

# Geophysikalische Hohlräumerkundung Groitzsch

Stadtverwaltung Groitzsch

30. Januar, 2018  
Projekt Nr. 660-17-610



## DOCUMENT CONTROL SHEET

**PROJEKT** : Geophysikalische Hohlräumerkundung Groitzsch

**VERFASSER** : Fugro Germany Land GmbH  
Wolfener Str. 36  
D-12681 Berlin

**EMPFÄNGER** : Stadtverwaltung Groitzsch  
Markt 1  
D-04539 Groitzsch

**PROJEKT NR** : 660-17-610

**DATUM** : 30. Januar, 2018

**Ausfertigung** : 01

Ausfertigung Nr.	Dokument Nr.	Datum	Verfasst	Geprüft	Bestätigt
01	660-17-610-GY	30.01.2018	AEI	CRI	FPA

## INHALT

	Kapitel/Seite
1.0 EINLEITUNG.....	1-3
1.1 Veranlassung.....	1-3
1.2 Messgebiet.....	1-5
2.0 ERKUNDUNGSPROGRAMM.....	2-6
2.1 Scherwellen-Oberflächenseismik.....	2-6
2.1.1 Methodik.....	2-6
2.1.2 Feldmessungen.....	2-8
2.1.3 Datenbearbeitung.....	2-9
3.0 INTERPRETATION DER MESSERGEBNISSE.....	3-15
3.1 Datengrundlage.....	3-15
3.2 Ergebnisse der geophysikalischen Erkundung.....	3-15
3.3 Nacherkundungsempfehlung.....	3-16
3.4 Limitierungen.....	3-17
4.0 QUELLEN.....	4-18

## TABELLEN

Tabelle 1 Koordinaten der Eckpunkte des Untersuchungsgebiets.....	1-5
Tabelle 2 Empfohlene Ansatzpunkte zur Nacherkundung .....	3-16

## ABBILDUNGEN

Abbildung 1 Vereinfachte Darstellung der regionalen Geologie im West-Ost-Schnitt (nach geologischem Schnitt Nr. 2 der Lithofazieskarte Quartär, Blatt 2665 Zeit (Meißner und Müller, 1984)).....	1-3
Abbildung 2 Lage der bekannten Grubenbaue bei Groitzsch nach Karten des Bergarchivs Freiberg. Abbildung 3 zeigt den Gruberriss der Berthagrube. Der genaue Umfang des Altbergbaus im Bereich der Grube Körner ist allerdings unbekannt.....	1-4
Abbildung 3 Gruberriss der Berthagrube (Auszüge). .....	1-5
Abbildung 4 Schematische Darstellung des Prinzips der Oberflächenseismik.....	2-7
Abbildung 5 Grafische Darstellung der registrierten Schwingungen eines Anregungsereignisses auf Profil G1 .....	2-8
Abbildung 6 Feldmessungen auf niedrig bewachsenem Rapsfeld.....	2-9
Abbildung 7 Beispiel eines Datensatzes mit hoher Qualität. Oben: Felddaten von Profil G1. Unten: die gleichen Daten von Profil G1, mit einem optimalen, sehr hochfrequenten Bandpassfilter bearbeitet. Während die unbearbeiteten Daten enorm starke Love- (orange) und geführte (grün) Wellen aufweisen, ist in der bearbeiteten Seismogrammmontage die Reflexion (rot) sehr gut erkennbar.....	2-10
Abbildung 8 Beispiel eines Datensatzes mit geringer Qualität. Oben: Felddaten von Profil G9. Unten: die gleichen Daten von Profil G9, mit einem mittleren Bandpassfilter bearbeitet. Während die unbearbeitete Aufzeichnung Signale über alle aktiven Geophone aufweist, sind tatsächlich nutzbare Daten in der bearbeiteten Sektion nur bis etwa 25 bis 30 m Offset (Distanz zwischen Quell- und Geophonposition) erkennbar. ....	2-11
Abbildung 9 Flussdiagramm mit einem Überblick über die einzelnen Schritte der seismischen Datenverarbeitung .....	2-12

## ANLAGEN

1	Übersichtsplan
2	Profilschnitte Oberflächenseismik
3	3D-Darstellungen Oberflächenseismik

## 1.0 EINLEITUNG

### 1.1 VERANLASSUNG

Im Gebiet des geplanten Neubaus der Ortsumgehung (OU) Groitzsch der B176 wird Altbergbau auf Braunkohle vermutet. Dieser erfolgte wahrscheinlich zunächst auf leicht zugängliche Flözabschnitte am Ostufer der Elster, wurde später aber auch industriell und risskundlich betrieben (Abbildung 1 bis 3). Die genaue Ausdehnung der tatsächlich vorhandenen Grubenbaue sowie ihr aktueller Zustand sind unbekannt. Auf Basis der gesichteten Unterlagen des Bergarchivs Freiberg und der Lage des Untersuchungsgebiets werden Abbauhöhen von ca. 1 bis 2 m in einer Tiefe von ca. 15 bis 25 m vermutet.

Der Altbergbau stellt ein potentielles Risiko für den Bau und den Betrieb der Ortsumgehung dar. Der Einsturz möglicher Hohlräume könnte zu Setzungen und Schäden führen. Um die nahe gelegene Berthagrube kam es bereits zur Bildung von Pingen.

Die Aufgabe der geophysikalischen Erkundung ist die Detektion von Flächen mit erhöhtem Hohlraumrisiko sowie ggf. die Empfehlung von Ansatzpunkten für direkte Aufschlüsse zur Verifizierung und geotechnischen Beurteilung.

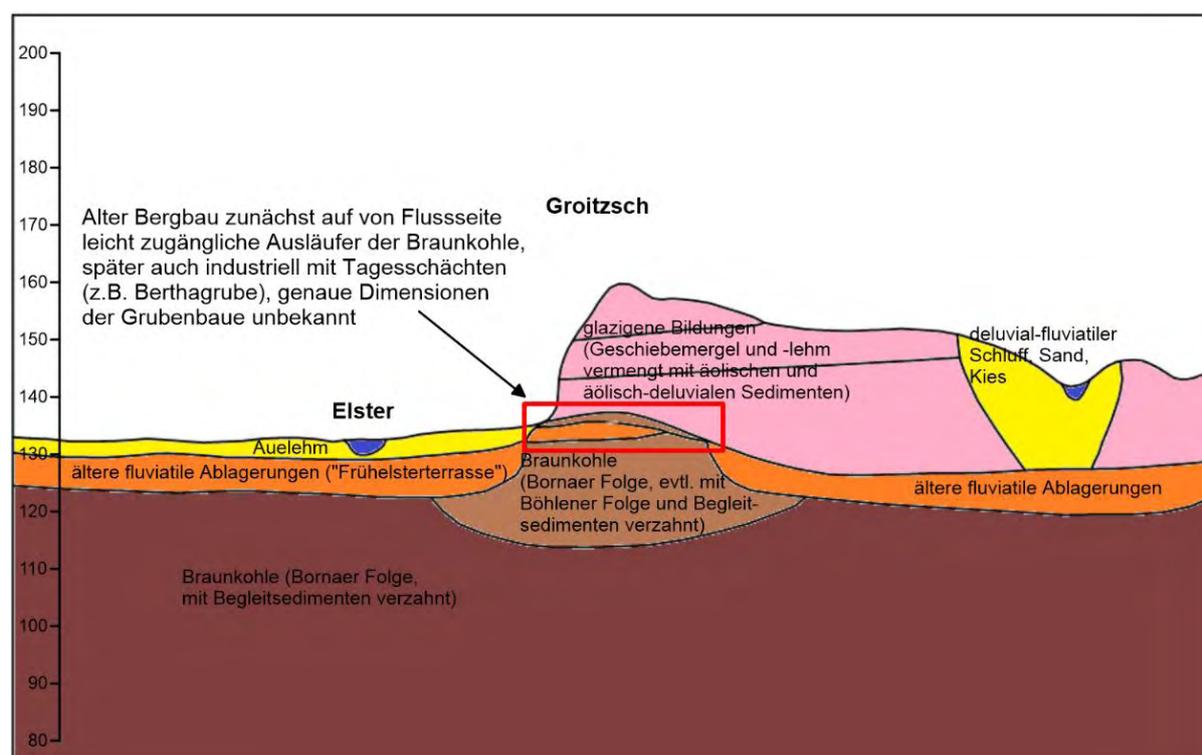


Abbildung 1 Vereinfachte Darstellung der regionalen Geologie im West-Ost-Schnitt (nach geologischem Schnitt Nr. 2 der Lithofazieskarte Quartär, Blatt 2665 Zeitz (Meißner und Müller, 1984))

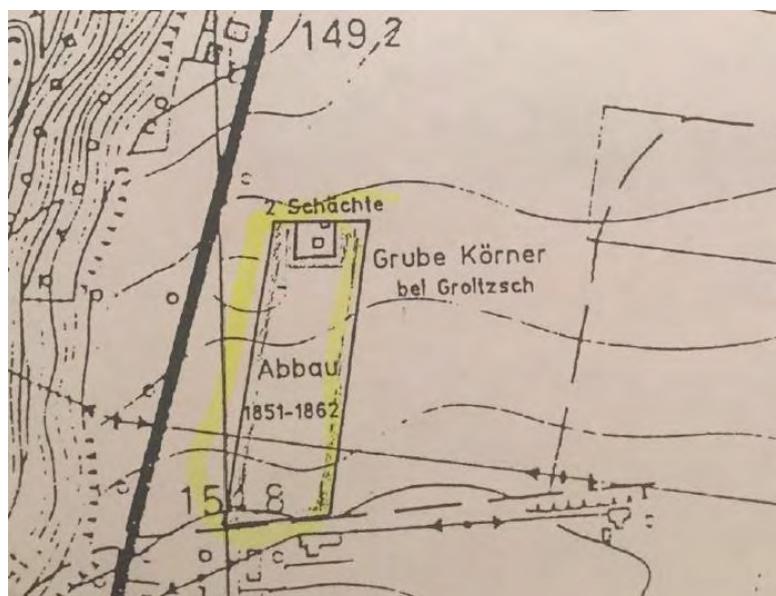
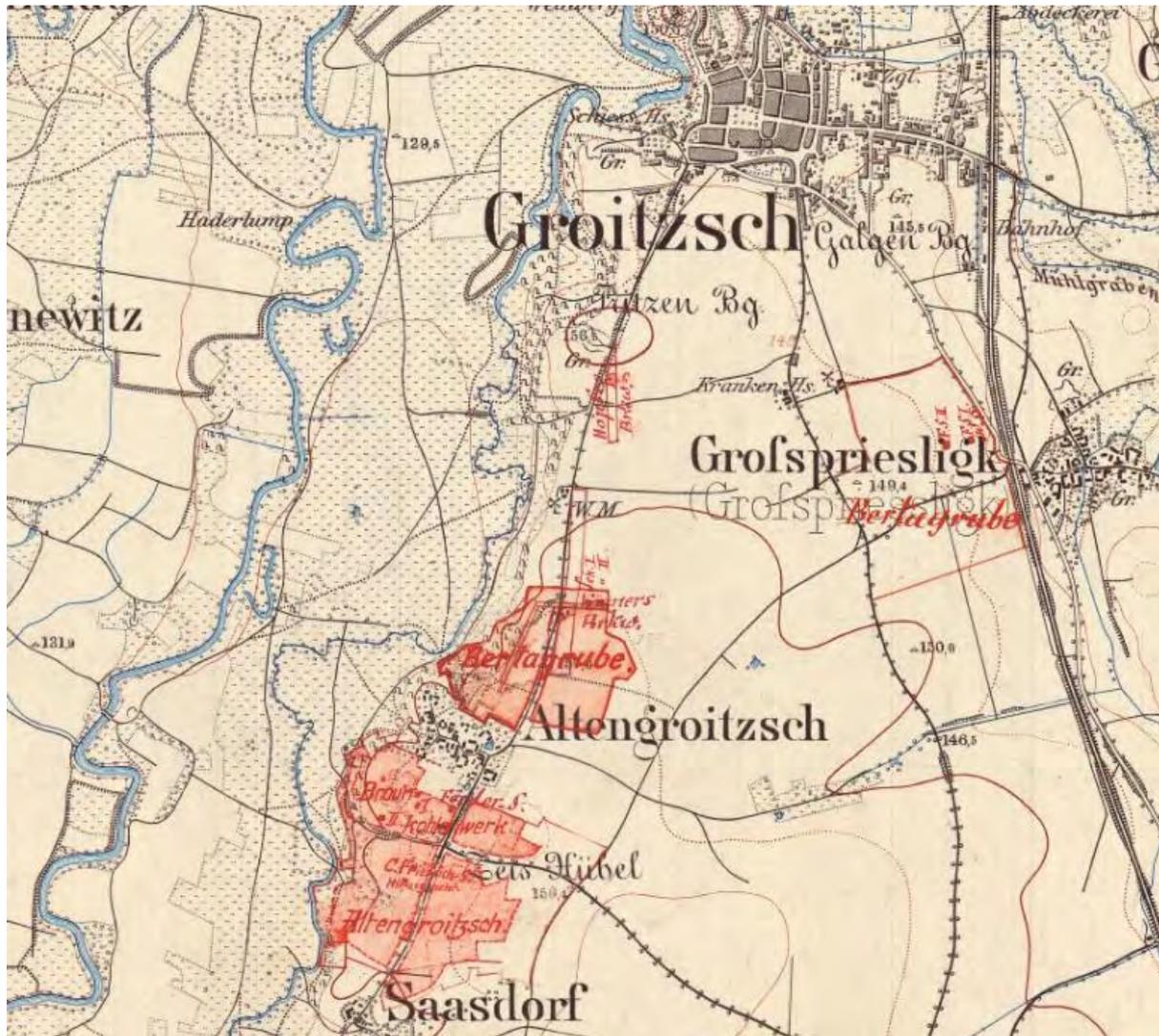


Abbildung 2 Lage der bekannten Grubenbaue bei Groitzsch nach Karten des Bergarchivs Freiberg. Abbildung 3 zeigt den Grubenriss der Berthagrube. Der genaue Umfang des Altbergbaus im Bereich der Grube Körner ist allerdings unbekannt.

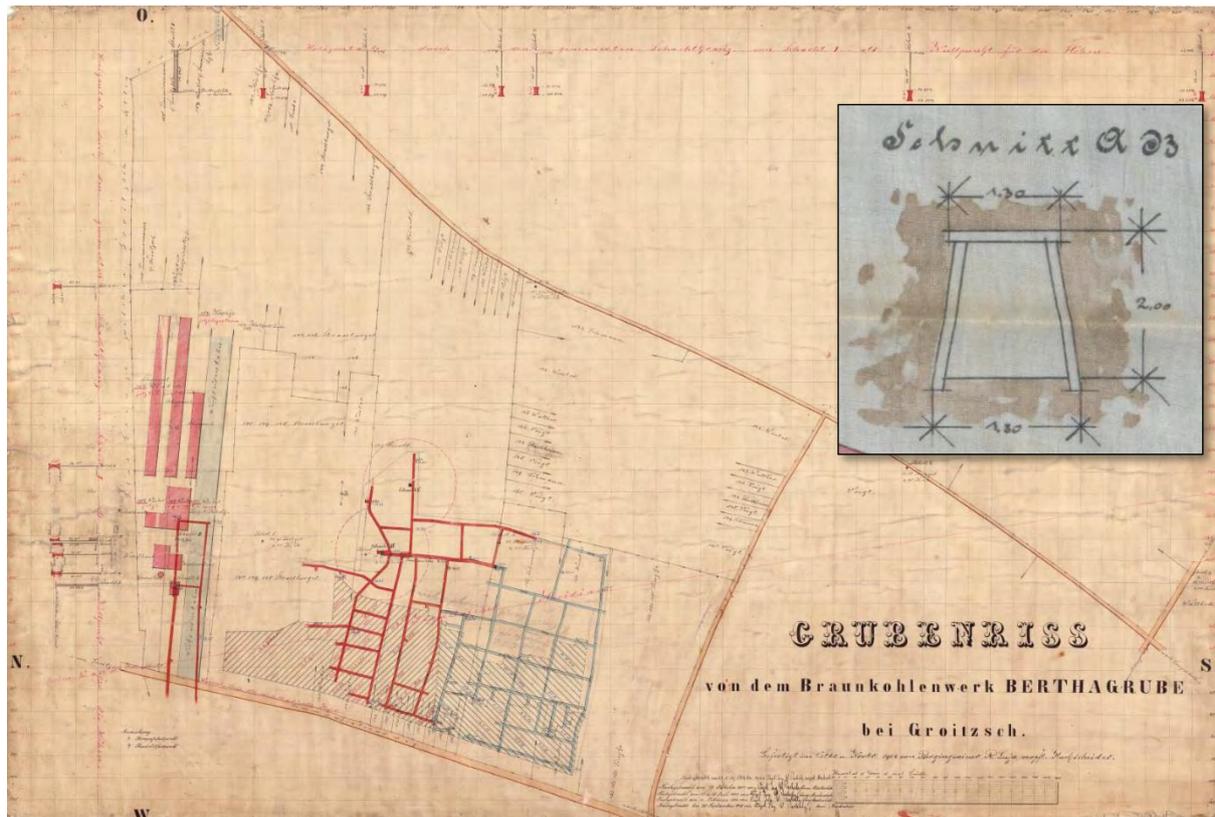


Abbildung 3 Grubenriss der Berthagrube (Auszüge).

## 1.2 MESSGEBIET

Das Untersuchungsgebiet befindet sich auf einem Rapsfeld an der S65 zwischen Grotzsch und Gätzen.

Die Lage des Untersuchungsgebiets kann grob anhand der Koordinaten der Eckpunkte nachvollzogen werden (ETRS89, UTM 33N):

Tabelle 1 Koordinaten der Eckpunkte des Untersuchungsgebiets

Rechtswert [m]	Hochwert [m]
309030	5669480
309180	5669450
309110	5669740
309270	5669740

Das Gebiet wurde mit 12 Profilen (4 in Nord-Süd- und 8 in West-Ost-Richtung) mit einer Gesamtlänge von 1356 m abgedeckt (siehe Anlage 1).

## 2.0 ERKUNDUNGSPROGRAMM

Die Erkundung von Hohlräumen in der o.g. Größe und Tiefenlage ist generell als schwierig einzustufen. Für die meisten indirekten Verfahren ist das Verhältnis Größe zu Tiefe zu klein um die Strukturen adäquat aufzulösen. Die Scherwellen-Reflexionsseismik ist unserer Auffassung nach das erfolgversprechendste Verfahren bei der vorliegenden Fragestellung.

### 2.1 SCHERWELLEN-OBERFLÄCHENSEISMIK

#### 2.1.1 Methodik

Die Untersuchung erfolgte mit dem Vibroseis-Verfahren (Crawford et al., 1960), das ursprünglich für die Kohlenwasserstoffexploration entwickelt wurde. Anstatt klassische Impulsquellen (Hammer, Sprengstoff) für die Generierung eines seismischen Signals zu verwenden, erfolgt die Anregung bei der Vibrationsseismik mit einem im Zeit- und Frequenzbereich wohldefinierten Schwingungsmuster, dem sogenannten sweep. Die Vorteile dieses Verfahrens sind die zeitliche Streckung des Signals, die damit verbundene Reduktion des initialen Krafteintrags (damit auch weniger destruktiv/deformativ) und die Möglichkeit der Definition des Frequenzbereichs des Signals in Abhängigkeit der Aufgabenstellung. Zudem ist durch die perfekte Reproduzierbarkeit des Signals auch eine sehr präzise Messung der Ankunftszeiten (Einsätze) der durch den Untergrund laufenden und schließlich an seismischen Empfängern (Geophonen) eintreffenden elastischen Wellen möglich. Die Ausbreitung und Registrierung eines sweeps ist ansonsten analog zur Ausbreitung und Registrierung einer Impulsanregung und daher auch mit der gleichen Ausrüstung messbar. Unmittelbar nach der Registrierung erfolgt die Dekodierung der aufgenommenen Zeitreihe mit einem Algorithmus (Vibroseis-Korrelation), sodass dem Anwender letztendlich ein Bild entsteht, das mit dem einer Messung mit einer Impulsquelle vergleichbar ist.

Sowohl in der Kohlenwasserstoffexploration als auch in der Ingenieurseismik werden üblicherweise Kompressionswellen (P-Wellen) genutzt. Eine weitere Art der Raumwellen in Festkörpern, die sogenannten Scherwellen (S-Wellen), deren Schwingung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Wellen erfolgt, werden hingegen eher selten genutzt, da sie spezielle Messausrüstung zur Anregung und Registrierung sowie kompliziertere Messdurchführungen und Auswertungen erfordern. Zudem sind Scherwellen in der Kohlenwasserstoffexploration unüblich, weil sie in Flüssigkeiten (Schermodul gleich null) nicht auftreten und daher nur sehr begrenzt Informationen über den in diesem Zusammenhang im Vordergrund stehenden Poreninhalt, das Erdöl und/oder -gas, liefern können. Dieser Umstand kann im Rahmen der oberflächennahen Erkundung allerdings auch zum Vorteil gereichen, da Kompressionswellen in flachen Tiefen maßgeblich durch das Porenfluid (Grundwasser) beeinflusst werden und entsprechend nur bedingt Informationen über das Muttergestein liefern. Die Unabhängigkeit der S-Wellen vom Grundwasserspiegel ermöglicht hingegen die Detektion von oberflächennahen Geschwindigkeitsinversionen im reflexionsseismischen Bild. Derartige Inversionslagen begrenzen jedoch generell auch die Anwendung der refraktionsseismischen Methode bei S-Wellen - im Gegensatz zu den P-Wellen. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die niedrige Ausbreitungsgeschwindigkeit der Scherwellen, die auch immer unter der der Kompressionswellen liegt. In oberflächennahen, lockeren und wassergesättigten Sedimenten kann das Verhältnis von P- zu S-Wellengeschwindigkeit den Faktor 12 oder mehr erreichen. In einer solchen Umgebung ergeben sich für die Scherwellen deutlich kleinere Wellenlängen, womit vorhandene Strukturen auch in einer deutlich höheren Auflösung abgebildet werden können (Ghose et al., 1996). Nähere Details zur Theorie der elastischen Wellen sind z.B. in Aki and Richards, 1980 beschrieben.

In den letzten 15 Jahren gelangte die Scherwellen-Oberflächenseismik infolge technischer und methodischer Weiterentwicklungen zu einer rasch wachsenden Beliebtheit (z.B. Dasios 1999, Inazaki 2005, Polom, 2005, Pugin et al. 2004, 2007 und 2013, Malehmir et al. 2015). Diese Weiterentwicklungen kombinieren aktuellste Vibrationstechnik (Polom, 2005, Kurahashi und Inazaki 2007, Polom et al. 2010 und 2011, Pugin 2007 und 2013, Krawczyk et al. 2011) mit den modernen

Apparaten und Methoden zur seismischen Registrierung und Auswertung wie sie in der Kohlenwasserstoffexploration angewendet werden. Damit ist eine hochauflösende Untersuchung der oberen 100 m des Untergrundes mit relativ wenig Ausrüstung möglich geworden. Aktuell sind vertikale Auflösungen von 0,5 m erreichbar. Die laterale Auflösung beginnt bei etwa 0,5 m im oberflächennahen Bereich und fällt, in Abhängigkeit zu den vorherrschenden seismischen Geschwindigkeiten, linear mit der Tiefe ab (in 20 m sind etwa 2-3 m zu erwarten). Ein spezieller Vorteil der Entwicklungen im Design der Messausrüstung liegt in der Anwendbarkeit auf asphaltierten, betonierten und/oder gepflasterten Oberflächen, sodass Untersuchungen auch zuverlässig im urbanen Bereich durchgeführt werden können.

Das Grundprinzip der Seismik liegt in der Ausbreitung elastischer Wellen in Festkörpern infolge einer Stressanregung auf deren Oberfläche. Die kinetischen Eigenschaften dieser Wellen hängen von den physikalischen/akustischen Parametern im Ausbreitungsmedium ab. Durch die gezielte Anregung und Registrierung elastischer Wellen auf der Erdoberfläche können daher Rückschlüsse auf die strukturellen und physikalischen Eigenschaften des Untergrundes gezogen werden. Grundsätzlich erfolgt die Ausbreitung seismischer Wellen im Untergrund entlang von hemisphärischen Wellenfronten. An Trennflächen zwischen zwei Materialien unterschiedlicher akustischer Impedanz/Ausbreitungsgeschwindigkeit kommt es zu Brechung, Refraktion und/oder Reflexion, analog der Brechung, Refraktion und Reflexion von Licht (Abbildung 4). Durch die wiederholte Anregung und Registrierung der Wellen bei wechselnden Quell- und Empfängerpositionen wird der Untergrund stückweise „durchleuchtet“. Die Darstellung der an den Empfängern registrierten Schwingungen eines Anregungsereignisses erfolgt üblicherweise in Form von sogenannten wiggle plots (Abbildung 5). Erst durch die komplexe Auswertung (siehe Kapitel 2.1.3) aller Daten eines Profils entsteht ein seismisches Bild des Untergrundes, das detaillierte Strukturen erkennen lässt und als Basis der Interpretation (siehe Kapitel 3.0) fungiert.

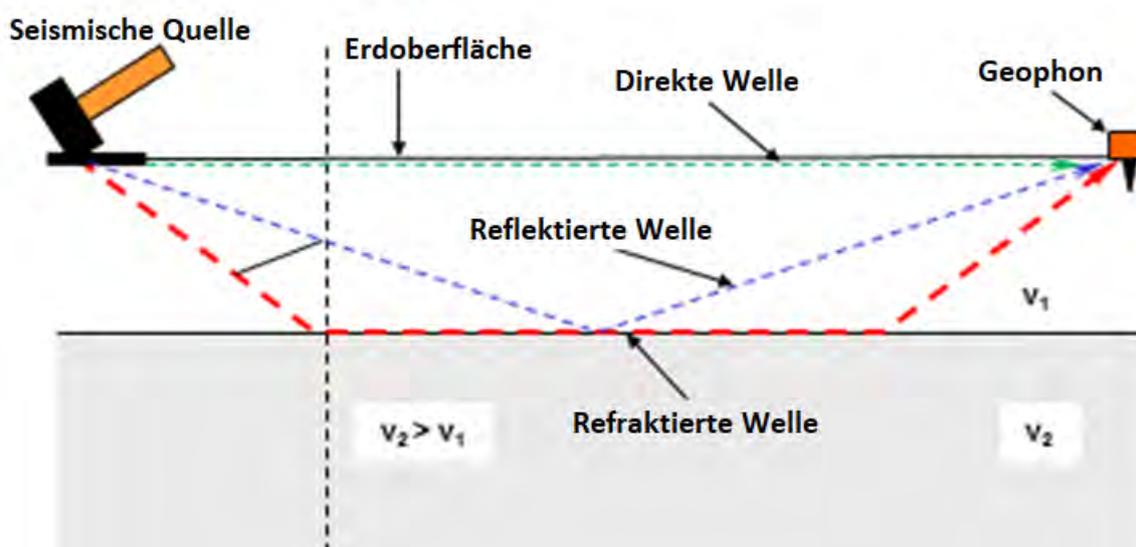
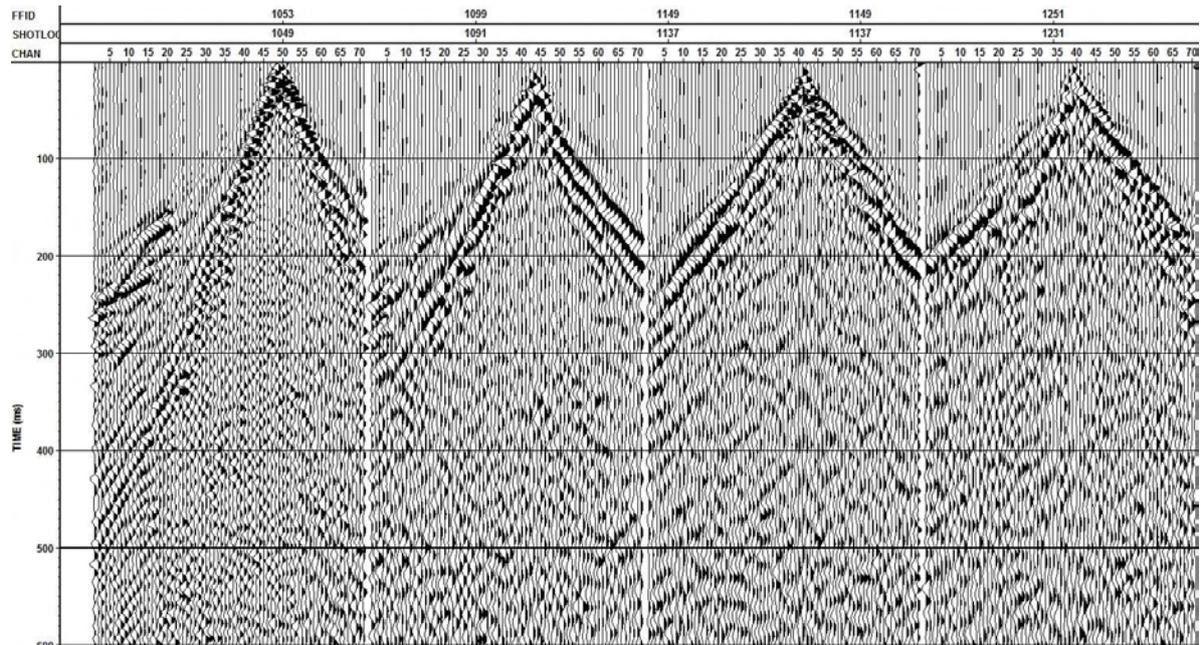


Abbildung 4 Schematische Darstellung des Prinzips der Oberflächenseismik



**Abbildung 5 Grafische Darstellung der registrierten Schwingungen eines Anregungsereignisses auf Profil G1**

### 2.1.2 Feldmessungen

Die Feldmessungen erfolgten zwischen dem 20. und 29. November 2017. Die Anordnung der Messprofile ist in Anlage 1 dargestellt. Folgende Ausrüstung wurde genutzt:

Seismograph	3 x Geometrics Geode, d.h. 71+1 Kanäle (1 Pilotkanal)
Messanordnung	Auslage von 3 x 24 Geophonen, Progression im roll-along-Verfahren 1 m Geophonabstand, 2 m Anregungspunktabstand
Geophone	14.5 Hz Horizontalgeophone (gesteckt)
Quelle	Scherwellenvibrator EIViS III S8

Alle Geophonpositionen wurden mit RTK-GPS eingemessen. Da sich das Untersuchungsgebiet ausschließlich auf einem Rapsfeld mit der Jahreszeit entsprechenden niedrigen Bewuchs (20-30 cm) befand, war eine hinreichend gute Kopplung zwischen Geophon und Untergrund immer gewährleistet. Störungen durch den Straßenverkehr auf der nahe gelegenen S65 konnten nicht zuletzt infolge des relativ geringen Verkehrsaufkommens durch entsprechendes Timing der Anregung vermieden werden. Einige Tage waren durch teils sehr starken Wind gekennzeichnet, der vor allem bei senkrechtem Auftreffen auf die Geophonauslage zu zeitweisen Beeinträchtigungen der Messungen führte.



**Abbildung 6 Feldmessungen auf niedrig bewachsenem Rapsfeld**

### **2.1.3 Datenbearbeitung**

Bevor seismische Messungen ausgewertet werden können, ist eine umfangreiche Bearbeitung (Processing) der Daten notwendig.

#### **2.1.3.1 Datenqualität**

Die seismische Datenqualität ist meist gut. Allerdings ist in praktisch allen Daten ein enorm hoher Energieanteil an quell-generiertem Rauschen (Noise) in Form von Love-Wellen (Oberflächenwellen, ground roll) zu beobachten. Diese Wellen sind recht langsam und weisen eine ähnliche Geschwindigkeit wie die Nutzsignale auf, sind jedoch dispersiv und entsprechen nicht Reflexionen. Zusätzlich wird oft bis zu einer Laufzeit von 300 bis 400 ms – also im Bereich der erwarteten Reflexionen in 10 bis 20 m Tiefe unter Gelände – sogenannte „guided waves“ (geführte Wellen) beobachtet. Dieser Wellentyp entspricht in einem Medium gefangenen Wellen, die parallel zur Oberfläche laufen (vermutlich Pflugtiefe). Zudem maskieren sie aufgrund ihrer an diesem Standort besonders hohen Energie in starkem Maße die gesuchten Reflexionen bis zur Unkenntlichkeit bzw. Unauffindbarkeit. Diese beiden störenden Einflüsse der Quelle werden oft auf weichen Böden (Ackerland, Sumpf) beobachtet. Die Abbildungen 7 und 8 zeigen je ein Datenbeispiel mit stark maskierten Reflexionen bei ca. 200 ms Laufzeit.

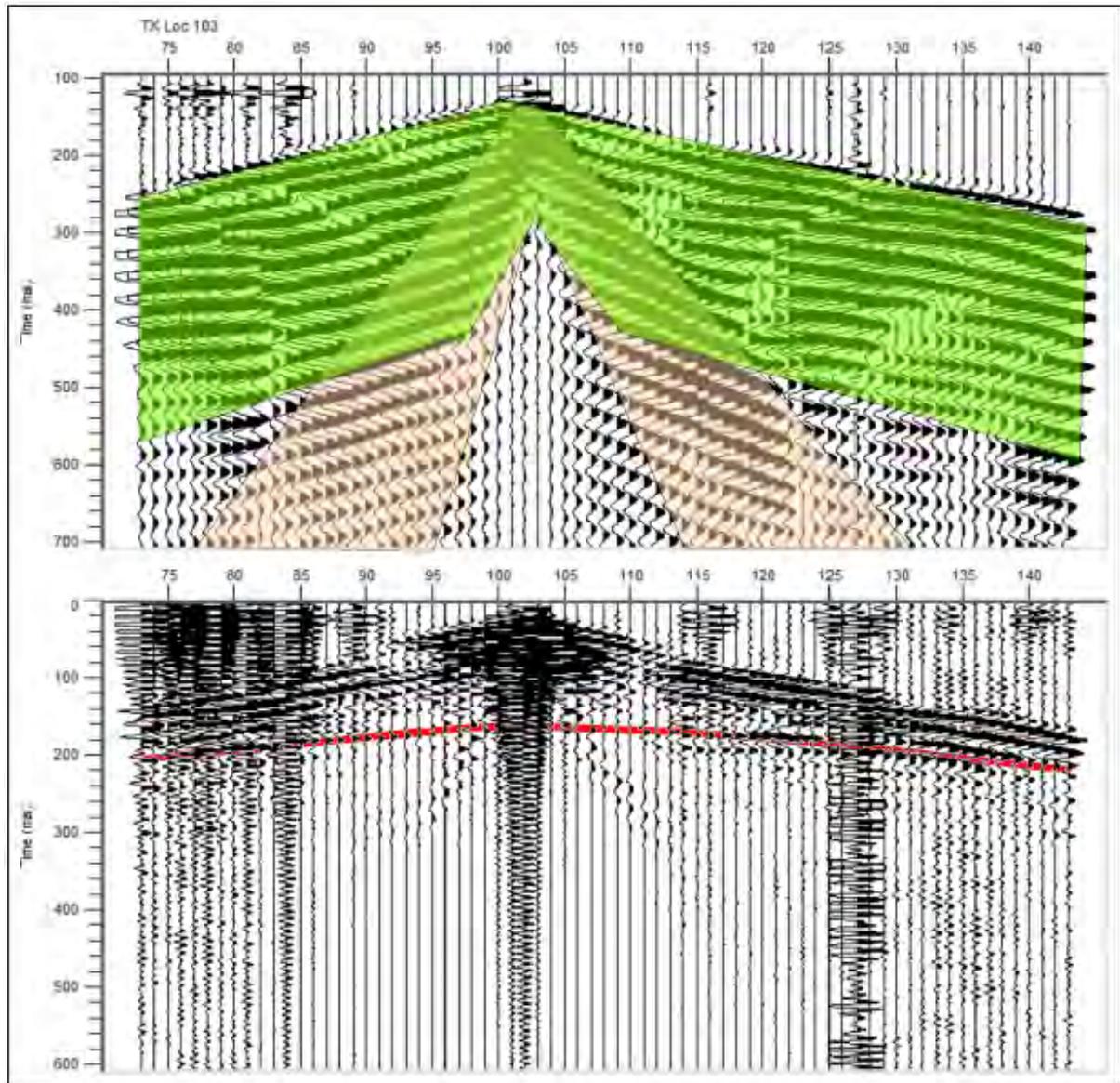
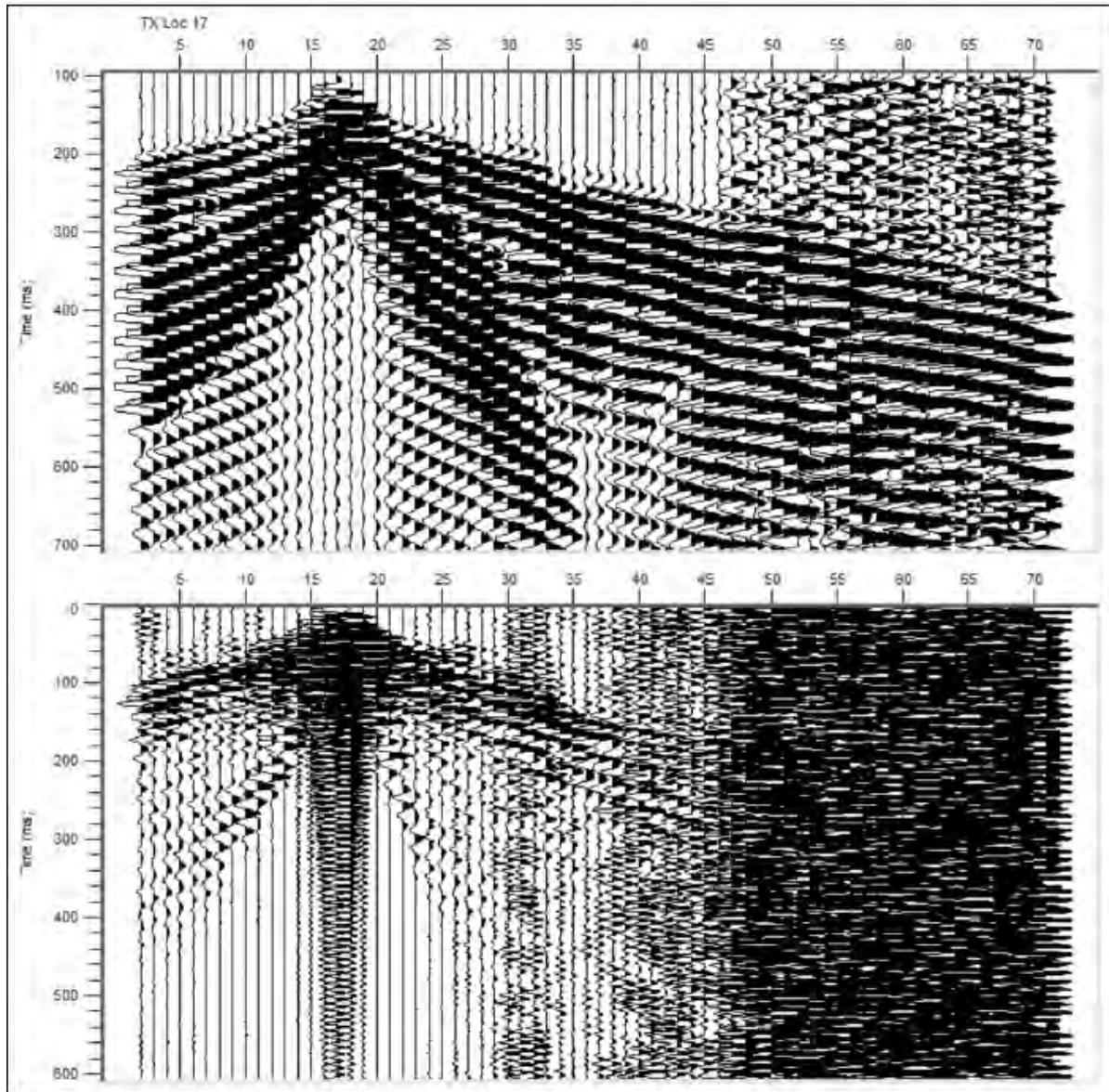


Abbildung 7 Beispiel eines Datensatzes mit hoher Qualität. Oben: Felddaten von Profil G1. Unten: die gleichen Daten von Profil G1, mit einem optimalen, sehr hochfrequenten Bandpassfilter bearbeitet. Während die unbearbeiteten Daten enorm starke Love- (orange) und geführte (grün) Wellen aufweisen, ist in der bearbeiteten Seismogrammmontage die Reflexion (rot) sehr gut erkennbar.



**Abbildung 8** Beispiel eines Datensatzes mit geringer Qualität. Oben: Felddaten von Profil G9. Unten: die gleichen Daten von Profil G9, mit einem mittleren Bandpassfilter bearbeitet. Während die unbearbeitete Aufzeichnung Signale über alle aktiven Geophone aufweist, sind tatsächlich nutzbare Daten in der bearbeiteten Sektion nur bis etwa 25 bis 30 m Offset (Distanz zwischen Quell- und Geophonposition) erkennbar.

### 2.1.3.2 Reflexionsseismische Datenbearbeitung

Die reflexionsseismische Datenbearbeitung hat zum Ziel, das Nutz-Störsignal-Verhältnis (signal to noise ratio) zu verbessern, geometrische Effekte zu korrigieren und die Seismogramme in einer sogenannten Zero-Offset-Sektion, d.h. einem Vertikalschnitt entsprechend, darzustellen.

Die 11 Messprofile wurden mittels möglichst einheitlichem Auswerteschema analysiert und bearbeitet. Aus diesem Grund wurden einzelne Auswertungsschritte, Parameter und assoziierte Daten nur wo nötig angepasst, beispielsweise bei der Vibrokorrelation, der Geometriezuordnung, den statischen Korrekturen, dem Editing, der Datenfilterung und insbesondere bei der Geschwindigkeitsfunktion der NMO-Korrektur (normal move out).

In Abbildung 9 ist ein typischer Ablauf der Datenverarbeitungsschritte in Form eines Flussdiagramms dargestellt.

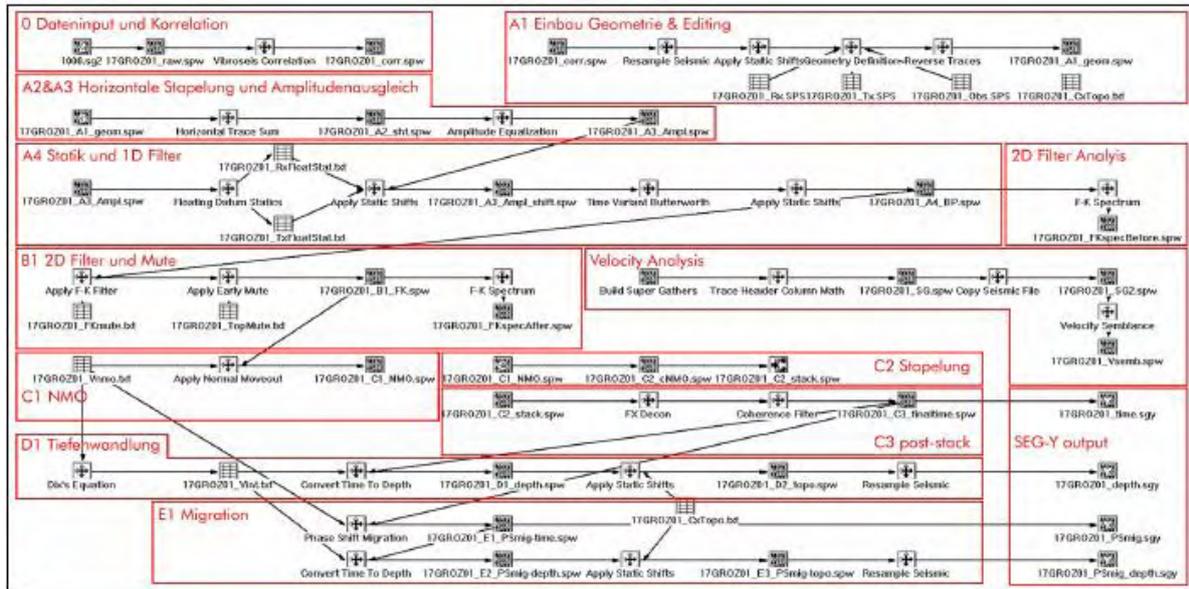


Abbildung 9 Flussdiagramm mit einem Überblick über die einzelnen Schritte der seismischen Datenverarbeitung

### Datenvorbereitung

Nach der Korrelation der Vibro-Daten (Quellwavelet als Sweep) mit dem Quell-Sweep liegen die Seismogramme in Form von Impuls-Daten (Quellwavelet als Impuls) vor. Diese Zero-Phase-Daten werden mit den Eigenschaften des Quell-Sweeps zu Minimum-Phase-Daten korrigiert.

Einige verdrehte Spuren (Aufzeichnungen der Empfängerkanäle/Geophone) müssen durch Phasendrehung auf korrekte Orientierung gebracht werden. Stark verrauschte Spuren wurden manuell gelöscht.

Die geringen topographischen Höhenänderungen einzelner Quell- und Empfängerpositionen erfordern keine feldstatischen Korrekturen, zumal keine oberflächennahen Geschwindigkeitsinformationen zur Verfügung stehen. Trotzdem wurde eine sanfte Korrektur zwischen dem sogenannten floating datum (mittlere Höhe der CSG (common source gather, Quellpositionen) und CRG (common receiver gather, Empfängerpositionen)) auf das SRD (seismic reference datum, Referenzhöhe) 160 m NN durchgeführt.

Die Bearbeitungsschritte können wie folgt zusammengefasst werden:

- Import der Felddaten im seg2-Format
- Vibrokorelation: Kreuzkorrelation aller seismischen Spuren mit der Pilotspur (Aufzeichnung des Quell-Sweeps), Minimum-Phase Kompensation
- Einlesen/Festlegen der Geometrie: Quell- und Empfängerpositionen
- Korrektur verdrehter Spuren
- Löschen stark verrauschter Spuren
- Vertikale Stapelung
- Statische Korrekturen auf SRD 160 m NN

### Verbesserung der Signalqualität

Wie unter 2.1.3.1 erläutert und dargestellt, sind die Seismogramme von enorm starken Oberflächenwellen und geführten Wellen geprägt. Dies erlaubt keine Anwendung einer Dekonvolution. Entsprechend wurde versucht, die reflektierte, seismische Impulsantwort mittels einer Kombination von sehr hochfrequentem Bandpassfilter (Butterworth; 90-130 Hz bei 18 dB/oct) und zweidimensionalem FK-Filter (manuelle Unterdrückung/Stummschaltung des quellgenerierten Rauschens) zu konstruieren. Insbesondere bei den Profilen im Süden funktionierte das allerdings nur sehr bedingt.

Die Bearbeitungsschritte können wie folgt zusammengefasst werden:

- Gleichsetzen der Spuren auf ein konstantes mittleres Energielevel
- Butterworthfilter: 90-130 Hz @ 18 dB/oct, Profile G8, G9 und G10: 70-130 Hz @ 18 dB/oct
- Analyse und Anwendung eines FK-Filters zur Unterdrückung direkter, refraktierter, geführter und Oberflächenwellen
- Stummschaltung der frühen Zeiten: opto-manuelle Festlegung

### Geschwindigkeitsanalyse und Stapelung

Die zeitliche Antwort des seismischen Quellwavelets wird vornehmlich durch die geometrische Verzerrung aufgrund der unterschiedlichen Quell-Empfänger-Konfiguration an jedem Seismogramm beeinflusst. Um einen seismischen Pseudo-Vertikalschnitt zu erstellen, muss diese geometrische Verzerrung auf Basis der Quell-Geophon-Abstände und der seismischen Geschwindigkeitsverteilung im Untergrund korrigiert werden. Eine sorgfältige Bestimmung der notwendigen Laufzeitkorrekturen wird mittels aufwändigen, iterativen Verfahren in der Schussdomäne ausgeführt. Die Korrekturen werden als NMO-Korrektur (normal move out) auf jedem Seismogramm laufzeitabhängig angebracht. Anschließende Sortierung in die CMP-Domäne (common mid point, gemeinsamer Mittelpunkt) und horizontale Stapelung aller Seismogramme am gleichen CMP erbringt die Laufzeitsektion.

Die Bearbeitungsschritte können wie folgt zusammengefasst werden:

- Geschwindigkeitsanalyse: hyperbolische Geschwindigkeit, bestimmt in CSG, CMP-5bin-supergather und Ähnlichkeitsanalyse
- NMO-Korrektur: quadratische Interpolation, stretch mute 20%
- CMP-Sortierung
- Bei Profilen G8, G9 und G10: horizontaler Spurmix im 1-3-1-Schema
- CMP-Stapelung: alle Spuren, relative Amplituden, Wiederholung der Stummschaltung früher Zeiten

### Post-Stack-Korrekturen

Geringfügige Unregelmäßigkeiten in einzelnen Reflektoren können mittels FX-Dekonvolution oder dem sogenannten Kohärenzfilter ausgeglichen werden. Ziel dieser Rechenschritte ist einzig das Erzeugen optisch kontinuierlicher Reflektoren.

Die Bearbeitungsschritte können wie folgt zusammengefasst werden:

- FX-Dekonvolution: 11 sample – 21 spuren Filter, 30% Anpassung
- Kohärenzfilter: exp 1,2

### Tiefenwandlung und Migration

Die Laufzeiten werden auf Basis von mittels Dix-Formel berechneten Intervallgeschwindigkeiten von Zwei-Wege-Laufzeiten in Tiefen umgewandelt. Aus der Korrektur der Tiefen unter Gelände in Tiefen unter Referenzdatum resultiert schlussendlich die finale Sektion, die Grundlage der Interpretation ist.

Die Bearbeitungsschritte können wie folgt zusammengefasst werden:

- Zeit-Tiefen-Umwandlung: Dix Geschwindigkeiten, 0,1 m Tiefenintervalle, 100 m Tiefe
- Statische Korrektur von SRD auf Topographie
- SEG-Y Export

### 3.0 INTERPRETATION DER MESSERGEBNISSE

#### 3.1 DATENGRUNDLAGE

Für die Interpretation wurde ein integrativer Ansatz verwendet, welcher alle verfügbaren Daten berücksichtigt:

- Topographie-Daten
- Daten der seismischen Erkundung
- Aktuelle Bohr- und Drucksondierungen
- Risswerke und Unterlagen des Bergarchivs Freiberg

#### 3.2 ERGEBNISSE DER GEOPHYSIKALISCHEN ERKUNDUNG

Die Ergebnisse der Profile G1 bis G7 sowie G11 und G12 zeigen deutliche bis relativ deutliche Reflexionen, die eine detaillierte Auswertung ermöglichen. Die Profile G8 bis G10 weisen aufgrund der in 2.1.3 beschriebenen Problematik kaum interpretierbare Reflexionen auf. Anlage 1 zeigt den Lageplan des Untersuchungsgebiets. Anlage 2 enthält detaillierte Darstellungen der integrativen Auswertung der Profile sowohl in Form von vertikalen Schnitten der einzelnen Profile als auch mittels perspektivischer Ansichten einer gemeinsamen 3D-Visualisierung.

Die Ergebnisse der Oberflächenseismik lassen sich nun wie folgt zusammenfassen:

1. Der oberflächennahe, zumeist bindige Boden (Schluff, manchmal tonig, vereinzelt auch kiesig und sandig) erzeugt sehr unregelmäßige und zumeist kleinräumige Reflexionen bis in Teufen von etwa 3 – 10 m, die im Sinne der Aufgabenstellung von nachrangiger Bedeutung sind.
2. Ab etwa 3 – 10 m Teufe kommt es zu regelmäßigen und z.T. sehr deutlich ausgeprägten Reflexionen, die die Oberkante der kompakteren glazigenen Bildungen (Geschiebemergel und -lehm, vermengt mit äolischen und äolisch-deluvialen Sedimenten) anzeigen.
3. In etwa 15 – 20 m Tiefe wird der Übergang zur Braunkohle (Bornaer Folge, verzahnt mit Begleitsedimenten, evtl. Übergang zu Böhlener Folge (Schluffe, Feinsande) und älterem Flusssand) erwartet, welcher sich im reflexionsseismischen Bild durch einen leichten Rückgang von Amplitude und Wellenlänge auszeichnet.
4. Die generell relativ regelmäßigen und deutlichen Reflexionen der tieferen Schichten (aus Punkt 2 und 3) lassen auf eine vornehmlich horizontale Lagerung schließen. Lokal sind deutliche, vor allem vertikale, Diskontinuitäten (Unterbrechungen) zu beobachten. Die Ursache der damit angezeigten Lagerungsstörungen kann generell in glazialer/fluviatiler Überprägung, Subrosion (Auslaugung) und/oder Altbergbau liegen.
5. Es sind einige deutliche Indikationen für mögliche Hohlräume bzw. Verbruchereignisse und damit einhergehende Absenkungen in den unmittelbar über der Braunkohle liegenden Reflektoren feststellbar (synklinale Strukturen (Senken) mit vertikalen Diskontinuitäten in den Randbereichen, z.T. mündend in „fehlende“ Reflektoren). Daneben existieren noch zahlreiche weitere, aber weit weniger deutlich ausgeprägte Indikationen entlang der in Punkt 4 erwähnten Lagerungsstörungen.

Die Bohr- und Drucksondierungen im Bereich der geplanten Ortsumgebung erfassten lediglich Teufen bis ca. 5 m (Bohrsondierung) bzw. 10 m (Drucksondierung). Damit liegen keine aktuellen direkten Aufschlüsse für das für die Aufgabenstellung als relevant eingeschätzte Teufenintervall vor, womit auch die Korrelation der Ergebnisse bzw. integrative Auswertung entsprechend eingeschränkt wird.

### 3.3 NACHERKUNDUNGSEMPFEHLUNG

Zur Verifizierung der Ergebnisse der Oberflächenseismik im Sinne der Aufgabenstellung werden weiterführende Untersuchungen auf der Grundlage direkter Aufschlussverfahren (z.B. CDS Cavity Detection System (Hohlraum-Detektions-System)) empfohlen. Diese dienen der Verifizierung ausgewiesener Hohlraum- bzw. Verbruchstrukturindikationen, der Beurteilung der geotechnischen Relevanz möglicherweise damit verknüpfter Schwächezonen sowie der allgemeinen Risikobewertung des Standortes in Bezug auf Tagesbruch-/Erdfallgefahr (vgl. Braun et al., 2017). Die Tiefe der damit verbundenen direkten Aufschlüsse sollte mindestens 20 m betragen. Die empfohlenen Ansatzpunkte der Aufschlüsse liegen auf 9-Punkte-Rastern mit einem Gitterabstand von 1,5 m um die ausgewiesenen Indikationen. Bei der Festlegung der Ansatzpunkte wurden die Bereiche auf bzw. unmittelbar neben der geplanten Baumaßnahme und den auf Basis der Unterlagen des Bergarchivs vermuteten Schächten aufgrund des entsprechend erhöhten Risikos besonders berücksichtigt. Daneben wird aber ebenso die Nacherkundung der besonders auffälligen Indikationen (z.B. Profil G2) vornehmlich zur Verifizierung der geophysikalischen Ergebnisse empfohlen. Die folgende Tabelle enthält die Koordinaten aller empfohlenen Ansatzpunkte:

**Tabelle 2 Empfohlene Ansatzpunkte zur Nacherkundung**

Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Bezeichnung
309128,34	5669683,16	CDS 1
309129,62	5669683,95	CDS 2
309129,12	5669681,89	CDS 3
309130,90	5669684,73	CDS 4
309130,40	5669682,67	CDS 5
309129,91	5669680,61	CDS 6
309131,68	5669683,45	CDS 7
309131,19	5669681,39	CDS 8
309132,47	5669682,18	CDS 9
309154,23	5669677,16	CDS 10
309155,52	5669677,93	CDS 11
309155,02	5669675,88	CDS 12
309156,80	5669678,72	CDS 13
309156,31	5669676,67	CDS 14
309155,81	5669674,60	CDS 15
309157,59	5669677,44	CDS 16
309157,09	5669675,39	CDS 17
309158,36	5669676,17	CDS 18
309196,08	5669667,15	CDS 19
309197,36	5669667,93	CDS 20
309196,86	5669665,88	CDS 21
309198,64	5669668,72	CDS 22
309198,16	5669666,67	CDS 23
309197,65	5669664,61	CDS 24
309199,43	5669667,45	CDS 25
309198,93	5669665,39	CDS 26
309200,21	5669666,17	CDS 27
309124,19	5669598,49	CDS 28
309125,51	5669599,18	CDS 29
309124,89	5669597,16	CDS 30
309126,84	5669599,88	CDS 31
309126,22	5669597,84	CDS 32
309125,60	5669595,83	CDS 33
309127,54	5669598,56	CDS 34
309126,93	5669596,54	CDS 35

Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Bezeichnung
309128,25	5669597,24	CDS 36
309118,37	5669579,91	CDS 37
309119,68	5669580,60	CDS 38
309119,07	5669578,59	CDS 39
309121,02	5669581,30	CDS 40
309120,39	5669579,28	CDS 41
309119,76	5669577,27	CDS 42
309121,72	5669579,98	CDS 43
309121,09	5669577,96	CDS 44
309122,42	5669578,66	CDS 45
309186,08	5669642,95	CDS 46
309187,29	5669643,82	CDS 47
309186,95	5669641,74	CDS 48
309188,51	5669644,69	CDS 49
309188,16	5669642,60	CDS 50
309187,82	5669640,52	CDS 51
309189,39	5669643,48	CDS 52
309189,04	5669641,39	CDS 53
309190,27	5669642,27	CDS 54
309204,33	5669696,13	CDS 55
309205,53	5669697,01	CDS 56
309205,22	5669694,92	CDS 57
309206,73	5669697,91	CDS 58
309206,42	5669695,82	CDS 59
309206,11	5669693,73	CDS 60
309207,63	5669696,69	CDS 61
309207,32	5669694,61	CDS 62
309208,52	5669695,51	CDS 63
309218,78	5669694,03	CDS 64
309219,97	5669694,93	CDS 65
309219,66	5669692,83	CDS 66
309221,17	5669695,81	CDS 67
309220,86	5669693,71	CDS 68
309220,56	5669691,63	CDS 69
309222,07	5669694,62	CDS 70
309221,76	5669692,51	CDS 71
309222,97	5669693,42	CDS 72

### 3.4 LIMITIERUNGEN

Geophysikalische Verfahren sind indirekter Natur. Alle Ergebnisse wurden aus der räumlichen Verteilung physikalischer Parameter, die mittels auf Modellvorstellungen basierender Algorithmen berechnet wurden, hergeleitet. Die Korrelation bzw. Verifizierung der Ergebnisse sowie ggf. die Aktualisierung der zu Grunde liegenden Modelle durch direkte Aufschlussverfahren wurde mit allen verfügbaren Daten durchgeführt (Bohrungen, Drucksondierungen bis 5 bzw. 10 m Teufe). Weitere direkte Aufschlüsse zur Überprüfung des Ursprungs der ausgewiesenen Indikationen sowie zur geotechnischen Beurteilung ihrer Relevanz werden dringend empfohlen (siehe Kapitel 3.3).

## 4.0 QUELLEN

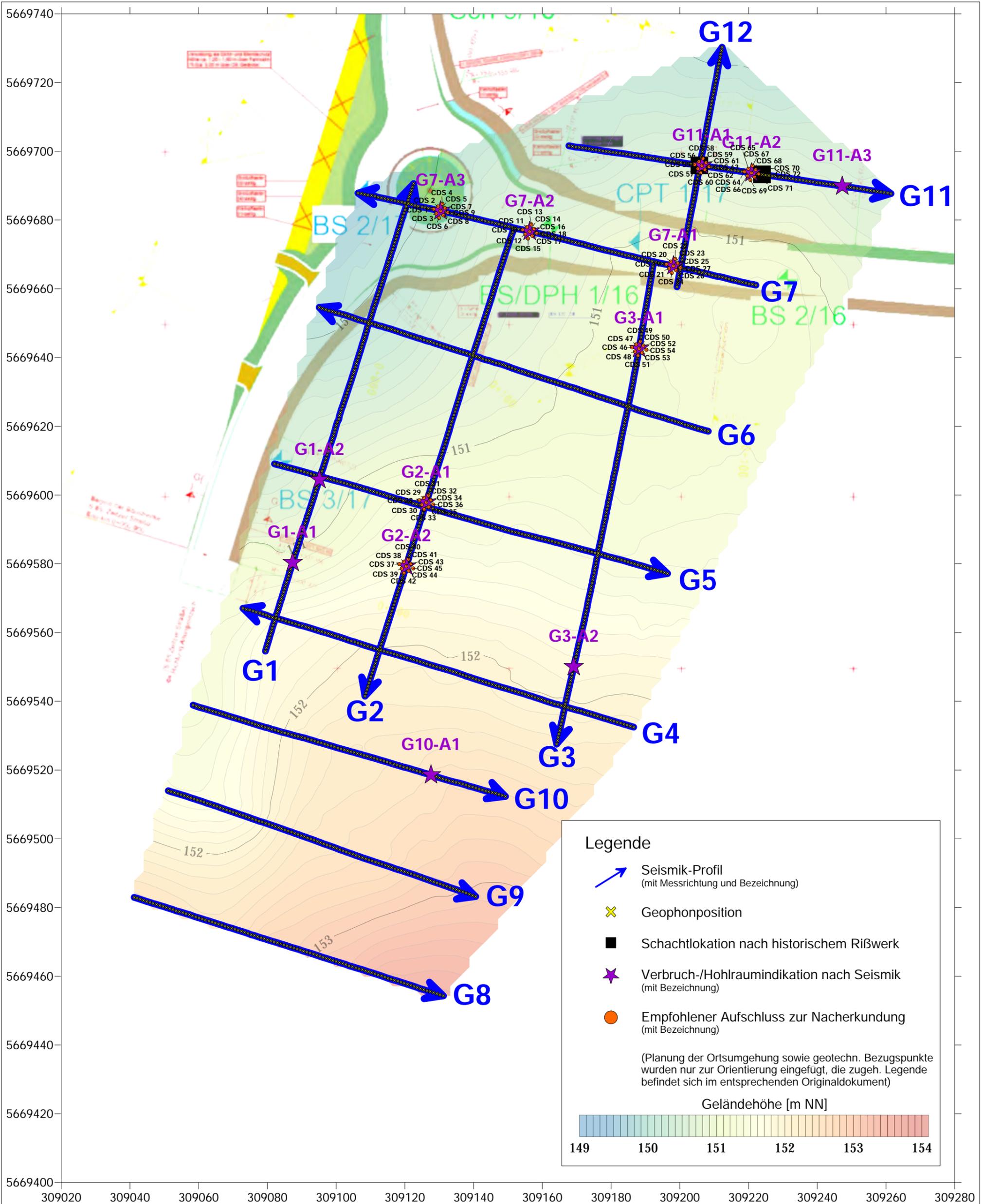
- Aki, K., Richards, P.G. 1980. Quantitative seismology. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- Braun, S., Tamaskovics, N., Meier, G. and Schlesinger, B. 2017. Statistisches Konzept zur Risikobewertung auf Standorten mit potenzieller Tagesbruch- oder Erdfallgefahr. 10th Freiburger Geotechnik-Kolloquium
- Crawford, J.M., Doty, W., and Lee, M.R. 1960. Continuous signal seismograph. *Geophysics*, 25, 95-105.
- Inazaki T., 2004. High-resolution seismic reflection surveying at paved areas using an S-wave type Land Streamer. *Exploration Geophysics* 35: 1-6. <http://dx.doi.org/10.1071/EG04001>.
- Dasios, A., McCann, C., Astin, T., McCann, D., and Fenning, P. 1999. Seismic imaging of the shallow subsurface: Shear wave case histories: *Geophysical Prospecting*, 47, 565-591.
- Ghose, R., Brouwer, J., Nijhof, V. 1996. A portable S-wave vibrator for high-resolution imaging of the shallow subsurface. 59th EAGE Conference and Technical Exhibition, Amsterdam, Expanded Abstracts MO37.
- Krawczyk, C.M., Polom U., Trabs, S., Dahm, T., 2011. Sinkholes in the city of Hamburg—New urban shear wave reflection seismic system enables high-resolution imaging of subsrosion structures. *Journal of Applied Geophysics* 78: 133-143. ISSN 0926-9851, 10.1016/j.jappgeo.2011.02.003.
- Kurhashi, T., Inazaki, T., 2007. Seismic reflection survey using shear wave vibrator for an active fault. Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems (SAGEEP) 2007. 566-573.
- Malehmir, A., Zhang, F., Dehhannejad, M., Lundberg, E., Döse, C., Friberg, O., Brodic, B., Place, J., Svensson, M., and Möller, H. 2015. Planning of urban infrastructure using a broadband seismic landstreamer - Tomography results and uncertainty qualifications from a case study in southwest Sweden. *Geophysics* 80, 6, 177-192.
- Meißner, I. and Müller, A. 1984. Lithofazieskarten Quartär, Blatt 2665 Zeitz. Zentrales Geologisches Institut der DDR
- Polom, U., Druivenga, G., Grossmann, E., Grueneberg, S., Rode, W. 2011. Transportabler Scherwellenvibrator. Patent application DE 103 27 757 A1, Deutsches Patent- und Markenamt (in German).
- Polom, U., Hansen, L., Sauvin, G., L'Heureux, J-S., Lecomte, I., Krawczyk, C.M., Vanneste, M., and Longva, O. 2010. High-resolution SH-wave seismic reflection for characterization of onshore ground conditions in the Trondheim Harbor, central Norway. In Miller, R.D., Bradford, J.H., 700 and Holliger K., 2010: Advances in near-surface seismology and ground-penetrating radar. *Geophysical Developments Series*, No. 15, 297-312.
- Polom, U. 2005. Vibration generator for seismic applications. Patent application US 02005/0102105 A1, USPTO, 12.5.2005.

Pugin, A.J.M., Larson, T.H., Sargent, S.L., McBride, J.H. and Bexfield, C.E., 2004. Near-surface mapping using SH- wave and P-wave seismic land streamer data acquisition in Illinois, US. *The Leading Edge* (Tulsa, OK), 23(7), 677-682. doi: 10.1190/1.1776740.

Pugin, A.J.M., Hunter, A.J., Motazedian, D., Brooks, G.R. and Kasgin, K.B. 2007. An application of shear wave reflection landstreamer technology to soil response evaluation of earthquake shaking in an urban area, Ottawa, Ontario. Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems (SAGEEP), Environmental and Engineering Geophysics society Annual Meeting, Denver, Colorado, U.S.A., April 1-5.

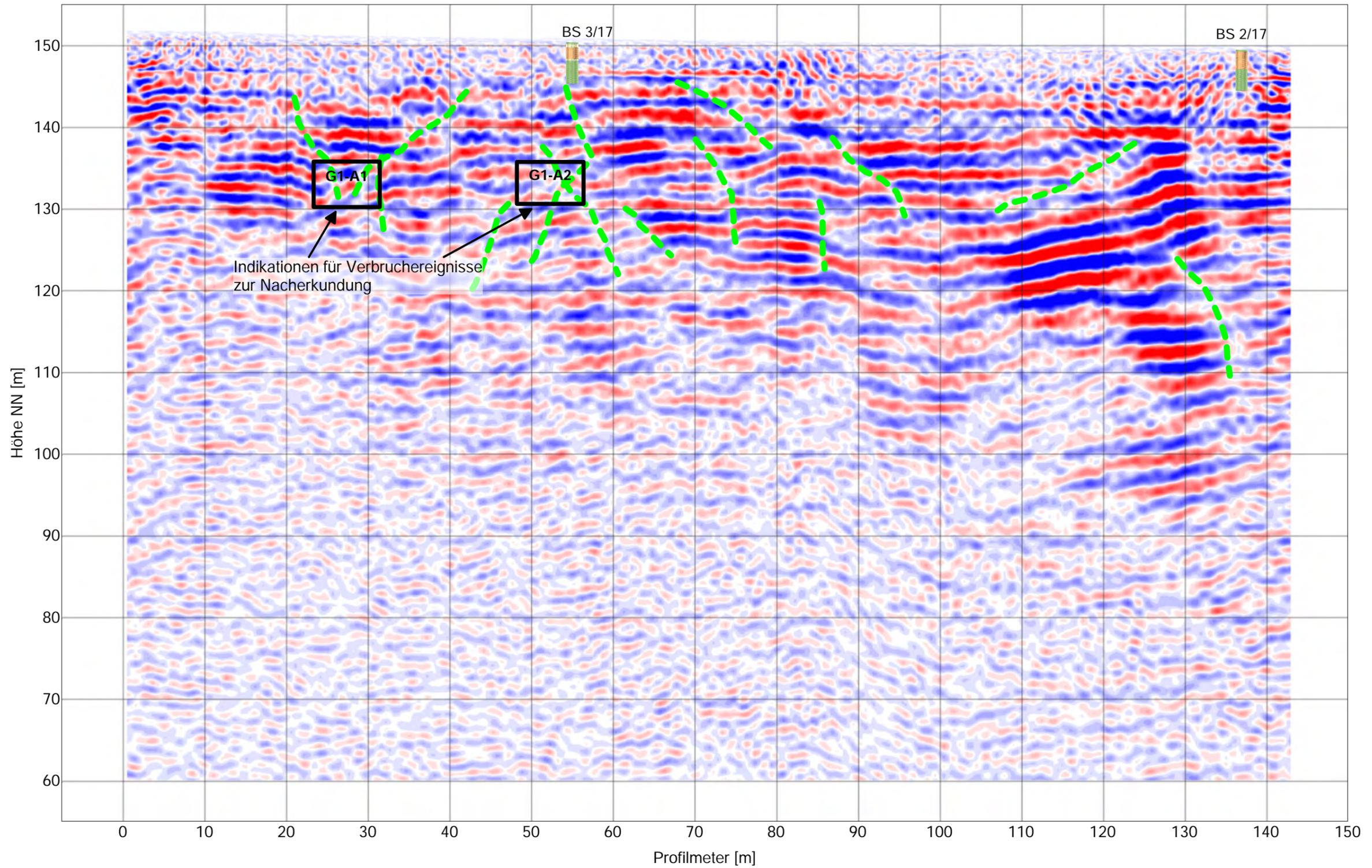
Pugin, A.J.M., Brewer, K., Cartwright, T., Pullan, S.E., Didier, H.C. and Hunter, J. 2013. Near surface S-wave seismic reflection profiling - new approaches and insights. *First Break* 31, 49-60.

Unterlagen des Bergarchivs Freiberg zur Berthagrube und Umgebung



P:/Geophysik/2017/660\_17\_610.../4\_Daten/3\_Geophysik/Surfer/App\_1\_Map.srf

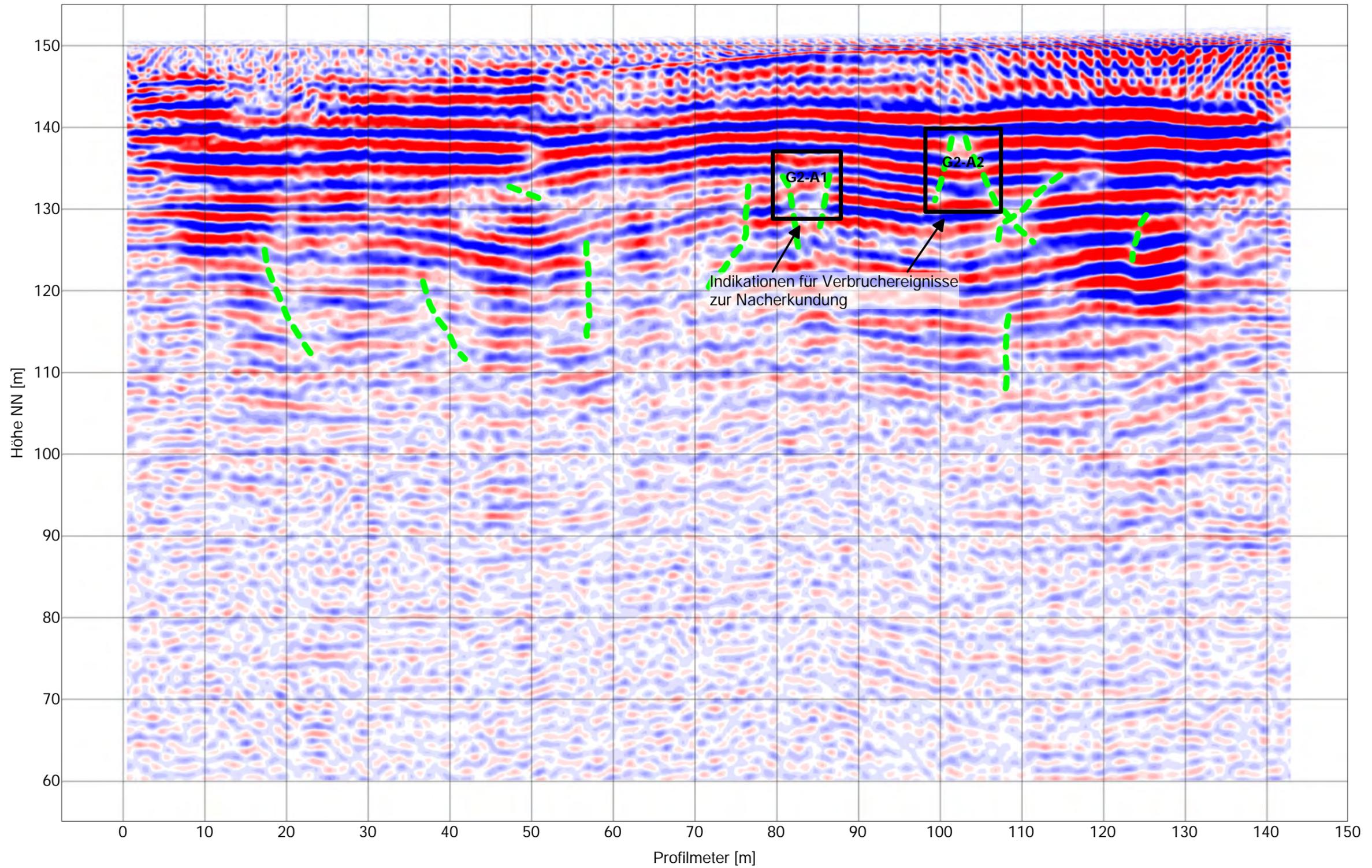
Projekt: Hohlraumerkundung Groitzsch		Anlage: 1
Höhen- und Koordinatensystem: ETRS 89 / UTM 33N		 Fugro Germany Land GmbH Abteilung Geophysik  Süpitzer Weg 28A D-04860 Torgau mail: FCG-Geophysik@fugro.com
Maßstab: 1 : 1.000		
Projekt-Nr.: 660-17-610		
AG: Stadt Groitzsch		
Datum der Vermessung: 20.-29.11.2017		
Bearbeiter: M. Sc. Gy. A. Eifert		
Datum: 30.11.2017		
Geophysikalische Erkundung		Lageplan
S-Wellen-Oberflächenseismik		



P:/Geophysik/2017/660\_17\_610.../4\_Daten/3\_Geophysik/Surfer/App\_2\_Profiles\_single.srf

Legende	
	Reflexionsseismisches Bild
	Bohrsondierung (mit Bezeichnung)
	Drucksondierung (mit Bezeichnung)
	Interpretierte Lagerungsstörung (z.B. durch Überprägung, Auslaugung und/oder Altbergbau)

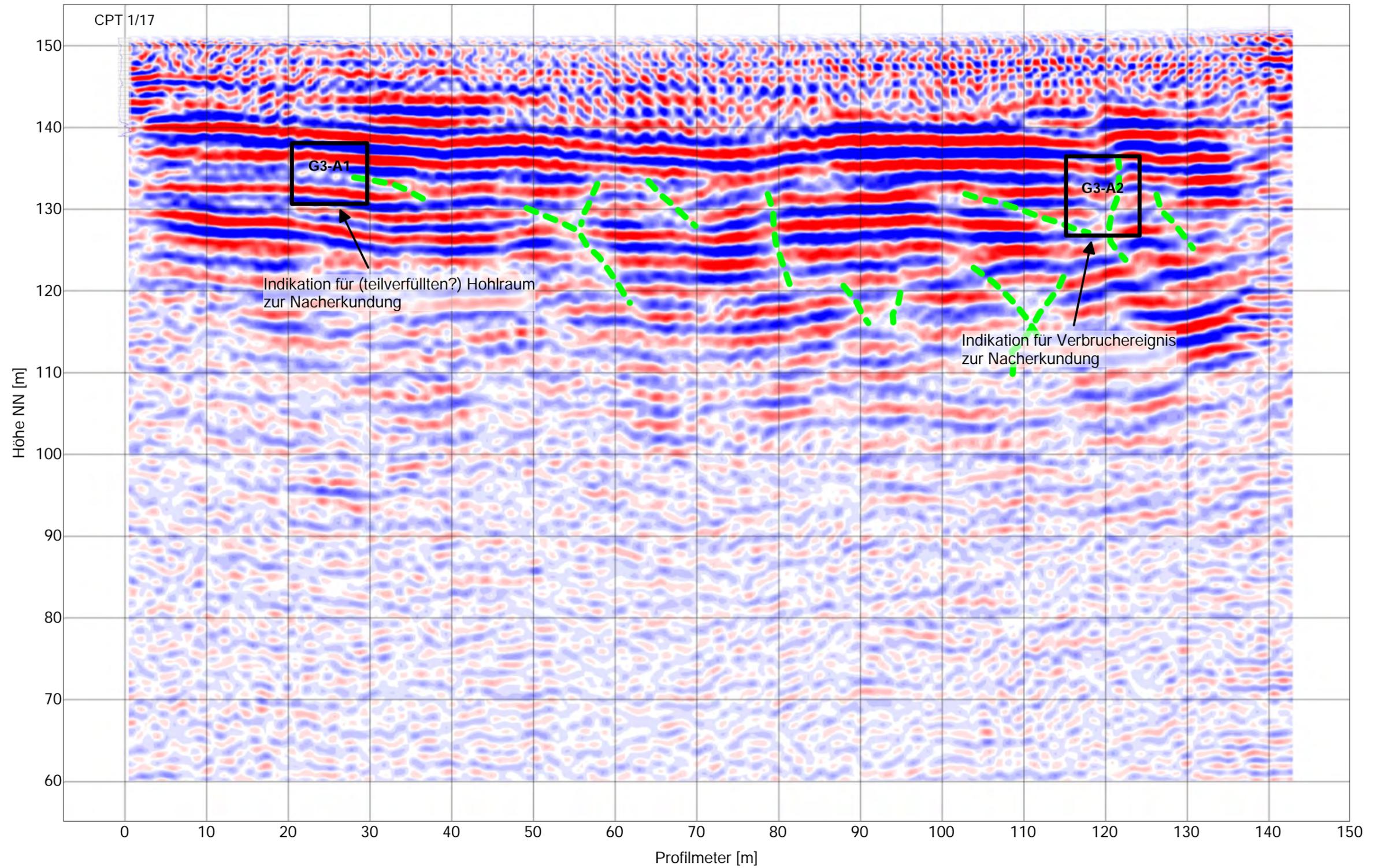
Projekt: Hohlräumerkundung Groitzsch		Anlage: 2.1
Höhen- und Koordinatensystem: ETRS 89 / UTM 33N		 Fugro Germany Land GmbH Abteilung Geophysik Süplitzer Weg 28A D-04860 Torgau mail: FCG-Geophysik@fugro.com
Maßstab: 1 : 500	Geophysikalische Erkundung	
Projekt-Nr.: 660-17-610	S-Wellen-Oberflächenseismik	
AG: Stadt Groitzsch	Profil G1	
Datum der Vermessung: 20.-29.11.2017		
Bearbeiter: M. Sc. Gy. A. Eifert		
Datum: 09.01.2018		



P:/Geophysik/2017/660\_17\_610.../4\_Daten/3\_Geophysik/Surfer/App\_2\_Profiles\_single.srf

Legende	
	Reflexionsseismisches Bild
	Bohrsondierung (mit Bezeichnung)
	Drucksondierung (mit Bezeichnung)
	Interpretierte Lagerungsstörung (z.B. durch Überprägung, Auslaugung und/oder Altbergbau)

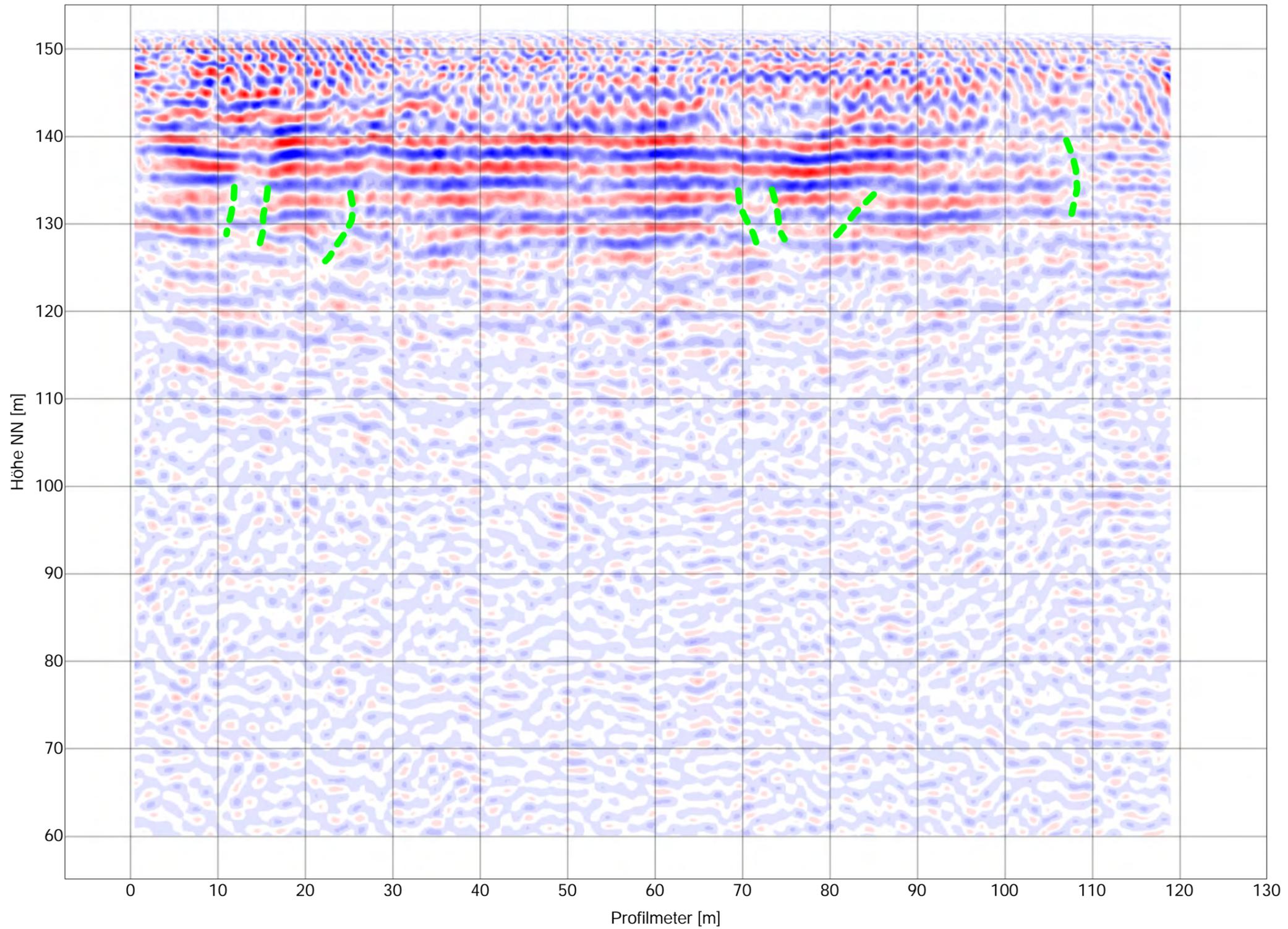
Projekt: Hohlräumerkundung Groitzsch		Anlage: 2.2
Höhen- und Koordinatensystem: ETRS 89 / UTM 33N		 Fugro Germany Land GmbH Abteilung Geophysik Süplitzer Weg 28A D-04860 Torgau mail: FCG-Geophysik@fugro.com
Maßstab: 1 : 500		
Projekt-Nr.: 660-17-610		
AG: Stadt Groitzsch		
Datum der Vermessung: 20.-29.11.2017		
Bearbeiter: M. Sc. Gy. A. Eifert		
Datum: 09.01.2018		Geophysikalische Erkundung S-Wellen-Oberflächenseismik  Profil G2



P:/Geophysik/2017/660\_17\_610.../4\_Daten/3\_Geophysik/Surfer/App\_2\_Profiles\_single.srf

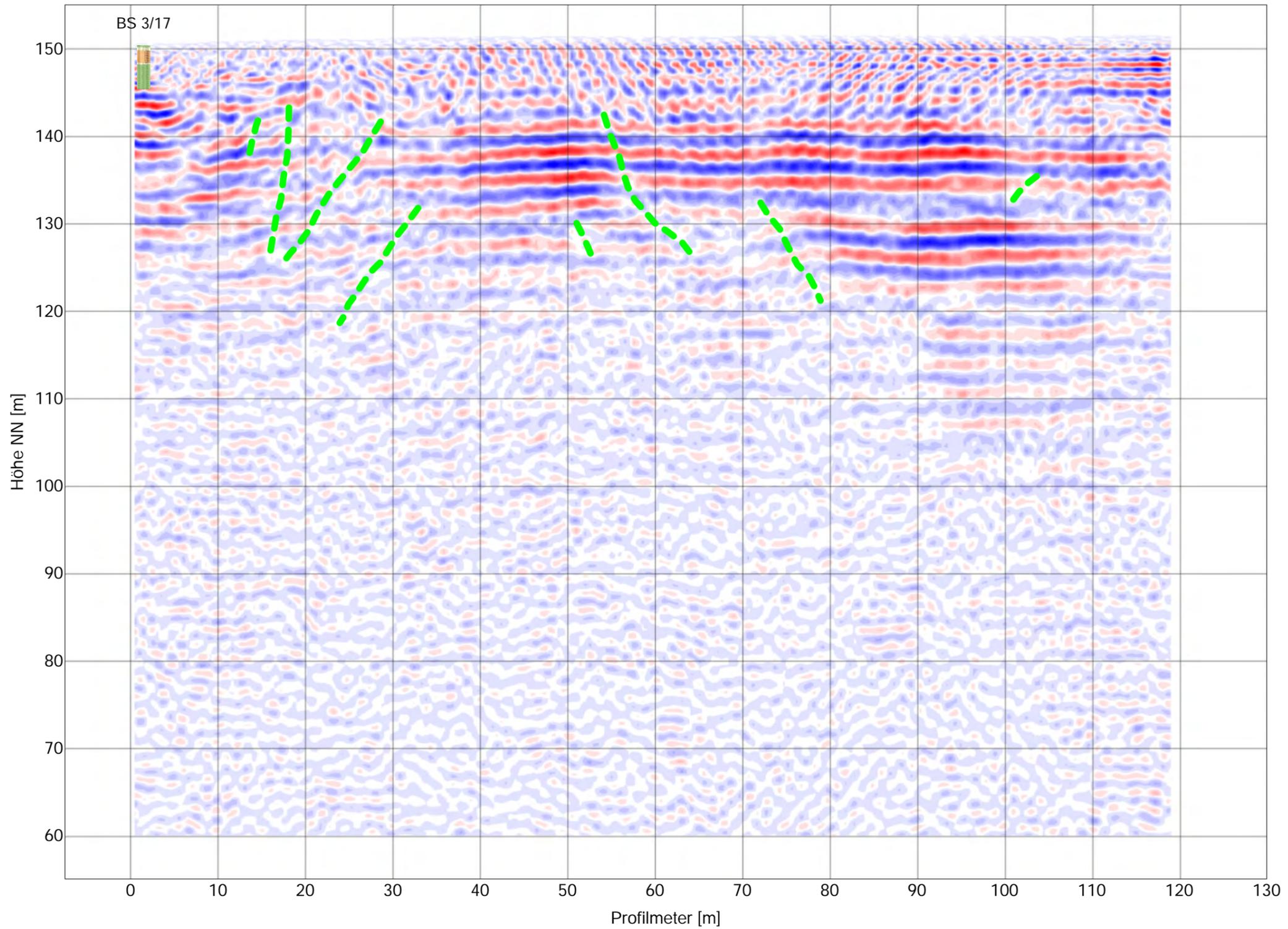
Legende	
	Reflexionsseismisches Bild
	Bohrsondierung (mit Bezeichnung)
	Drucksondierung (mit Bezeichnung)
	Interpretierte Lagerungsstörung (z.B. durch Überprägung, Auslaugung und/oder Altbergbau)

Projekt: Hohlräumerkundung Groitzsch		Anlage: 2.3
Höhen- und Koordinatensystem: ETRS 89 / UTM 33N		 Fugro Germany Land GmbH Abteilung Geophysik Süplitzer Weg 28A D-04860 Torgau mail: FCG-Geophysik@fugro.com
Maßstab: 1 : 500	Geophysikalische Erkundung	
Projekt-Nr.: 660-17-610	S-Wellen-Oberflächenseismik	
AG: Stadt Groitzsch	Profil G3	
Datum der Vermessung: 20.-29.11.2017		
Bearbeiter: M. Sc. Gy. A. Eifert		
Datum: 09.01.2018		



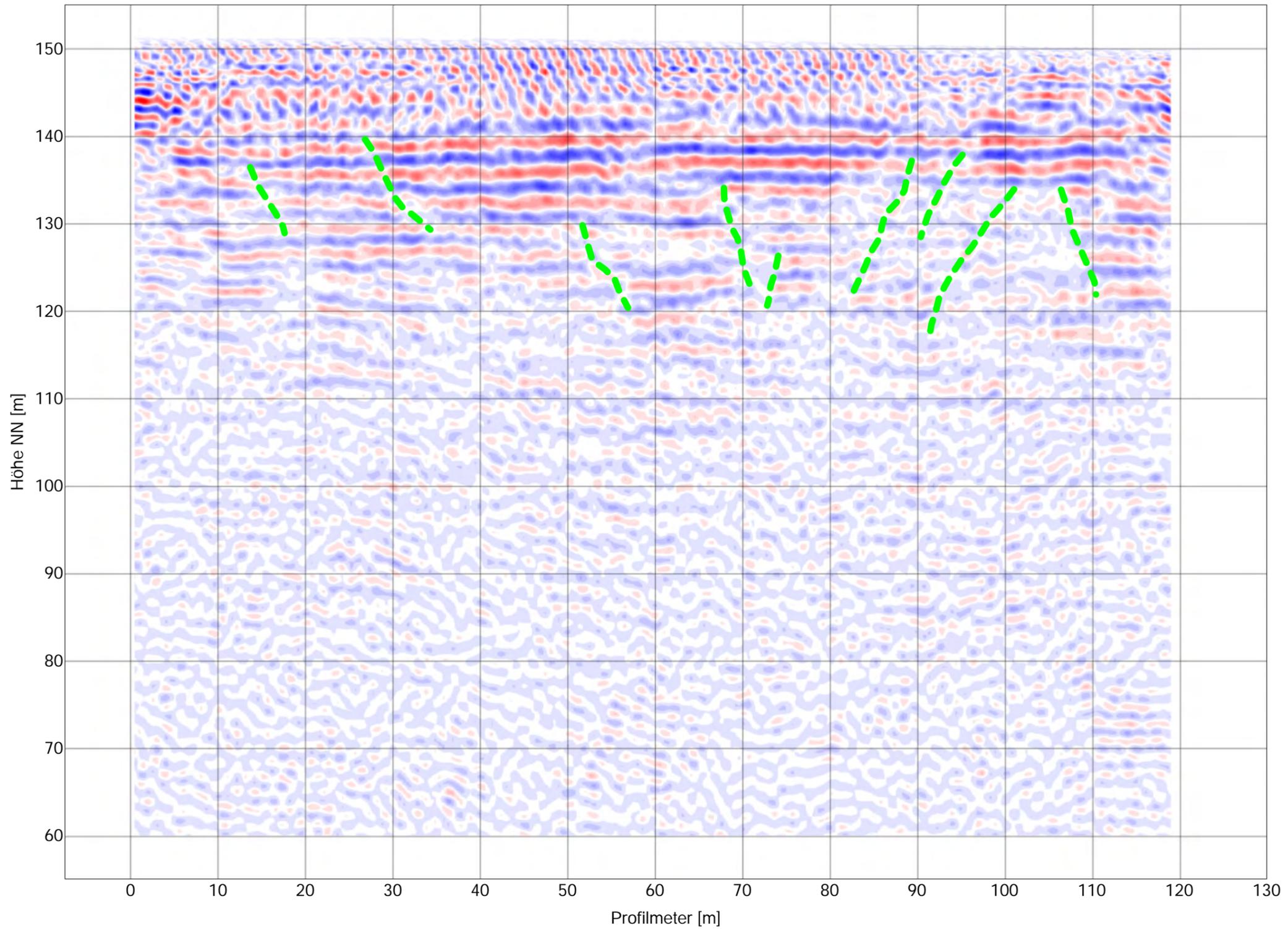
P:/Geophysik/2017/660\_17\_610.../4\_Daten/3\_Geophysik/Surfer/App\_2\_Profiles\_single.srf

<b>Legende</b>  Reflexionsseismisches Bild  Bohrsondierung (mit Bezeichnung)  Drucksondierung (mit Bezeichnung)  Interpretierte Lagerungsstörung (z.B. durch Überprägung, Auslaugung und/oder Altbergbau)	<b>Projekt:</b> Hohlräumerkundung Groitzsch		<b>Anlage:</b> 2.4
	<b>Höhen- und Koordinatensystem:</b> ETRS 89 / UTM 33N		 Fugro Germany Land GmbH Abteilung Geophysik Süplitzer Weg 28A D-04860 Torgau mail: FCG-Geophysik@fugro.com
	<b>Maßstab:</b> 1 : 500		
	<b>Projekt-Nr.:</b> 660-17-610		
	<b>AG:</b> Stadt Groitzsch		
	<b>Datum der Vermessung:</b> 20.-29.11.2017		
<b>Bearbeiter:</b> M. Sc. Gy. A. Eifert			
<b>Datum:</b> 09.01.2018		<b>Geophysikalische Erkundung</b> <b>S-Wellen-Oberflächenseismik</b>  <b>Profil G4</b>	



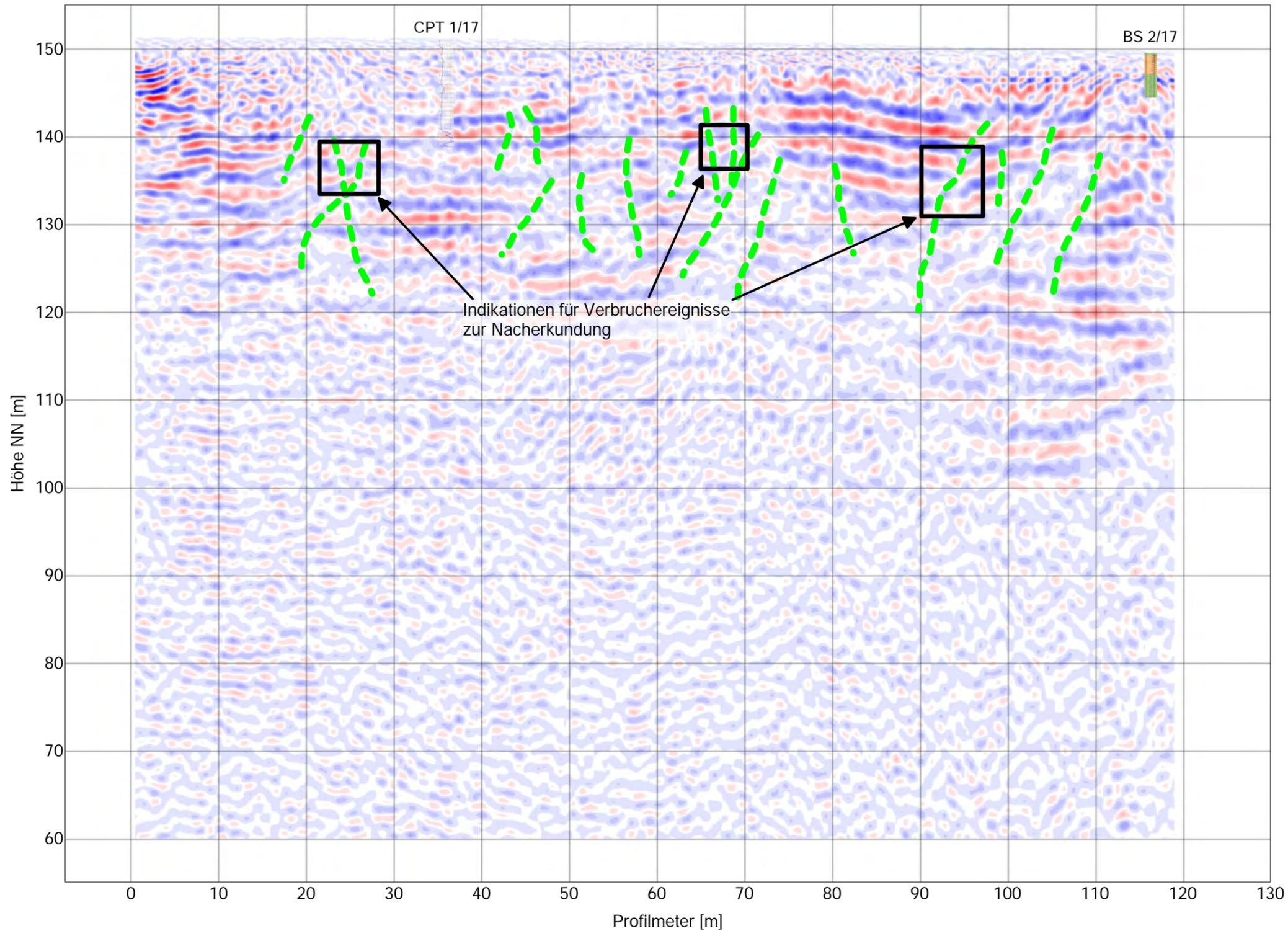
P:/Geophysik/2017/660\_17\_610.../4\_Daten/3\_Geophysik/Surfer/App\_2\_Profiles\_single.srf

<b>Legende</b>  Reflexionsseismisches Bild  Bohrsondierung (mit Bezeichnung)  Drucksondierung (mit Bezeichnung)  Interpretierte Lagerungsstörung (z.B. durch Überprägung, Auslaugung und/oder Altbergbau)	Projekt: <b>Hohlraumerkundung Groitzsch</b>		Anlage: 2.5
	Höhen- und Koordinatensystem: ETRS 89 / UTM 33N		 Fugro Germany Land GmbH Abteilung Geophysik Süplitzer Weg 28A D-04860 Torgau mail: FCG-Geophysik@fugro.com
	Maßstab: 1 : 500		
	Projekt-Nr.: 660-17-610		
	AG: Stadt Groitzsch		
Datum der Vermessung: 20.-29.11.2017			
Bearbeiter: M. Sc. Gy. A. Eifert		Geophysikalische Erkundung S-Wellen-Oberflächenseismik	
Datum: 09.01.2018		Profil G5	



P:/Geophysik/2017/660\_17\_610.../4\_Daten/3\_Geophysik/Surfer/App\_2\_Profiles\_single.srf

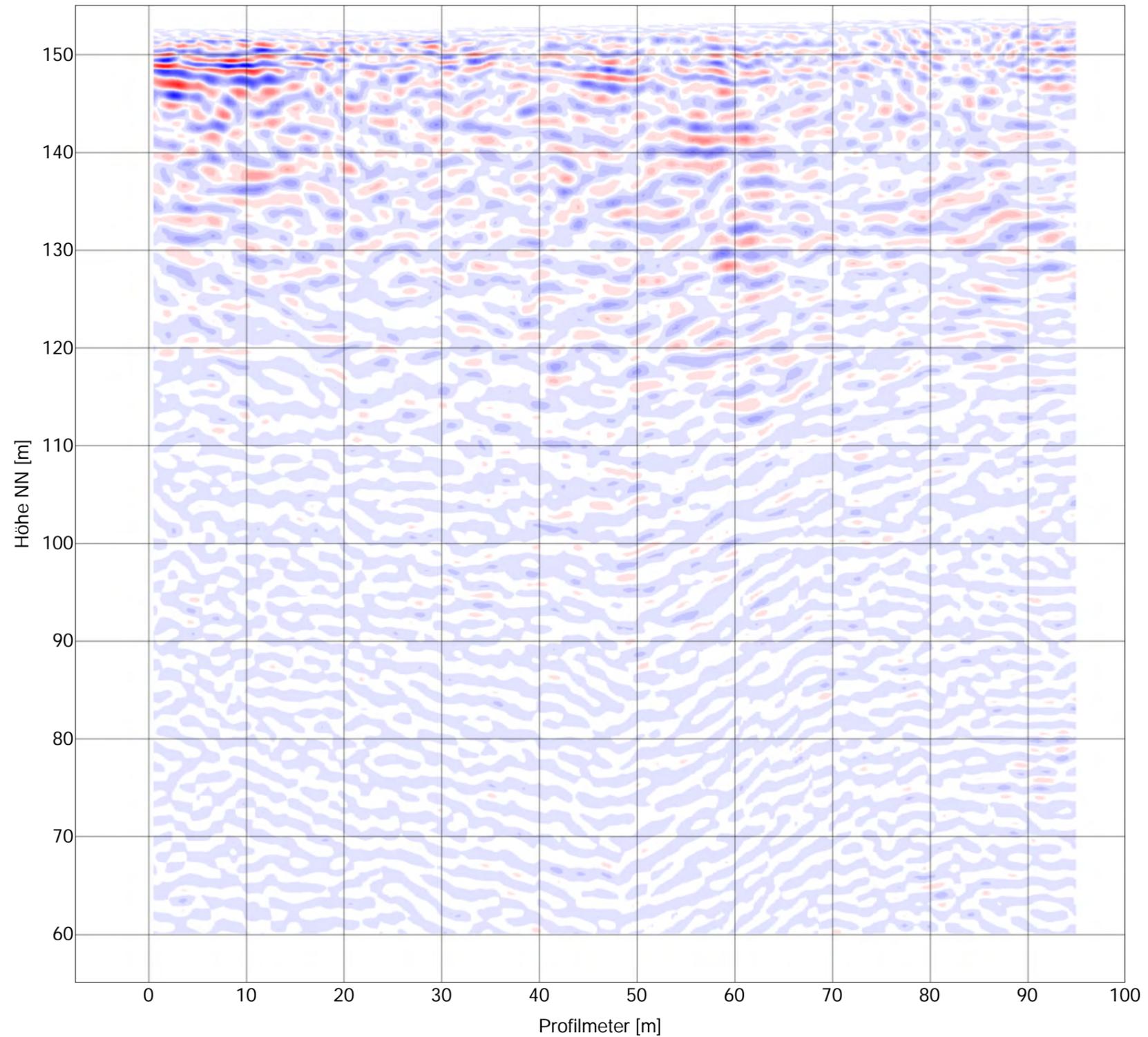
<b>Legende</b>  Reflexionsseismisches Bild  BS 2/17 Bohrsondierung (mit Bezeichnung)  CPT 1/17 Drucksondierung (mit Bezeichnung)  Interpretierte Lagerungsstörung (z.B. durch Überprägung, Auslaugung und/oder Altbergbau)	Projekt: <b>Hohlraumerkundung Groitzsch</b>		Anlage: 2.6
	Höhen- und Koordinatensystem: ETRS 89 / UTM 33N		 Fugro Germany Land GmbH Abteilung Geophysik Süplitzer Weg 28A D-04860 Torgau mail: FCG-Geophysik@fugro.com
	Maßstab: 1 : 500		
	Projekt-Nr.: 660-17-610		
	AG: Stadt Groitzsch		
Datum der Vermessung: 20.-29.11.2017			
Bearbeiter: M. Sc. Gy. A. Eifert		Geophysikalische Erkundung S-Wellen-Oberflächenseismik	
Datum: 09.01.2018		<b>Profil G6</b>	



P:/Geophysik/2017/660\_17\_610.../4\_Daten/3\_Geophysik/Surfer/App\_2\_Profiles\_single.srf

Legende	
	Reflexionsseismisches Bild
	Bohrsondierung (mit Bezeichnung)
	Drucksondierung (mit Bezeichnung)
	Interpretierte Lagerungsstörung (z.B. durch Überprägung, Auslaugung und/oder Altbergbau)

Projekt: <b>Hohlraumerkundung Groitzsch</b>		Anlage: 2.7
Höhen- und Koordinatensystem: ETRS 89 / UTM 33N		 Fugro Germany Land GmbH Abteilung Geophysik Süplitzer Weg 28A D-04860 Torgau mail: FCG-Geophysik@fugro.com
Maßstab: 1 : 500	Geophysikalische Erkundung	
Projekt-Nr.: 660-17-610		
AG: Stadt Groitzsch	S-Wellen-Oberflächenseismik	
Datum der Vermessung: 20.-29.11.2017	Profil G7	
Bearbeiter: M. Sc. Gy. A. Eifert		
Datum: 09.01.2018		

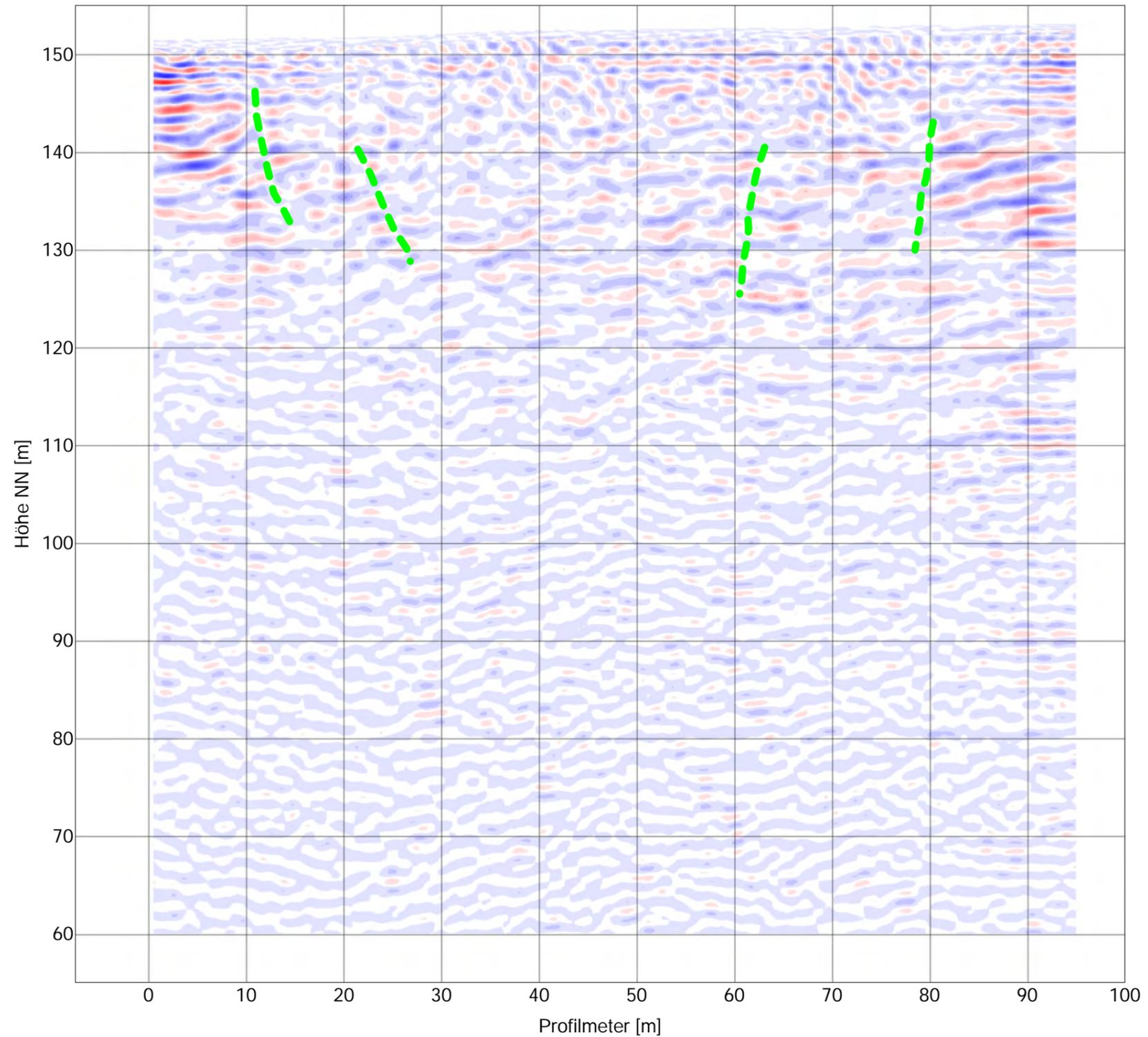


P:/Geophysik/2017/660\_17\_610.../4\_Daten/3\_Geophysik/Surfer/App\_2\_Profiles\_single.srf

Legende	
	Reflexionsseismisches Bild
	Bohrsondierung (mit Bezeichnung)
	Drucksondierung (mit Bezeichnung)
	Interpretierte Lagerungsstörung (z.B. durch Überprägung, Auslaugung und/oder Altbergbau)

Projekt: <b>Hohlraumerkundung Groitzsch</b>		Anlage: 2.8
Höhen- und Koordinatensystem: ETRS 89 / UTM 33N		 Fugro Germany Land GmbH Abteilung Geophysik  Süplitzer Weg 28A D-04860 Torgau mail: FCG-Geophysik@fugro.com
Maßstab: 1 : 500	Geophysikalische Erkundung	
Projekt-Nr.: 660-17-610		
AG: Stadt Groitzsch	S-Wellen-Oberflächenseismik	
Datum der Vermessung: 20.-29.11.2017	Profil G8	
Bearbeiter: M. Sc. Gy. A. Eifert		
Datum: 09.01.2018		

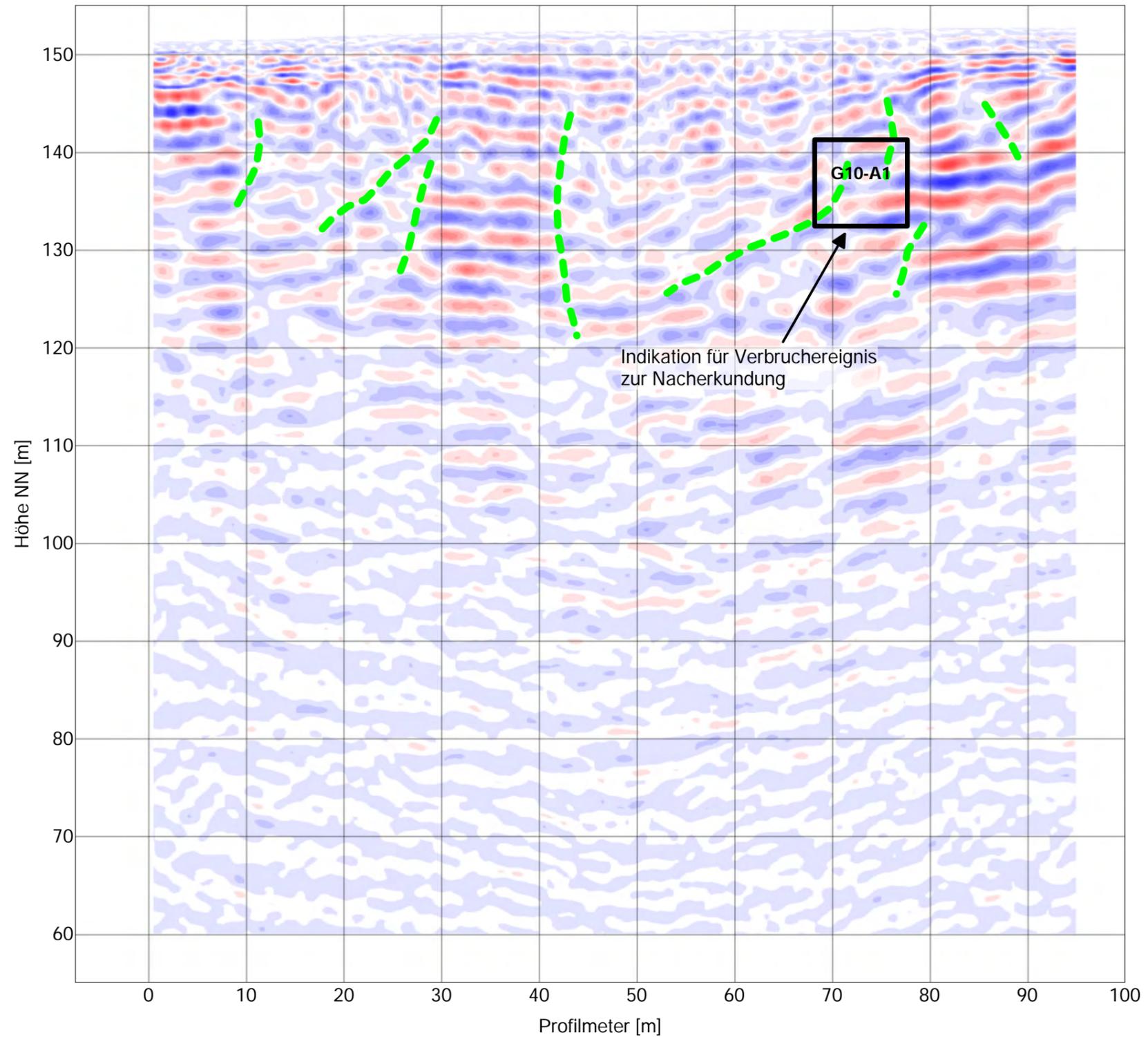
Fugro Germany Land GmbH  
 Abteilung Geophysik  
 Süplitzer Weg 28A  
 D-04860 Torgau  
 mail: FCG-Geophysik@fugro.com



P:/Geophysik/2017/660\_17\_610.../4\_Daten/3\_Geophysik/Surfer/App\_2\_Profiles\_single.srf

Legende	
	Reflexionsseismisches Bild
	Bohrsondierung (mit Bezeichnung)
	Drucksondierung (mit Bezeichnung)
	Interpretierte Lagerungsstörung (z.B. durch Überprägung, Auslaugung und/oder Altbergbau)

Projekt: <b>Hohlraumerkundung Groitzsch</b>		Anlage: 2.9
Höhen- und Koordinatensystem: ETRS 89 / UTM 33N		 Fugro Germany Land GmbH Abteilung Geophysik  Süplitzer Weg 28A D-04860 Torgau mail: FCG-Geophysik@fugro.com
Maßstab: 1 : 500	Geophysikalische Erkundung	
Projekt-Nr.: 660-17-610		
AG: Stadt Groitzsch	S-Wellen-Oberflächenseismik	
Datum der Vermessung: 20.-29.11.2017	Profil G9	
Bearbeiter: M. Sc. Gy. A. Eifert		
Datum: 09.01.2018		



P:/Geophysik/2017/660\_17\_610.../4\_Daten/3\_Geophysik/Surfer/App\_2\_Profiles\_single.srf

Legende	
	Reflexionsseismisches Bild
	Bohrsondierung (mit Bezeichnung)
	Drucksondierung (mit Bezeichnung)
	Interpretierte Lagerungsstörung (z.B. durch Überprägung, Auslaugung und/oder Altbergbau)

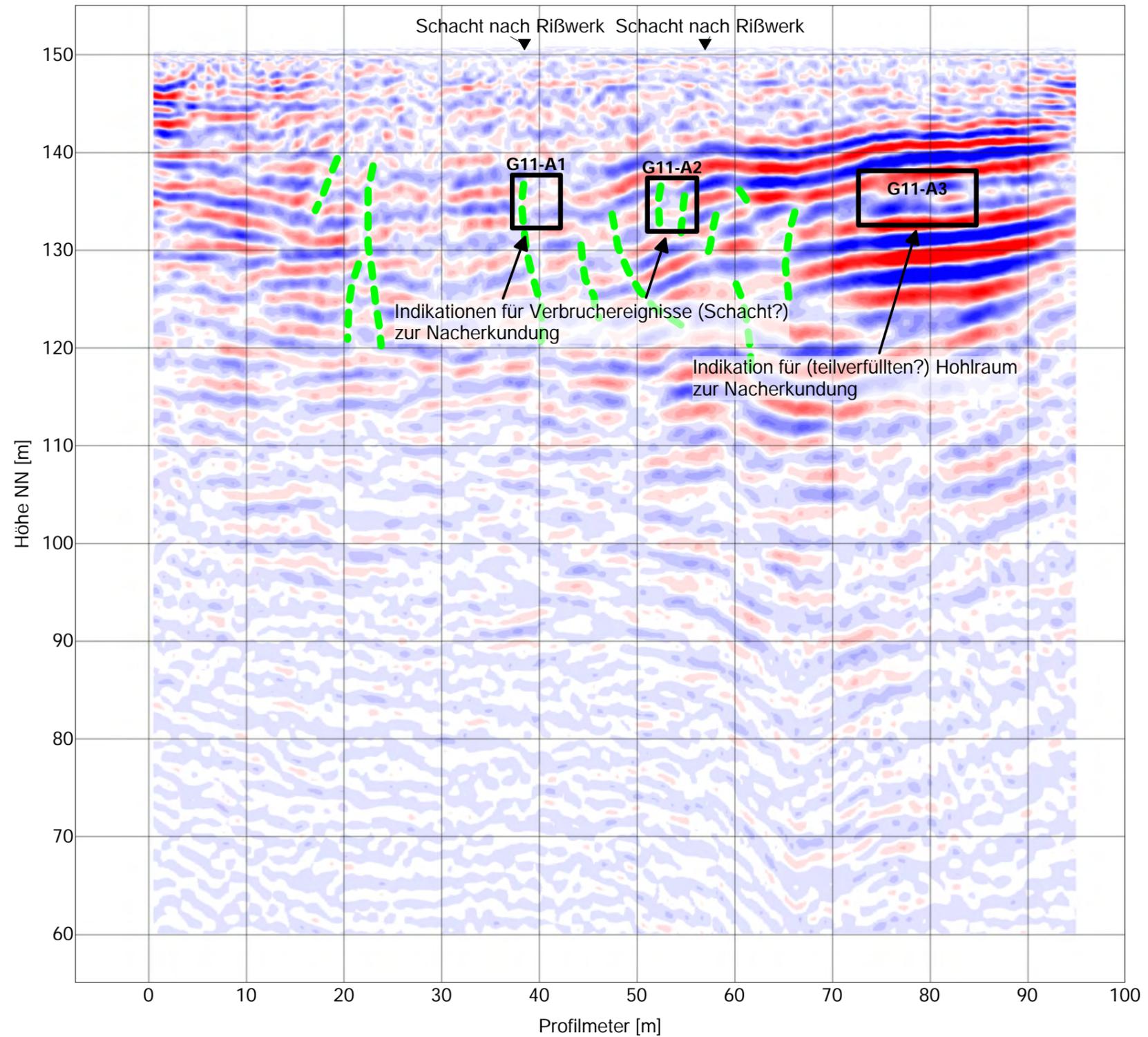
Projekt: Hohlraumerkundung Groitzsch		Geophysikalische Erkundung S-Wellen-Oberflächenseismik  Profil G10
Höhen- und Koordinatensystem: ETRS 89 / UTM 33N		
Maßstab: 1 : 500		
Projekt-Nr.: 660-17-610		
AG: Stadt Groitzsch		
Datum der Vermessung: 20.-29.11.2017		
Bearbeiter: M. Sc. Gy. A. Eifert		
Datum: 09.01.2018		

Anlage: 2.10



Fugro Germany Land GmbH  
Abteilung Geophysik

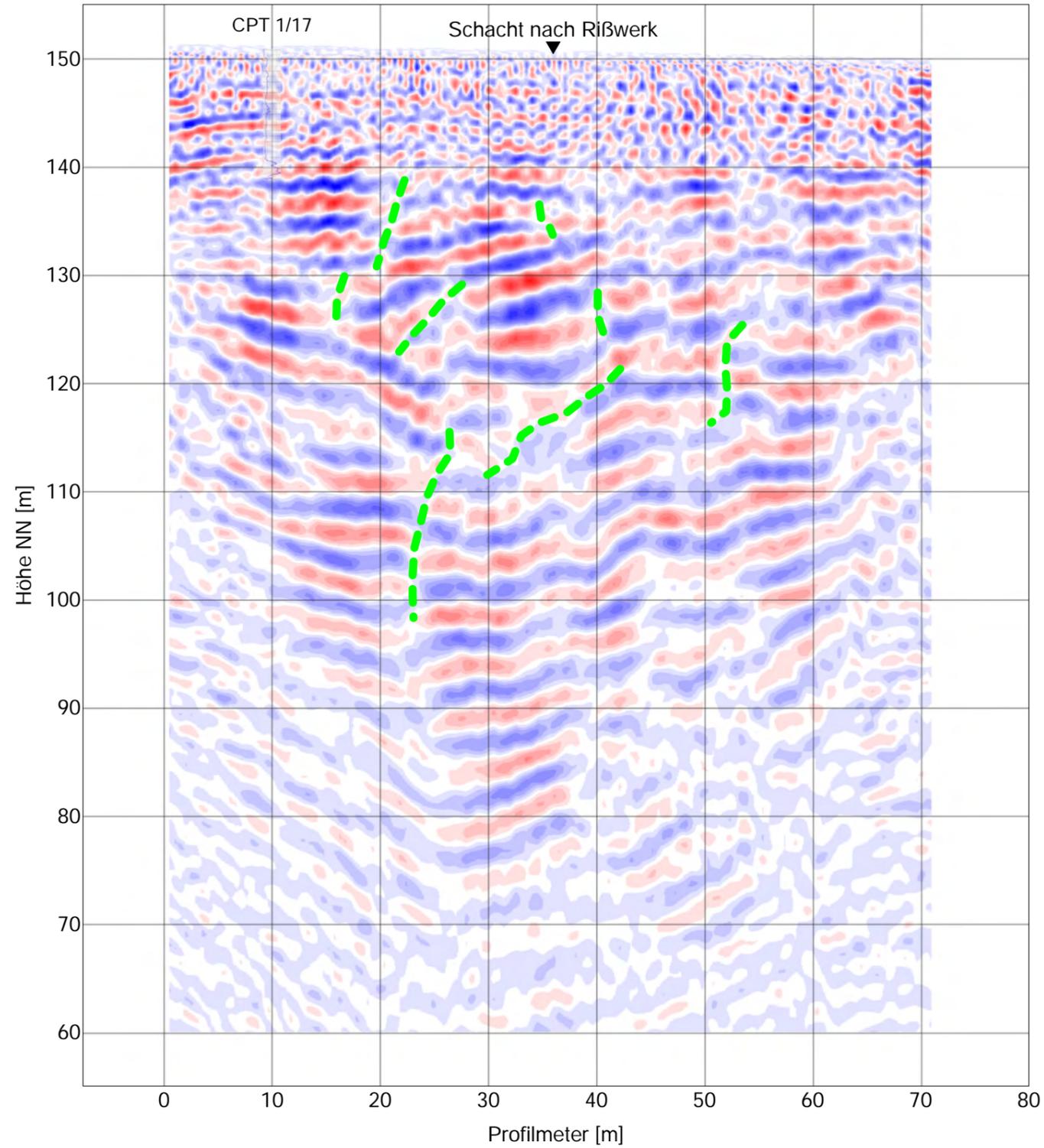
Süplitzer Weg 28A  
D-04860 Torgau  
mail: FCG-Geophysik@fugro.com



P:/Geophysik/2017/660\_17\_610.../4\_Daten/3\_Geophysik/Surfer/App\_2\_Profiles\_single.srf

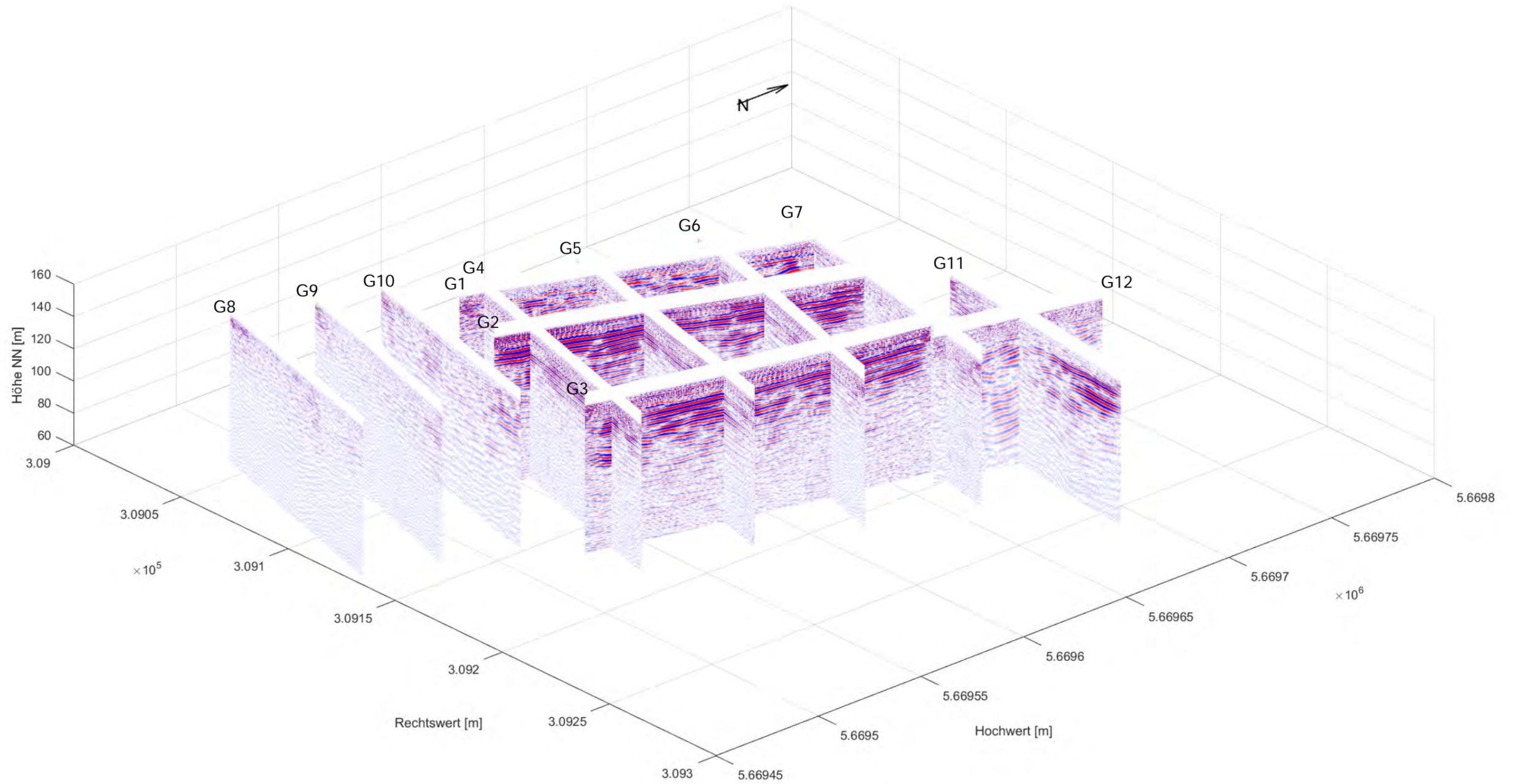
Legende	
	Reflexionsseismisches Bild
	Bohrsondierung (mit Bezeichnung)
	Drucksondierung (mit Bezeichnung)
	Interpretierte Lagerungsstörung (z.B. durch Überprägung, Auslaugung und/oder Altbergbau)

Projekt: Hohlräumerkundung Groitzsch		Anlage: 2.11
Höhen- und Koordinatensystem: ETRS 89 / UTM 33N		 Fugro Germany Land GmbH Abteilung Geophysik Süplitzer Weg 28A D-04860 Torgau mail: FCG-Geophysik@fugro.com
Maßstab: 1 : 500		
Projekt-Nr.: 660-17-610		
AG: Stadt Groitzsch		
Datum der Vermessung: 20.-29.11.2017		
Bearbeiter: M. Sc. Gy. A. Eifert		
Datum: 09.01.2018		Geophysikalische Erkundung S-Wellen-Oberflächenseismik Profil G11



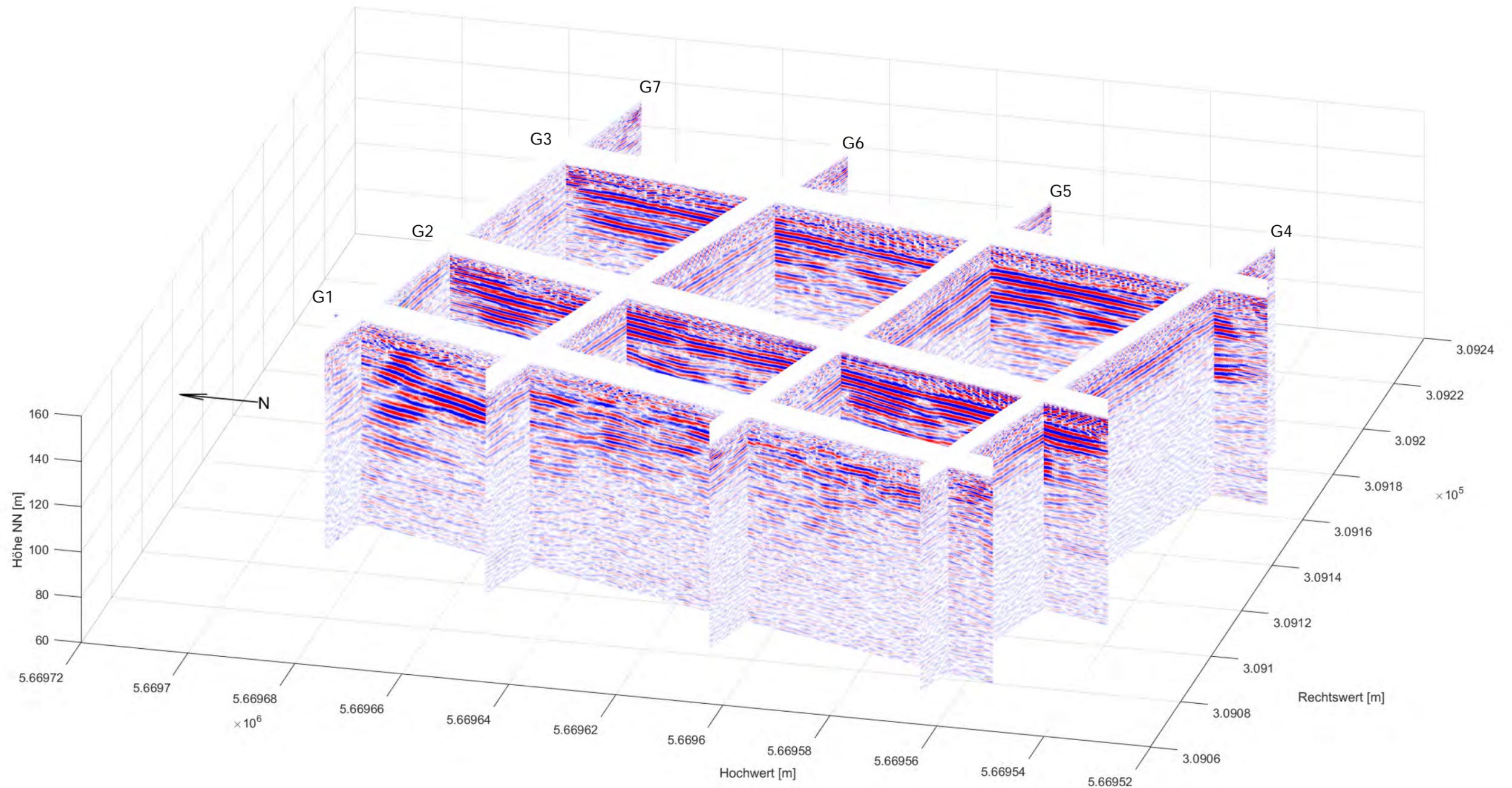
P:/Geophysik/2017/660\_17\_610.../4\_Daten/3\_Geophysik/Surfer/App\_2\_Profiles\_single.srf

<b>Legende</b>  Reflexionsseismisches Bild  BS 2/17 Bohrsondierung (mit Bezeichnung)  CPT 1/17 Drucksondierung (mit Bezeichnung)  Interpretierte Lagerungsstörung (z.B. durch Überprägung, Auslaugung und/oder Altbergbau)	Projekt: <b>Hohlraumerkundung Groitzsch</b>		Anlage: 2.12
	Höhen- und Koordinatensystem: ETRS 89 / UTM 33N		 Fugro Germany Land GmbH Abteilung Geophysik Süplitzer Weg 28A D-04860 Torgau mail: FCG-Geophysik@fugro.com
	Maßstab: 1 : 500		
	Projekt-Nr.: 660-17-610		
	AG: Stadt Groitzsch		
Datum der Vermessung: 20.-29.11.2017			
Bearbeiter: M. Sc. Gy. A. Eifert		Geophysikalische Erkundung S-Wellen-Oberflächenseismik	
Datum: 09.01.2018		Profil G12	



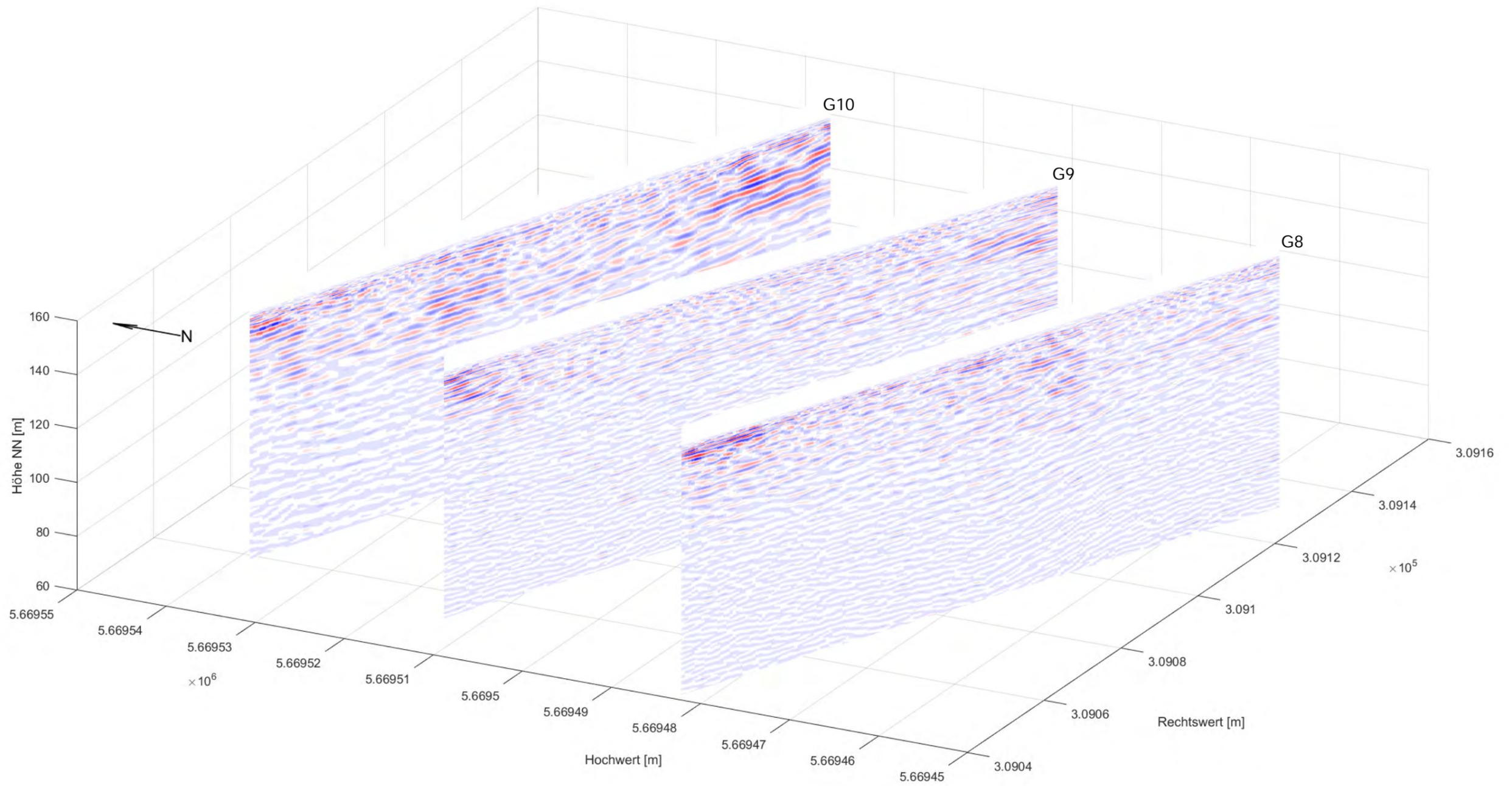
P:/Geophysik/2017/660\_17\_610.../4\_Daten/3\_Geophysik/Surfer/App\_3\_3D\_views.srf

Projekt: <b>Hohlraumerkundung Groitzsch</b>		Anlage: 3.1
Höhen- und Koordinatensystem: ETRS 89 / UTM 33N		 Fugro Germany Land GmbH Abteilung Geophysik Süplitzer Weg 28A D-04860 Torgau mail: FCG-Geophysik@fugro.com
Maßstab: 1 : 500	Geophysikalische Erkundung S-Wellen-Oberflächenseismik 3D-Darstellung aller Profile	
Projekt-Nr.: 660-17-610		
AG: Stadt Groitzsch		
Datum der Vermessung: 20.-29.11.2017		
Bearbeiter: M. Sc. Gy. A. Eifert		
Datum: 09.01.2018		



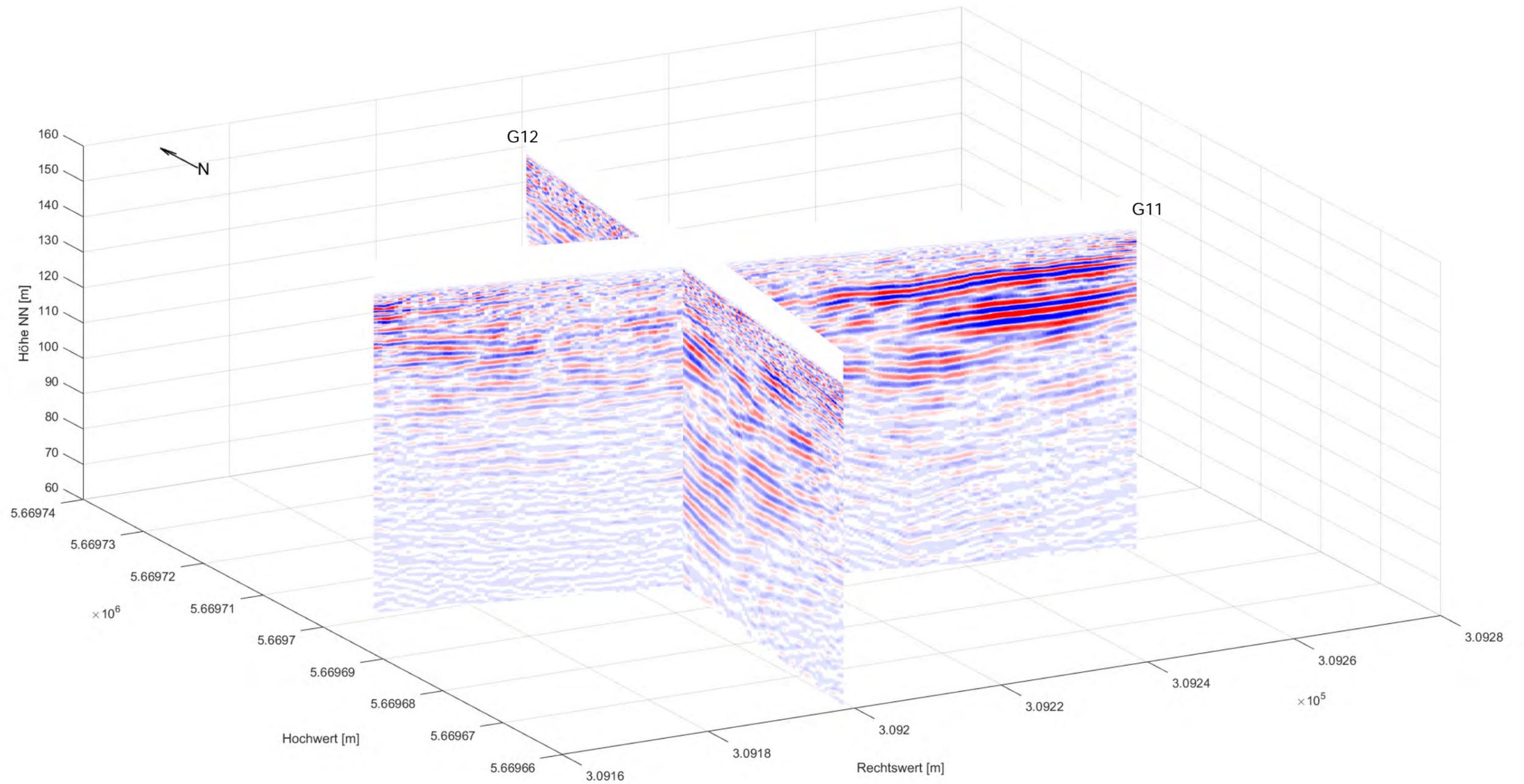
P:/Geophysik/2017/660\_17\_610.../4\_Daten/3\_Geophysik/Surfer/App\_3\_3D\_views.srf

Projekt: <b>Hohlraumerkundung Groitzsch</b>		Anlage: 3.2
Höhen- und Koordinatensystem: ETRS 89 / UTM 33N		 Fugro Germany Land GmbH Abteilung Geophysik Süplitzer Weg 28A D-04860 Torgau mail: FCG-Geophysik@fugro.com
Maßstab: 1 : 500	Geophysikalische Erkundung S-Wellen-Oberflächenseismik  3D-Darstellung G1-G7	
Projekt-Nr.: 660-17-610		
AG: Stadt Groitzsch		
Datum der Vermessung: 20.-29.11.2017		
Bearbeiter: M. Sc. Gy. A. Eifert		
Datum: 09.01.2018		



P:/Geophysik/2017/660\_17\_610.../4\_Daten/3\_Geophysik/Surfer/App\_3\_3D\_views.srf

Projekt: <b>Hohlraumerkundung Groitzsch</b>		Anlage: 3.3
Höhen- und Koordinatensystem: ETRS 89 / UTM 33N		 Fugro Germany Land GmbH Abteilung Geophysik  Süplitzer Weg 28A D-04860 Torgau mail: FCG-Geophysik@fugro.com
Maßstab: 1 : 500	Geophysikalische Erkundung  S-Wellen-Oberflächenseismik  3D-Darstellung G8-G10	
Projekt-Nr.: 660-17-610		
AG: Stadt Groitzsch		
Datum der Vermessung: 20.-29.11.2017		
Bearbeiter: M. Sc. Gy. A. Eifert		
Datum: 09.01.2018		



P:/Geophysik/2017/660\_17\_610.../4\_Daten/3\_Geophysik/Surfer/App\_3\_3D\_views.srf

Projekt: <b>Hohlraumerkundung Groitzsch</b>		Anlage: 3.4
Höhen- und Koordinatensystem: ETRS 89 / UTM 33N		 Fugro Germany Land GmbH Abteilung Geophysik Süplitzer Weg 28A D-04860 Torgau mail: FCG-Geophysik@fugro.com
Maßstab: 1 : 500	Geophysikalische Erkundung S-Wellen-Oberflächenseismik  3D-Darstellung G11-G12	
Projekt-Nr.: 660-17-610		
AG: Stadt Groitzsch		
Datum der Vermessung: 20.-29.11.2017		
Bearbeiter: M. Sc. Gy. A. Eifert		
Datum: 09.01.2018		