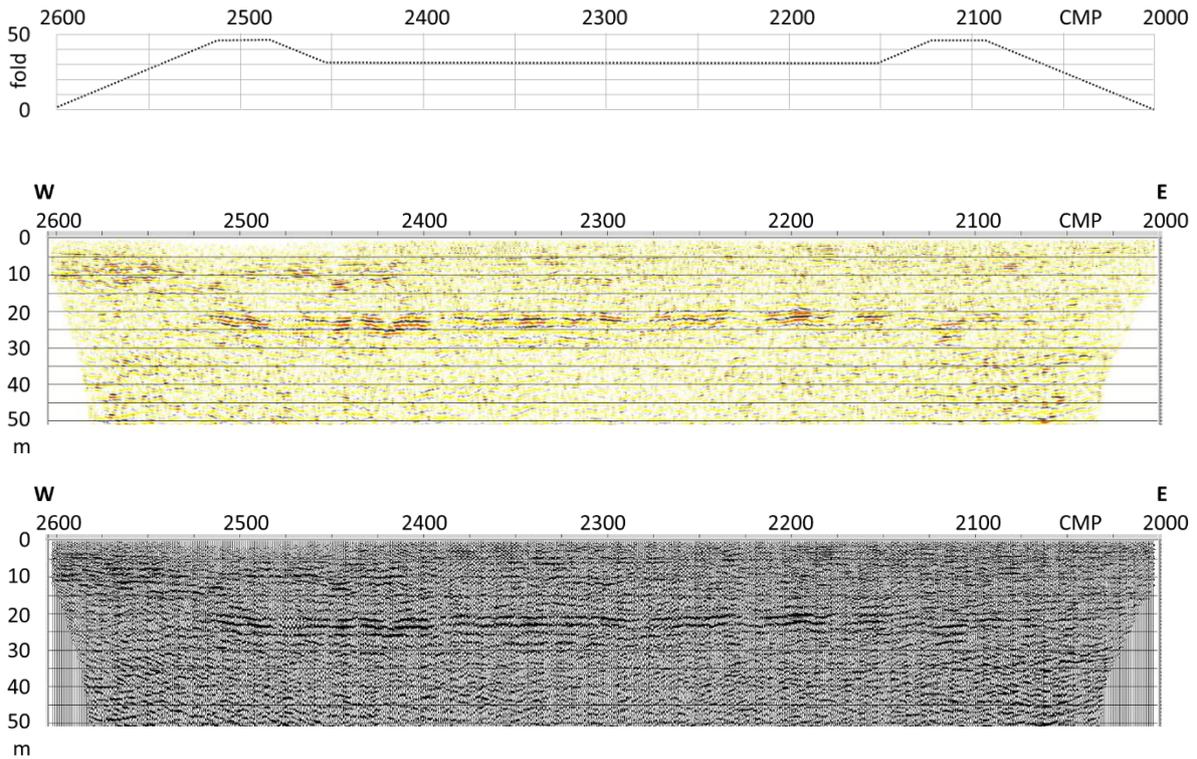


Abbildung 7: Migrierte Zeitsektion, tiefengewandelt (oben „colour display“ (Farbschema rot-weiß-schwarz), unten „wiggle trace“). Im oberen Teil der Abbildung ist die Überdeckung (fold) der CMPs dargestellt.

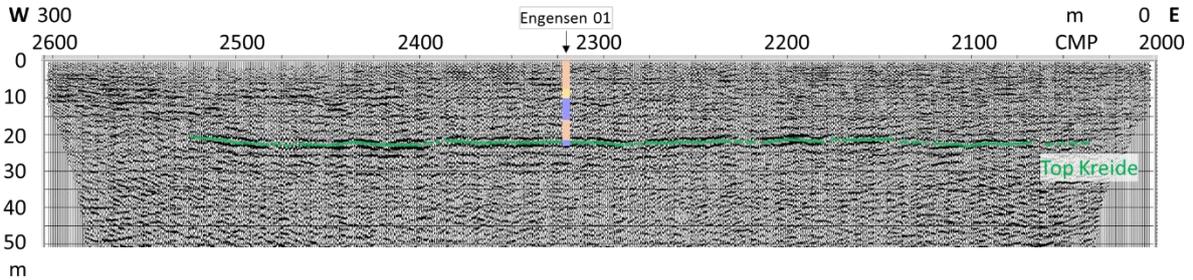


Abbildung 8: Migrierte Zeitsektion, tiefengewandelt, mit Interpretation. Das Bohrprofil Engensen01 (Binot 2008) weist folgende geologische Einheiten auf (von oben nach unten): Sand (Drenthe), Kies (Drenthe), Geschiebemergel (Elster), Kies und Sand (Elster), Kalkmergelstein (Oberkreide).

5. Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des TOPSOIL-Projektes wurde ein reflexionsseismisches Profil gemessen und ausgewertet. Die finale Sektion zeigt eine mehr oder weniger horizontal liegende Reflexion der Oberkante der Formation Kreide in etwa 20 m Tiefe. Oberhalb des Horizontes Top Kreide sind bruchstückhaft Reflexionen erkennbar. Eine Aussage zur Interpretation ist hier jedoch spekulativ. Es bleibt aber festzuhalten, dass aufgrund sorgfältiger Datenanalyse und Datenbearbeitung Störsignale weitestgehend eliminiert wurden.

Die Frage, ob die etwas zerstückelt wirkende Ausbildung des Reflektors Top Kreide der geringen Nutzsignalausbeute aufgrund schlechter Energieankopplung zuzuschreiben ist oder der Geologie geschuldet ist, kann nicht eindeutig geklärt werden. Ein Grund für die geringe Signalausbeute bei der Reflexion Top Kreide könnte auch in der Streuung der seismischen Energie durch eine unregelmäßig ausgeprägte Geschiebemergelschicht im Hangenden liegen.

Um mehr Klarheit in der Interpretation, aber auch um mehr Vertrauen in das Schichtauflösungsvermögen der Scherwellenseismik im oberflächennahen Bereich zu bekommen, werden folgende weitere Schritte vorgeschlagen:

- Test mit „gesteckten“ Geophonen, um bessere Ankopplung zwischen Geophon und Boden und damit eine Signalverbesserung zu erreichen. Ggf. auch Reduzierung des Geophonabstandes auf 0,5 m.
- Messung bei gefrorenem Boden, um zu sehen ob dadurch ein Versiegelungseffekt erreicht werden kann und damit die Ausbreitung von Oberflächenwellen unterbunden wird. Eindrucksvolle Beispiele für oberflächennahe Auflösung mit Scherwellenseismik bei versiegelter Oberfläche zeigen Polom et al. (2013, 2017).
- Modellierung des gesamten Wellenfeldes unter Berücksichtigung des aus Georadarmessungen abgeleiteten Schichtenmodells (siehe Igel et al. 2017).

Generell könnte es Sinn machen, das Testgebiet Schillerslage für eine Aufstellung mit 3-Komponenten-Geophonen und Anregung mit P- und S-Wellen zu nutzen.

6. Literatur

- Binot, F. (2008a): Geologische Kurzbeschreibung des Mess- und Testgebiets des GGA-Instituts nördlich von Schillerslage bei Burgdorf, Niedersachsen, zur Vorbereitung von geoelektrischen Messungen und Bohrungen. - GGA-Bericht, Archiv-Nr. 0128099; Hannover.
- Binot, F. (2008b): Vier neue Bohrungen im Mess- und Testgebiet des GGA-Instituts nördlich von Schillerslage bei Burgdorf, Niedersachsen. - GGA-Bericht, 36 S., Archiv Nr. 0128085; Hannover.
- Binot, F. (2017): Dokumentation und geologische Interpretation weiterer Bohrungen im Mess- und Testgebiet des LIAG im Raum Engensen – Schillerslage bei Burgdorf, Niedersachsen. - LIAG-Bericht, 30 S., 10 Abb., 10 Anl., 10 Tab., Archiv-Nr. 0135003; Hannover.
- Helms, J. (2018): Das geophysikalische Testgebiet Schillerslage: Eine 3D-geologische Modellierung auf der Basis von Georadar und Bohrdaten. - 85 S., Masterarbeit, LU Hannover.
- Igel, J., Dlugosch, R., Günther, T., Müller-Petke, M., Jiang, C., Helms, J., Lang, J. & Winsemann, J. (2018): Combined GPR and surface magnetic resonance investigation for aquifer characterisation. - Proceedings of the 17th International Conference of Ground Penetrating Radar, GPR2018, 18-21.06.2018, University of Applied Sciences Rapperswil, 5 p.
- Polom, U., Bagge, M., Wadas, S., Winsemann, J., Brandes, C., Binot, F. & Krawczyk, C.M. (2013): Surveying near-surface depocentres by means of shear wave seismics. First Break, 31, 8, 63-75.
- Polom, U., Rønning, J.S., Tassis, G., Gellein, J., Druivenga, G. (2017): Building site investigation by joint shear wave reflection seismic and geotechnical drilling at Tønsberg hospital area, eastern Norway. First Break 35, No 8, 63-72.
- <http://topsoil.eu>, aufgerufen 26. Oktober 2018

LEIBNIZ-INSTITUT FÜR ANGEWANDTE GEOPHYSIK

Direktor LIAG

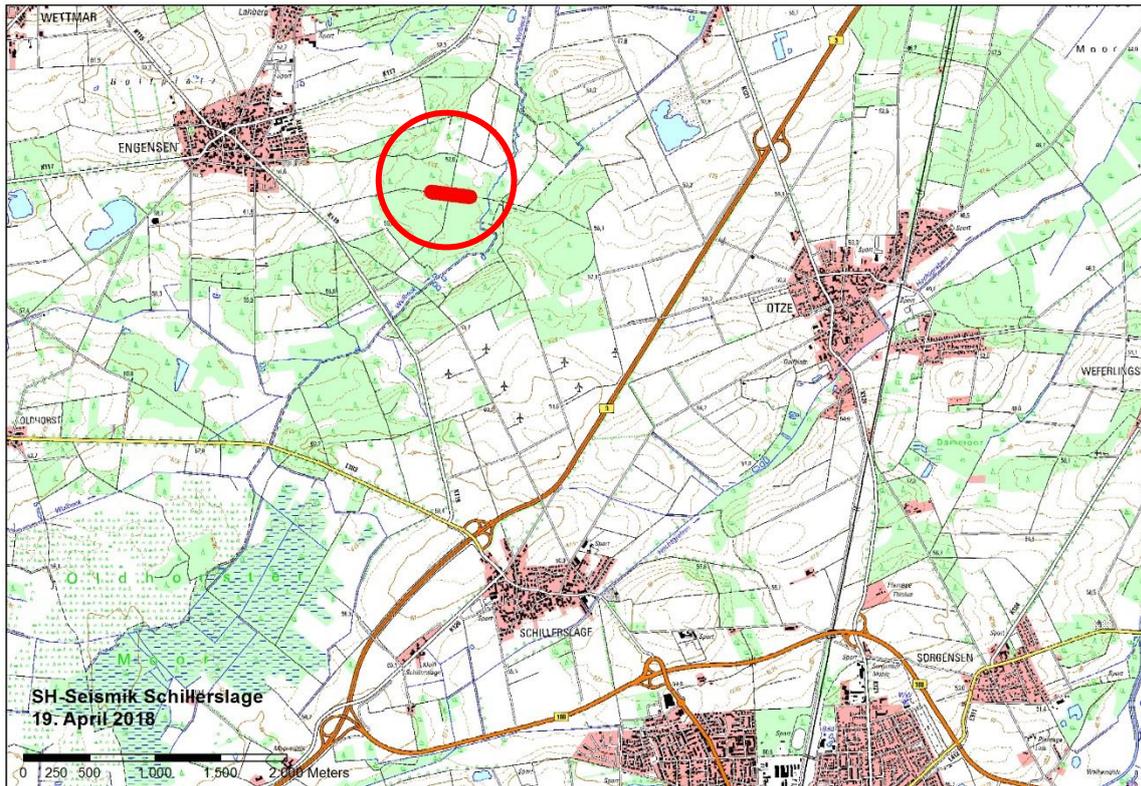
Sachbearbeiterin



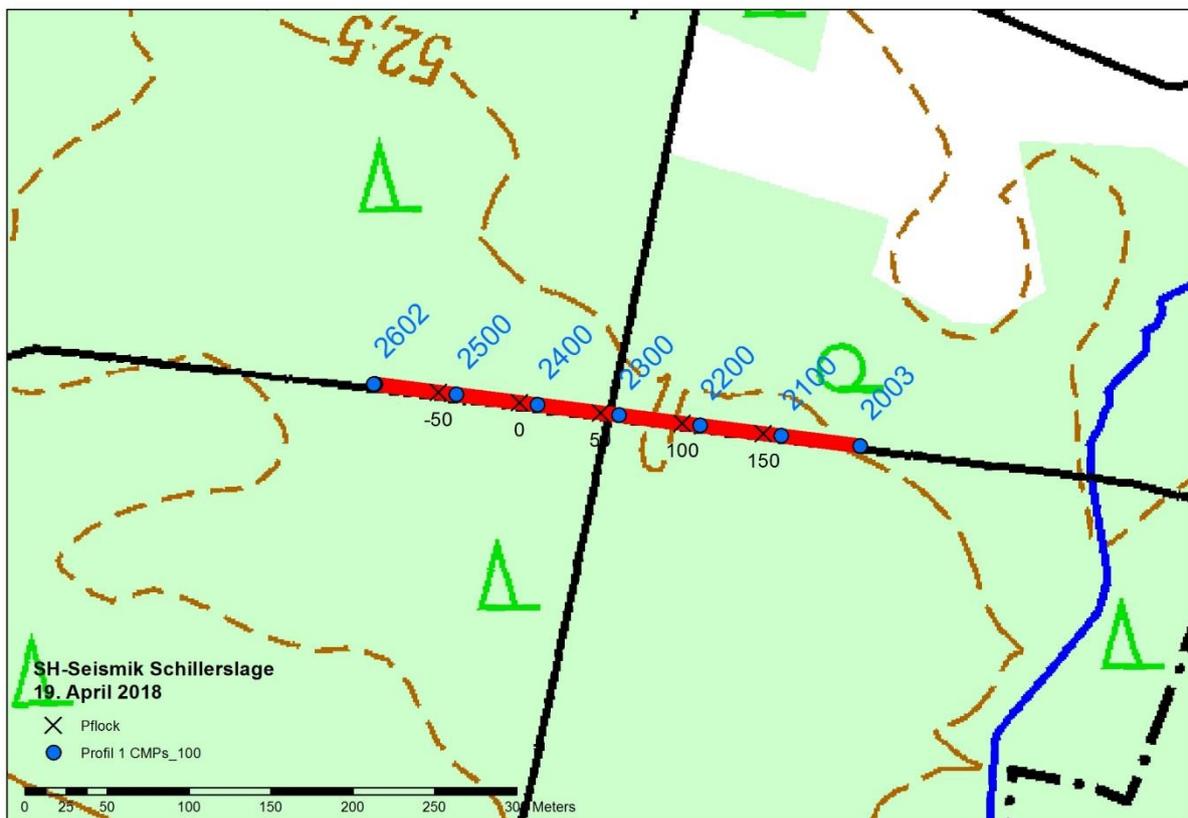
(i.V. Dr. Thomas Wonik)



(Dr Helga Wiederhold)



Lage des Mess- und Testgebiets Schillerslage (roter Kreis) mit Lage des seismischen Profils (rote Linie).



Lageplan seismisches Profil im Mess- und Testgebiet Schillerslage. Zusätzlich zu den CMP-Punkten (blau) sind die eingemessenen Pflöcke (x [m]) eingezeichnet.



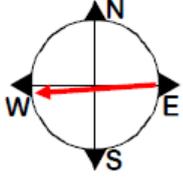
Auslegen des
Landstreamers.



Landstreamer und
seismische Quelle
ELVIS (auf Schubkarre
montiert).



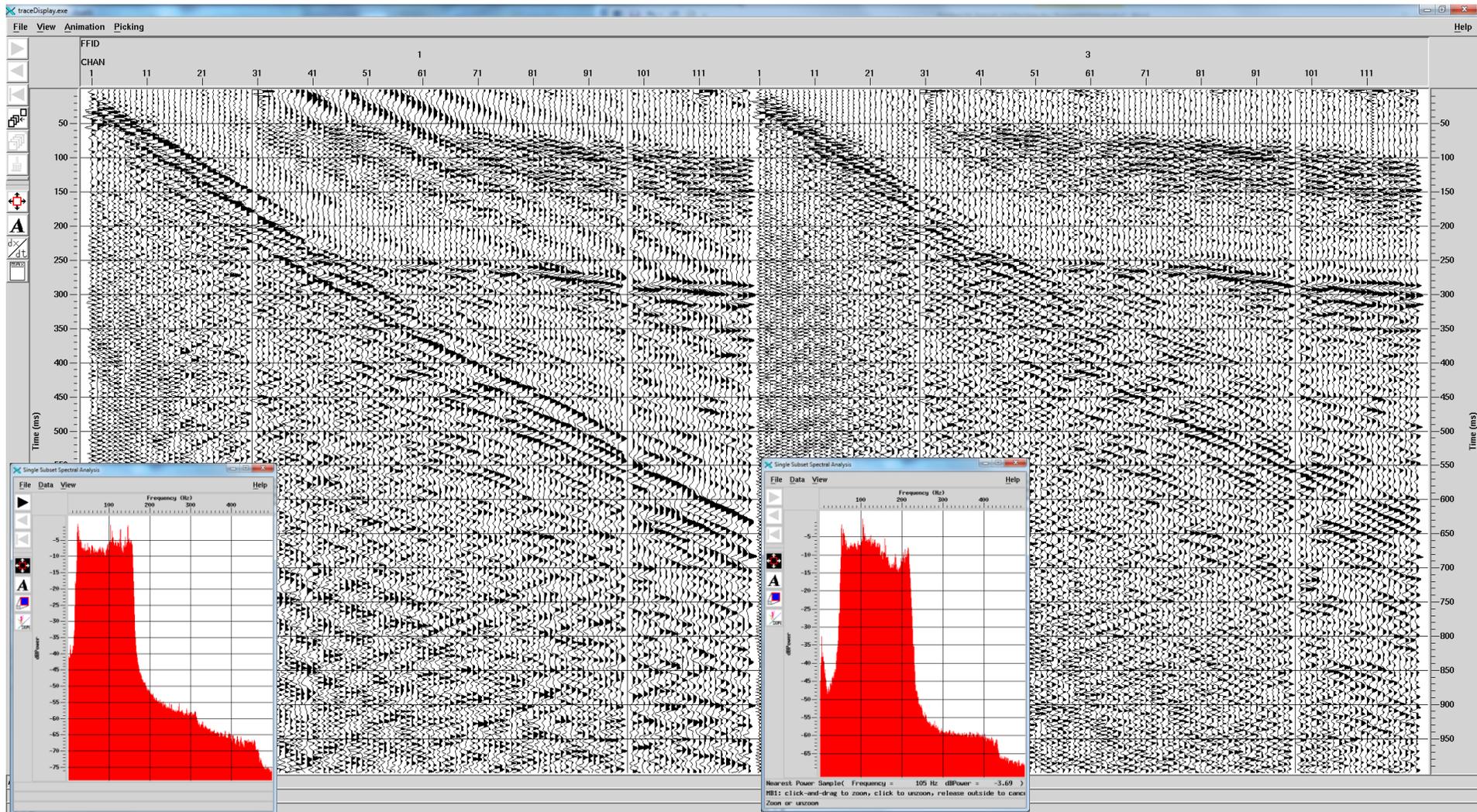
Seismische Quelle
ELVIS in Aktion (zur
besseren Ankopplung
mit einer Person
beschwert).

	Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik Stilleweg 2, 30655 Hannover			Seite 1		
Area: Schillerslage		Line Nr.: 1	Date: 19.4.2018			
Operator: Bayerle		Crew: Wiederhold, Wagner, Wedig				
<u>Recording:</u> Inst. / Channels: 124 Sampleinterval / ms.: 1 ms Recording length / sec: 12 Correlated <input type="checkbox"/> Noncorrelated <input checked="" type="checkbox"/> Pre-amp gain / dB: 24 Low Cut:.....Hz.....dB/oct HighCut:.....Hz.....dB/oct Notch:.....Hz		Aux Ch 1: Pilot 1 Rec.Ch.Nr.: 121 Aux Ch 2: Masse Rec.Ch.Nr.: 122 Aux Ch 3: baseplate Rec.Ch.Nr.: 123 Aux Ch 4: Ström Rec.Ch.Nr.: 124 Aux Ch 5: Rec.Ch.Nr.:..... Aux Ch 6: Rec.Ch.Nr.:.....				
<u>Source:</u> Source: ELVIS 7 Sweep: 50-220 Hz; 10 sec Spacing: 2 m		<u>Geophones:</u> Type: SM6 10 Hz, SH-Streamer Group:..... Spacing: 1 m		<u>Spread</u> SP m.....m.....m.....m..... ----- ▼ ----- Ch.....Ch.....Ch.....Ch.....		
FFID	SP/VP	Stacks	Lat-Offs(m)	First Stat.	Last Stat.	Remarks
9000 9001	1000			1001	1120	- + 20-160 Hz
9002 9003	1300			1181	1300	+ - 20-160 Hz
1000 1001	1000			1001	1120	+ - 50-220 Hz
1002 1003	1002					100 ms taper
1004 1005	1004					Chan 97,98,99 liegen im Sand
1006 1007	1006					
1008 1009	1008					
1010 1011	1010					
1012 1013	1012					
1014 1015	1014					
1016 1017	1016					
1018 1019	1018					
1020 1021	1020					
1022 1023	1022					
1024 1025	1024					
1026 1027	1026					
1028 1029	1028					
1030 1031	1030					
1032 1033	1032					
1034 1035	1034					
1036 1037	1036					
1038 1039	1038					
1040 1041	1040					
1042 1043	1042					
1044 1045	1044					
1046 1047	1046					
1048 1049	1048					
1050 1051	1050					
1052 1053	1052					
1054 1055	1054					
1056 1057	1056					
1058 1059	1058					
1060 1061	1060					Pflock 150
1062 1063	1062					
1064 1065	1064					
1066 1067	1066					
1068 1069	1068			1001	1120	

		Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik				Seite 2	
		Stilleweg 2, 30655 Hannover					
Area: Schillerslage					Line Nr.: 1	Date: 19.4.2018	
FFID	SP/VP	Stacks	Lat-Offs(m)	First Stat.	Last Stat.	Remarks	
1070 1071	1070			1001	1120		
1072 1073	1072						
1074 1075	1074						
1076 1077	1076						
1078 1079	1078						
1080 1081	1080						
1082 1083	1082						
1084 1085	1084						
1086 1087	1086						
1088 1089	1088						
1090 1091	1090			1001	1120		
1092 1093	1090			1061	1180	Streamer 60 m weitergezogen	
1094 1095	1092						
1096 1097	1094						
1098 1099	1096						
1100 1101	1098						
1102 1103	1100						
1104 1105	1102						
1106 1107	1104						
1108 1109	1106						
1110 1111	1108						
1112 1113	1110						
1114 1115	1112						
1116 1117	1114						
1118 1119	1116						
1120 1121	1118						
1122 1123	1120						
1124 1125	1122						
1126 1127	1124						
1128 1129	1126						
1130 1131	1128						
1132 1133	1130						
1134 1135	1132						
1136 1137	1134						
1138 1139	1136						
1140 1141	1138						
1142 1143	1140						
1144 1145	1142						
1146 1147	1144						
1168 1149	1146						
1150 1151	1168						
1152 1153	1150			1061	1180		
1154 1155	1150			1121	1240	Streamer 60 m weitergezogen	
1156 1157	1152						
1158 1159	1154						
1160 1161	1156						
1162 1163	1158						
1164 1165	1160					Pflock 50 (Wegkreuzung)	
1166 1167	1162						
1168 1169	1164						
1170 1171	1166						
1172 1173	1168						
1174 1175	1170						
1176 1177	1172					schlechter Untergrund	
1178 1179	1174					schlechter Untergrund	
1180 1181	1176					schlechter Untergrund	
1182 1183	1178					schlechter Untergrund	
1184 1185	1180					schlechter Untergrund	
1186 1187	1182						
1188 1189	1184						
1190 1191	1186						
1192 1193	1188						
1194 1195	1190						
1196 1197	1192						

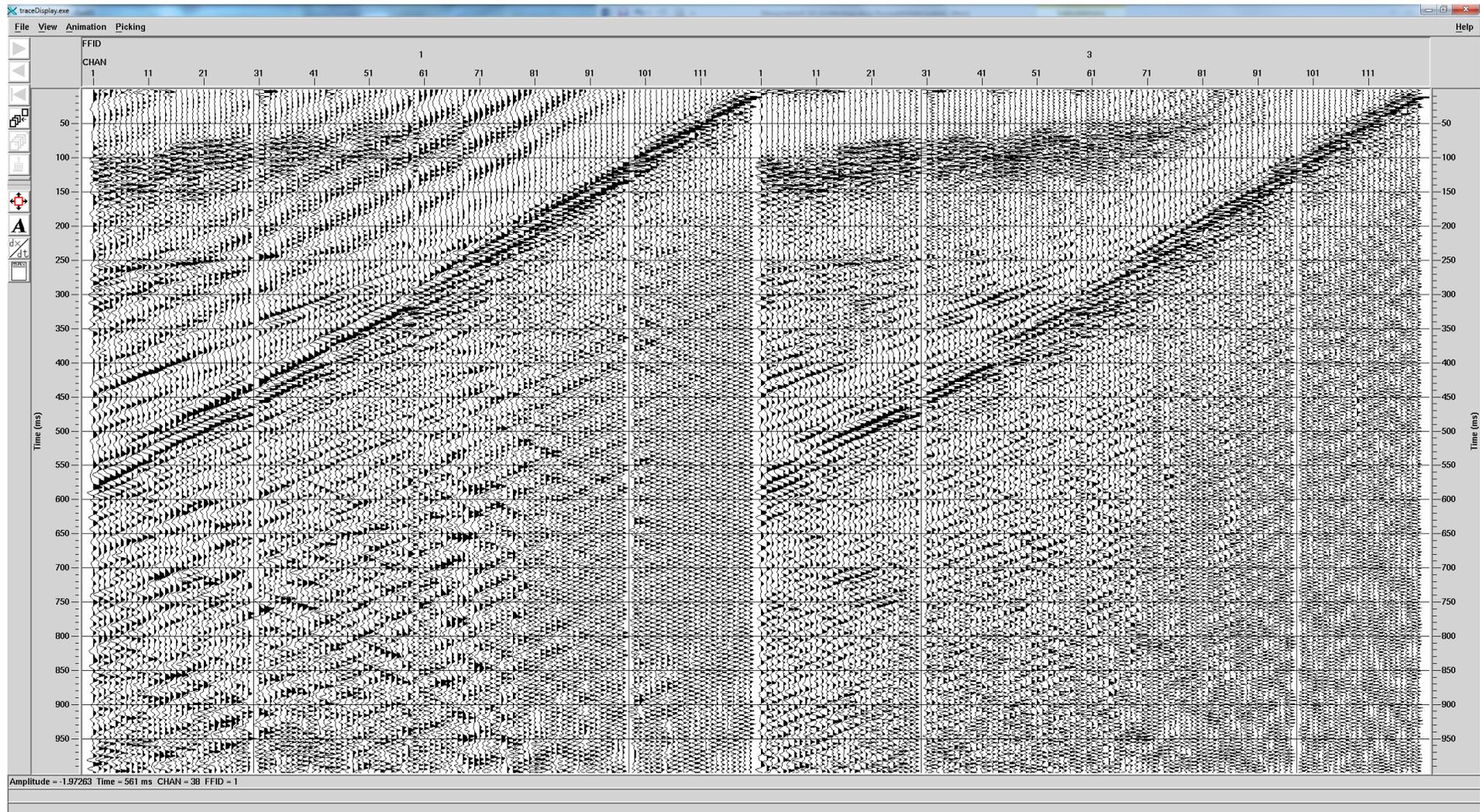
Vergleich Anregung mit verschiedenen frequenten sweeps (korreliert mit chan 121, Darstellung mit AGC 200 ms):

Links cfile 9000.dat und 9001.dat gestapelt (20-160 Hz), rechts cfile 1000.dat und 1001.dat gestapelt (50-220 Hz)

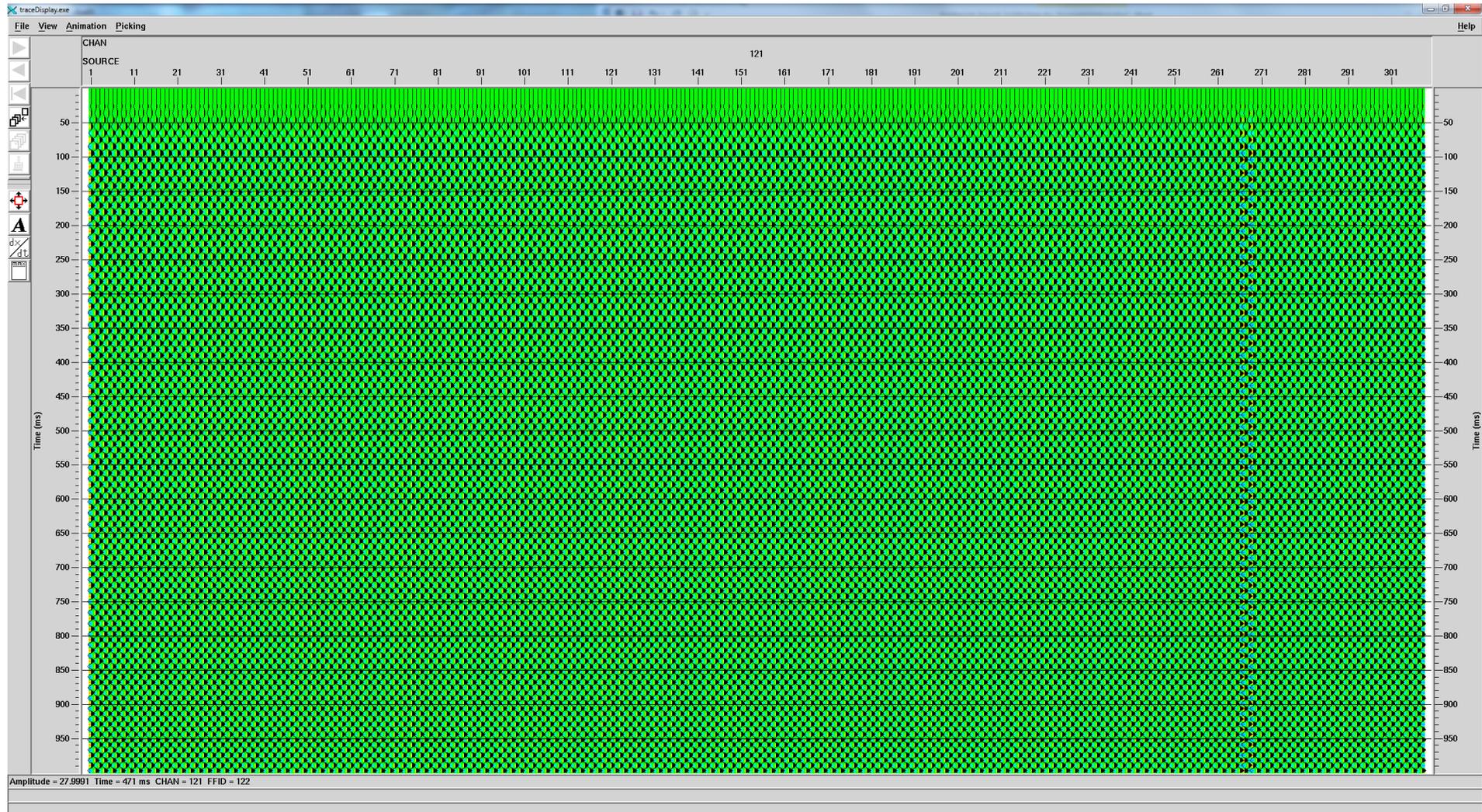


Vergleich Anregung mit verschiedenen frequenten sweeps (korreliert mit chan 121, Darstellung mit AGC 200 ms):

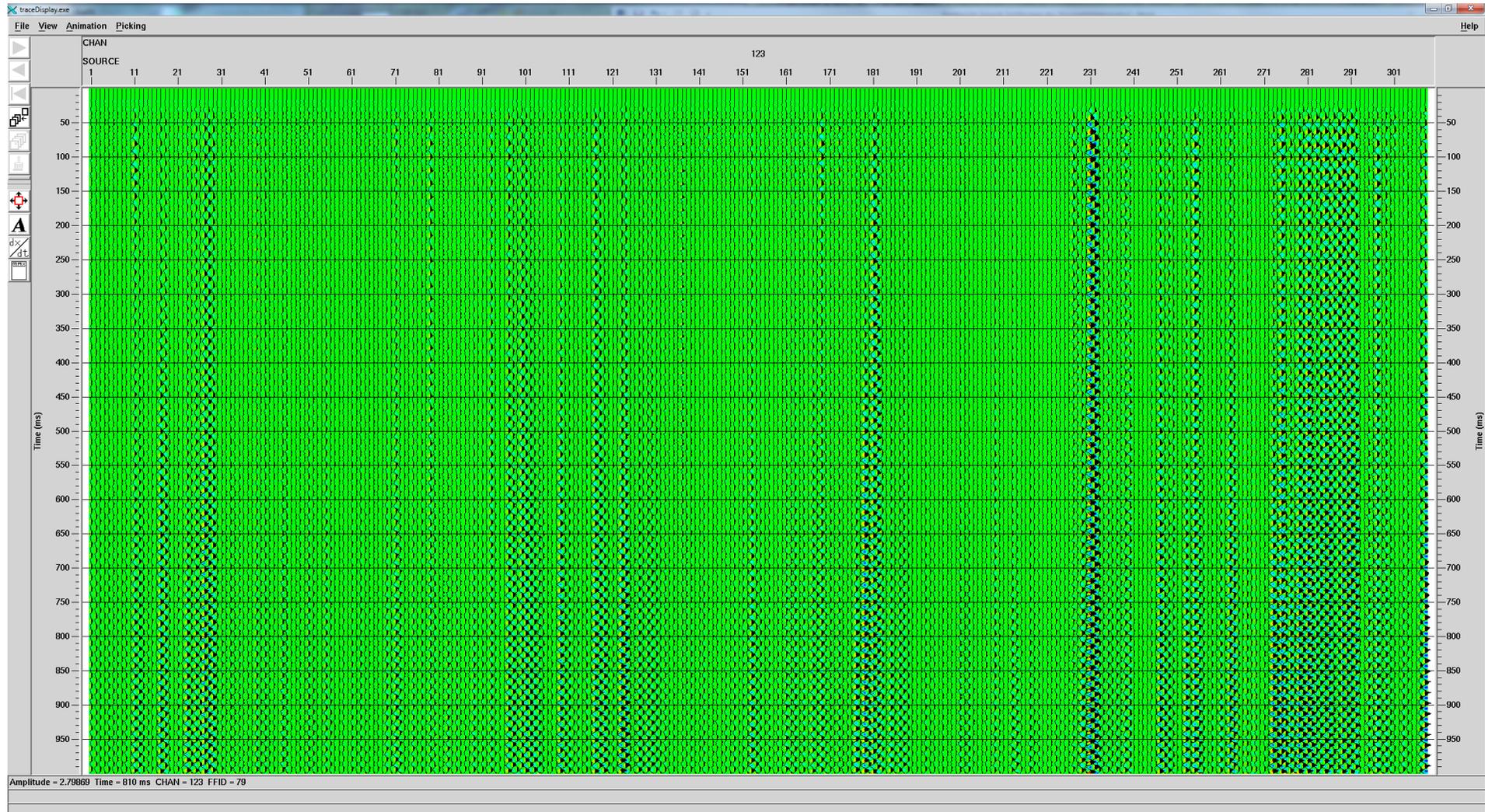
Links cfile 9002.dat und 9003.dat gestapelt (20-160 Hz), rechts cfile 1306.dat und 1307.dat gestapelt (50-220 Hz)



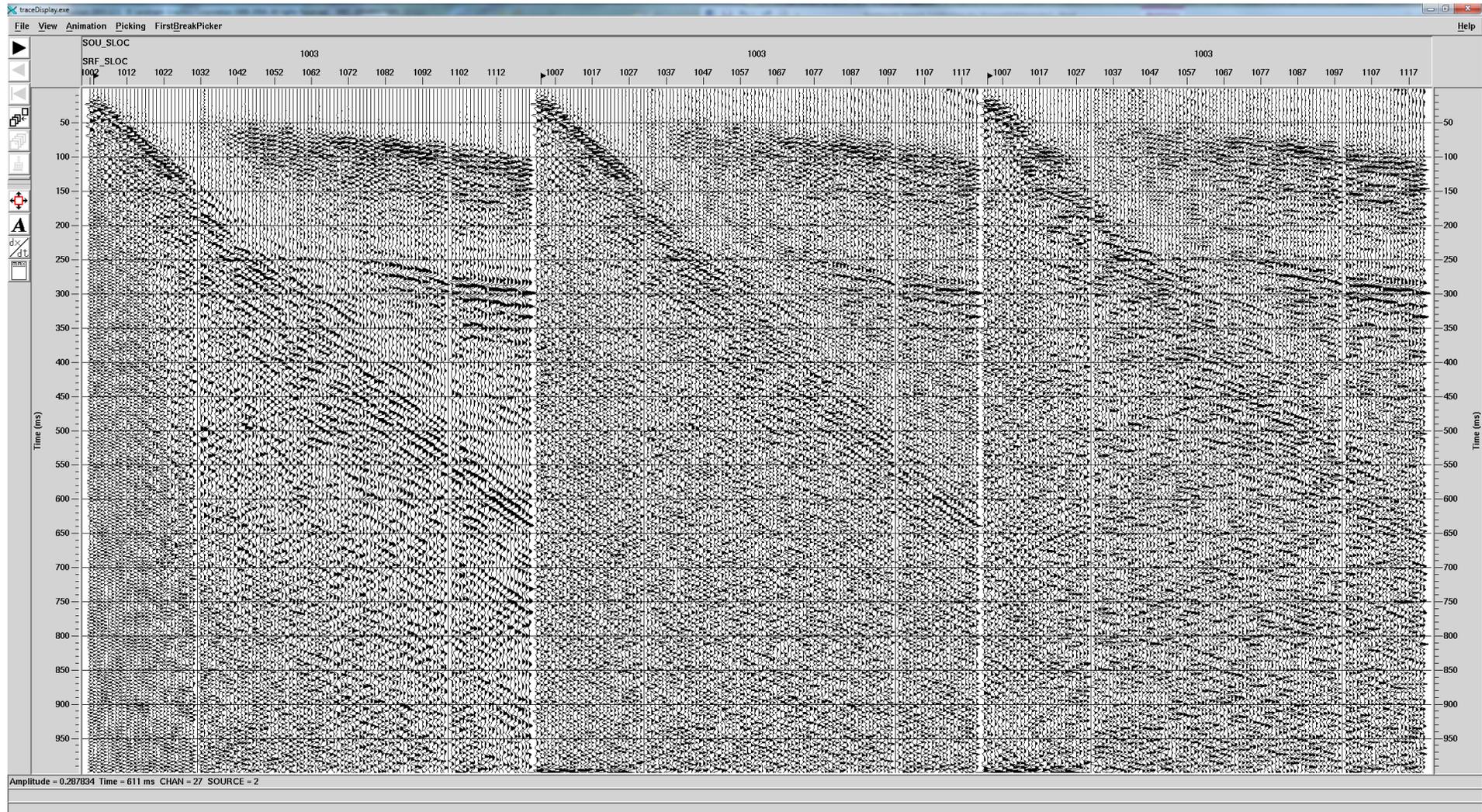
Kanal 121 (Referenzsweep der Vibratorsteuerung), unkorreliert, Abspiegelung 1 s, Skalierung: none, gain:0.05; bei cfile 1266.dat (source 267) und 1267.dat (source 268) ist die Polarisation vertauscht.



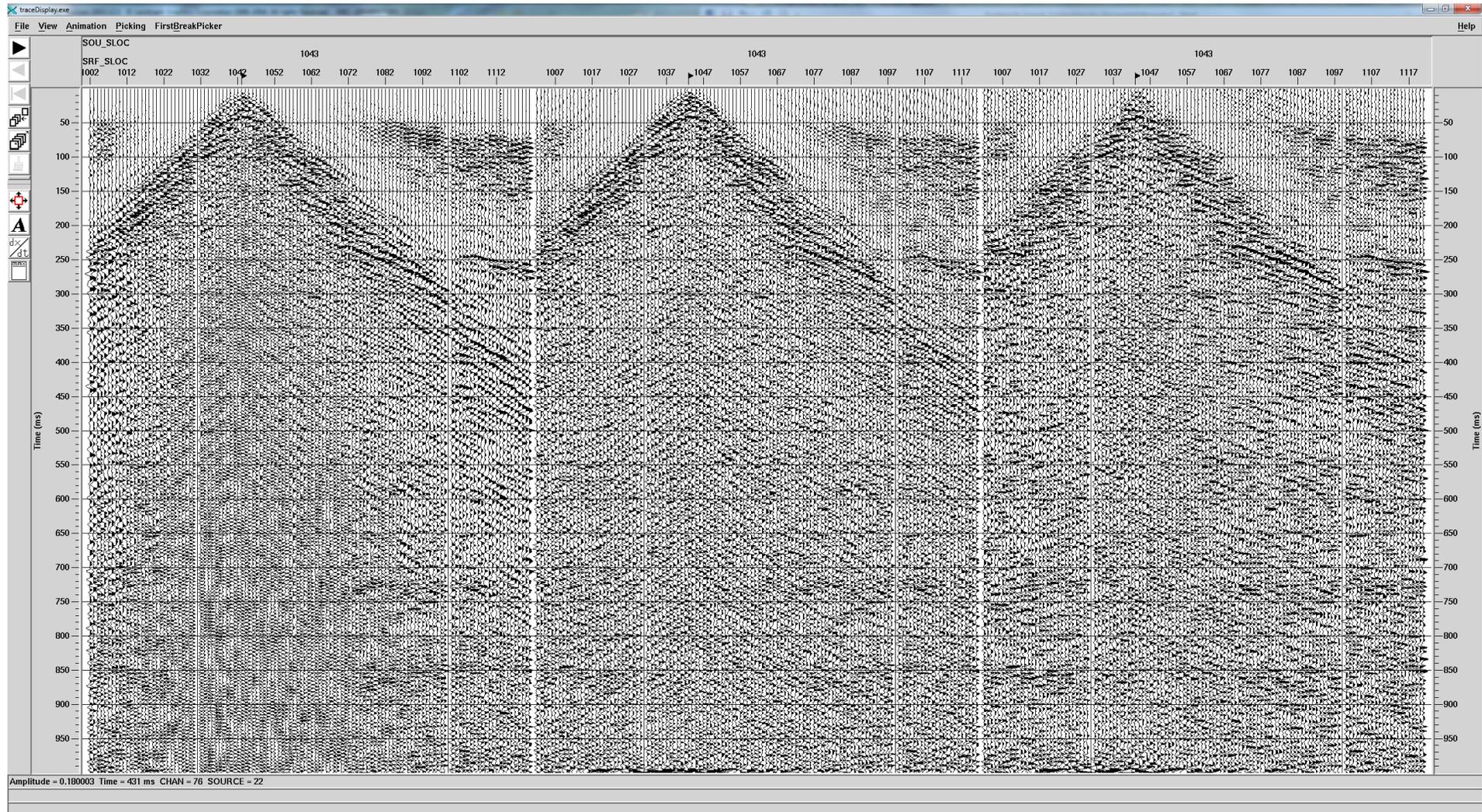
Kanal 123 (Beschleunigungsaufnehmer „Masse“), unkorreliert, Abspielung 1 s, Skalierung: none, gain:0.2.



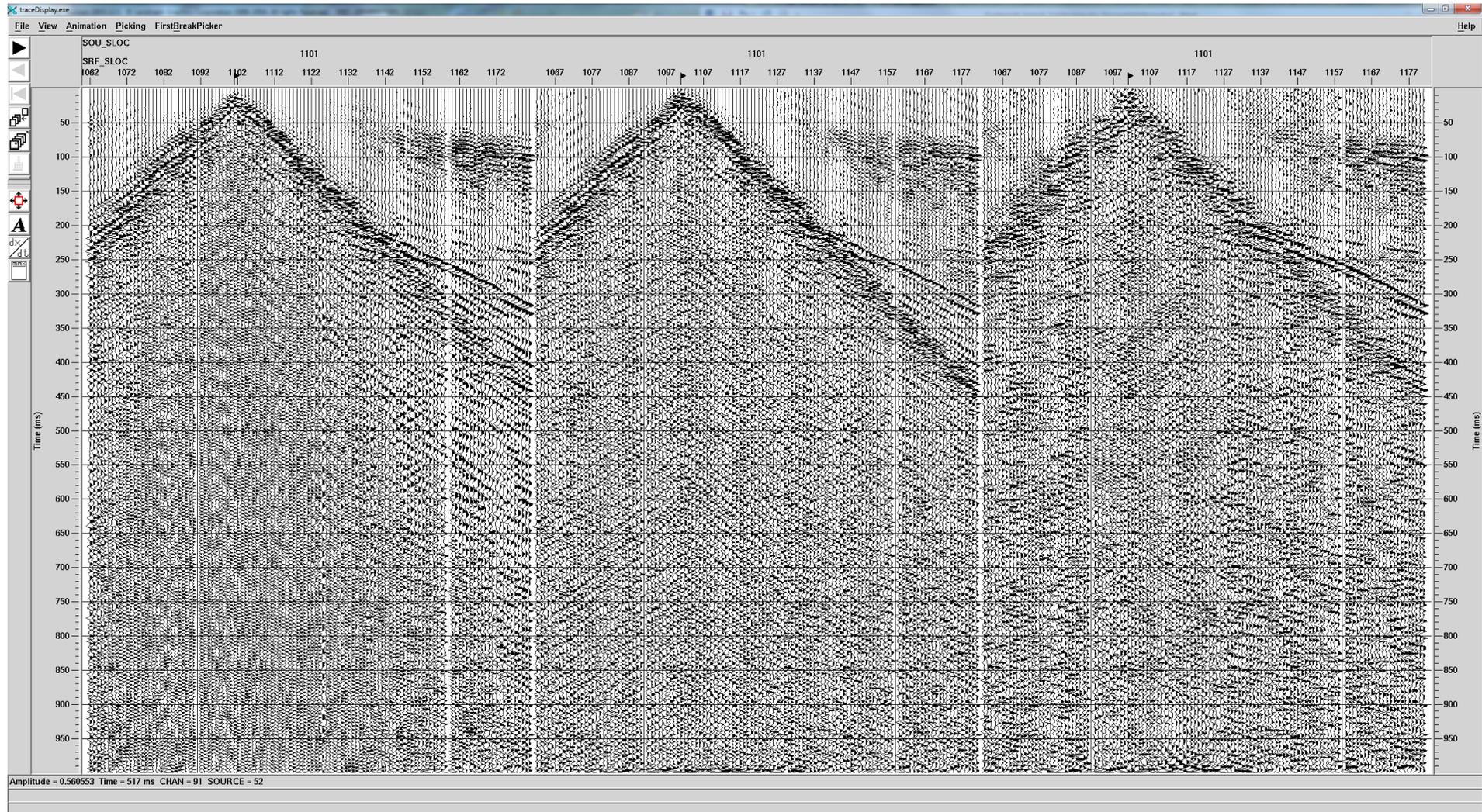
Beispiel Einzelschuss (Schusspunkt 1003): links: nur AGC, Mitte: spektraler Ausgleich (48,54,200,220), rechts: zusätzlich F-K-Filter (200,350,50,220)



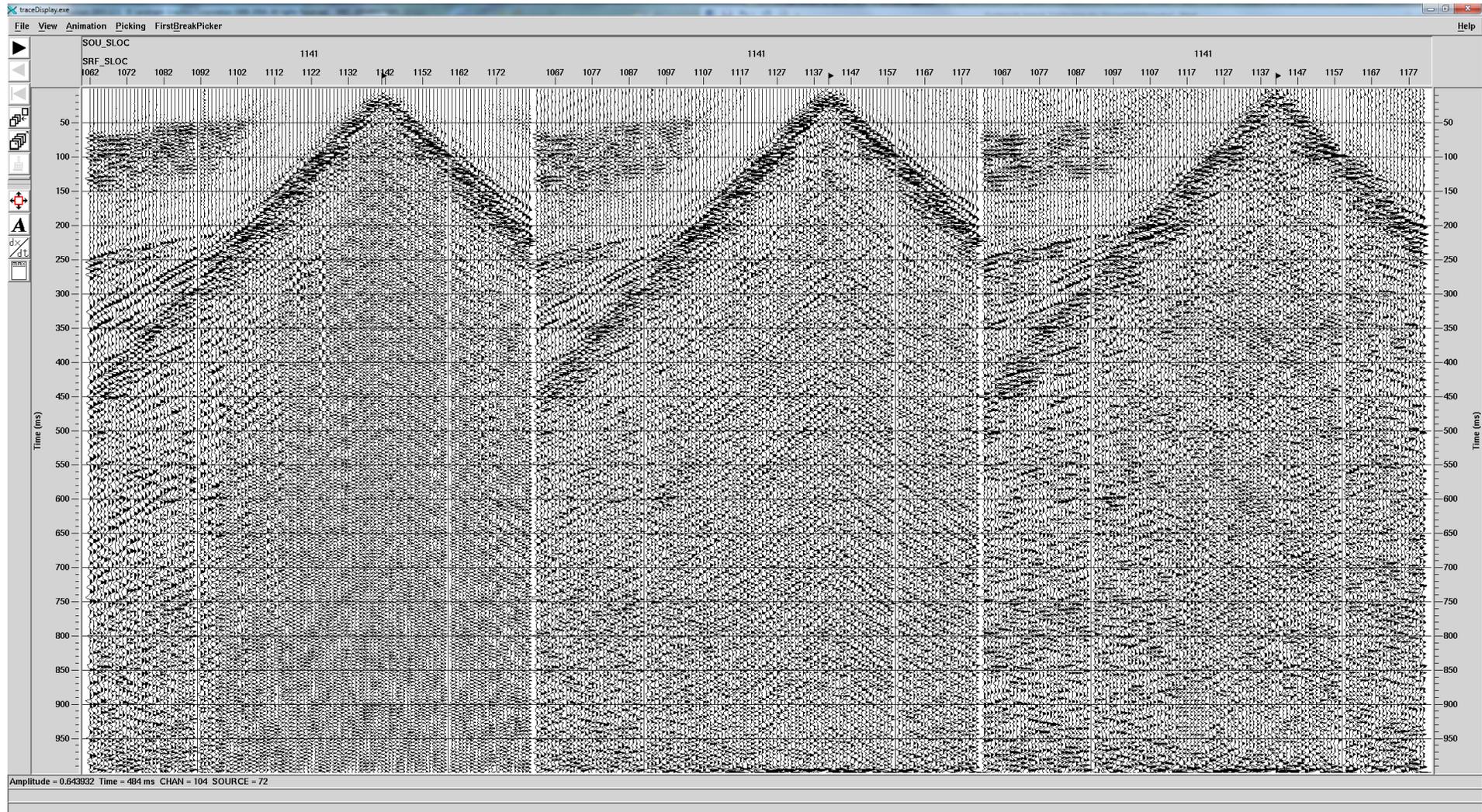
Beispiel Einzelschuss (Schusspunkt 1043): links: nur AGC, Mitte: spektraler Ausgleich (48,54,200,220), rechts: zusätzlich F-K-Filter (200,350,50,220)



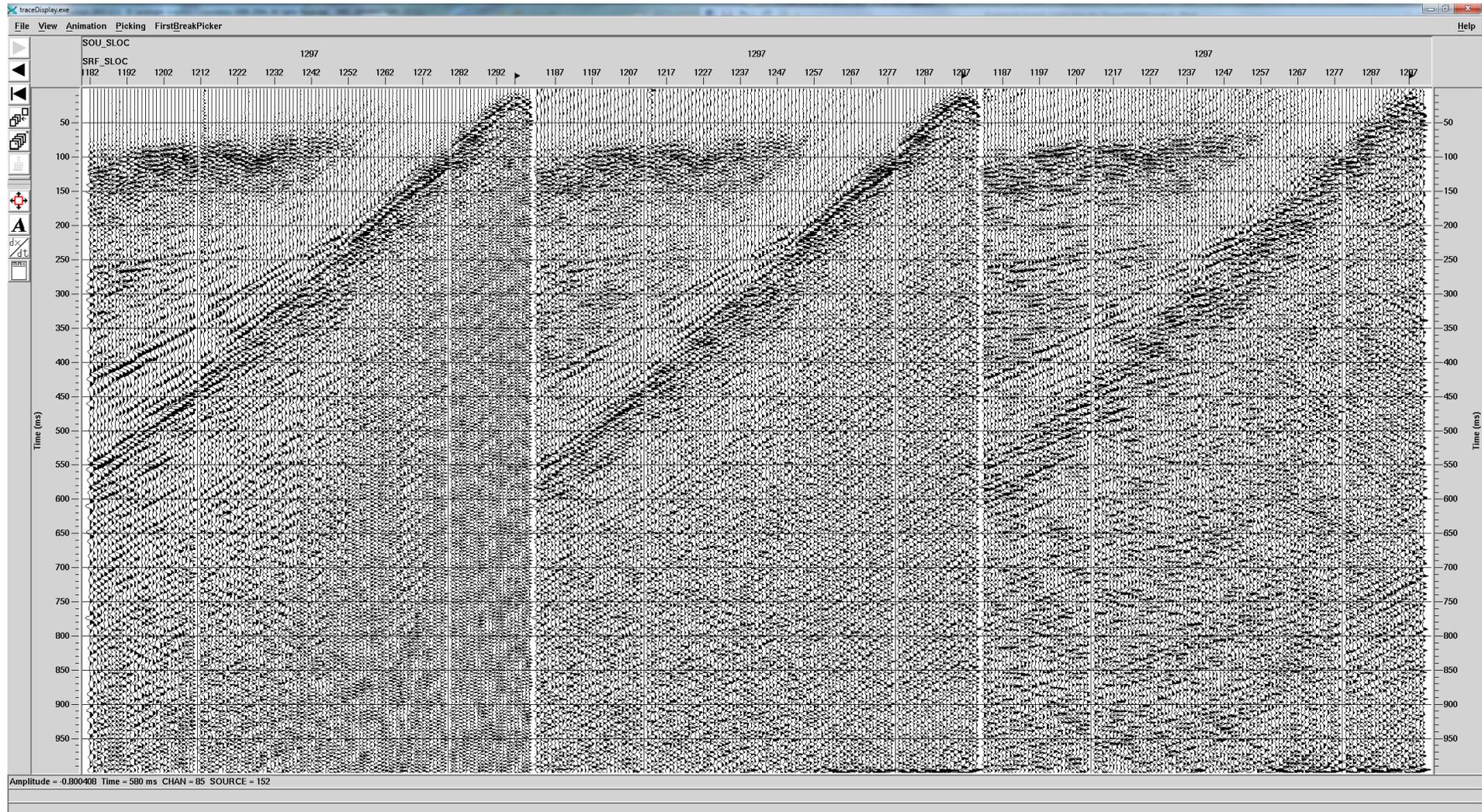
Beispiel Einzelschuss (Schusspunkt 1101): links: nur AGC, Mitte: spektraler Ausgleich (48,54,200,220), rechts: zusätzlich F-K-Filter (200,350,50,220)



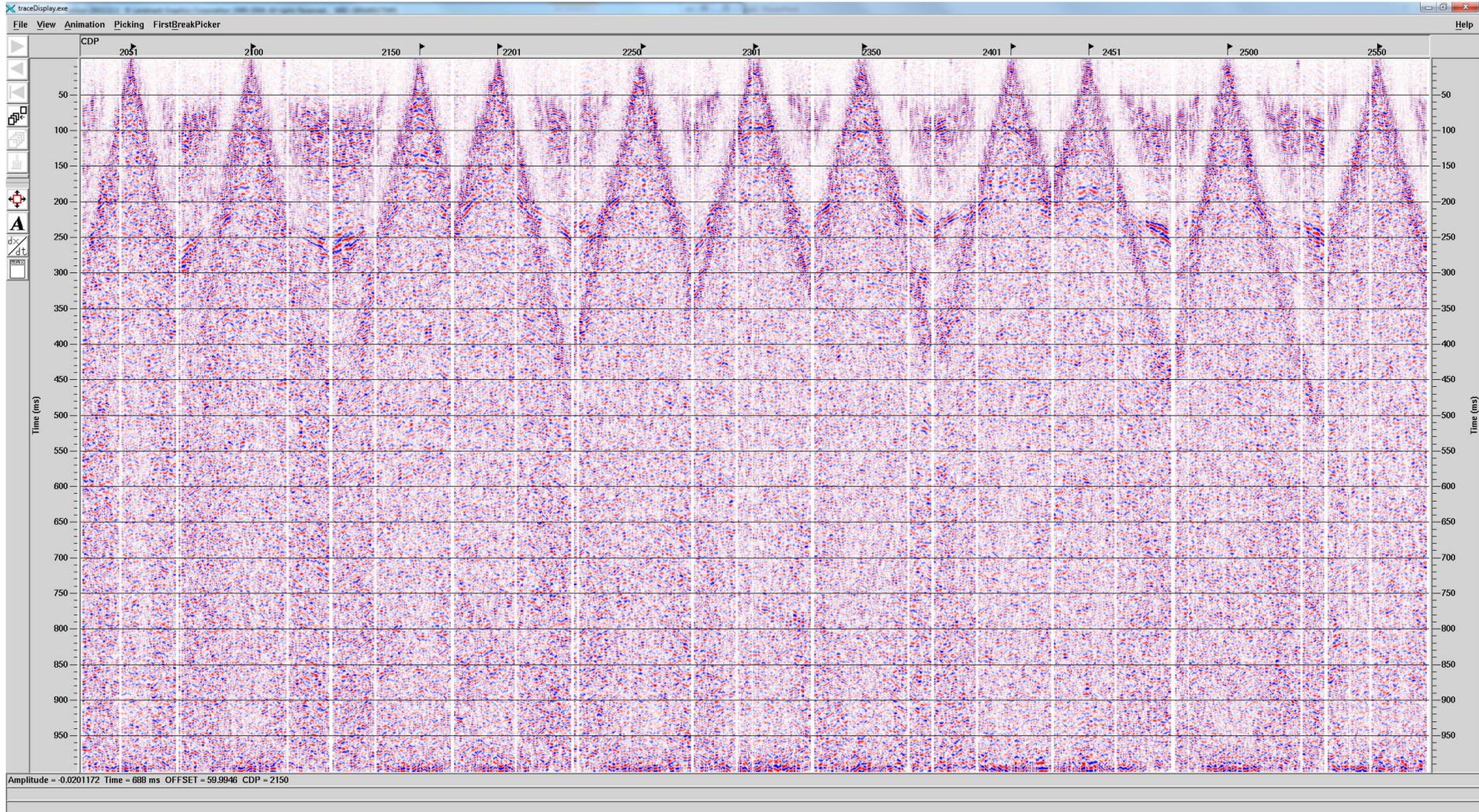
Beispiel Einzelschuss (Schusspunkt 1141): links: nur AGC, Mitte: spektraler Ausgleich (48,54,200,220), rechts: zusätzlich F-K-Filter (200,350,50,220)



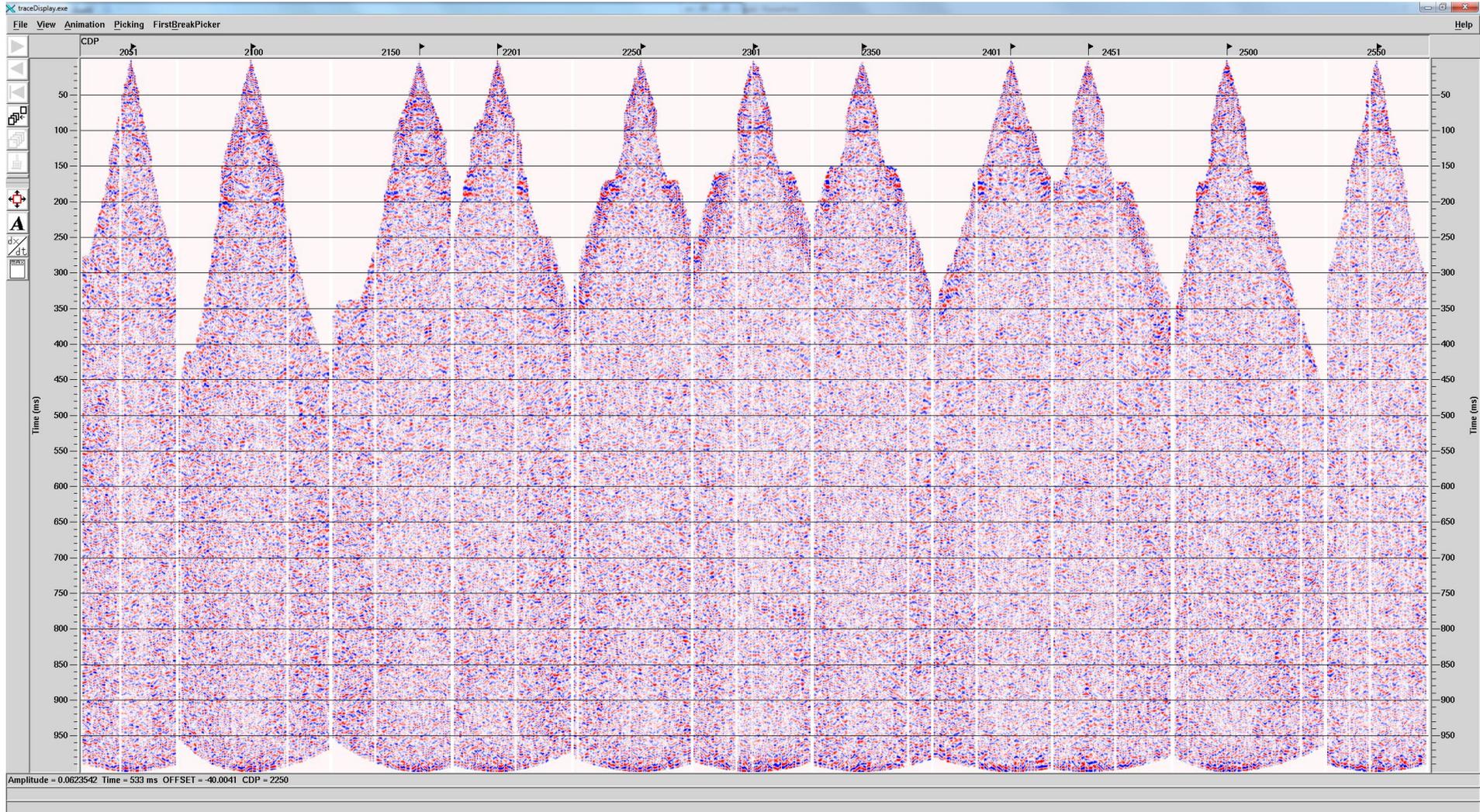
Beispiel Einzelschuss (Schusspunkt 1297): links: nur AGC, Mitte: spektraler Ausgleich (48,54,200,220), rechts: zusätzlich F-K-Filter (200,350,50,220)



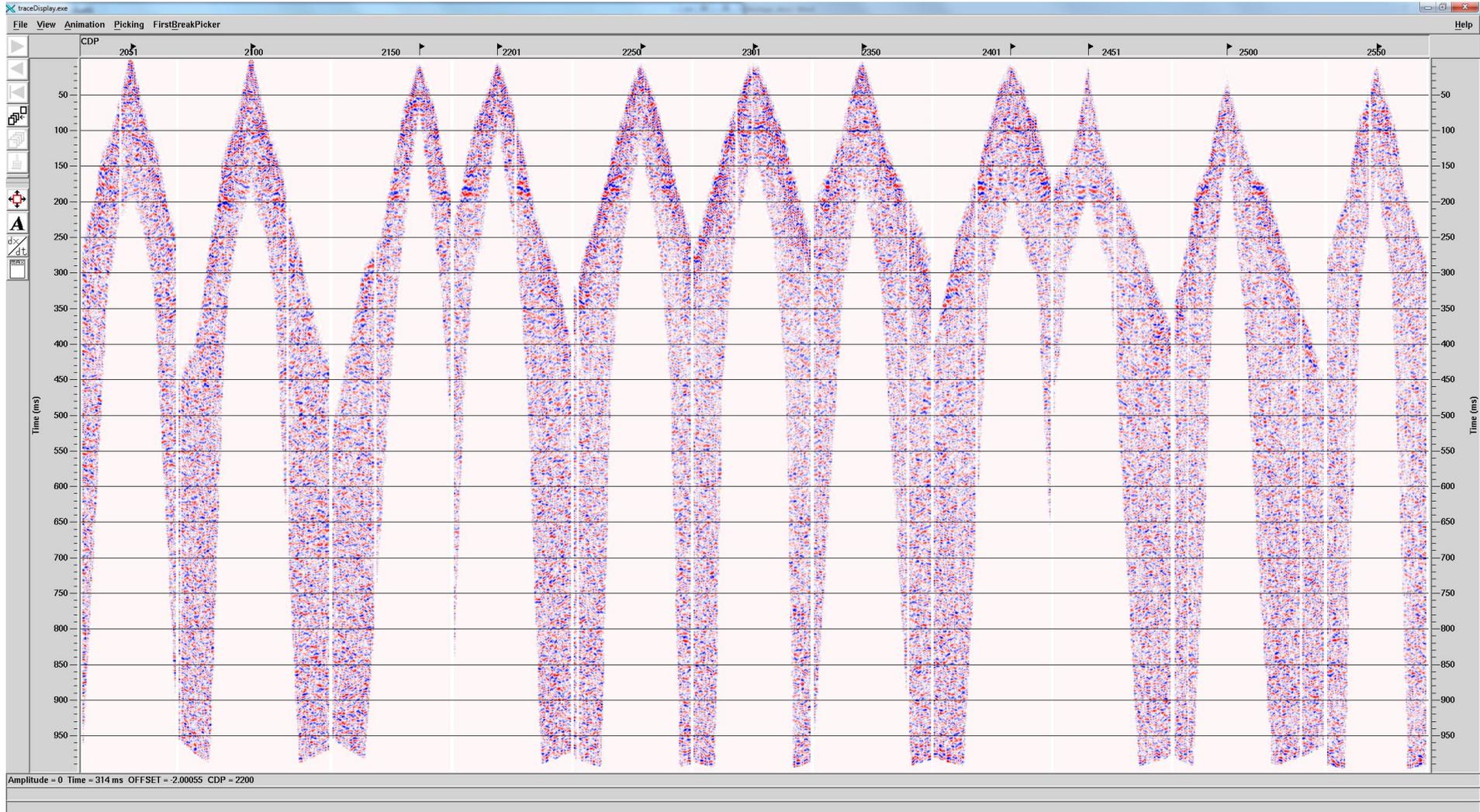
Beispiel CMP-Familien (2050 bis 2550 in 50er Intervall) (3 benachbarte CMPs zusammengefasst): PreStack-Processing entsprechend Tabelle 3 (scaling: entire screen)



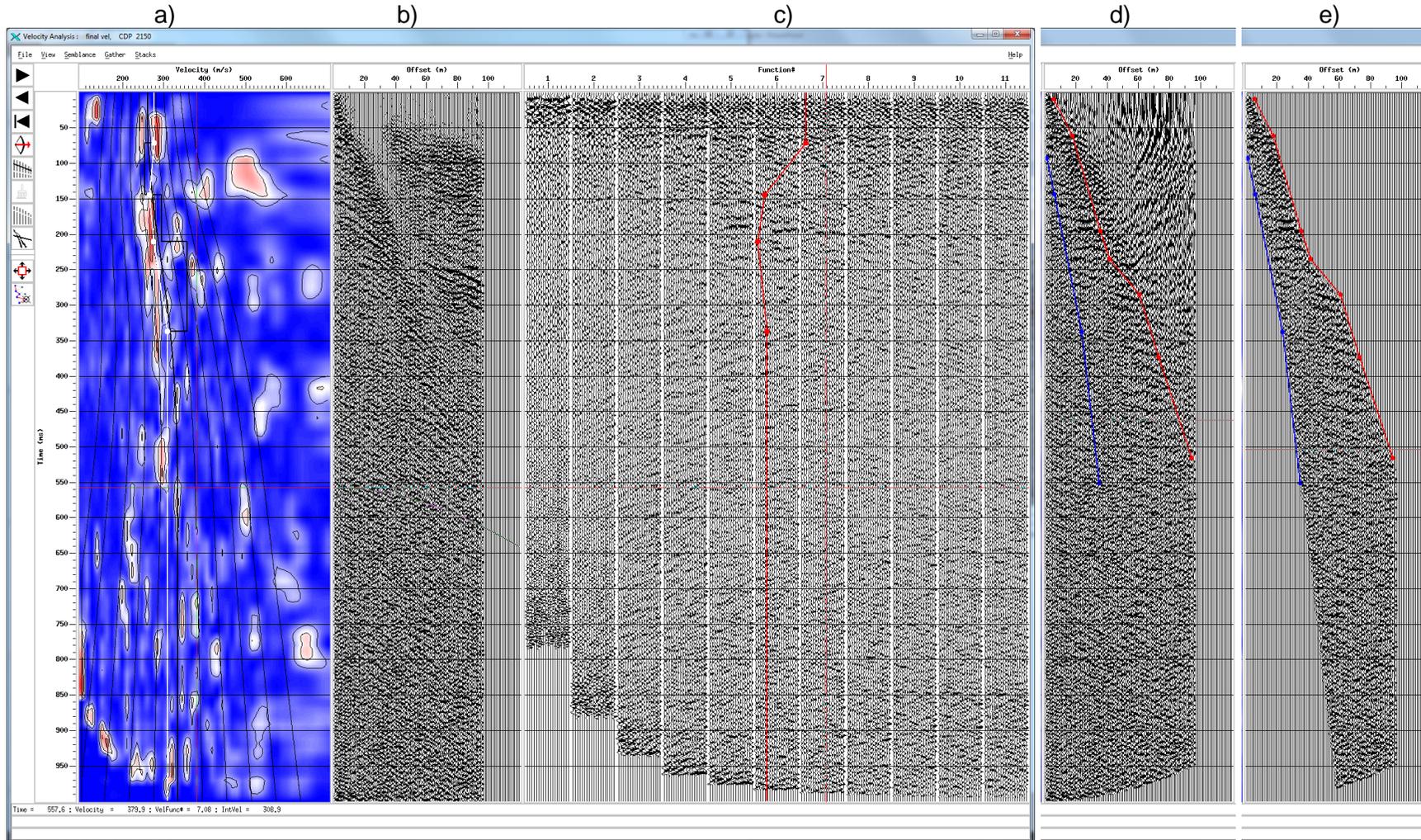
Beispiel CMP-Familien (3 benachbarte CMPs zusammengefasst): PreStack-Processing entsprechend Tabelle 3 (scaling: entire screen), NMO-Korrektur (30% stretch mute)



Beispiel CMP-Familien (3 benachbarte CMPs zusammengefasst): PreStack-Processing entsprechend Tabelle 3 (scaling: entire screen), NMO-Korrektur (ohne stretch mute), manuell festgelegtes top und bottom mute

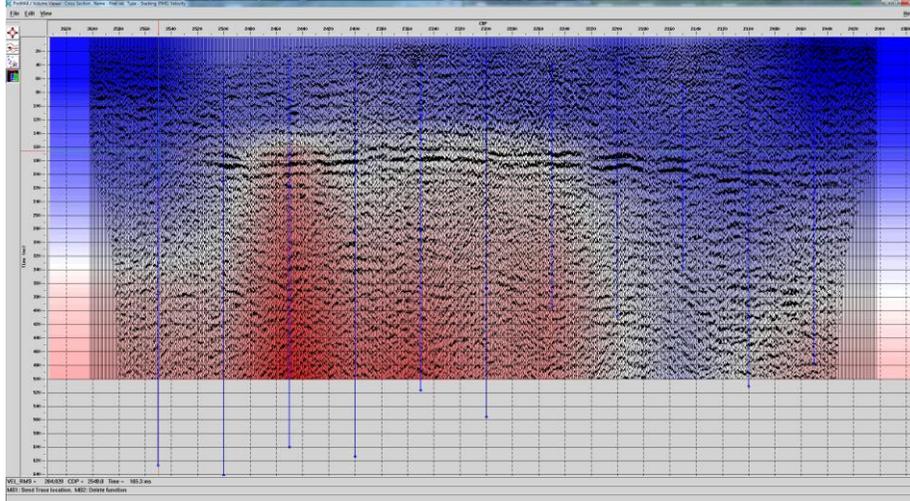


Beispiel Geschwindigkeitsanalyse (CMP 2150): a) Semblance-Analyse (100-700 m/s), b) CMP-Familie (9 CMPS kombiniert), c) Stapelungen mit verschiedenen Geschwindigkeitsfunktionen, d) CMP-Familie NMO-korrigiert, e) CMP-Familie NMO-korrigiert und mute angewendet

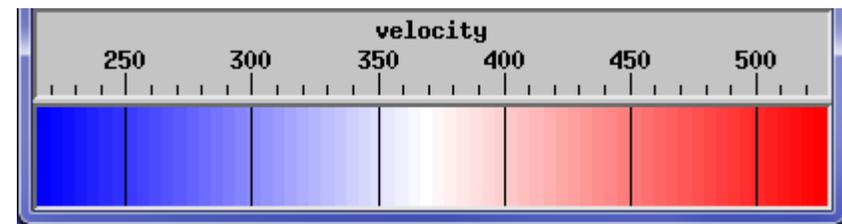
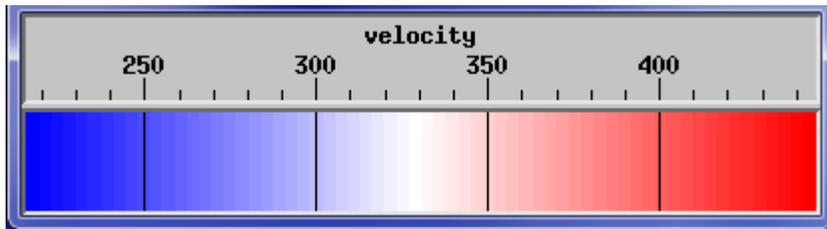
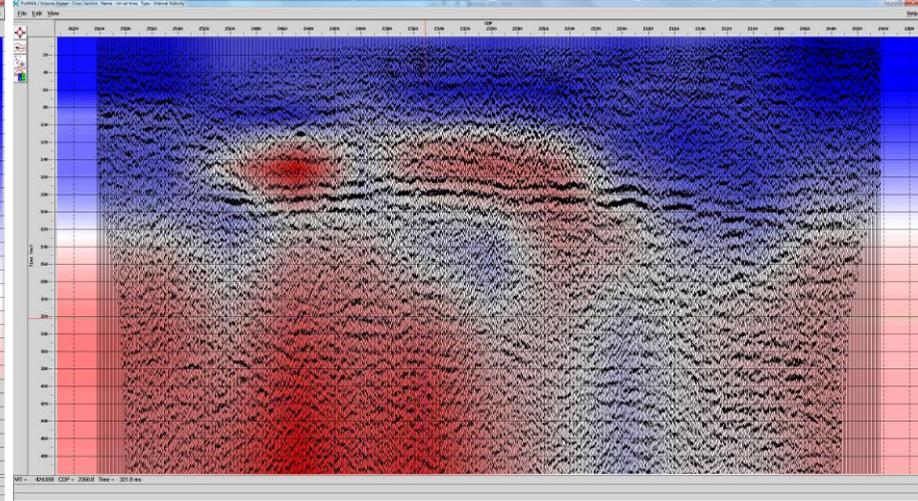


Geschwindigkeiten und Stapelsektion (Abspiegelung W (links) -> E (rechts); 500 ms)

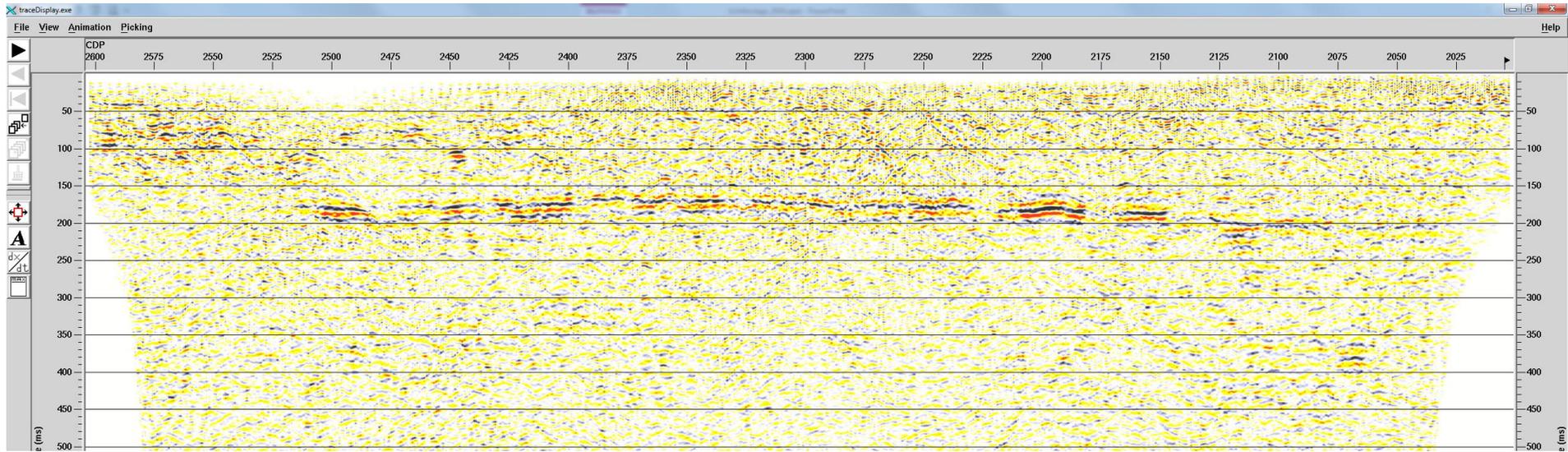
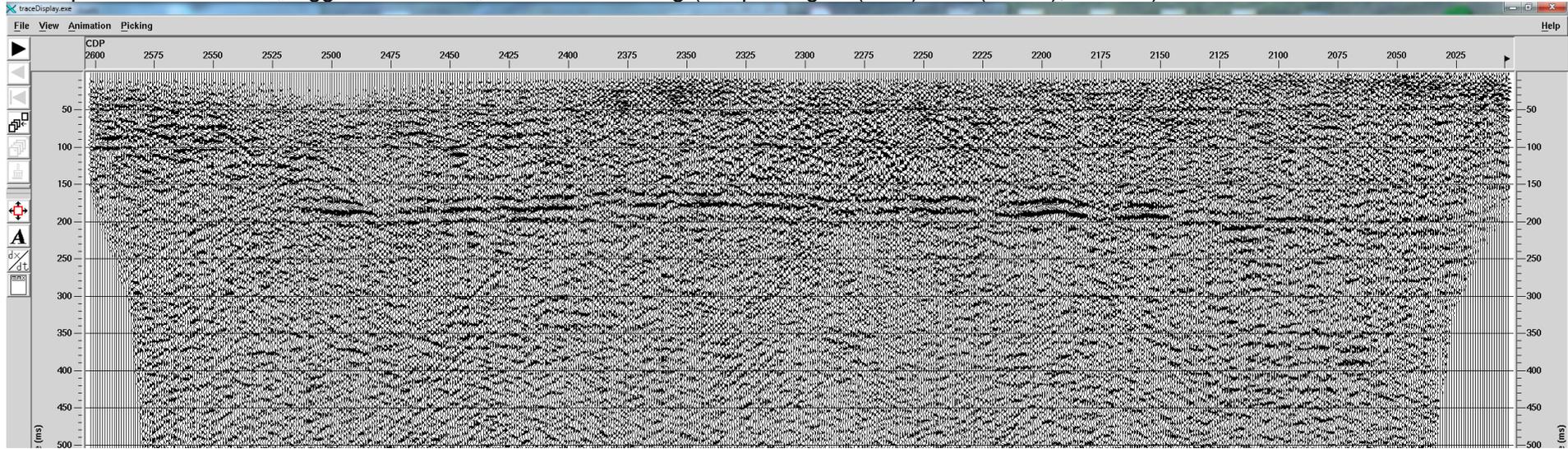
a) rms velocity (Stapelgeschwindigkeit) [m/s]



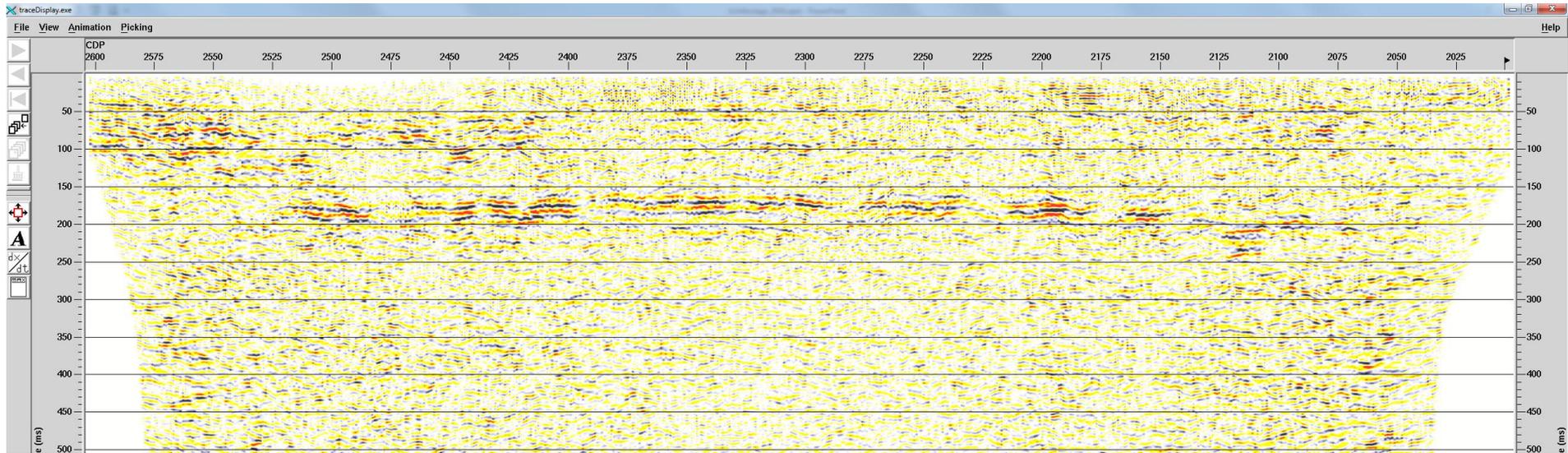
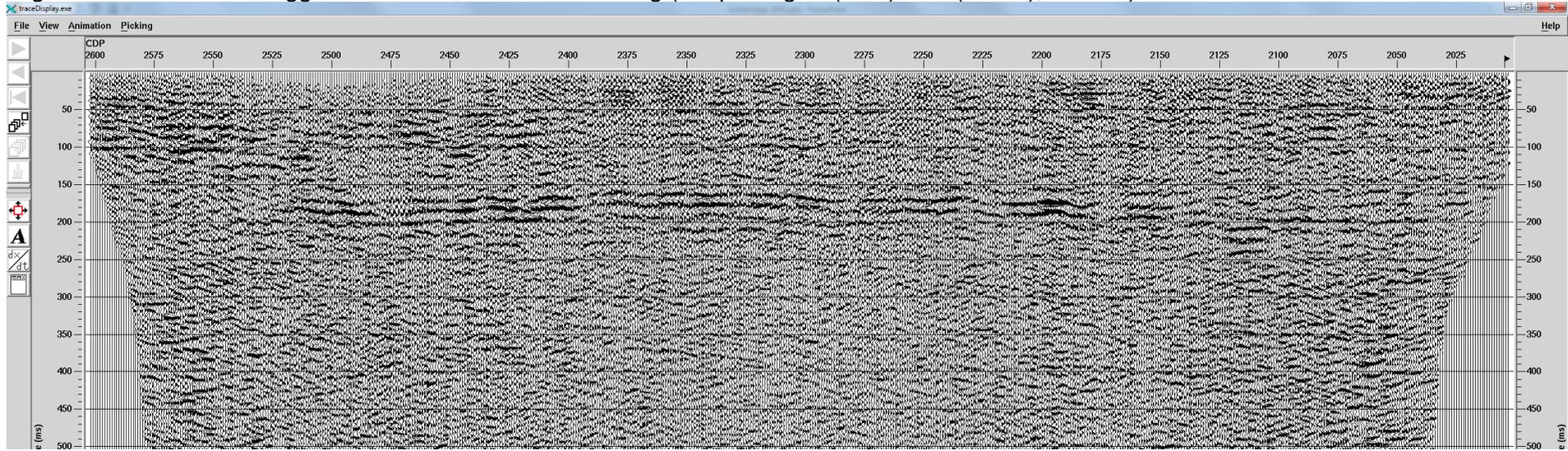
b) Interval velocity (Intervallgeschwindigkeit) [m/s]



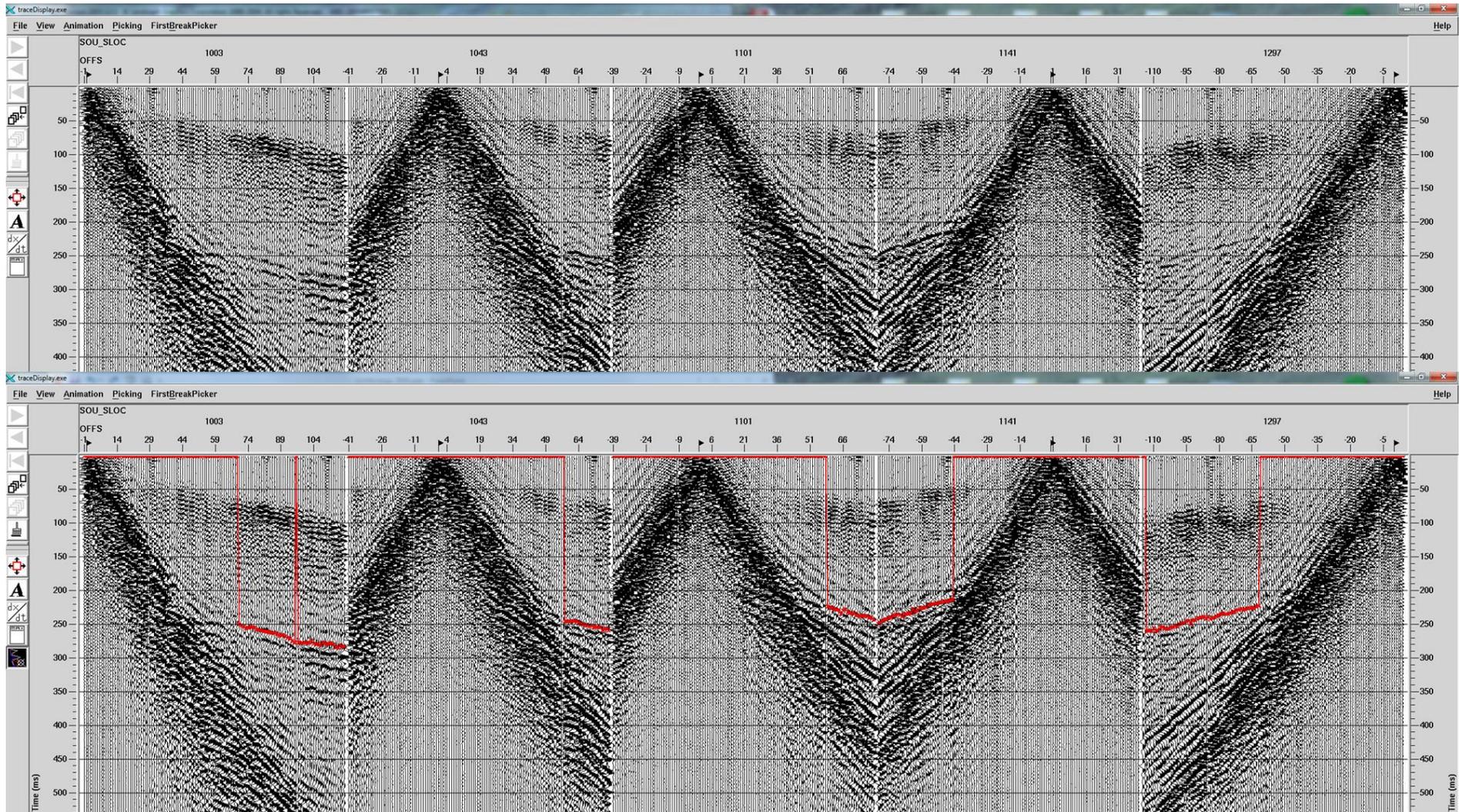
Gestapelte Zeitsektion in „wiggle trace“ und „colour“ Darstellung (Abspielung W (links) -> E (rechts); 500 ms)



Migrierte Zeitsektion in „wiggle trace“ und „colour“ Darstellung (Abspielung W (links) -> E (rechts); 500 ms)



Festlegen der Ersteinsätze für „refraction statics“ am Beispiel der in Anlage 6 gezeigten Einzelschüsse (Schusspunkte 1003, 1043, 1101, 1141, 1297)



Ergebnisse der Refraktionsanalyse: Refraktorgeschwindigkeit und -tiefe

