



Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: II
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56331100	HF	RB	0024	00	Stand: 19.12.2016

Titel der Unterlage:
**GEORADAR-MESSUNGEN IN STRECKEN DES GRUBENGEBÄUDES DER SCHACHTANLAGE ASSE II
 IN 2016**

Rev.	Rev.-Stand Datum	UVST	Prüfer	Rev. Seite	Kat.*	Erläuterung der Revision

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung
 Kategorie S = substantielle Änderung
 mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Deckblatt

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	Seite: I
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56331100	HF	RB	0024	00	Stand: 19.12.2016

Titel der Unterlage:
**GEORADAR-MESSUNGEN IN STRECKEN DES GRUBENGEBÄUDES DER SCHACHTANLAGE ASSE II
 IN 2016**

Ersteller:
 BGR/

Stempelfeld:

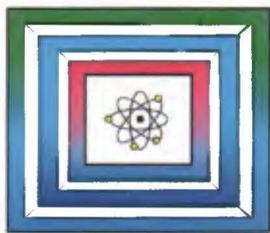
bergrechtlich verantwortliche Person: _____ Datum und Unterschrift	atomrechtlich verantwortliche Person: _____ Datum und Unterschrift	Projektleitung: _____ Datum und Unterschrift	Freigabe zur Anwendung: _____ Datum und Unterschrift
---	---	---	---

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der BGE.

Projekt Asse

9A5633110000

Georadar-Messungen in Strecken des Grubengebäudes der Schachtanlage Asse II in 2016



Zwischenbericht

Hannover, Dezember 2016

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE
HANNOVER

Projekt Asse

EMR-Messungen in Strecken

Georadar-Messungen in Strecken des Grubengebäudes der
Schachanlage Asse II in 2016

Zwischenbericht

Autor:

Auftraggeber:	Bundesamt für Strahlenschutz
Auftragsnummer:	9A5633110000/ 9A/56331100/HF/RB/024/00
Geschäftszeichen:	B3/B50152-05/2016-0004/001
Datum:	19.12.2016
TK-Nummer:	TK 25 3830

Im Auftrag:

gez.

Geologisch-geotechnische Erkundung (Fachbereichsleiter B3.2)

	Inhaltsverzeichnis	Seite
	Verkürzte Zusammenfassung	3
1	Einleitung	4
2	Messungen auf der 490-m-Sohle	6
2.1	Messungen in der Sattelrichtstrecke nach Osten	8
2.2	Messungen an der Firste der Zufahrt zum Abbau 8	13
2.3	Messungen an der Firste im Abbau 4	15
3	Messungen auf der 511-m-Sohle	18
3.1	Messungen in der Wendel	19
3.2	Messungen in der Strecke	22
3.3	Messungen an der Firste im Abbau 2	26
4	Messungen auf der 532-m-Sohle	29
5	Messungen auf der 574-m-Sohle	33
6	Messungen auf der 700-m-Sohle	38
6.1	Messungen am Stoß West in einem Streckenabschnitt bei Schacht 4	38
6.2	Messungen am Stoß Südost in der Zufahrt zum Abbau 17	40
6.3	Messungen im Bereich der Ortsbrust vom Gesenk	43
6.4	Messungen mit dem richtungssensitiven 50-MHz-Bohrlochsystem AT in der Verfüllbohrung BBrG. RH-725-23.2	49
7	Messungen auf der 775-m-Sohle	52
8	Messungen auf der 850-m-Sohle	55
9	Zusammenfassung	59
	Literaturverzeichnis	60
	Abkürzungsverzeichnis	61
	Tabellenverzeichnis	62
	Abbildungsverzeichnis	63

Gesamtblattzahl: 67

Verkürzte Zusammenfassung

Autor:

Titel:

Georadar-Messungen in Strecken des
Grubengebäudes der Schachanlage
Asse II in 2016

Schlagwörter:

Asse, EMR, Georadar, Salzstruktur,
Strecken

Im Rahmen des Asse-Arbeitspaketes 9A5633110000, EMR in Strecken, wurden im Jahr 2016 weitere Georadar-Messungen im Grubengebäude der Schachanlage Asse II durchgeführt. Die Ergebnisse ergänzen die übrigen Resultate aus Strecken und Bohrungen vor diesem Zeitraum. Mit dem aus den Ergebnissen modifizierten geologischen Modell wird eine zuverlässige Datengrundlage für zukünftige Arbeiten ermöglicht.

1 Einleitung

Das bisherige geologische Modell der Salzstruktur Asse basiert auf Kenntnissen aus 2D-Seismik, Auffahrungen und Bohrungen. Außerhalb dieser bekannten Bereiche werden Strukturen extrapoliert. Ergebnisse aus Georadar-Messungen, mit denen Strukturen in das Gebirge verfolgt werden können, sind bisher nur wenig in das geologische Modell eingegangen. Durch Georadar-Messungen in noch zugänglichen und geeigneten Strecken wird nun versucht, strukturgeologische Informationen zu gewinnen. In diesem Bericht werden alle im Jahr 2016 durchgeführten Messungen (über Erkundungsbohrungen wird gesondert berichtet) im Grubengebäude der Schachanlage Asse II vorgestellt. Ein Teil der Messungen ergänzt Profile, die bereits in anderen Berichten (C 2014, 2015c) dokumentiert wurden. Zudem vervollständigen Ergebnisse aus den Messungen im Blindschacht 3 (2016a) die Strukturvorstellungen. Die Auswahl der Profile wurde durch das BfS in Absprache mit der Asse-GmbH vorgenommen. Die BGR führte die Messungen eigenständig aus. Die Messprofilzuordnungen werden durch Abbildungen, Koordinaten und im Text erläutert. Die Resultate der Messungen fließen in Form von „openGEO script files“ in das räumliche geologische Modell ein.

Als Aufzeichnungsapparatur wird die Hentschel Bodenradar 362 verwendet. Gemessen wurde mit geschirmten 70-MHz-Antennen (Abb. 1). Die Aufzeichnungszeit beträgt 6 μ s, bei 400-facher Stapelung und 1-ns-Samplingintervall. Bei einer Signalausbreitungsgeschwindigkeit im Salz von 124 m/ μ s können somit Strukturen bis über 350 m Entfernung erfasst werden, sofern die Signaldämpfung gering genug ist. Der Messpunktabstand beträgt 0,5 m. Der Sender- Empfängerabstand bei den Antennen beträgt 1,4 m. Getriggert wird per Lichtwellenleiter auf den Sender.

Ergänzt wird das Messequipment durch die 200-MHz-Antenne der Firma GSSI. Diese Antenne wird eingesetzt, wenn das Erkundungsziel im Salz nicht über wenige 10er Meter hinaus entfernt liegt.

In den Darstellungen der Radarsignale wird der Ersteinsatz der Empfangssignale auf 0 gesetzt. Als Bearbeitungsschritte werden eine Bandpassfilterung und eine Dämpfungsausgleichsfunktion angewendet. Die Reflexionen werden dadurch hervorgehoben. In einigen Fällen kann es dazu führen, dass Reflexionen im Nahbereich schwach erscheinen und Rauschen betont wird. Die Reflexionen werden markiert und die geometrische Information aus Laufzeit und Position durch Wellenfrontrekonstruktion unter Berücksichtigung des Richtungswinkels in Form von Reflektoren im Raum dargestellt. Die Ungenauigkeit in der Entfernungsinformation ist wegen geringer Variationen der Ausbreitungsgeschwindigkeit im Salz und der hohen Messgenauigkeit der Laufzeit in der Größenordnung von wenigen Dezimetern. Die Richtungsinformation wird aus orthogonalen Profilen oder Plausibilitätsbetrachtungen abgeleitet und kann in der Interpretation gemäß weiterer Erkenntnisse

variiert werden. Die Profile, auf denen gemessen wurde, werden durch möglichst einfache, an den Profilverlauf angepasste Polygonzüge beschrieben.

Zusätzlich wird in diesem Bericht eine Messung mit der richtungssensitiven 50-MHz-Bohrlochantenne AT in der Verfüllbohrung BBrG. RH-725-23.2 als Unterpunkt der Messungen auf der 700-m-Sohle vorgestellt. Die Aufzeichnungszeit bei dieser Messung betrug 8 μ s, bei 70-facher Stapelung und 1-ns-Samplingintervall. Der Sender- Empfängerabstand bei den Antennen beträgt 10 m. EMR-Messungen in Erkundungsbohrungen sind in gesonderten Berichten (2015a, 2015b, 2016b) dokumentiert worden.



Abb. 1: Durchführung der EMR-Messung mit geschirmten 70-MHz-Antennen an der Firste der Abbau-begleitschneise auf der 511-m-Sohle.

Die im Jahr 2016 gemessenen Profile wurden auf folgenden Sohlen gemessen:

490-m-Sohle (-295,7 m NN), 511-m-Sohle (-316,7 m NN), 532-m-Sohle (-337,6 m NN), 574-m-Sohle (-379,6 m NN), 700-m-Sohle (-506,5 m NN), 775-m-Sohle (-578,3 m NN), 850-m-Sohle (-655,0 m NN). Die Geometrien der Profile und die Geologie sind dem Risswerk der Asse-GmbH entnommen (Asse-GmbH, 2016). Die in 2016 durchgeführten Messungen ergänzen die vorangegangenen Messungen (2014, 2015c) und werden mit ihnen in Beziehung gesetzt.

2 Messungen auf der 490-m-Sohle

Auf der 490-m-Sohle wurde im Berichtszeitraum vom 9. bis 14. Juni 2016 gemessen. In diesem Zeitabschnitt wurden die Messungen in der Sattelrichtstrecke nach Osten, in der Zufahrt zum Abbau 8 und im Abbau 4 durchgeführt (siehe Abb. 2 in orange). Die ebenfalls markierte Fahrstrecke der Wendel wird bei den Messungen auf der 511-m-Sohle mit dargestellt. Da kaum abschirmende Auffahrungen oberhalb der 490-m-Sohle existieren, eignen sich die Strecken hier besonders zur Erkundung der Salzstruktur in Richtung Salzspiegel durch Messungen an der Firste. Die Strecken am Rand des Grubengebäudes ermöglichen durch Messungen am Stoß die Erkundung lateraler Bereiche der Salzstruktur.

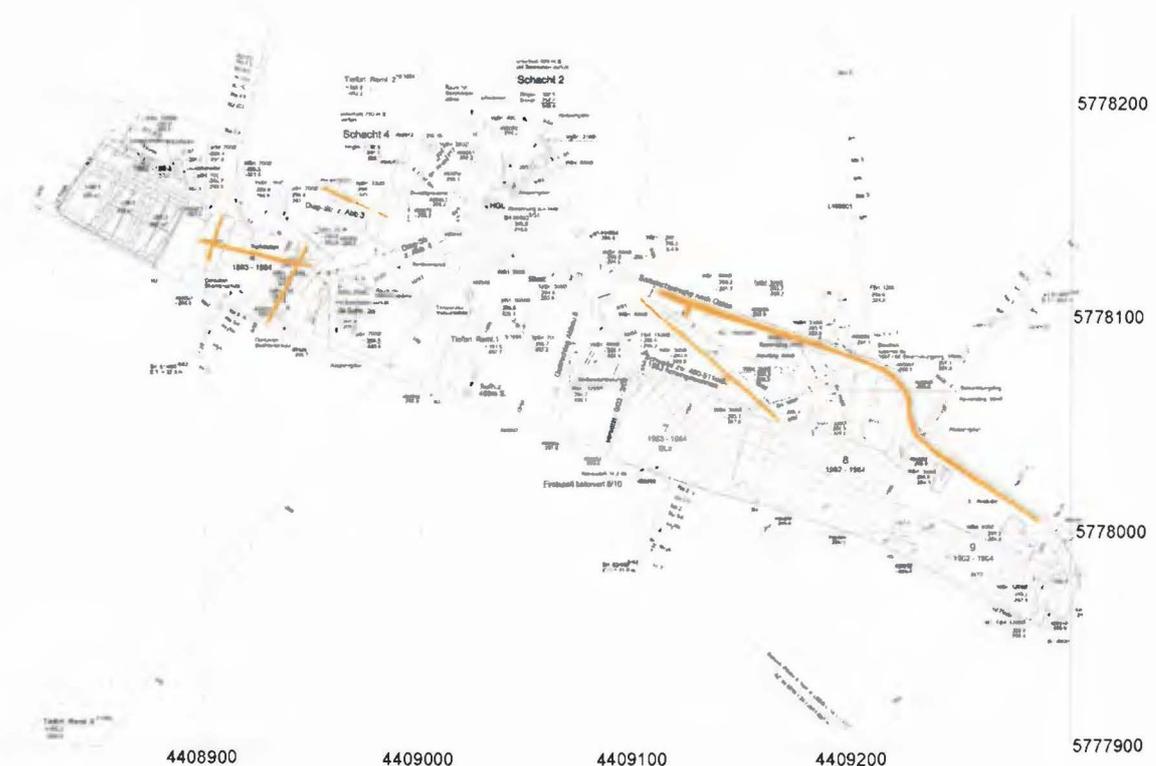


Abb. 2: Ausschnitt der 490-m-Sohle mit orange kolorierten Strecken, in denen gemessen wurde. (Grundlage Risswerk Asse, Asse-GmbH 2016).

In der Sattelrichtstrecke nach Osten wurde sowohl am Stoß Nord-(Ost), als auch an der Firste gemessen. Durch orthogonal gemessene Streckenelemente können zusätzliche Richtungsinformationen gewonnen werden. Die perspektivische Darstellung der Radargramme von den Messungen in der Sattelrichtstrecke (Abb. 3) vermittelt bereits einen Eindruck von den nach Osten abfallenden Strukturen nördlich des Grubengebäudes. Durch Schichtenverzeichnisse von Bohrungen und andere Aufschlüsse können die Reflexionen angesprochen werden. Durch weitere Messungen auf tieferen Sohlen kann der Verlauf im Raum verfolgt werden.

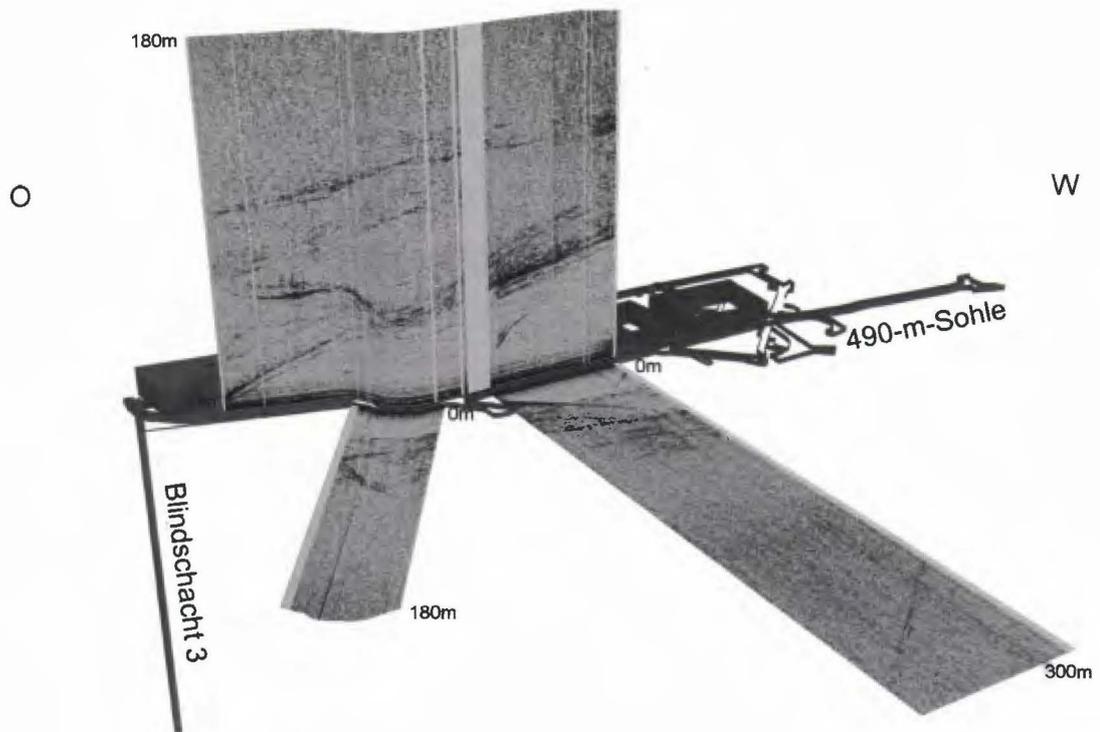


Abb. 3: Perspektivansicht aus Nordosten der Radargramme an der Firste und dem Stoß Nord der Sattelrichtstrecke nach Osten auf der 490-m-Sohle.

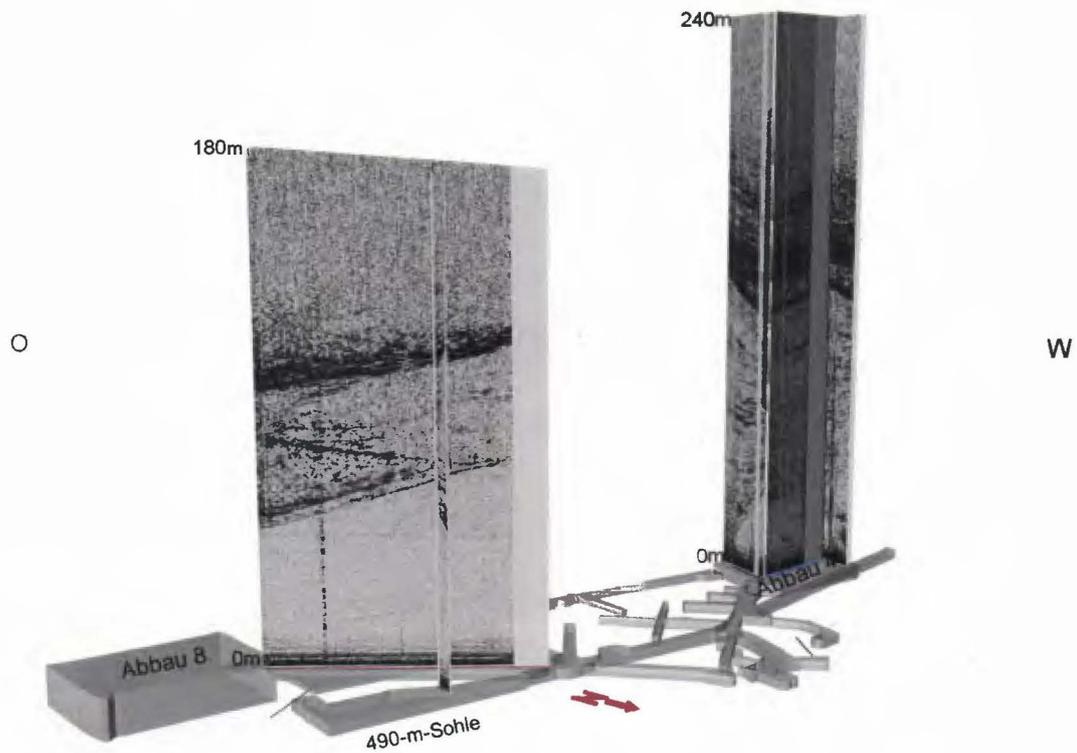


Abb. 4: Perspektivansicht aus Nordosten der Radargramme an der Firste der Zufahrt zu Abbau 8 und im Abbau 4 auf der 490-m-Sohle.

Durch ein Profil an der Firste in der Zufahrt zum Abbau 8 gelingt der Anschluss von der Sattelrichtstrecke zu den First-Messungen in den Abbauen 8 und 9 (2015c). Weiter westlich konnten im Abbau 4 ebenfalls Profile an der Firste aufgezeichnet werden, die in der perspektivischen Darstellung zusammen mit dem Profil in der Zufahrt zum Abbau 8 einen deutlichen, nach Osten abfallenden Reflektor in nördlicher Richtung zeigen (Abb. 4). Die Querprofile enthalten die Information ob die Reflexionen aus südlicher oder nördlicher Richtung empfangen werden.

2.1 Messungen in der Sattelrichtstrecke nach Osten

In der Sattelrichtstrecke nach Osten auf der 490-m-Sohle wurden Profile an der Firste und am nördlichen Stoß gemessen. Am Stoß Richtung Nordosten wurde am Tor im Osten begonnen zu messen. Das Profil am Stoß nach Norden wurde nach einem unzugänglichen Abschnitt mit separater Stationierung in einem zweiten Abschnitt fortgesetzt. Die zur Auswertung verwendeten Koordinaten sind in Tab.1 und Tab. 2 festgehalten. Entlang der Firste wurde an einer Mauer begonnen, am weitesten im Osten zugänglichen Punkt. Die Stationierung wurde hier über Messlücken hinweg fortgesetzt. Die zur Auswertung verwendeten Koordinaten dazu sind in Tab. 3 aufgelistet.

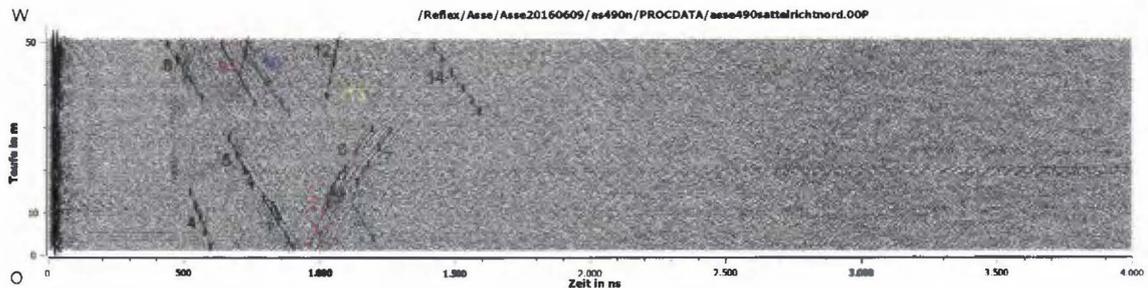


Abb. 5: Radargramm mit markierten Reflektoren Teil 1 am Stoß Nordost der Sattelrichtstrecke auf der 490-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.

Im Radargramm vom Profil am Stoß Nordost Teil 1 sind 14 Einsätze markiert (Abb. 5). Die Benennung der openGEO files ist gas49sat1n. Die Reflektoren 2, 4, 6-10 können als Grubenbaue identifiziert werden (in Abb. 6 orange markiert). Bis auf Reflektor 8, der von der 490-m-Sohle stammt, werden die Reflexionen von der 532-m-Sohle erfasst. Die Reflektoren 1, 3, 5, 11-14 werden oberhalb der Messebene den Strukturen der Anhydritmittel (z3AM/ah) zugeordnet (Abb. 6).

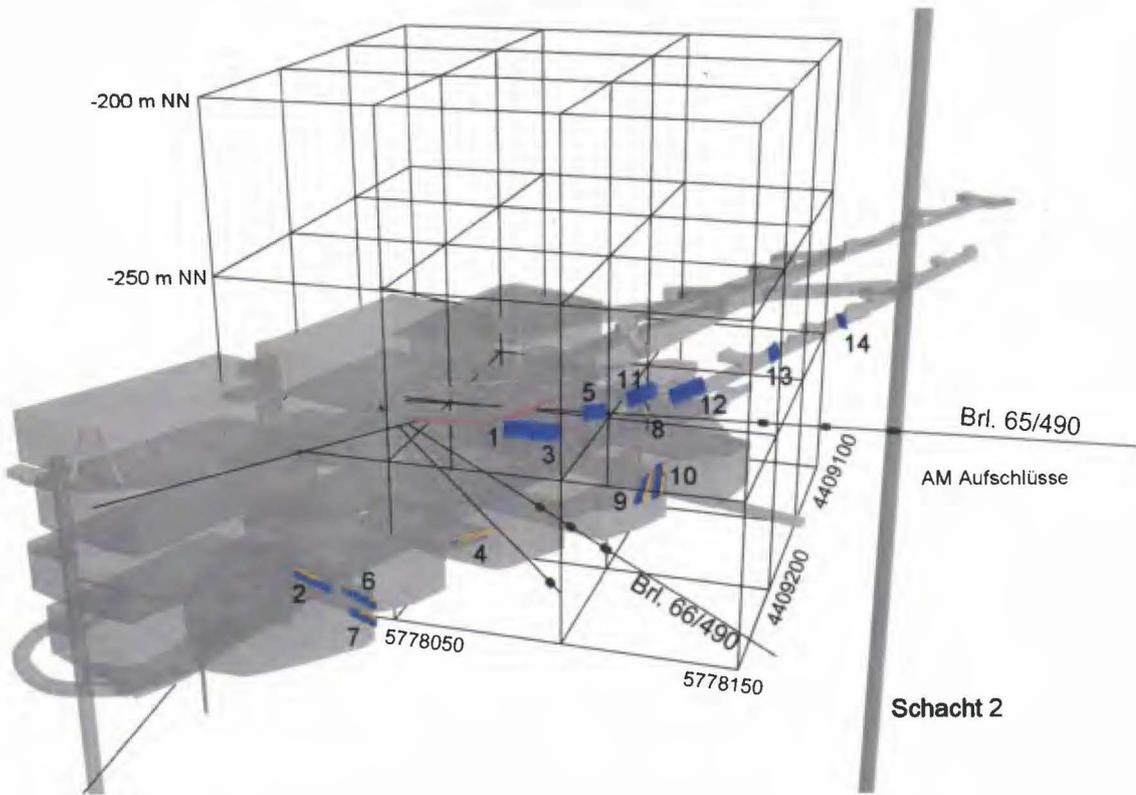


Abb. 6: Reflektoren des Profils Teil 1 am Stoß Nordost der Sattelrichtstrecke auf der 490-m-Sohle. Perspektivansicht aus Nordost.

Tab. 1: Koordinaten vom Profil am Stoß Nordost Teil 1 in der Sattelrichtstrecke

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0	4409229,3	5778047,6	-295,6
15,8	4409226,5	5778063,2	-295,6
31,9	4409217,5	5778076,5	-295,6
51,0	4409199,8	5778083,7	-295,6

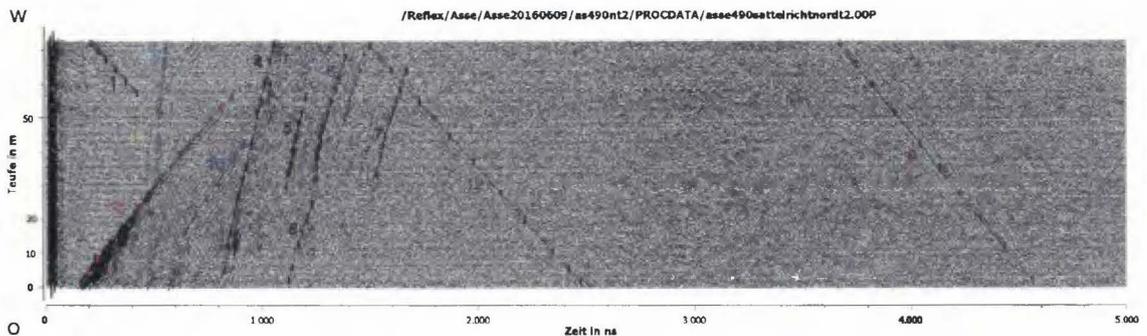


Abb. 7: Radargramm mit markierten Reflektoren Teil 2 am Stoß Nord der Sattelrichtstrecke auf der 490-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.

Im Radargramm vom Profil am Stoß Nord Teil 2 sind 13 Einsätze markiert (Abb. 7). Die Benennung der openGEO files ist gas49sat2n. Die Reflektoren 1-3, 10 und 13 können als Grubenbaue identifiziert werden. Die Reflektoren 9 (außerhalb der Darstellung in Abb. 8) und 12 können von der Bohrung Remlingen 2 und dem Schacht 2 sein. Die Reflektoren 4-8 und 11 werden oberhalb der Messebene den Strukturen des Anhydritmittelsalzes (z3AM) nördlich des Grubengebäudes zugeordnet (Abb. 8).

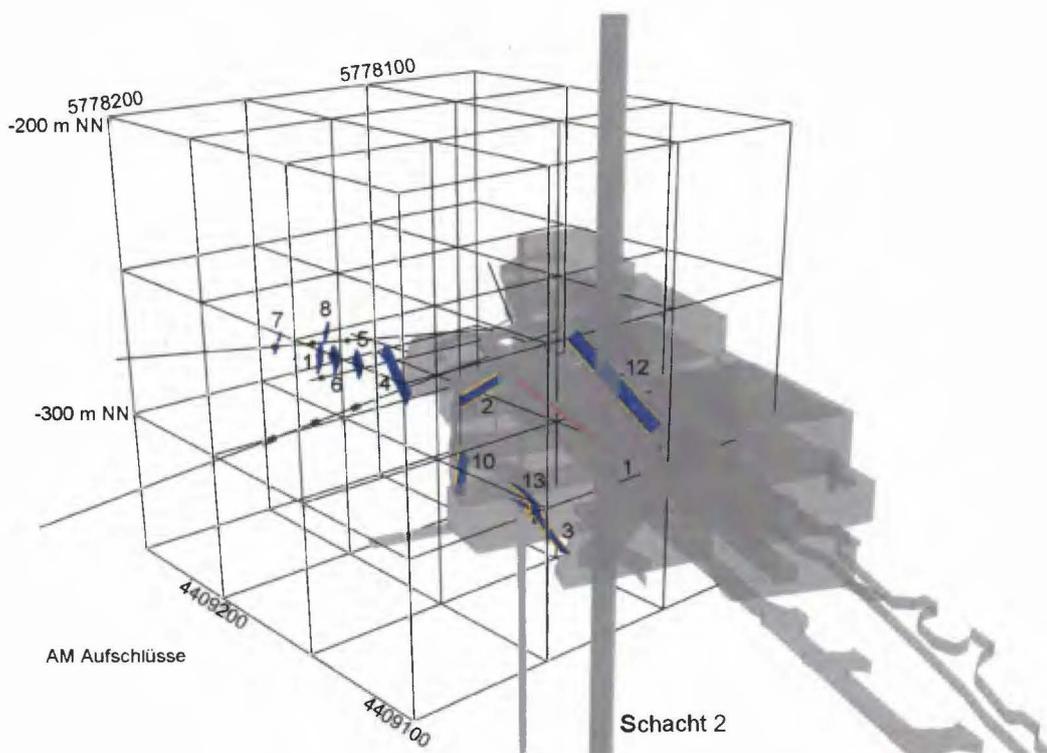


Abb. 8: Reflektoren des Profils Teil 2 am Stoß Nord der Sattelrichtstrecke auf der 490-m-Sohle. Perspektivansicht aus Nordwest.

Tab. 2: Koordinaten vom Profil am Stoß Nord Teil 2 in der Sattelrichtstrecke

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0	4409177,9	5778091,0	-295,6
74,4	4409107,3	5778114,6	-295,6



Abb. 9: Radargramm mit markierten Reflektoren an der Firste der Sattelrichtstrecke auf der 490-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.

Im Radargramm vom Profil an der Firste sind 16 Einsätze markiert (Abb. 9). Die Benennung der openGEO files ist gas49satfi. Der Reflektor 10 kann als Grubenbau identifiziert werden. Die Reflektoren 1, 2, 11-15 werden nördlich der Messebene den Strukturen des Anhydritmittelsalzes (z3AM) zugeordnet. Die Reflektoren 6, 7, 9 und 16 werden südlich der Messebene gesehen. Hierbei passt Reflektor 16 mit dem Reflektor 5 (Abb. 10) vom Querprofil zusammen. Analog können die Reflektoren 14, 15 mit dem Reflektor 3 (Abb. 10) vom Querprofil gemeinsam interpretiert werden und die Reflektoren 11-13 mit dem Reflektor 1 (Abb. 10). Zu den Reflektoren 3-5 und 8 gibt es noch keine Richtungszuordnung. Der Reflektor 4 könnte in seiner Erscheinungsform vom Grubengebäude stammen, wurde aber bisher nicht als solcher identifiziert.

Tab. 3: Koordinaten vom Profil an der Firste in der Sattelrichtstrecke

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0	4409289,8	5778002,0	-292,7
74,6	4409229,0	5778045,3	-292,9
99,1	4409221,1	5778068,4	-293,7
140,0	4409180,5	5778086,2	-293,7
220,0	4409105,0	5778112,6	-293,7



Abb. 10: Radargramm mit markierten Reflektoren an der Firste im Querprofil von Nord nach Süd in der Sattelrichtstrecke auf der 490-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.

Im Radargramm vom Querprofil an der Firste sind 6 Einsätze markiert (Abb. 10). Die Benennung der openGEO files ist gas49satqf. Die Reflektoren 1-3 oberhalb und nördlich der Sattelrichtstrecke werden östlich der Messebene des Querprofils gesehen. Die Reflektoren 4-6 erscheinen im Bereich der Südflanke, ohne Richtungszuordnung (Abb. 11).

Tab. 4: Koordinaten vom Querprofil an der Firste in der Sattelrichtstrecke

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
2	4409131,8	5778104,2	-293,2
11,0	4409128,9	5778095,7	-292,6

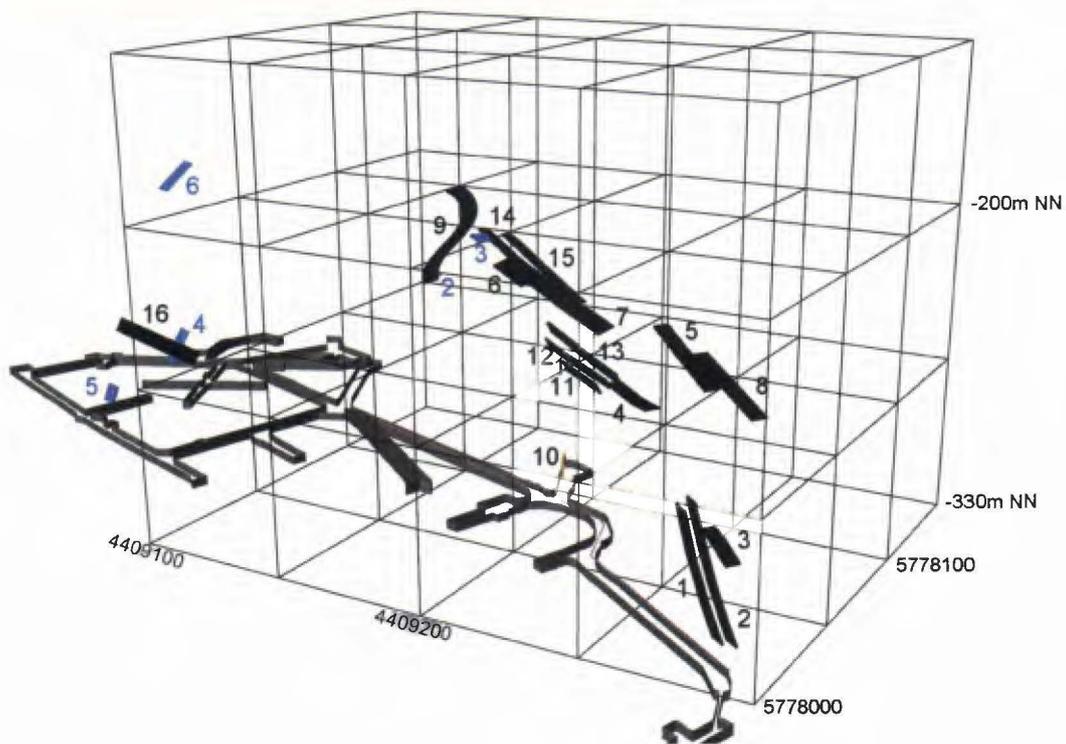


Abb. 11: Reflektoren der Profile an der Firste in der Sattelrichtstrecke (schwarz) und einem Querprofil (blau) auf der 490-m-Sohle. Perspektivansicht aus Südost.

2.2 Messungen an der Firste der Zufahrt zum Abbau 8

In der Zufahrt zum Abbau 8 auf der 490-m-Sohle wurde ein Profil an der Firste gemessen, welches die Profile aus dem Abbau 8 (2015c) mit dem Profil aus der Sattelrichtstrecke verknüpft. Das Profil beginnt im Westen in der Sattelrichtstrecke und endet im Abbau 8. In der Abb. 12 wird deutlich, dass die erfassten Strukturen in allen genannten Messprofilen verfolgt werden können und so durch unterschiedliche geometrische Bezüge im Raum festgelegt werden können.

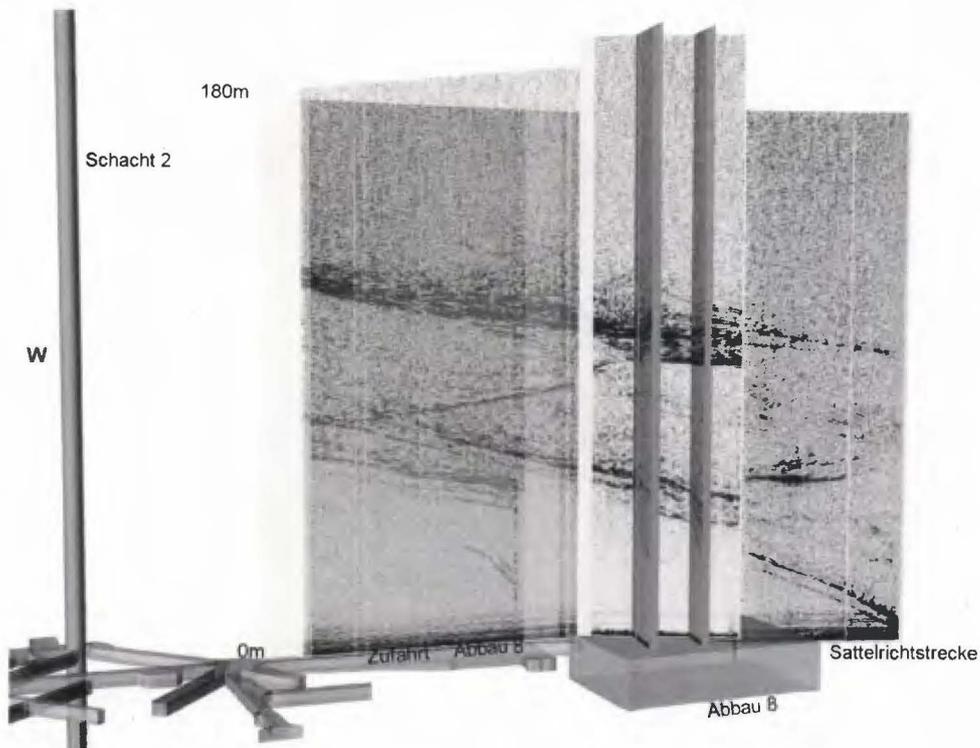


Abb. 12: Perspektivansicht aus Süden des Radargramms an der Firste in der Zufahrt zum Abbau 8 (halbtransparent) mit denen der Sattelrichtstrecke (dahinter) und Firstprofilen im Abbau 8.

Im Radargramm vom Profil an der Firste der Zufahrt zum Abbau 8 sind 14 Einsätze markiert (Abb. 13). Die Benennung der openGEO files ist gas49zuk8f. Die Reflektoren 1-3 und 14 werden nördlich der Messebene des Profils gesehen (Abb. 14). Die Reflektoren 4, 5, 8 und 11 werden südlich der Messebene angenommen. Die übrigen Reflektoren 6, 7, 9, 10, 12 und 13 sind bisher noch ohne Richtungszuordnung.

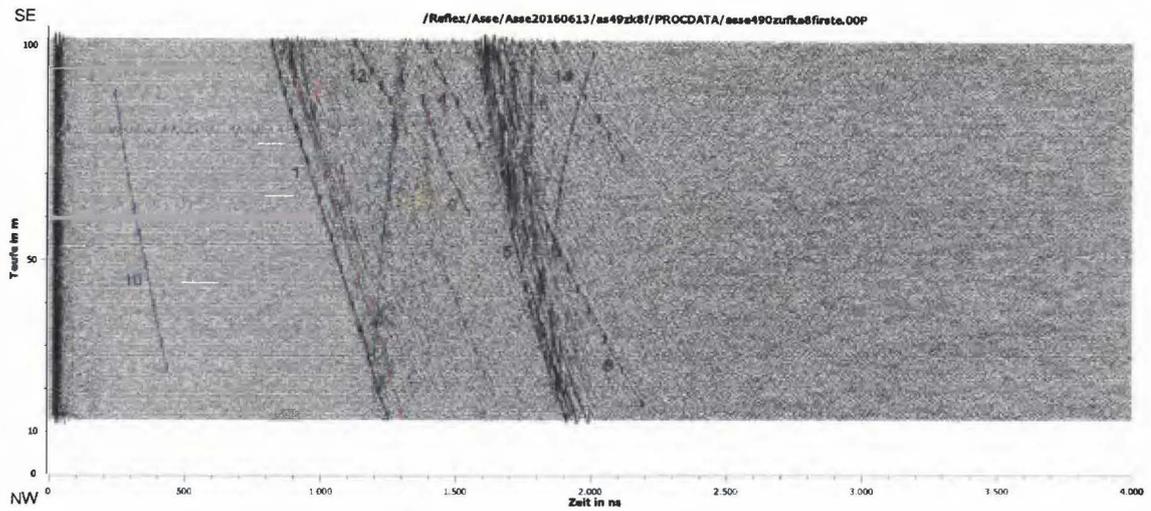


Abb. 13: Radargramm mit markierten Reflektoren an der Firste in der Zufahrt zum Abbau 8 auf der 490-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.

Tab. 5: Koordinaten vom Profil an der Firste in der Zufahrt zum Abbau 8

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0	4409091,1	5778116,1	-291,7
101,7	4409168,3	5778050,4	-283,8

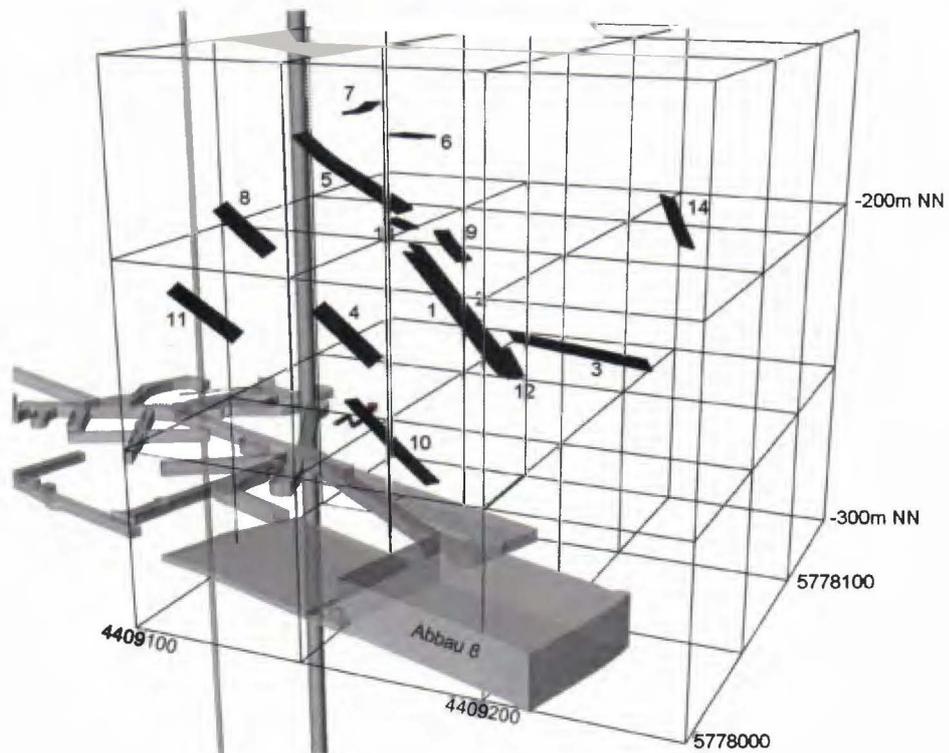


Abb. 14: Reflektoren des Profils an der Firste in der Zufahrt zum Abbau 8 auf der 490-m-Sohle. Perspektivansicht aus Nordwest.

2.3 Messungen an der Firste im Abbau 4

An der Firste im Abbau 4 auf der 490-m-Sohle wurde auf drei Profilen gemessen (siehe Abb. 2), einmal in Ost-West Richtung längs des Abbaus und zwei Profile in Richtung NNE-SSW. Die Perspektivdarstellung der Radargramme aus Abbau 4 in Kombination mit den Radargrammen aus der Richtstrecke, Sattelrichtstrecke und dem Abbau 8 (Abb. 15) zeigt die erfassten Strukturen über eine weite Distanz mit räumlichen Bezügen.



Abb. 15: Perspektivansicht aus Südwest der Radargramme an der Firste im Abbau 4 mit denen in der Richtstrecke im Süden und Firstprofilen der Zufahrt zum Abbau 8 und Profilen im Abbau 8.

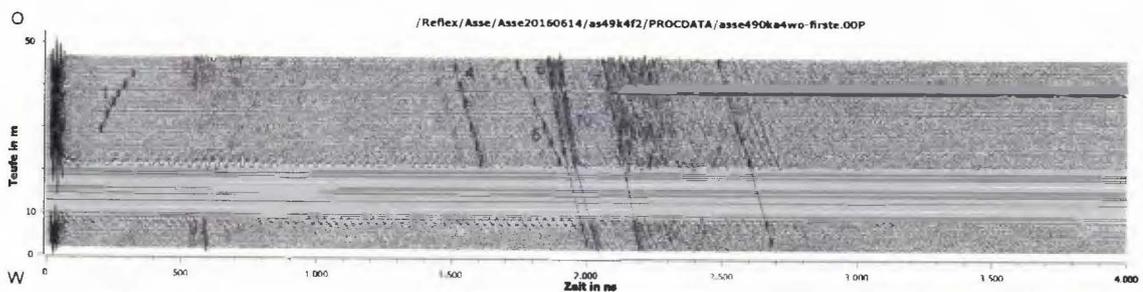


Abb. 16: Radargramm vom WO-Profil an der Firste im Abbau 4 auf der 490-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.

Im Radargramm vom WO-Profil an der Firste im Abbau 4 sind 11 Einsätze markiert (Abb. 16). Die Benennung der openGEO files ist gas49k4wof. Der Reflektor 1 kann als Grubenbau identifiziert werden. Die Reflektoren 2 und 9 werden südlich vom Profil Strukturen der Südflanke zugeordnet. Bis auf Reflektor 11 werden alle übrigen Reflektoren aus nördlicher Richtung vom Profil empfangen. Die Reflektoren 6 und 10 bilden eine Doppelstruktur ab.

Tab. 6: Koordinaten vom W-O-Profil an der Firste im Abbau 4

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0	4408895,7	5778131,6	-291,3
48,3	4408943,1	5778122,8	-290,9

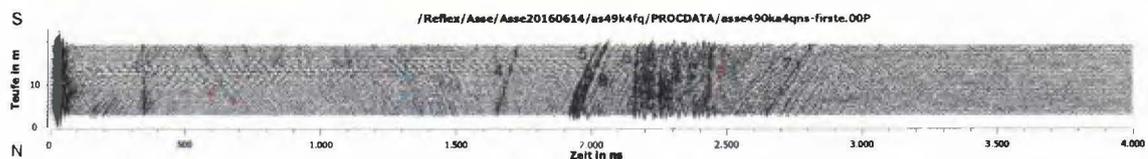


Abb. 17: Radargramm vom NS-Profil an der Firste im Westen des Abbau 4 auf der 490-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.

Im Radargramm vom N-S-Profil an der Firste im Westen des Abbau 4 sind 9 Einsätze markiert (Abb. 17). Die Benennung der openGEO files ist gas49k4nsf. Der Reflektor 1 und eventuell auch Reflektor 3 können als Grubenbaue identifiziert werden. Die Reflektoren 5 und 8 bilden eine Doppelstruktur ab. Der Reflektor 7 wird östlich der Messebene den Anhydritmitteln nördlich des Grubengebäudes zugeordnet. Alle übrigen Reflektoren werden ebenfalls östlich der Messebene angenommen.

Tab. 7: Koordinaten vom N-S-Profil an der Firste in der Abbau 4

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0	4408909,9	5778146,7	-291,3
20,1	4408903,0	5778127,8	-291,0

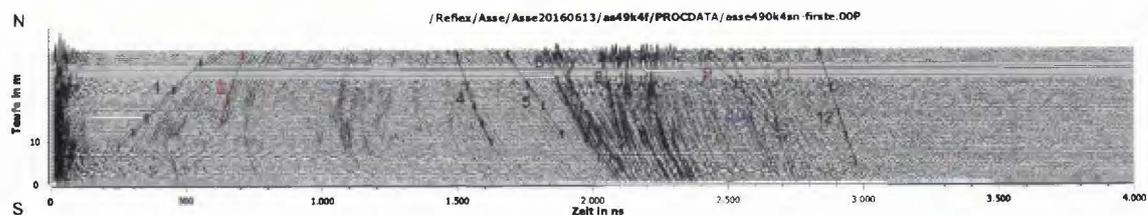


Abb. 18: Radargramm vom S-N-Profil an der Firste im Osten der Abbau 4 auf der 490-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.

Im Radargramm vom S-N-Profil an der Firste im Osten des Abbaus 4 sind 12 Einsätze markiert (Abb. 18). Die Benennung der openGEO files ist gas49k4snf. Die Reflektoren 2 und 3 können vermutlich Grubenbauen zugeordnet werden. Die Reflektoren 6 und 7 bilden eine Doppelstruktur ab. Der Reflektor 9 wird östlich der Messebene den Anhydritmitteln nördlich des Grubengebäudes zugeordnet. Die übrigen Reflektoren werden aufgrund nach Osten fallender Strukturen oberhalb der Grube ebenfalls östlich der Messebene angenommen (Abb. 19).

Tab. 8: Koordinaten vom S-N-Profil an der Firste in der Abbau 4

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0	4408931,8	5778095,0	-293,5
7,9	4408935,2	5778101,8	-291,5
32,4	4408946,1	5778123,8	-291,3

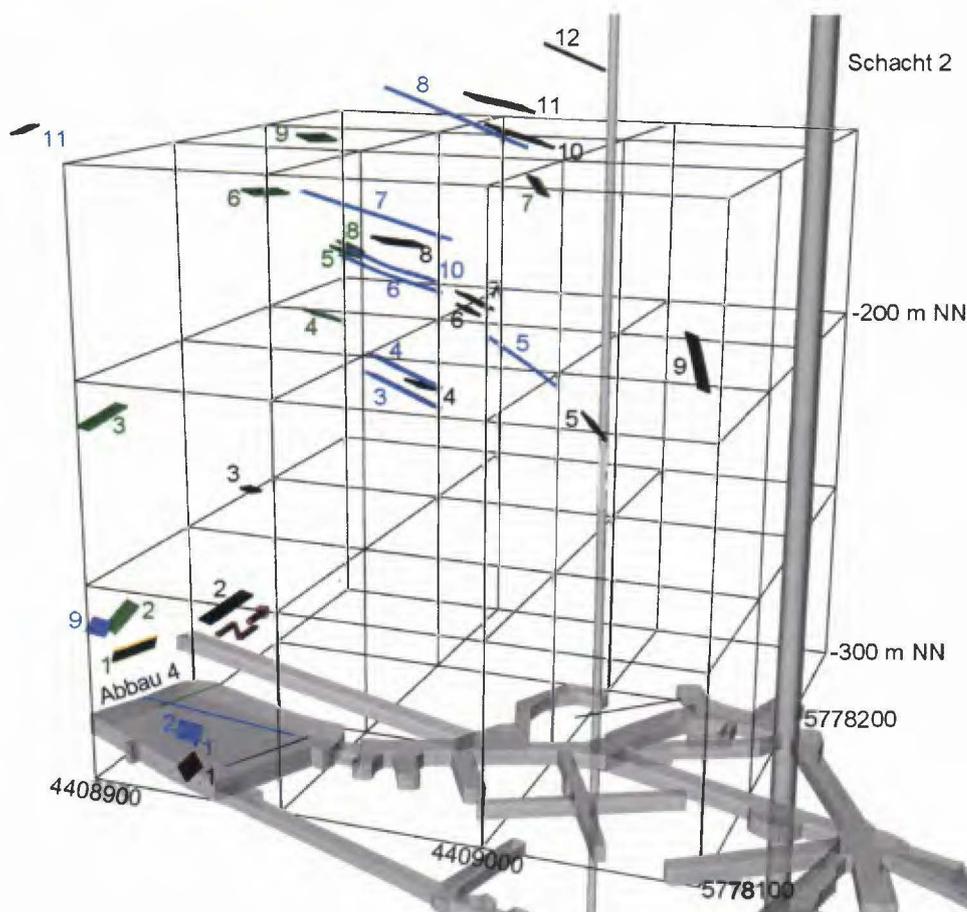


Abb. 19: Reflektoren der Profile an der Firste im Abbau 4 auf der 490-m-Sohle. N-S Profil im Westen in grün, S-N Profil im Osten in schwarz und W-O Profil in blau. Perspektivansicht aus Südost.

3 Messungen auf der 511-m-Sohle

Auf der 511-m-Sohle wurde vom 13. bis 15. Juni 2016 in den farblich markierten Auffahrungen (Abb. 20) gemessen. Die Messungen mit den geschirmten 70-MHz-Antennen fanden in der Wendelstrecke, in der Abbaubegleitstrecke und im Abbau 2 (Bohrwerkstatt) statt. Dort, wo keine Abbaue der Signalausbreitung Richtung Gebirge im Weg waren, wurde an der Firste und am Stoß Nord gemessen.

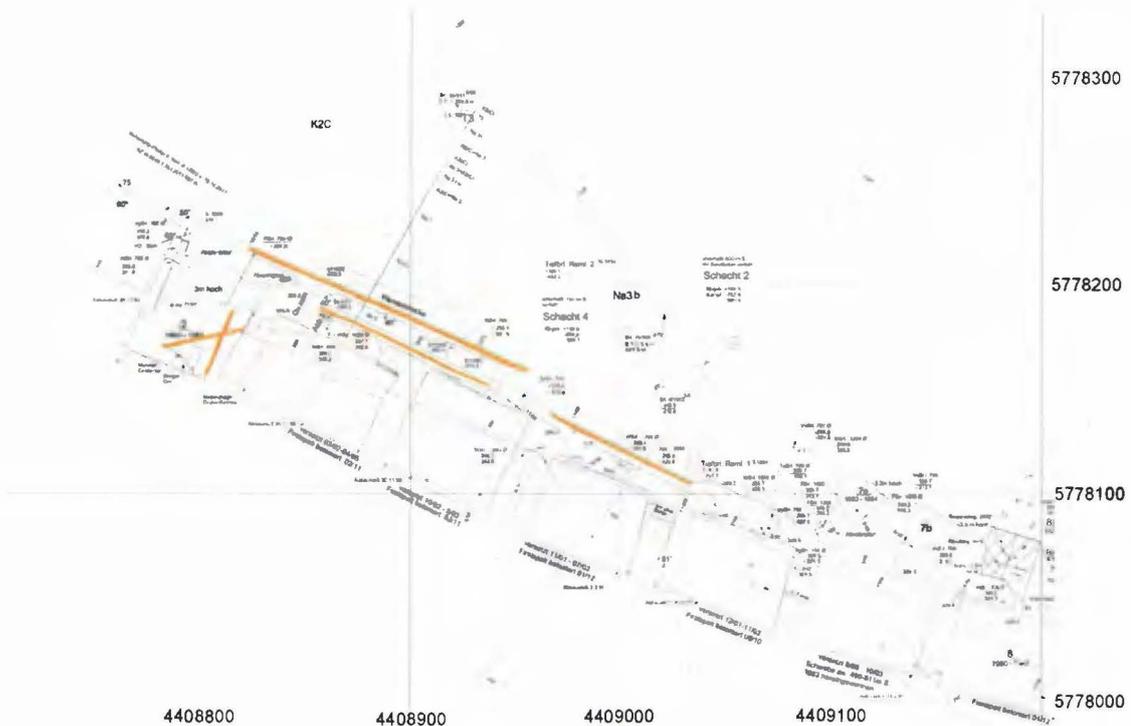


Abb. 20: Ausschnitt der 511-m-Sohle mit orange kolorierten Strecken, in denen gemessen wurde. (Grundlage Risswerk Asse, Asse-GmbH 2016).

Die Zusammenstellung der registrierten Radargramme (Abb. 21) zeigt sowohl Richtung Firste als auch nach Norden zahlreiche Reflexionen. Einige Reflexionen können Auffahrungen, dem Schacht 2 und 4 sowie der Bohrung Remlingen 2 zugeordnet werden. Hierbei ist zu erkennen, dass der Ansatzpunkt der Bohrung Remlingen 2 nicht mit dem Scheitelpunkt der Reflexionshyperbel auf der 511-m-Sohle übereinstimmt. Die Bohrung scheint auf dem Sohlenniveau der Messung gegenüber dem Ansatzpunkt nach Westen abgelenkt zu sein.

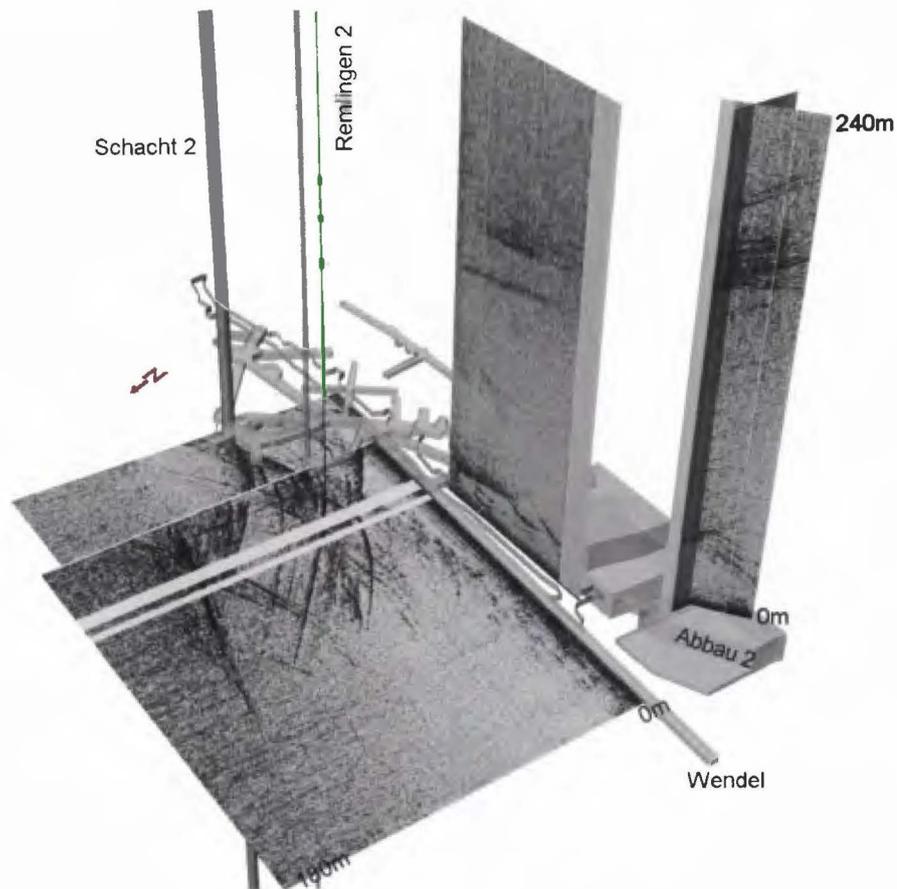


Abb. 21: Perspektivansicht aus Nordwesten der Radargramme an der Firste, der Strecke, dem Stoß Nord der Fahrstrecke Wendel und der Firste in Abbau 2 auf der 511-m-Sohle.

3.1 Messungen in der Wendel

In der Wendelstrecke wurde am Stoß Nord von der 490-m-Sohle bis auf die 532-m-Sohle ein Profil der Länge 200 m gemessen. Begonnen wurde im Osten auf der 490-m-Sohle. Im Streckenverlauf gab es eine Nische im Stoß, wodurch zwei Messlücken und ein zeitlicher Datenversatz innerhalb der Nische entstanden. Nach Westen wurde das Gebirge leitfähiger, was sich durch reduzierte Amplituden im Radargramm zeigt.



Abb. 22: Radargramm am Stoß Nord in der Wendelstrecke zwischen 490-m-Sohle und 532-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.

Im Radargramm vom Profil am Stoß Nord sind 24 Einsätze markiert (Abb. 22). Die Benennung der openGEO files ist gas49-53no. Die Reflektoren 7-13 können als Grubenbaue identifiziert werden. Der Reflektor 8 kommt vermutlich von der Bohrung Remlingen 2. Die Reflektoren 16, 18 und 19 werden oberhalb der Messebene den Anhydritmitteln (z3AM/ah) zugeordnet. Die übrigen Reflektoren könnten, in der Ebene oder unterhalb, vom in der Bohrung Brl. 64/490 angetroffenen Kaliflöz Staßfurt (z2SF) sein (Abb. 23, Abb. 24).

Tab. 9: Koordinaten vom Profil am Stoß Nord

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0	4408985,3	5778147,8	-294,7
200,9	4408802,1	5778228,0	-314,8

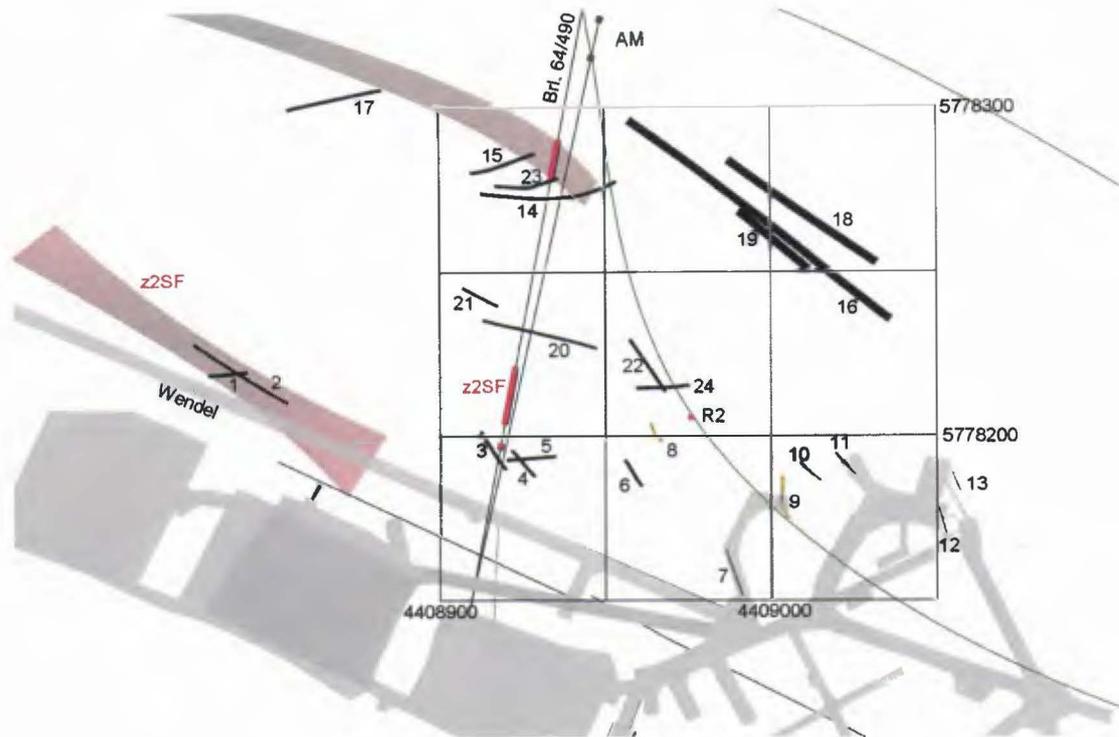


Abb. 23: Reflektoren des Profils am Stoß Nord in der Wendelstrecke von der 490-m-Sohle auf die 532-m-Sohle. Ansicht von oben.

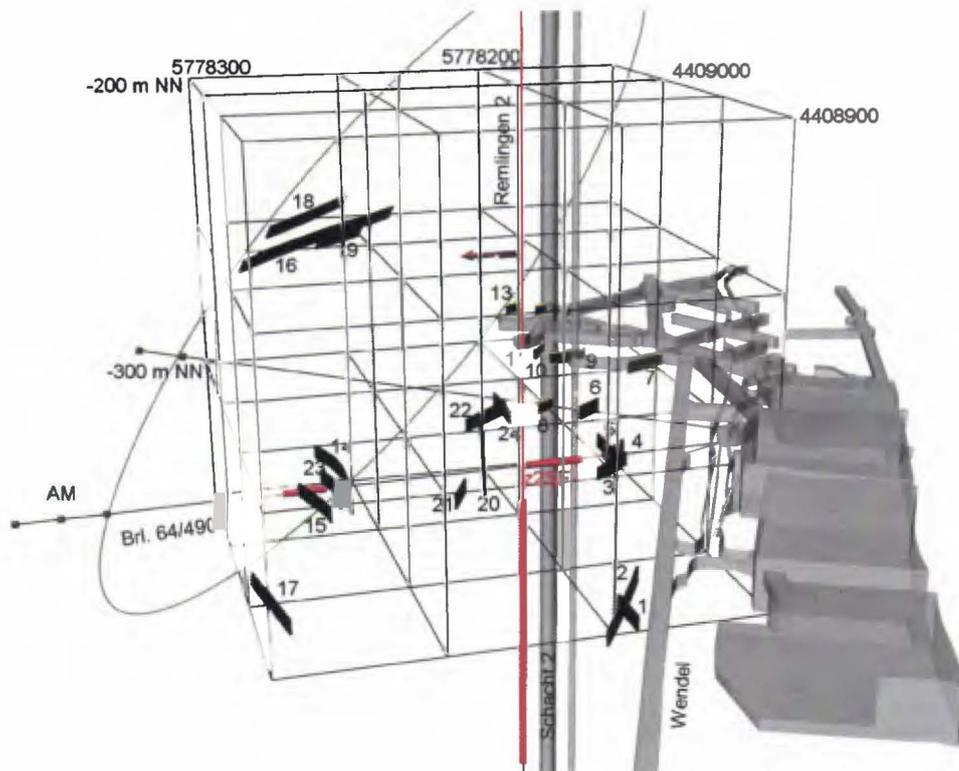


Abb. 24: Reflektoren des Profils am Stoß Nord in der Wendelstrecke von der 490-m-Sohle auf die 532-m-Sohle. Perspektivansicht aus Nordwest.

3.2 Messungen in der Strecke

In der Strecke auf der 511-m-Sohle wurde auf zwei Profilen gemessen, einmal am Stoß Nord und ein Teilprofil an der Firste. Gemessen wurde von Ost nach West. Durch Einbauten am Stoß entstand eine Messlücke zwischen Profilmeter 61 und 65,5.

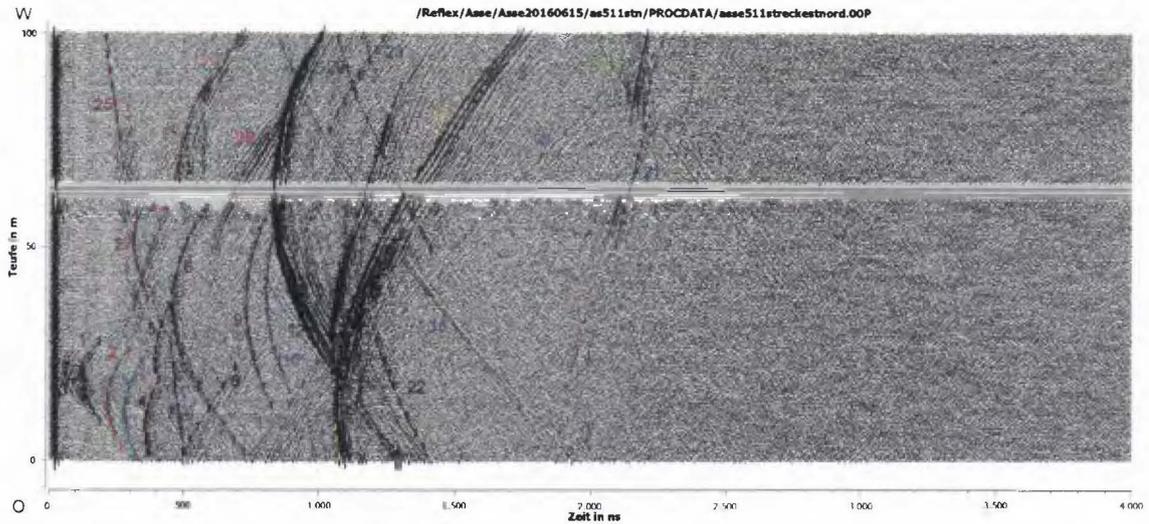


Abb. 25: Radargramm am Stoß Nord auf der 511-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.

Im Radargramm vom Profil am Stoß Nord sind 29 Einsätze markiert (Abb. 25). Die Benennung der openGEO files ist gas511strn. Die Reflektoren 4-14, 18, 22-28 können als Grubenbaue identifiziert werden. Die Zuordnung der Reflektoren 1-3 ist unklar. Die Reflektoren 15 und 29 könnten von der Bohrung Remlingen 2 oder aus dem Übergangsbereich z2/z3 sein. Die Reflektoren 16, 17, 20 und 21 werden oberhalb der Messebene den Anhydritmitteln (z3AM/ah) zugeordnet. Reflektor 19 könnte in der Bohrung Brl. 50/511 angetroffener Grauer Salzton sein (Abb. 26, Abb. 27).

Tab. 10: Koordinaten vom Profil am Stoß Nord

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0	4409034,3	5778105,3	-308,2
73,9	4408968,2	5778138,4	-308,2
100	4408945,6	5778151,4	-308,2

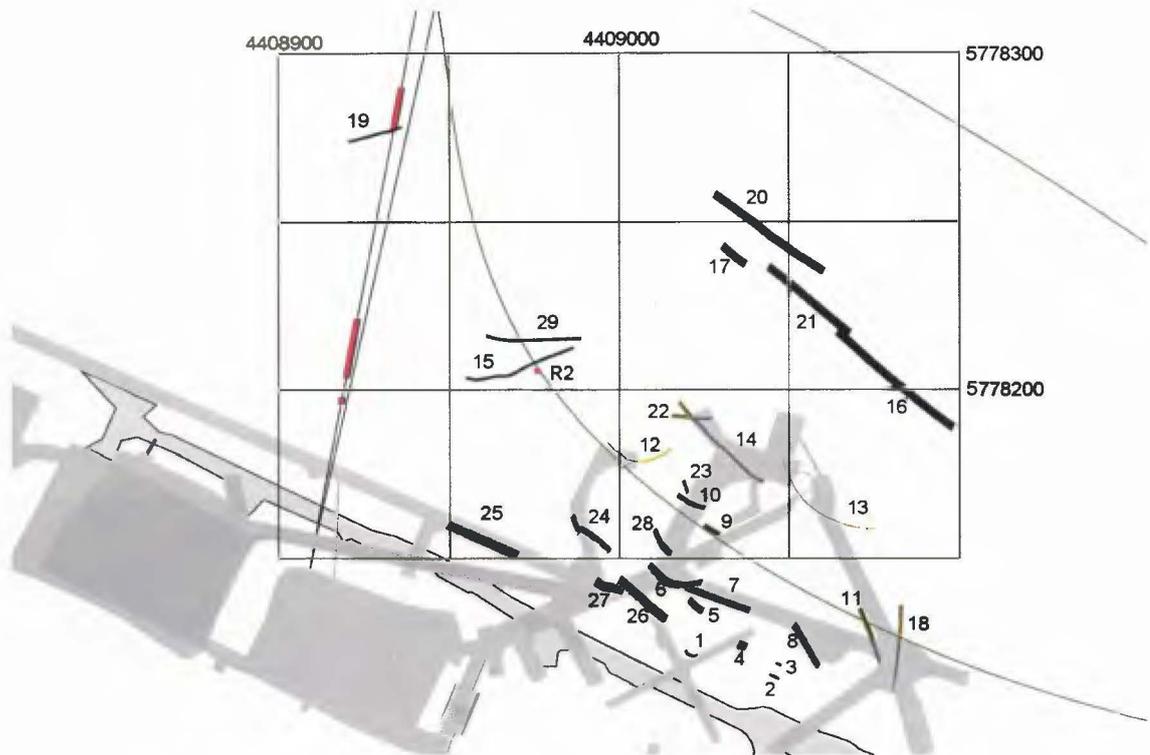


Abb. 26: Reflektoren des Profils am Stoß Nord in der Abbaubegleitstrecke der 511-m-Sohle. Ansicht von oben.

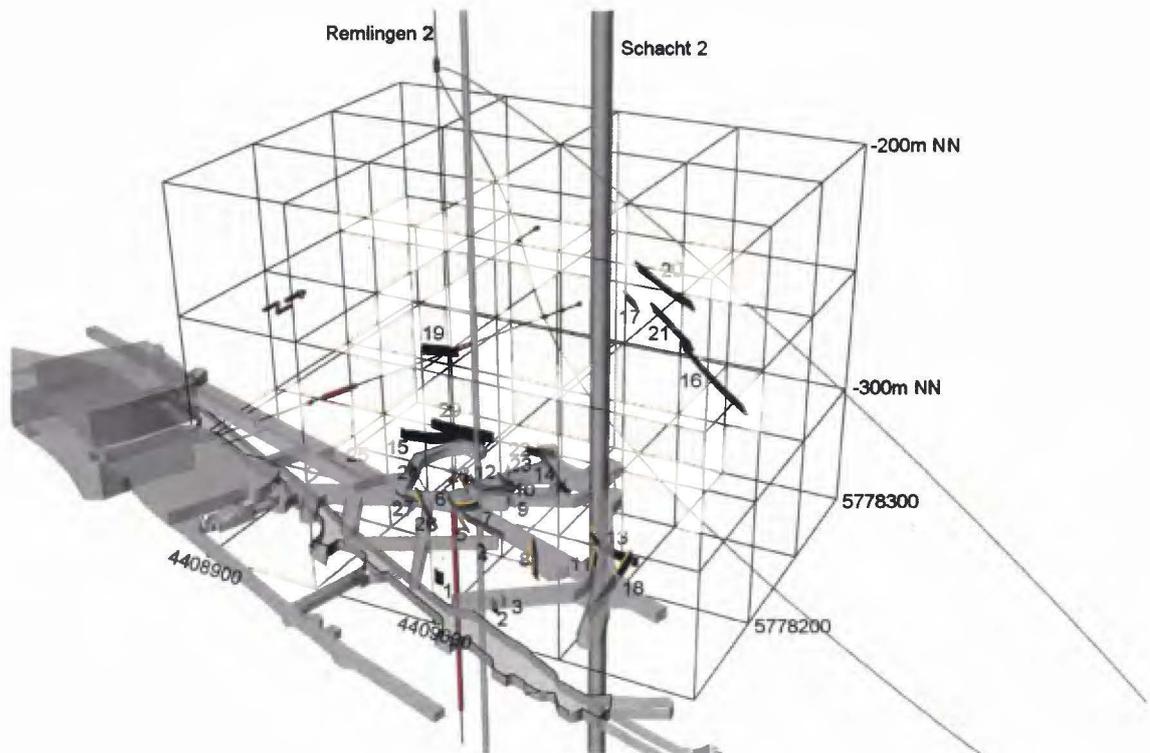


Abb. 27: Reflektoren des Profils am Stoß Nord in der Abbaubegleitstrecke der 511-m-Sohle. Perspektivansicht aus Südost.

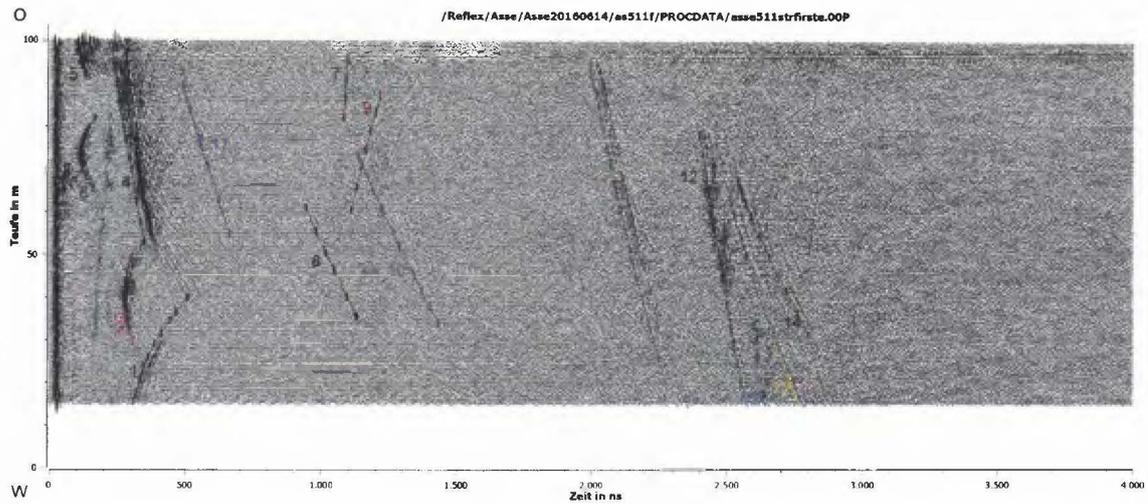


Abb. 28: Radargramm vom Profil an der Firste der Abbaubegleitstrecke auf der 511-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.

Im Radargramm vom Profil an der Firste sind 17 Einsätze markiert (Abb. 28). Die Benennung der openGEO files ist gas511strf. Die Reflektoren 1-6 können als Grubenbaue identifiziert werden. Die Reflektoren 11-15 werden den Anhydritmitteln zugeordnet (Abb. 29, Abb. 30). Zu den Reflektoren 7-10, 16 und 17 konnte bisher noch kein Bezug hergestellt werden.

Tab. 11: Koordinaten vom Profil an der Firste

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0	4408851,2	5778192,4	-305,4
100,1	4408941,8	5778149,8	-305,4

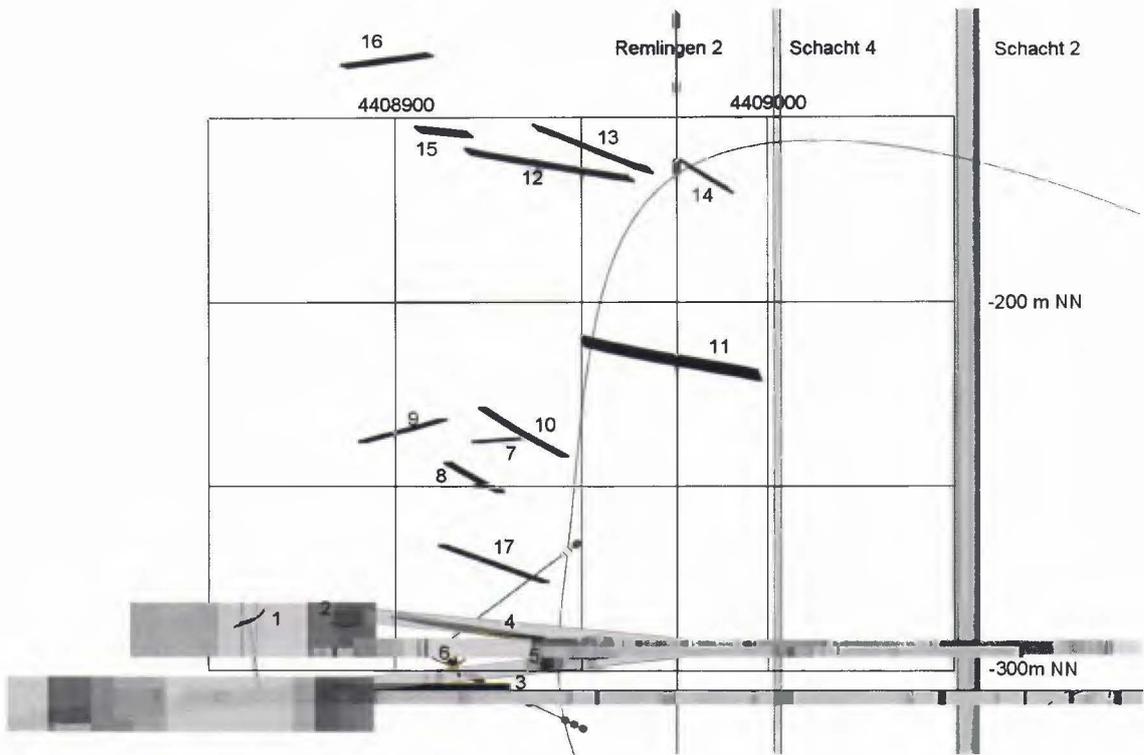


Abb. 29: Reflektoren des Profils an der Firste in der Abbaubegleitstrecke der 511-m-Sohle. Ansicht aus Süden.

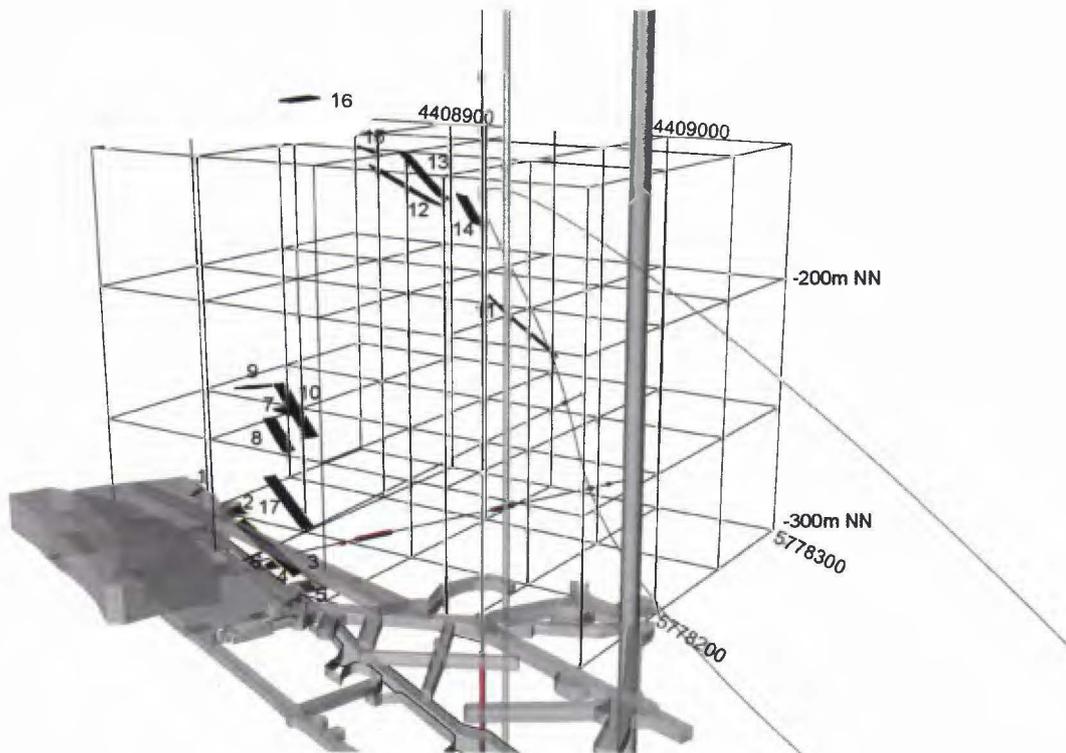


Abb. 30: Reflektoren des Profils an der Firste in der Abbaubegleitstrecke der 511-m-Sohle. Perspektivansicht aus Südost.

3.3 Messungen an der Firste im Abbau 2

An der Firste des Abbau 2 auf der 511-m-Sohle wurde auf zwei sich kreuzenden Profilen gemessen, einmal von Ostnordost nach Westsüdwest und einmal von Südsüdwest nach Nordnordost. Der Abbau 2 wird als Bohrwerkstatt genutzt. Die Richtung und Länge der Profile war durch die örtlichen Gegebenheiten (Fahrzeuge, Einbauten, Gerätschaften) eingeschränkt.

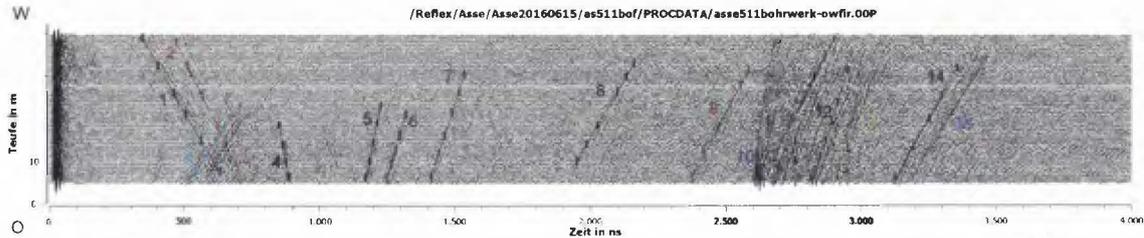


Abb. 31: Radargramm an der Firste von ONO nach WSW im Abbau 2 auf der 511-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.

Im Radargramm vom ONO-WSW-Profil an der Firste sind 15 Einsätze markiert (Abb. 31). Die Benennung der openGEO files ist gas511bof. Der Reflektor 3 konnte als Grubenbau identifiziert werden. Die Reflektoren 10-15 werden den Anhydritmitteln zugeordnet (Abb. 32). Zu den Reflektoren 1, 2, 4-9 konnte bisher noch kein Bezug hergestellt werden.

Tab. 12: Koordinaten vom ONO-WSW-Profil an der Firste im Abbau 2

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0	4408819,5	5778176,9	-304,5
40,6	4408779,6	5778169,9	-302,9

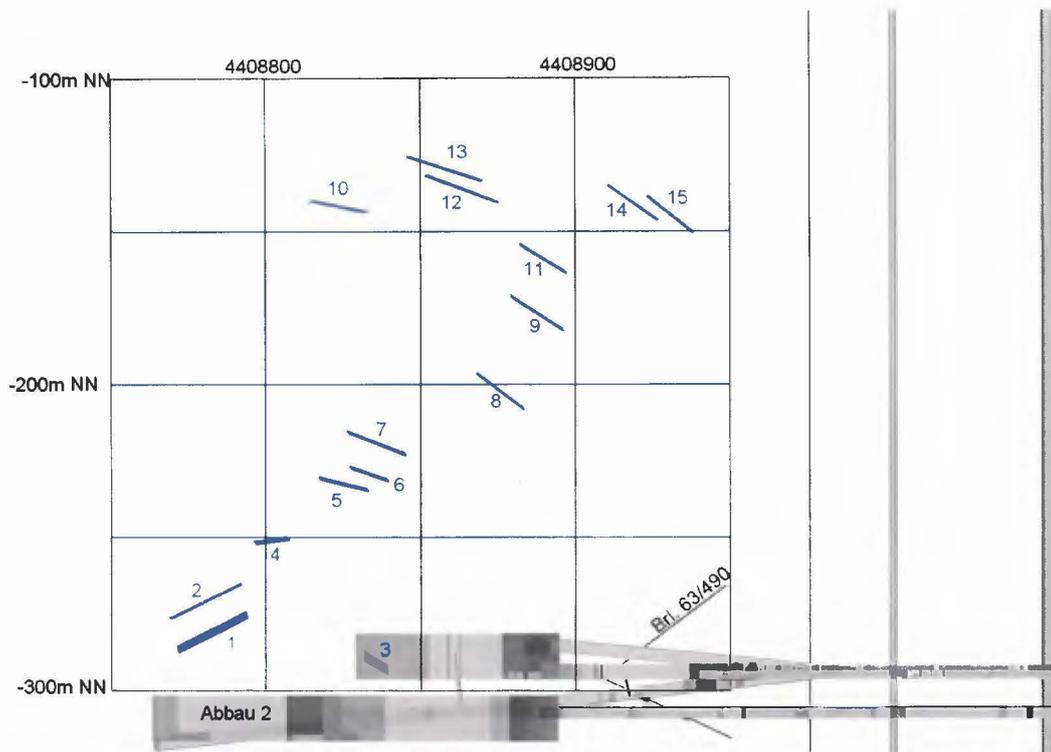


Abb. 32: Reflektoren des Profils ONO-WSW an der Firste im Abbau 2 auf der 511-m-Sohle. Ansicht aus Süden.

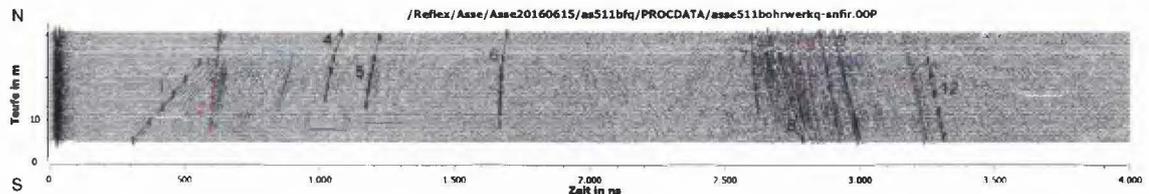


Abb. 33: Radargramm an der Firste von Südsüdwest nach Nordnordost im Abbau 2 auf der 511-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.

Im Radargramm vom SSW-NNO-Profil an der Firste sind 12 Einsätze markiert (Abb. 33). Die Benennung der openGEO files ist gas511boqf. Der Reflektor 2 konnte als Grubenbau identifiziert werden. Die Reflektoren 7-12 werden den Anhydritmitteln zugeordnet (Abb. 34, Abb. 35). Zu den Reflektoren 3-6 konnte bisher noch kein Bezug hergestellt werden.

Tab. 13: Koordinaten vom SSW-NNO-Profil an der Firste im Abbau 2

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0	4408799,3	5778155,4	-303,1
32,9	4408813,0	5778185,3	-304,8

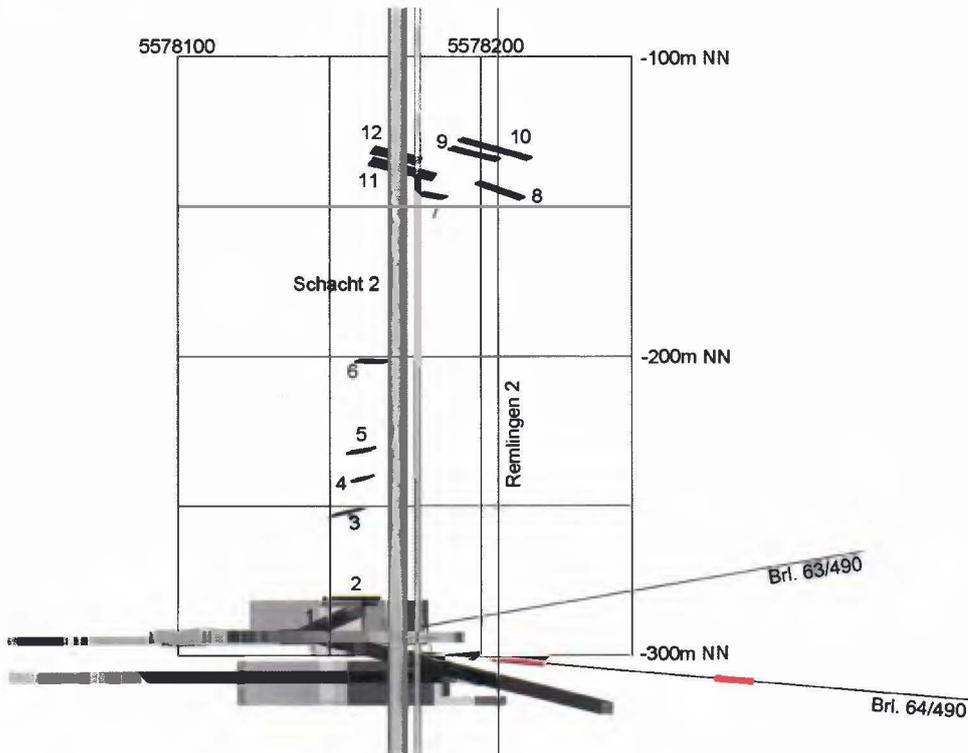


Abb. 34: Reflektoren des Profils SSW-NNO an der Firste im Abbau 2 auf der 511-m-Sohle. Ansicht aus Osten.

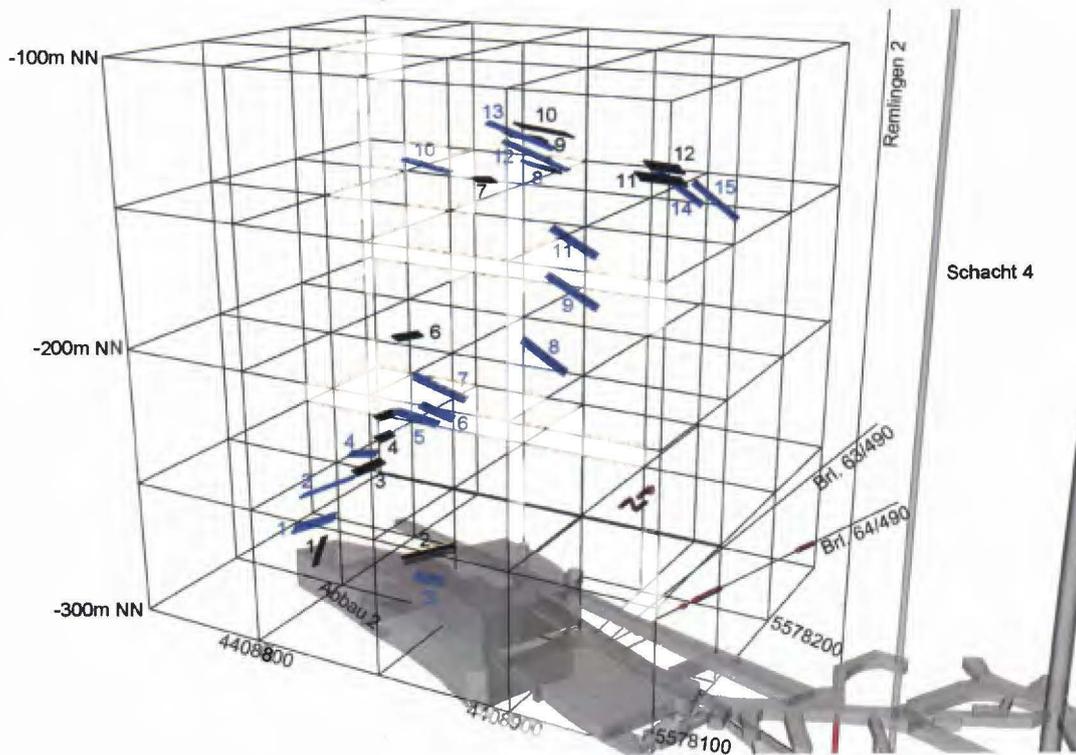


Abb. 35: Reflektoren beider Profile an der Firste im Abbau 2 auf der 511-m-Sohle. ONO-WSW Profil in blau und SSW-NNO-Profil in schwarz. Perspektivansicht aus Südost.

4 Messungen auf der 532-m-Sohle

Auf der 532-m-Sohle wurde am 15. Juni 2016 gemessen. Von besonderem Interesse sind Profile, die eine ungestörte Erkundung Richtung Gebirge erlauben. Der direkte Zugang zum Gebirge ist bei der Messung am Stoß Nord in der Umfahrung des Abbaus 6a gegeben (Abb. 36). Die geometrische Ausrichtung variiert jedoch im Laufe des Profils. Grob unterteilt lässt sich das Profil in sechs Abschnitte gliedern. Zu Beginn des Profils im Westen und am Ende ist die Messrichtung nach Nordosten, im zweiten und vorletzten Abschnitt des Profils ist die Messrichtung nach Westen bzw. Osten. Im mittleren Abschnitt, nach Norden versetzt, ist die Erkundungsrichtung nach Norden. Damit ist schon klar, dass die erfassten Strukturen im Radargramm ebenfalls Richtungswechsel und Versatz zeigen (Abb. 37).



Abb. 36: Ausschnitt der 532-m-Sohle mit orange kolorierten Strecken, in denen gemessen wurde. (Grundlage Risswerk Asse, Asse-GmbH 2016).

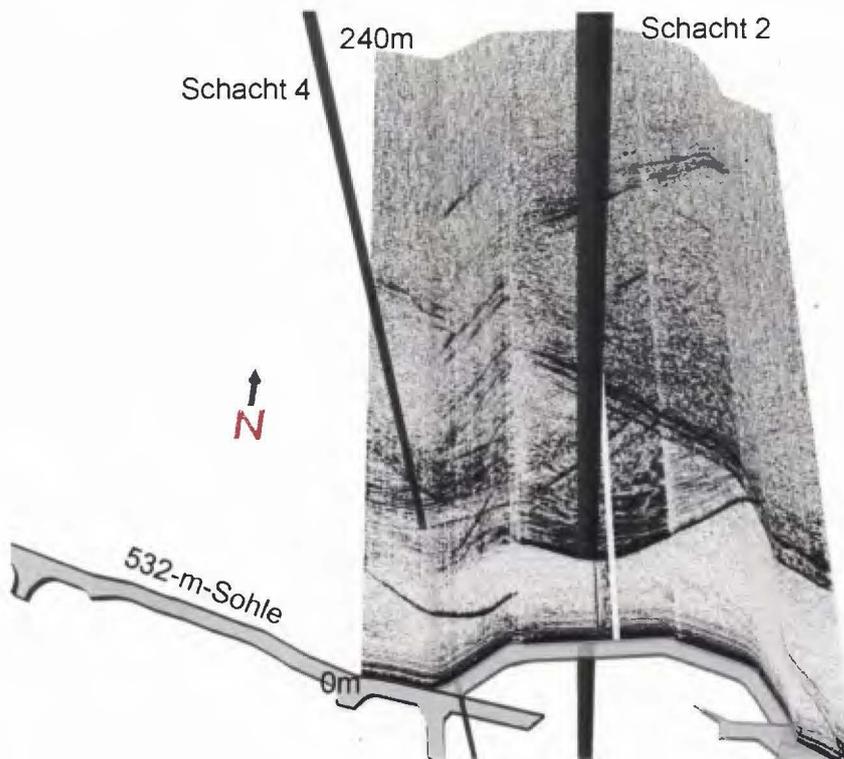


Abb. 37: Perspektivansicht aus Süden auf das Radargramm am Stoß Nord der Umfahrungsstrecke des Abbaus 6a auf der 532-m-Sohle.

Im Radargramm vom Profil am Stoß Nord sind 39 Einsätze markiert (Abb. 38). Die Benennung der openGEO files ist gas532umno. Die Reflektoren 1, 3, 6, 7, 11-17 und 22 können als Grubenbaue identifiziert werden. Davon können die Reflektoren 3 und 17 direkt dem Schacht 2 zugeordnet werden und der Reflektor 22 zeigt den Schacht 4. Die Reflektoren 4, 5, 18-20, 26-28, 32-34, 37, 38 werden oberhalb der Messebene den Anhydritmitteln (z3AM/ah) zugeordnet. Gemeinsam als eine reflektierende Struktur zu interpretieren sind dabei in Gruppen die Reflektoren 18, 26, 32 und 37, die Reflektoren 19, 27 und 33, die Reflektoren 20, 28, 34 und 38, die Reflektoren 23, 29 und 35 sowie die Reflektoren 30 und 36 (Abb. 39, Abb. 40).

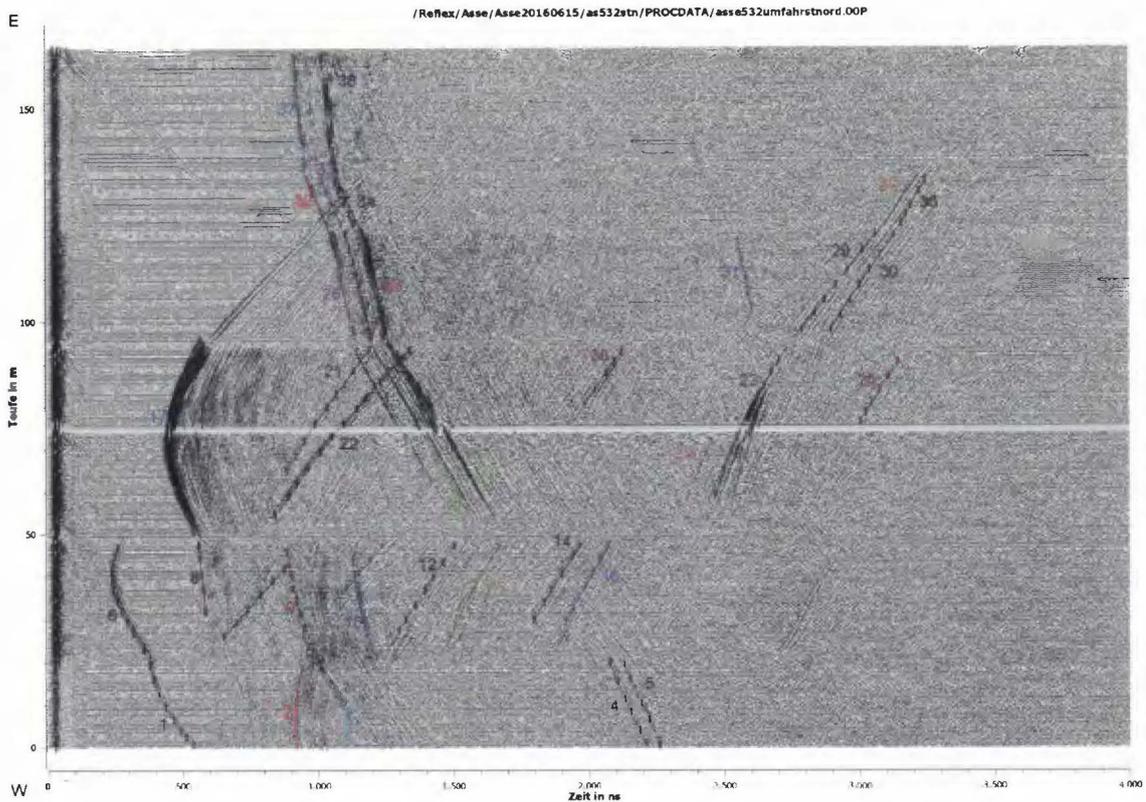


Abb. 38: Radargramm vom Profil am Stoß Nord der Umfahrungsstrecke des Abbaus 6a auf der 532-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.

Das 70-MHz-Profil am Stoß Nord der Umfahrung auf der 532-m-Sohle wird in folgende Koordinaten eingehängt:

Tab. 14: Koordinaten vom Profil am Stoß Nord

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0	4408988,6	5778130,2	-328,0
20,7	4409008,9	5778126,6	-328,0
22	4409011,0	5778126,2	-328,0
49	4409032,7	5778142,2	-328,0
50	4409035,3	5778140,8	-328,0
94,3	4409079,5	5778143,8	-328,0
96	4409080,8	5778142,5	-328,0
120,6	4409104,0	5778134,5	-328,0
122,7	4409104,9	5778132,5	-328,0
134	4409115,8	5778114,2	-328,0
136,7	4409114,9	5778112,7	-328,0
163	4409139,1	5778102,3	-328,0

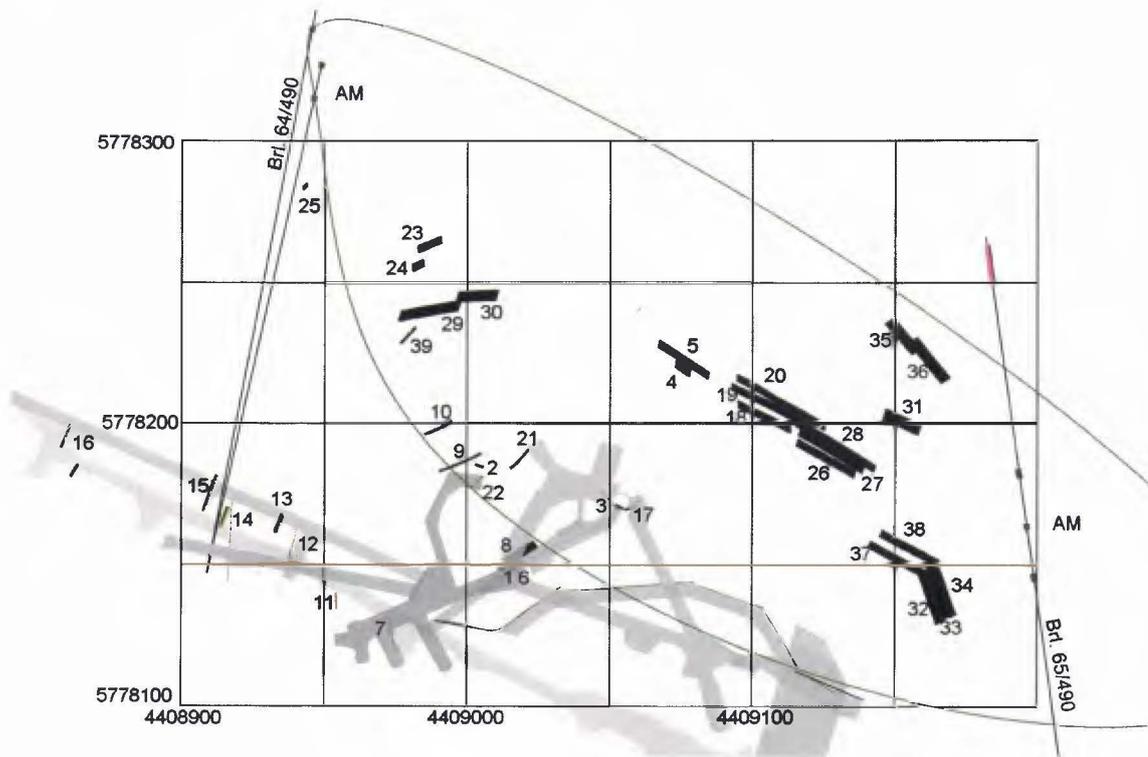


Abb. 39: Reflektoren des Profils am Stoß Nord in der Umfahrungsstrecke des Abbaus 6a auf der 532-m-Sohle. Ansicht von oben.

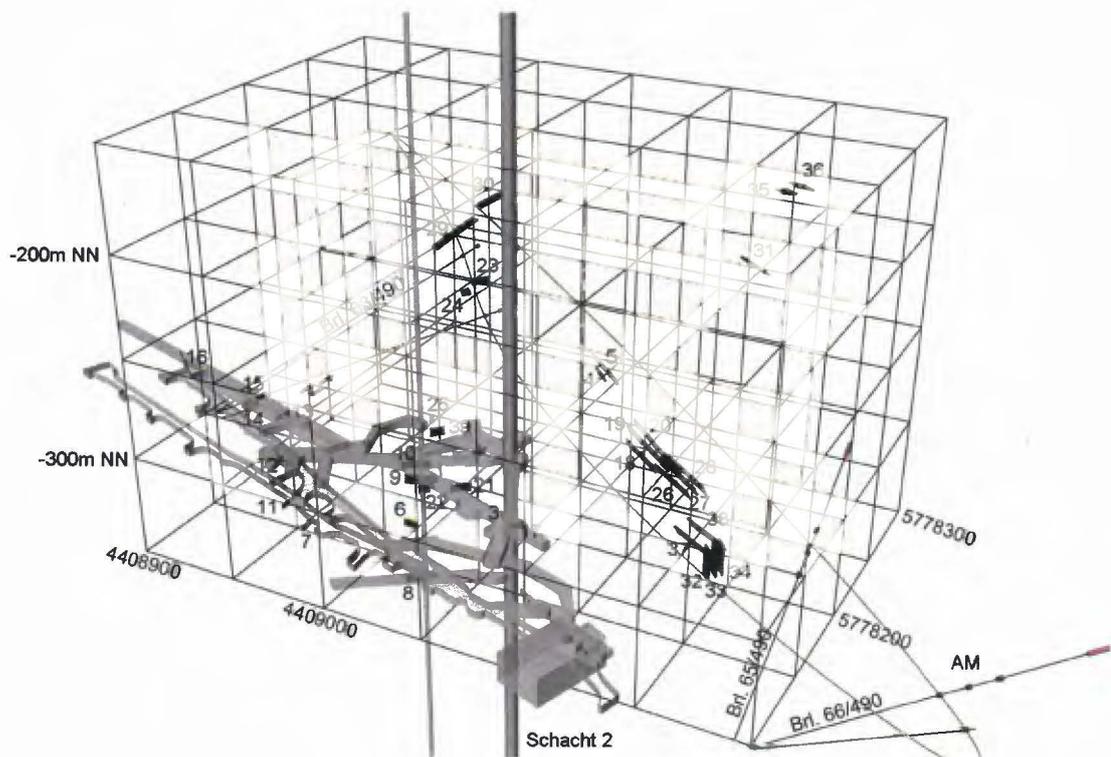


Abb. 40: Reflektoren des Profils am Stoß Nord in der Umfahrungsstrecke des Abbaus 6a auf der 532-m-Sohle. Perspektivansicht aus Südost.

5 Messungen auf der 574-m-Sohle

Die Messungen im Bohrort im Osten des Grubengebäudes auf der 574-m-Sohle erfolgten am 20. April 2016 (orange markiert in Abb. 41). Die Messungen in den angrenzenden Streckenabschnitten am Blindschacht 3 wurden bereits in einem vorhergehenden Bericht vorgestellt (BGR 2014). Weitere EMR-Messungen in diesem Bereich wurden in den Bohrungen EBrG. 574-1 (BGR 2015a), EBrG. 574-2 (BGR 2015b) und EBrG. 574-3 durchgeführt. Die Messungen im Bohrort erfolgten mit den geschirmten 70-MHz-Antennen ausschließlich in Richtung der Stöße. Der Sender-Empfängerabstand betrug 1,42 m. Eine Übersichtsdarstellung der Radargramme ist in Abb. 42 abgebildet.

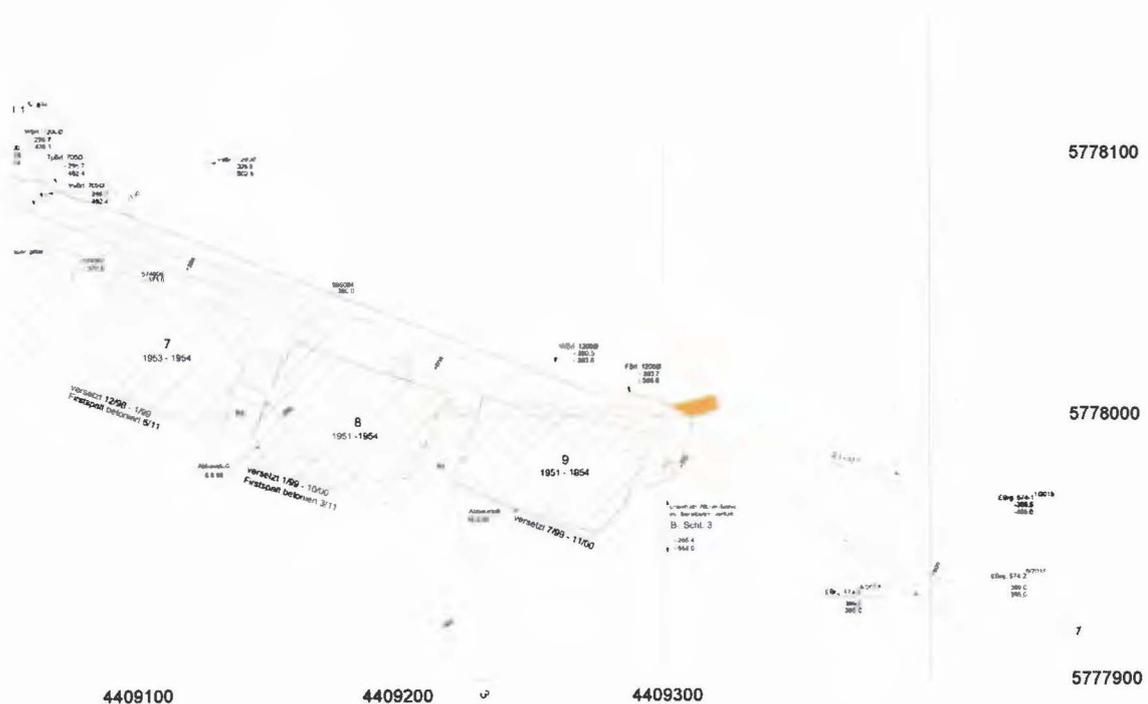


Abb. 41: Ausschnitt der 574-m-Sohle mit orange koloriertem Streckenabschnitt, in dem gemessen wurde. (Grundlage Risswerk Asse, Asse-GmbH 2016).

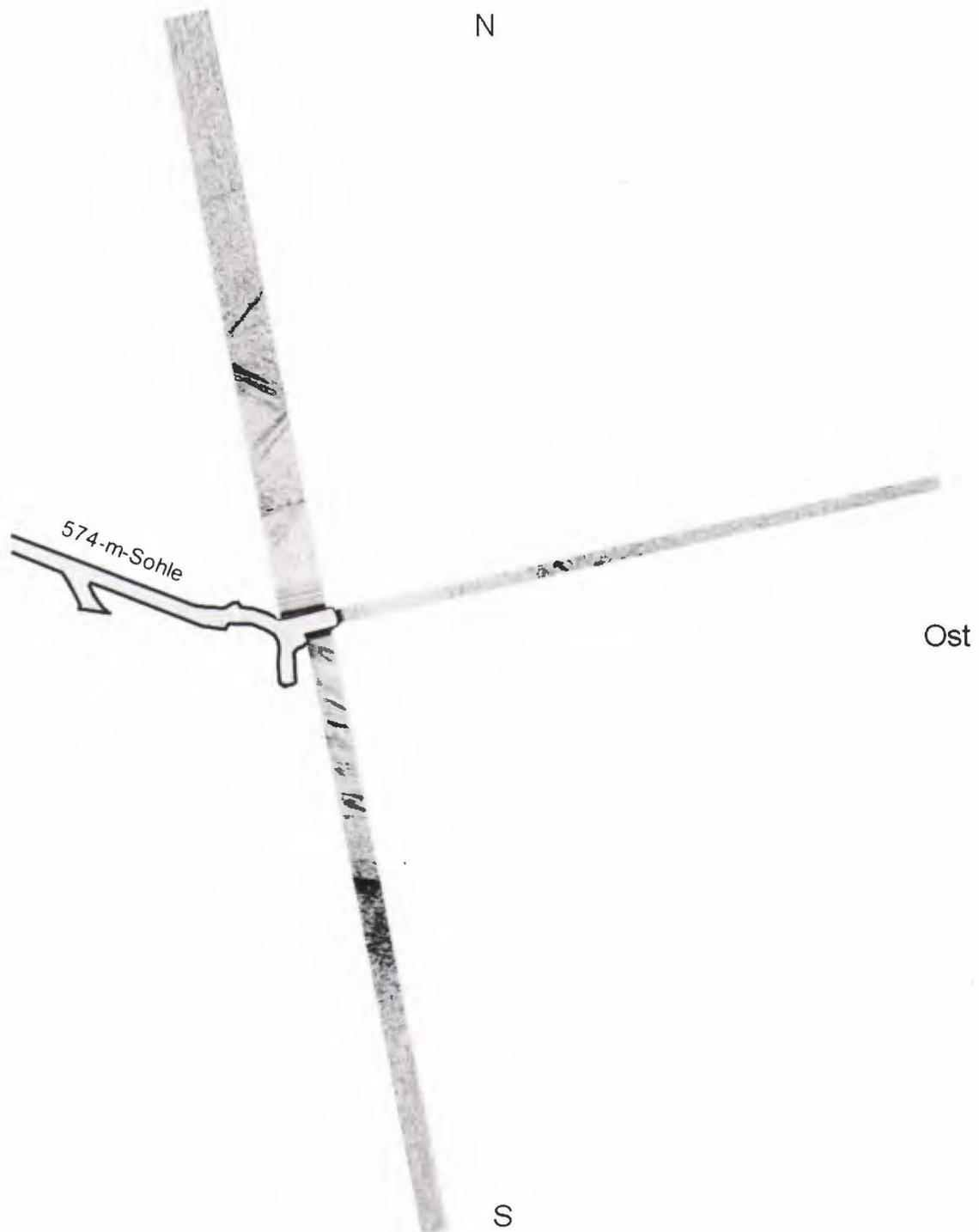


Abb. 42: Ausschnitt der 574-m-Sohle im Bereich des Bohrortes mit Radargrammen in Richtung der Stöße.

Im Radargramm vom Profil am Stoß Nordwest sind 8 Einsätze markiert (Abb. 43). Die Benennung der openGEO files ist gas574bonw. Die Reflektoren 1 - 3, 6, 7 können als Grubenbaue identifiziert werden. Die Reflektoren 4, 5, 8 werden oberhalb der Messebene den Anhydritmitteln zugeordnet.

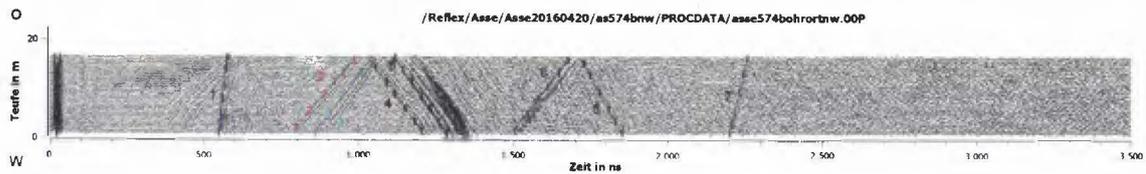


Abb. 43: Radargramm vom Profil am Stoß Nordwest im Bohrort auf der 574-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.

Das 70-MHz-Profil am Stoß Nordwest im Bohrort der 574-m-Sohle wird in folgende Koordinaten eingehängt:

Tab. 15: Koordinaten vom Profil am Stoß Nordwest im Bohrort der 574-m-Sohle

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0,0	4409301,8	5778003,8	-369,0
17,6	4409318,9	5778007,9	-369,0

Im Radargramm vom Profil am Stoß Nordost sind 7 Einsätze markiert (Abb. 44). Die Benennung der openGEO files ist gas574bono. Die Reflektoren 1, 4, 6 werden mit Anhydrit in Verbindung gebracht. Alle Reflektoren werden oberhalb der Messebene eingeordnet.

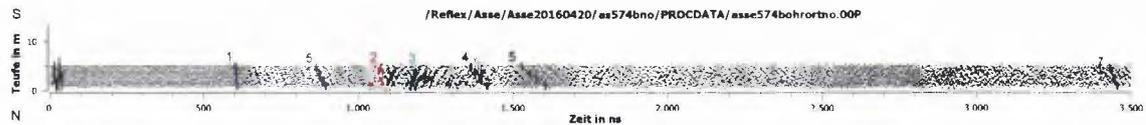


Abb. 44: Radargramm vom Profil am Stoß Nordost im Bohrort auf der 574-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.

Das 70-MHz-Profil am Stoß Nordost im Bohrort der 574-m-Sohle wird in folgende Koordinaten eingehängt:

Tab. 16: Koordinaten vom Profil am Stoß Nordost im Bohrort der 574-m-Sohle

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0,0	4409319,3	5778008,8	-369,0
6,1	4409321,0	5778002,9	-369,0

Im Radargramm vom Profil am Stoß Südost sind 9 Einsätze markiert (Abb. 45). Die Benennung der openGEO files ist gas574boso. Die Reflektoren 2, 3 und vermutlich auch die Reflektoren 4, 5 können als Grubenbaue identifiziert werden. Die Reflektoren 6, 7 werden oberhalb der Messebene eingeordnet, der Reflektor 9 in der Ebene und die Reflektoren 1, 8 unterhalb der Messebene. Der Reflektor 1 zeigt eine besonders starke

Amplitude, was auf eine Tonlage als Ursache hindeutet. Bezüglich der Entfernung vom Profil könnte er auch zu Grubenbauen der 490-m-Sohle passen. Die Reflektoren 6, 7 und 9 könnten durch die Südflanke verursacht sein.

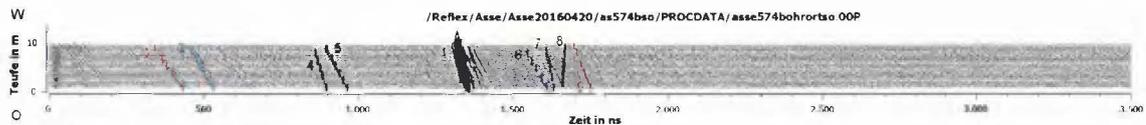


Abb. 45: Radargramm vom Profil am Stoß Südost im Bohrort auf der 574-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.

Das 70-MHz-Profil am Stoß Südost im Bohrort der 574-m-Sohle wird in folgende Koordinaten eingehängt:

Tab. 17: Koordinaten vom Profil am Stoß Südost im Bohrort der 574-m-Sohle

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0,0	4409320,6	5778002,1	-369,0
10,7	4409310,3	5777999,4	-369,0

Die Reflektoren der Messungen an den drei Stößen des Bohrortes im Osten der 574-m-Sohle sind in Abb. 46 in einer Ansicht von oben abgebildet. Die Reflektoren, welche bereits als von Grubenbauen verursacht identifiziert wurden, sind orange kenntlich gemacht. Die Reflektoren vom Stoß Nordost sind blau dargestellt (Abb. 46). Einen Eindruck von der Raumlage der Reflektoren vermittelt die Abb. 47.

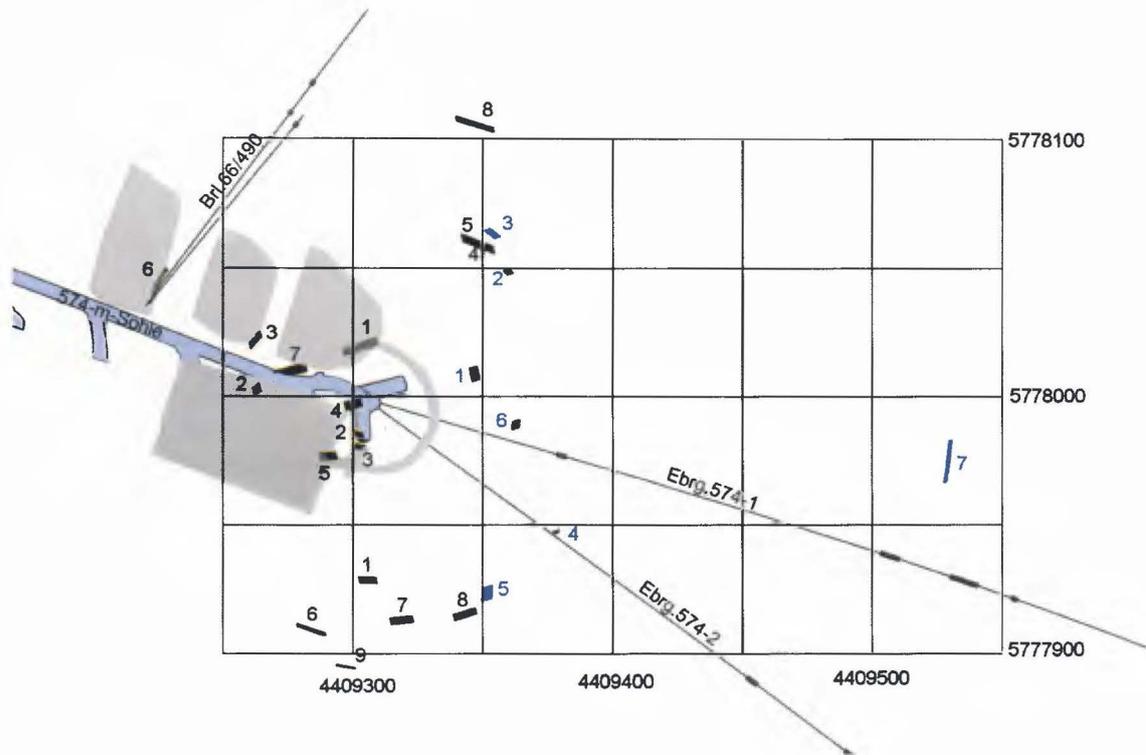


Abb. 46: Reflektoren von den Profilen an den Stößen des Bohrortes im Osten der 574-m-Sohle, Ansicht von oben.

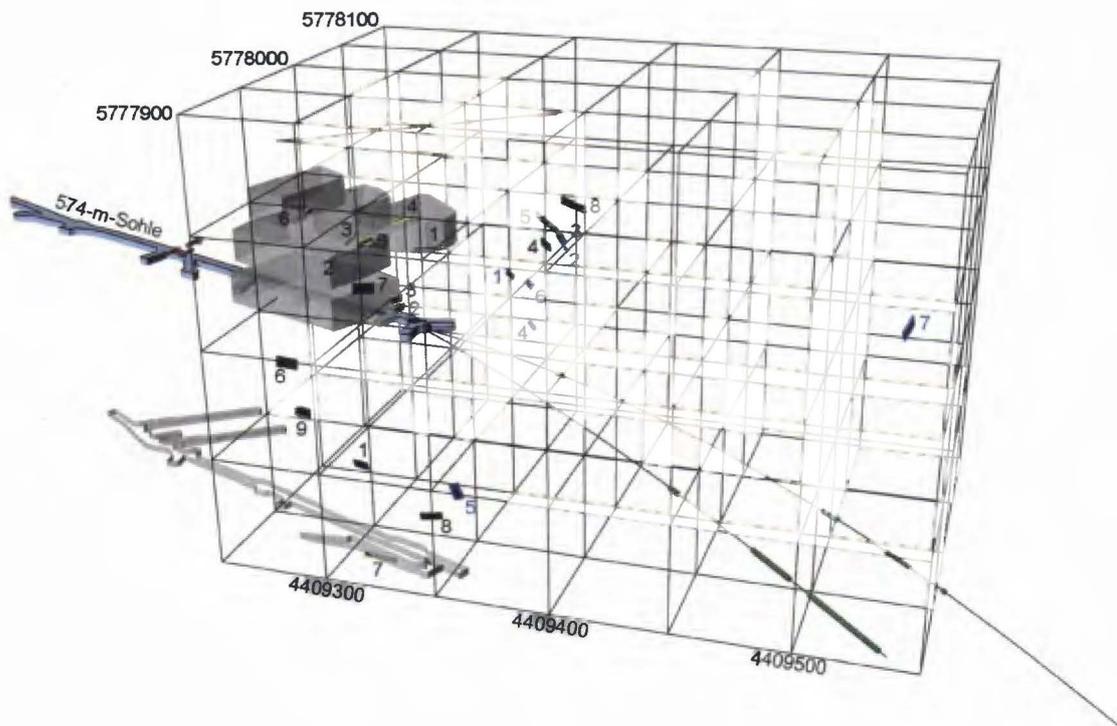


Abb. 47: Reflektoren im westlichen Bereich der 574-m-Sohle, Perspektivansicht aus Südwesten.

6 Messungen auf der 700-m-Sohle

Die Messungen auf der 700-m-Sohle erfolgten am 20. April 2016 mit geschirmten 70-MHz-Antennen in drei Bereichen (orange markiert in Abb. 48) und zusätzlich mit der 200-MHz-Antenne im Profil bei Schacht 4.

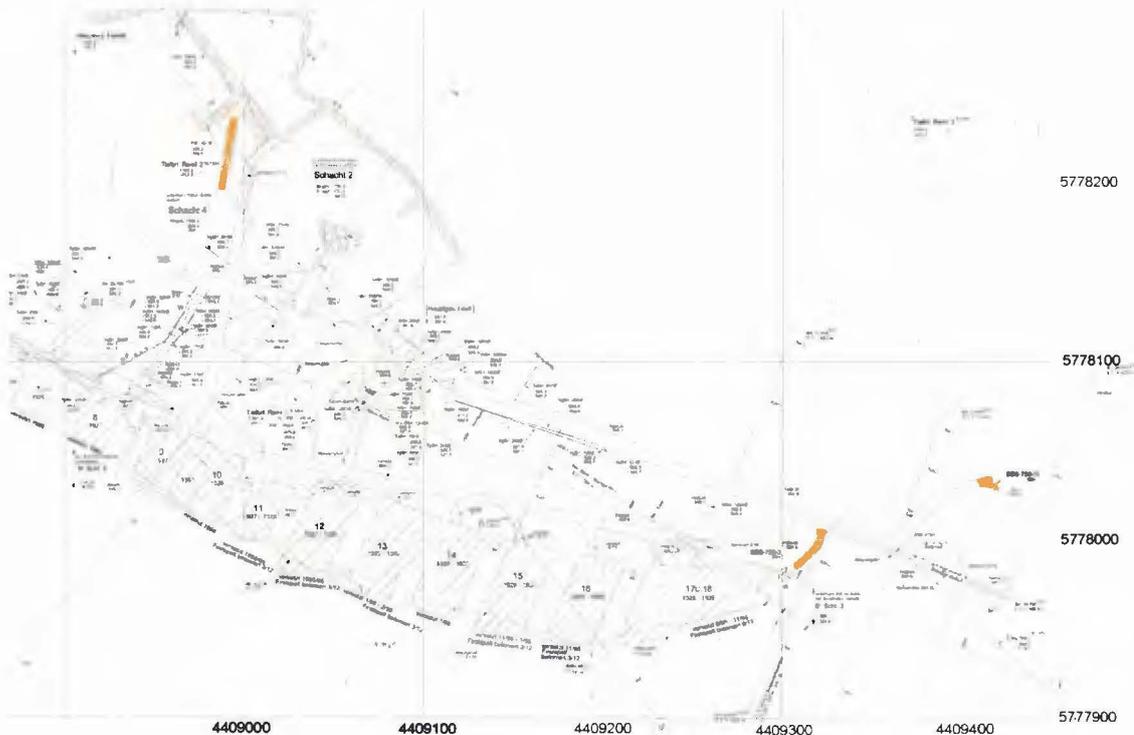


Abb. 48: Ausschnitt des Grubenrisses der 700-m-Sohle mit orange kolorierten Streckenabschnitten, in denen gemessen wurde. (Grundlage Risswerk Asse, Asse-GmbH 2016).

6.1 Messungen am Stoß West in einem Streckenabschnitt bei Schacht 4

In einem Bereich auf der 700-m-Sohle in der Nähe von Schacht 4 wurden Strecken aufgeföhren, die eine Erkundung in westlicher Richtung ohne Grubenbaue im Vorfeld ermöglichten. Die Stöße waren frisch geschnitten und ermöglichten eine EMR-Messung mit guter Antennenankopplung an den Stoß. Allerdings befindet sich die Strecke vollständig im Salz des z2SF. Die Signaldämpfung ist dort sehr hoch. Der Streckenabschnitt im nördlichen Profilabschnitt wird als Reflexion erfasst, ebenso eine tiefer liegende Sohle, schwach reflektierend, in etwa 50 m Entfernung (Abb. 49).

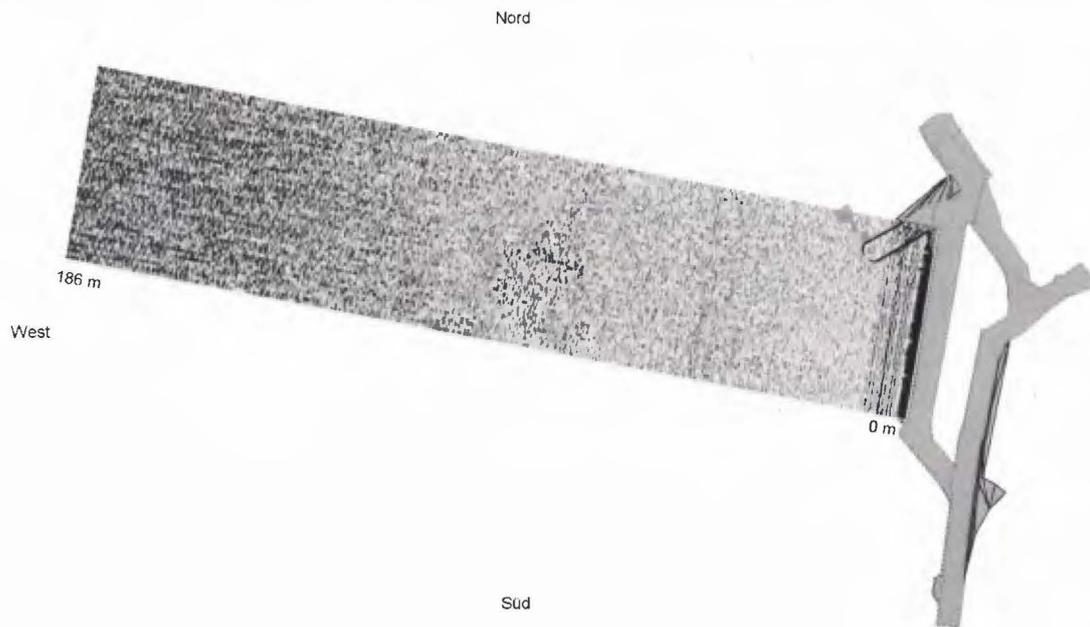


Abb. 49: Ausschnitt der 700-m-Sohle im Bereich des Schachts 4 mit Radargramm der 70-MHz-Antennen in Richtung Stoß West.

Tab. 18: Koordinaten vom Profil am Stoß West im Streckenabschnitt bei Schacht 4

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0,0	4408985,2	5778194,6	-505,5
43,2	4408992,3	5778237,2	-505,5

Der gleiche Streckenabschnitt wurde noch einmal mit der 200-MHz-Antenne gemessen. Auch mit der höheren Frequenz konnten keine eindeutigen Strukturen erfasst werden (Abb. 50). Zwar existieren einige Reflexionen auf den ersten 120 ns, aber es besteht der Verdacht dass es Artefakte (Kabelreflexion) oder Einstreuungen aus der Strecke sind. Die Vermutung, auf diesem Profil eine Reflexion der Bohrung Remlingen 2 zu finden, bestätigt sich nicht. Der Ansatzpunkt (4408976, 5778206) liegt zwar ganz in der Nähe der Strecke, aber die protokollierte Endteufe der Bohrung von 651 m unter der Erdoberfläche müsste die Bohrung bereits weiter als 50 m oberhalb der 700-m-Sohle enden lassen.

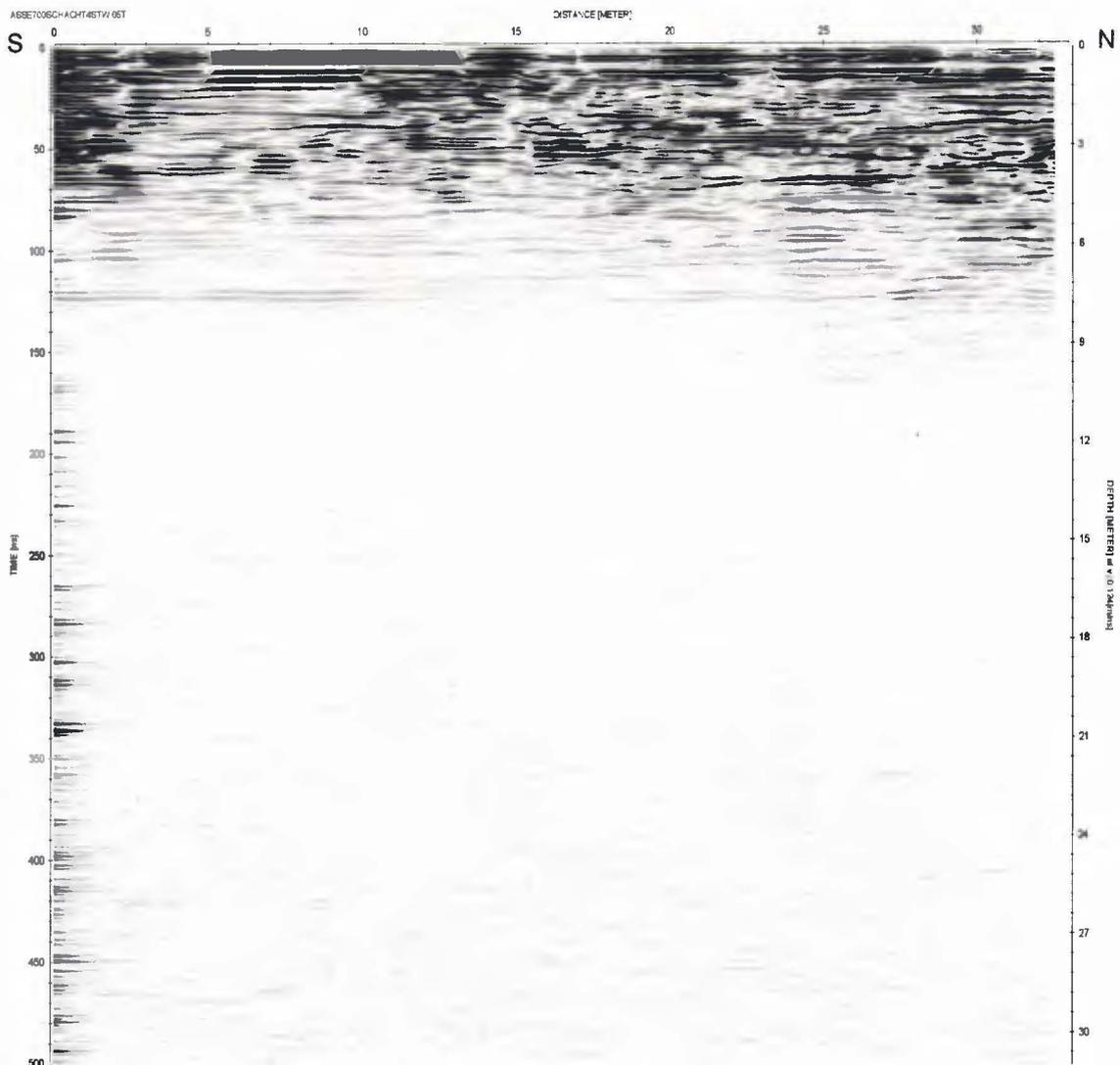


Abb. 50: Radargramm der 200-MHz-Antenne vom Stoß West.

6.2 Messungen am Stoß Südost in der Zufahrt zum Abbau 17

Am südöstlichen Stoß in der Zufahrt zum Abbau 17 auf der 700-m-Sohle wurde die Gelegenheit genutzt, weitere Strukturinformationen durch EMR-Messungen mit den 70-MHz-Antennen aus dem Bereich östlich der Brl. 23/700 zu bekommen (Abb. 51). Dieser Bereich wurde ebenfalls bereits durch Messungen am Stoß Süd der Vahlberger Strecke erfasst ([2014), durch Messungen im Blindschacht 3 ([2016a) und aus der EBrG. 700-2 heraus ([2016b).

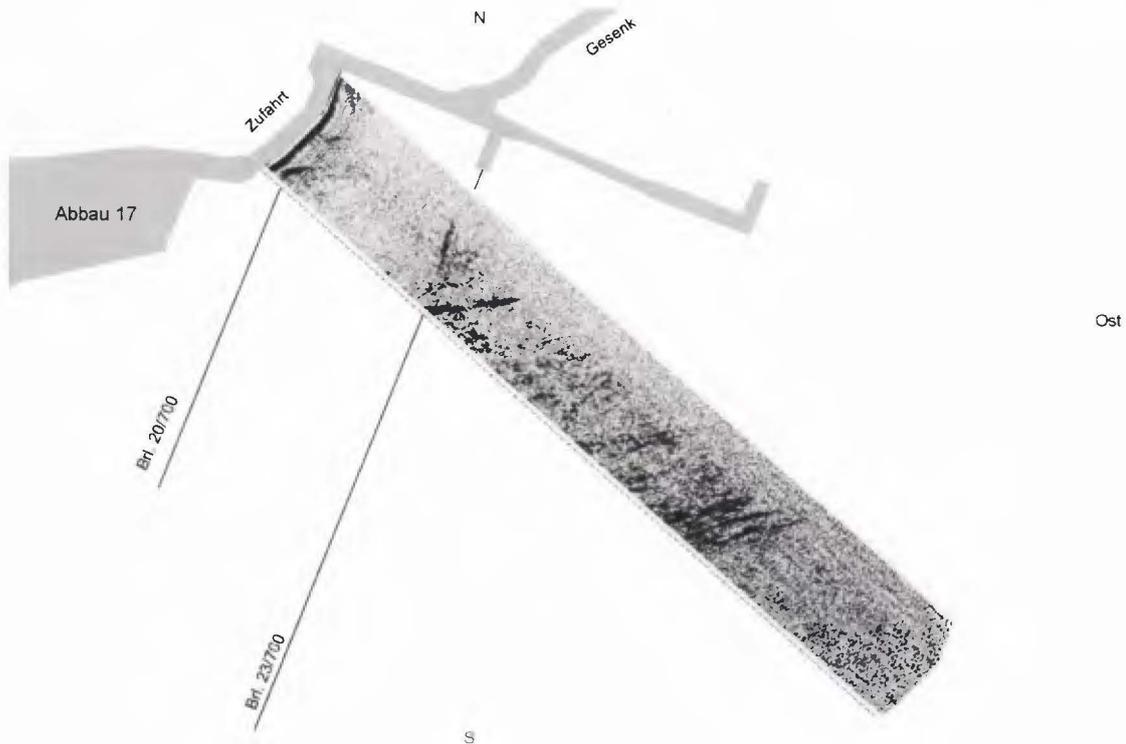


Abb. 51: Ausschnitt der 700-m-Sohle im Bereich der Zufahrt zum Abbau 17 mit Radargramm in Richtung Stoß Südost.

Im Radargramm vom Profil am Stoß Südost sind 14 Einsätze markiert (Abb. 52). Die Benennung der openGEO files ist gas7zu17o. Der Beginn des Profils, im Norden, ist noch durch Carnallitit-Einfluss geprägt und die Signale sind stärker gedämpft. Nach einem leichten Richtungswechsel im Profil werden zahlreiche Reflexionen sichtbar. Die Reflektoren 3 - 6, 12 können als Grubenbaue identifiziert werden. Hierbei sind die Reflektoren 4-6 Abbaue oberhalb des Profils und Reflektor 12 kommt von einem Abbau unterhalb. Die Reflektoren 9 und 10 werden bezüglich der Messebene nach oben zugeordnet, der Reflektor 8 befindet sich vermutlich unterhalb. Die Ansprache der Reflektoren 1, 2 und 13 ist unklar (Abb. 53, Abb. 54).

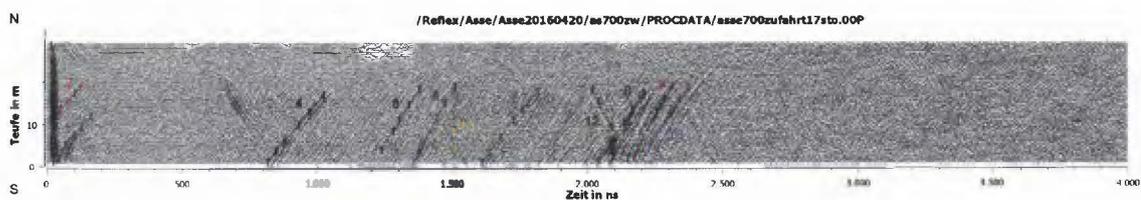


Abb. 52: Radargramm am Stoß Südost der Zufahrt zum Abbau 17 auf der 700-m-Sohle, 70-MHz-Antenne.

Das Profil am Stoß Südost der Zufahrt zum Abbau 17 auf der 700-m-Sohle wird in folgende Koordinaten eingehängt:

Tab. 19: Koordinaten vom Stoß Südost der Zufahrt zum Abbau 17 auf der 700-m-Sohle

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0,0	4409307.9	5777982.5	-505.7
19,1	4409321.7	5777995.7	-505.9
30,0	4409325.8	5778005.8	-506.1

Die Reflektoren der Messungen am Stoß Südost der Zufahrt zum Abbau 17 auf der 700-m-Sohle sind in Abb. 53 in einer Ansicht von oben abgebildet. Die Reflektoren, welche bereits als von Grubenbauen verursacht identifiziert wurden, sind orange kenntlich gemacht.

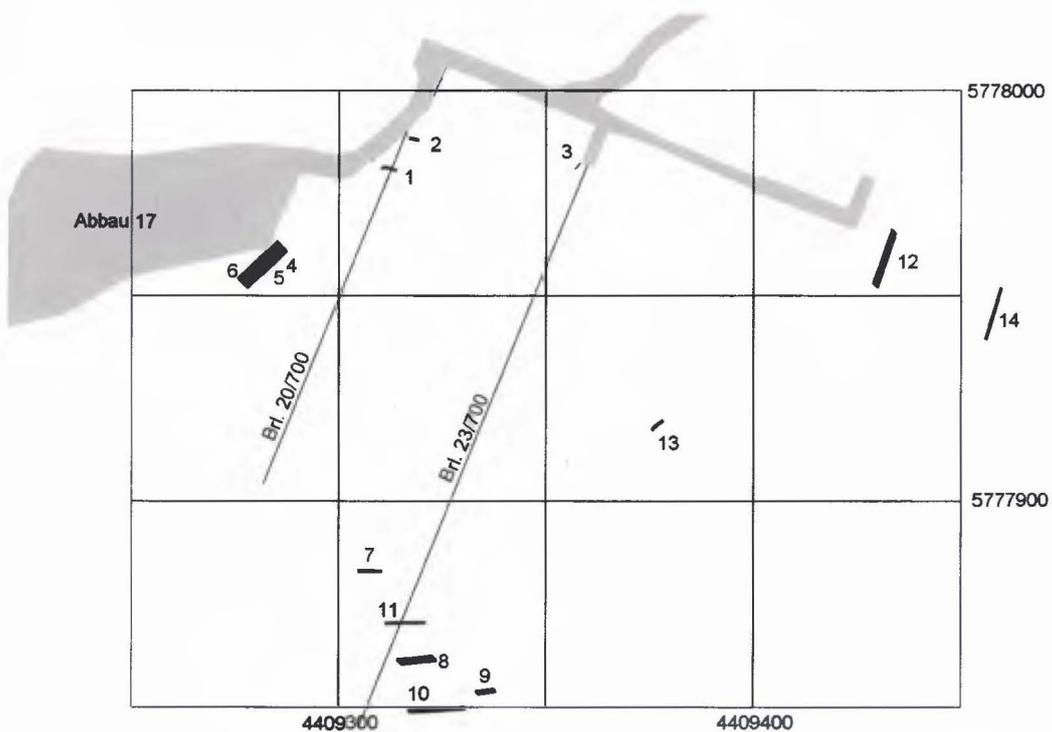


Abb. 53: Reflektoren vom Profil am Stoß Südost der Zufahrt zum Abbau 17 auf der 700-m-Sohle, Ansicht von oben.

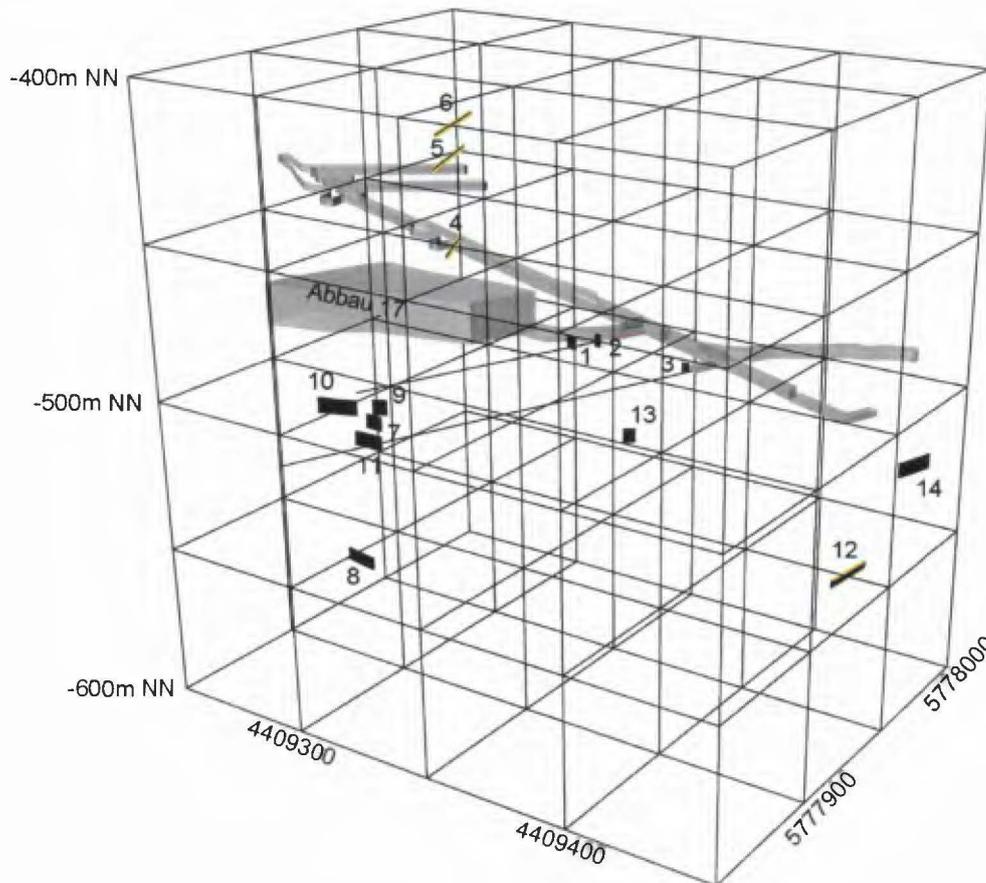


Abb. 54: Reflektoren vom Profil am Stoß Südost der Zufahrt zum Abbau 17 auf der 700-m-Sohle, Perspektivansicht aus Südwesten.

6.3 Messungen im Bereich der Ortsbrust vom Gesenk

Die Ortsbrust im Gesenk wurde 2016 durch eine kleine Auffahrung Richtung Osten (Abb. 48, Abb. 55) erweitert. Die neu gewonnenen Stoß-Geometrien wurden genutzt, um die bisherigen Messergebnisse aus dem Gesenk ([Name] 2014), ohne das Signal störende Einbauten, zu ergänzen. Der nordöstliche Stoß in dem aufgefahrenen Bereich knickt stark ab und wurde zur Auswertung in zwei Teile geteilt. Die Ortsbrust selbst bietet wenig Platz für ein Profil, es wurden dennoch einige Spuren aufgezeichnet. Das Profil nach Südwest konnte über einige Meter angelegt werden und auf der Sohle bot sich zudem die Gelegenheit in der Achse der Auffahrung nach unten zu messen. Nach Süden und nach Norden wurden nahezu die gleichen Strukturen erfasst wie bei der Messung im Gesenk 2014. Die Messungen können mit den Ergebnissen aus den Erkundungsbohrungen östlich des Grubengebäudes verschnitten werden. Die Perspektivansicht der Radargramme (Abb. 56) gibt bereits einen Überblick, wo Reflexionen erfasst wurden.



Abb. 55: Foto von den Stößen im Bereich der Ortsbrust des Gesenks auf der 700-m-Sohle und geschirmtes 70-MHz-Antennenpaar.

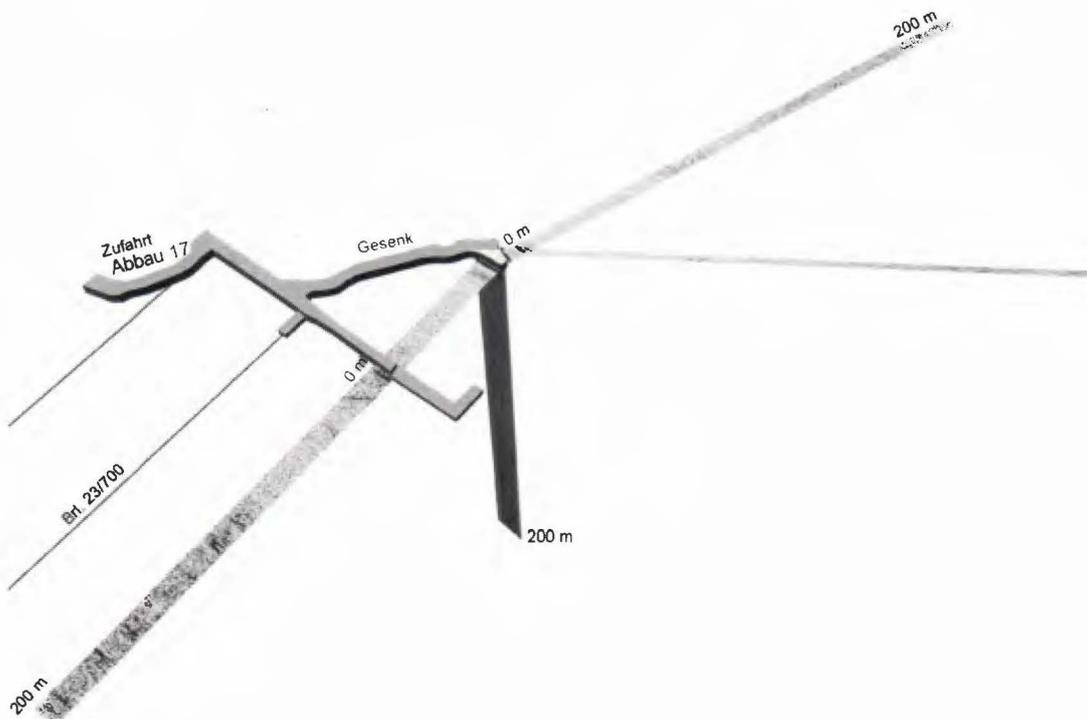


Abb. 56: Perspektivansicht vom Gesenk auf der 700-m-Sohle mit Radargrammen in Richtung Stoß Nordost Teil 1 und 2, Stoß Südwest und Sohle.

Im Radargramm vom Profil am Stoß Nordost Teil 1 sind 5 Einsätze markiert (Abb. 57). Die Benennung der openGEO files ist gas7georoa. Der Reflektor 1 könnte als Grubenbau identifiziert werden. Die Reflektoren 2-5 werden oberhalb der Messebene gesehen und könnten von Anhydritmitteln stammen.



Abb. 57: Radargramm vom Profil am Stoß Nordost im Gesenk auf der 700-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.

Das Profil am Stoß Nordost im Gesenk auf der 700-m-Sohle wird in folgende Koordinaten eingehängt:

Tab. 20: Koordinaten vom Profil am Stoß Nordost Teil 1 im Gesenk der 700-m-Sohle

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
-0,2	4409416,6	5778035,3	-506,4
2,5	4409417,2	5778032,7	-506,4

Im Radargramm vom Profil am Stoß Nordost Teil 2 sind 3 Einsätze markiert (Abb. 58). Die Benennung der openGEO files ist gas7georob. Der Reflektor 1 resultiert vom Grubengebäude unterhalb der Messebene. Die Reflektoren 2 und 3 werden leicht oberhalb der Messebene gesehen und könnten von Anhydritmitteln (z3AM/ah) stammen.



Abb. 58: Radargramm vom Profil am Stoß Nordost Teil 2 im Gesenk auf der 700-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.

Das Profil am Stoß Nordost im Gesenk auf der 700-m-Sohle wird in folgende Koordinaten eingehängt:

Tab. 21: Koordinaten vom Profil am Stoß Nordost Teil 2 im Gesenk der 700-m-Sohle

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
-0,2	4409417,6	5778032,6	-506,4
5,0	4409421,6	5778029,3	-506,4

Im Radargramm vom Profil am Stoß Ost (Ortsbrust) sind 5 Einsätze markiert (Abb. 59). Die Benennung der openGEO files ist gas7georor. Der Reflektor 1 konnte als Grubenbau identifiziert werden. Die Reflektoren 3-5 werden keiner Richtung zugeordnet. Reflektor 2 kommt vermutlich von oberhalb der Messebene und wird durch einen Reflektor der EMR-Messung in der Bohrung Remlingen 15 (BGR 2014) bestätigt.

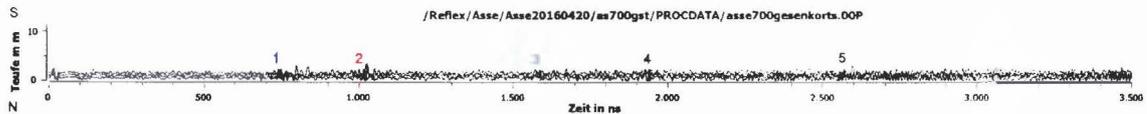


Abb. 59: Radargramm vom Profil am Stoß der Ortsbrust im Gesenk auf der 700-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.

Das Profil am Stoß der Ortsbrust im Gesenk auf der 700-m-Sohle wird in folgende Koordinaten eingehängt:

Tab. 22: Koordinaten vom Profil am Stoß der Ortsbrust im Gesenk der 700-m-Sohle

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
-0,7	4409421,8	5778029,3	-506,4
2,5	4409420,3	5778026,4	-506,4

Im Radargramm vom Profil am Stoß Südwest sind 12 Einsätze markiert (Abb. 60). Die Benennung der openGEO files ist gas7georsu. Die Reflektoren 1, 2 und 4 können als Grubenbaue identifiziert werden (Abb. 61). Die Reflektoren 5-7 werden unterhalb der Messebene gesehen. Die Reflektoren 11 und 12 sind vermutlich von Anhydriten oberhalb der Messebene.



Abb. 60: Radargramm vom Profil am Stoß Südwest im Gesenk auf der 700-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.

Das Profil am Stoß Südwest im Gesenk auf der 700-m-Sohle wird in folgende Koordinaten eingehängt:

Tab. 23: Koordinaten vom Profil am Stoß Südwest im Gesenk der 700-m-Sohle

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0,0	4409420,2	5778026,5	-506,4
8,6	4409412,1	5778029,3	-506,4

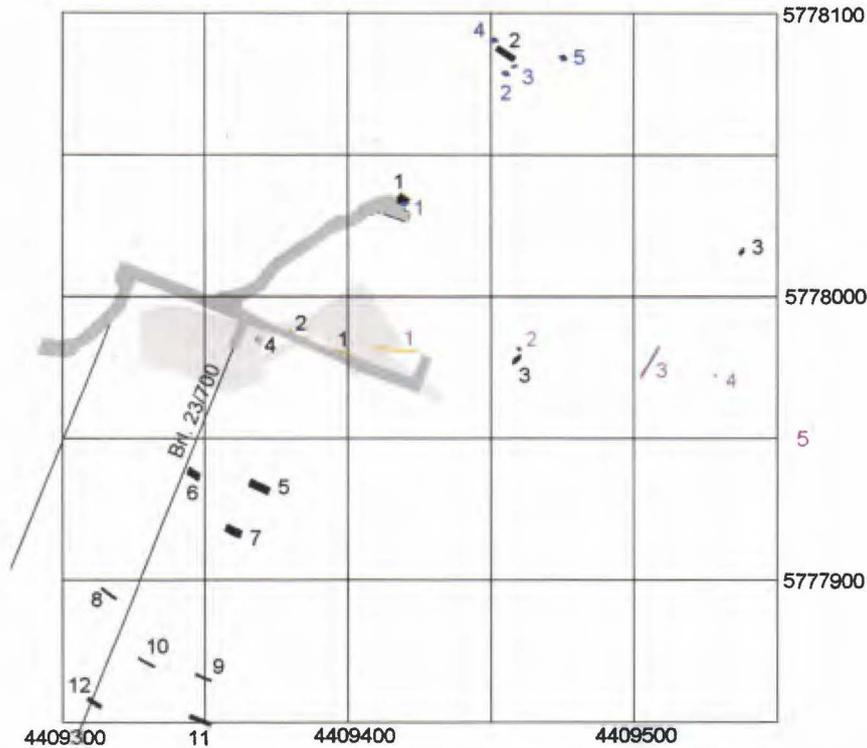


Abb. 61: Reflektoren von den Profilen an den Stößen im Gesenk auf der 700-m-Sohle, Ansicht von oben.

Im Radargramm vom Profil auf der Sohle sind 5 Einsätze markiert (Abb. 62). Die Benennung der openGEO files ist gas7georso. Der Reflektor 5 konnte als Grubenbau identifiziert werden (Abb. 63, Abb. 64). Die Reflektoren 1-4 werden direkt unterhalb des Profils vermutet. Reflektor 2 könnte vom Anhydritmittel verursacht sein.



Abb. 62: Radargramm vom Profil auf der Sohle im Gesenk auf der 700-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.

Das Profil auf der Sohle im Gesenk auf der 700-m-Sohle wird in folgende Koordinaten eingehängt:

Tab. 24: Koordinaten vom Profil auf der Sohle im Gesenk der 700-m-Sohle

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0,0	4409421,4	5778027,6	-507,4
14,7	4409408,4	5778034,5	-507,4

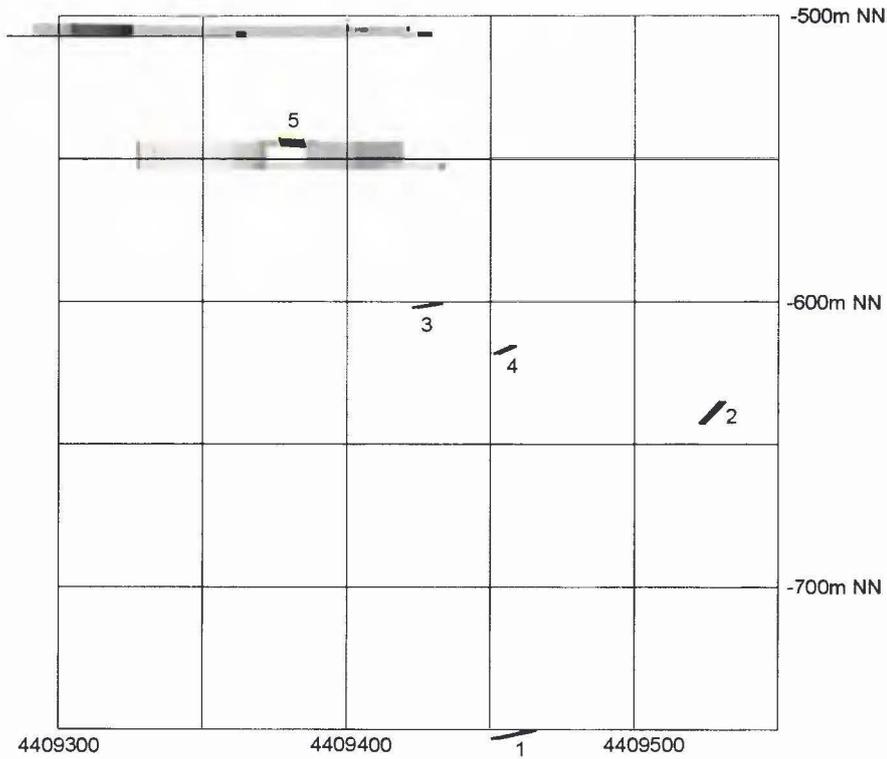


Abb. 63: Reflektoren vom Profil auf der Sohle im Gesenk auf der 700-m-Sohle, Seitenansicht aus Süden.

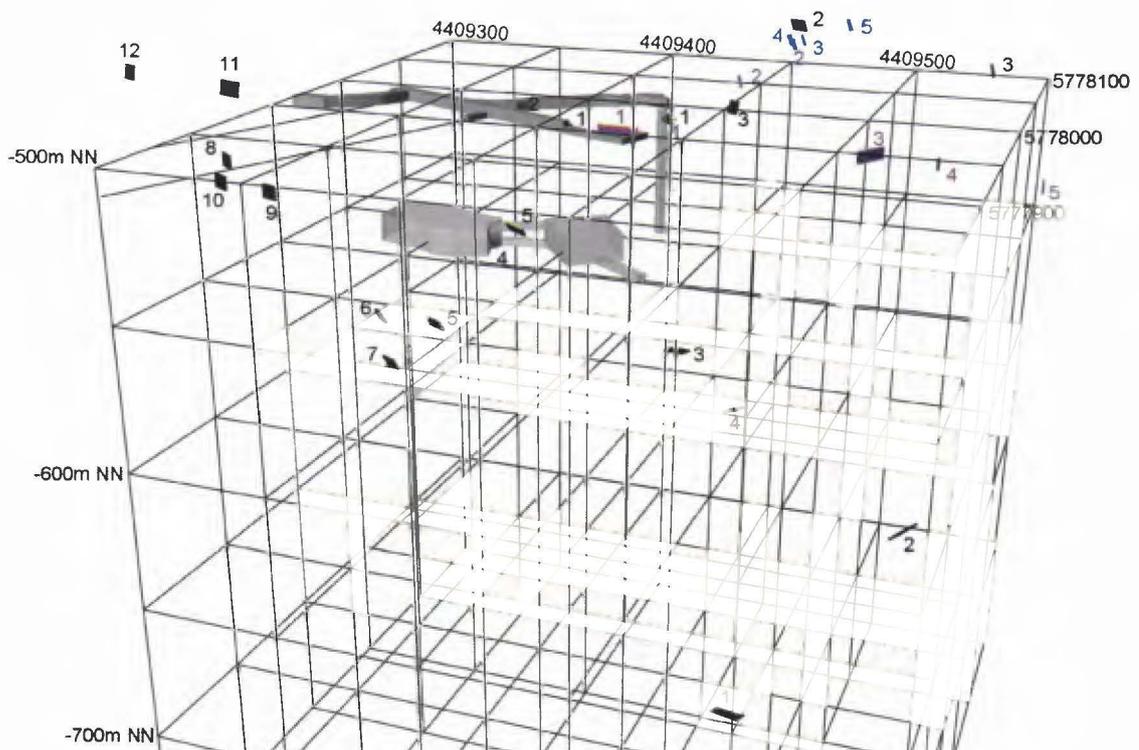


Abb. 64: Reflektoren von den Profilen im Gesenk auf der 700-m-Sohle, Perspektivansicht aus Südost.

6.4 Messungen mit dem richtungssensitiven 50-MHz-Bohrlochsystem AT in der Verfüllbohrung BBrG. RH-725-23.2

Einige Grubenbaue der 750-m-Sohle werden über Bohrungen von der 725-m-Sohle und von der 700-m-Sohle aus verfüllt. Die Verfüllbohrung BBrG. RH-725-23.2 wurde genutzt, um am 14.11.2016 die bisherigen Messergebnisse Richtung Nordflanke (2015c) durch eine Messung mit der richtungssensitiven Bohrlochsonde AT zu ergänzen. Diese Sonde mit etwa 20 m Länge wurde ebenfalls in den Erkundungsbohrungen EBrG. 574-1 (2015a), EBrG. 574-2 (2015b), EBrG. 574-3 und EBrG. 700-2 (2016b) eingesetzt. Die Sonde wurde bis ins Bohrlochtiefste eingeführt und ziehend in 0,5 Meter Schritten durch Schubgestänge nach oben gezogen. Die Aufzeichnungslänge an den Messpunkten betrug 8 μ s, bei 70-facher Stapelung und 1 ns Samplingintervall. Die Dateien wurden unter den Namen ATD0005-874.Dat abgelegt.

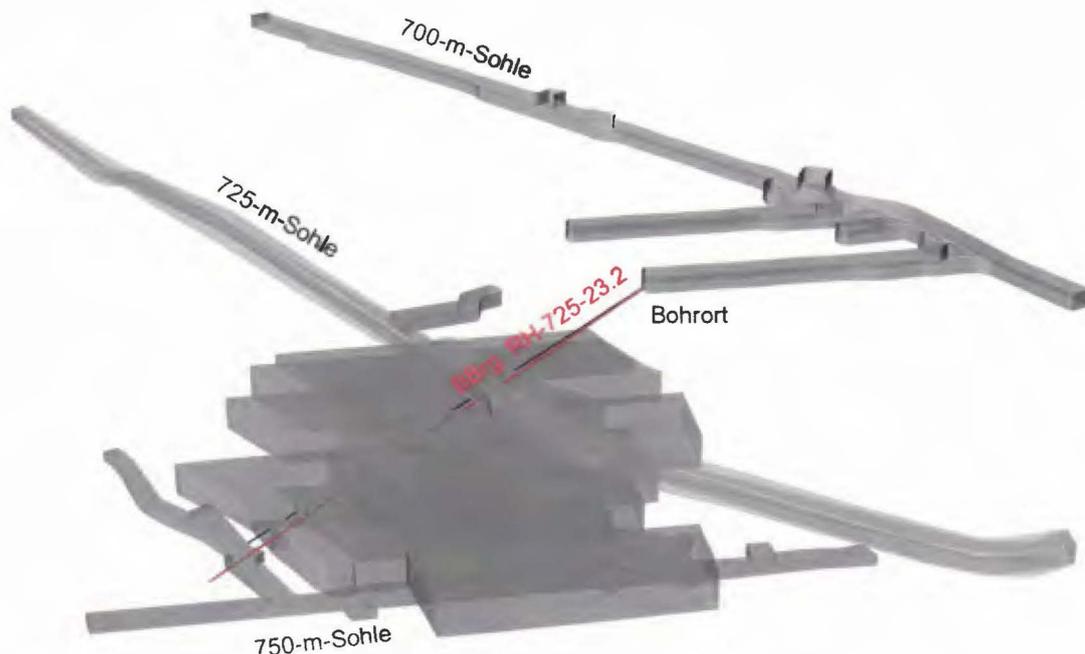


Abb. 65: Bohrort der Verfüllbohrungen mit Verlauf der BBrG. RH-725-23.2 auf der 700-m-Sohle.

Die Bohrung BBrG. RH-725-23.2 hat eine Länge von etwa 110 m und fällt in einem Winkel von etwa 26° (Abb. 65). Das Gestänge in der Bohrung in der Abb. 66 verdeutlicht das Einfallen. Die Bohrung verläuft im oberen Abschnitt in leitfähigem Carnallit, durchteuft mit Sorelbeton verfüllte Abbaue und erreicht am unteren Ende Steinsalz. Die Umgebung der Bohrung ist bis auf den Bereich im Steinsalz zu leitfähig, um durch elektromagnetische Wellenausbreitung Strukturinformationen aus dem Gebirge zu gewinnen. Auf den letzten Profilm Metern werden jedoch zahlreiche Reflexionen vom Grubengebäude und einige Reflexionen aus dem Gebirge erfasst.



Abb. 66: Foto vom Bohrort auf der 700-m-Sohle mit Gestänge in der Verfüllbohrung BBrG. RH-725-23.2.

Im Radargramm vom Profil in der Bohrung sind 14 Einsätze markiert (Abb. 67). Die Benennung der openGEO files ist gasatb725-. Die Reflektoren 1, 2, 4, 6-13 können als durch Grubenbaue verursacht identifiziert werden. Die Reflektoren 3, 5, 14 werden von oberhalb registriert den Anhydritmitteln (z3AM/ah) zugeordnet.



Abb. 67: Radargramm vom Profil in der Bohrung BBrG. RH-725-23.2, 50-MHz-Bohrlochsystem AT, mit markierten Reflektoren.

Das Profil in der Bohrung BBrG. RH-725-23.2 auf der 700-m-Sohle wird in folgende Koordinaten eingehängt:

Tab. 25: Koordinaten der Bohrung BBrg. RH-725-23.2

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0	4409128,5	5778159,3	-506,7
110,8	4409192,6	5778235,3	-555,7

Die Winkelauswertung der Messung erfolgt für jedes Sample im Datensatz durch die Relation der Amplituden der orthogonalen Rahmenantennen unter Berücksichtigung der Sondenlage. Die Winkel verstehen sich radial zum Profil, rechtshändig laufend, von oben beginnend mit 0. Durch eine Farbcodierung können die berechneten Werte sichtbar gemacht werden. Im oberen Abschnitt des Profils wird farblich ein Systemschwingen und dominant Rauschen sichtbar (Abb. 68). Auf den letzten Profilmeter bilden sich Strukturen ab, die auch in die räumliche Darstellung der Ergebnisse eingeflossen sind (Abb. 69).

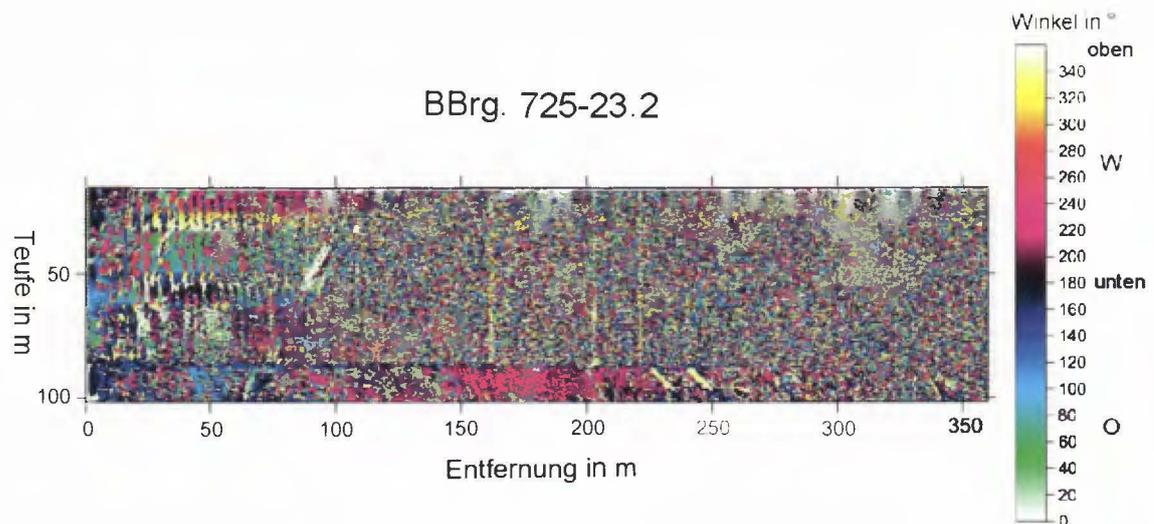


Abb. 68: Farbcodierte Darstellung der Winkelauswertung von der Messung mit der 50-MHz-Bohrlochsonde AT in der Bohrung BBrg. RH-725-23.2.

Zur Darstellung der ausgewerteten Reflektoren wurden jene Grubenbaue mit in die Abbildung aufgenommen, die als die Ursache identifiziert wurden (Abb. 69). Zur Veranschaulichung wurde ebenfalls eine aus Bohrlochaufschlüssen konstruierte Fläche der Anhydritmittel 4 in die Grafik eingefügt, die vom Verlauf mit den Reflektoren 3, 5 und 14 korrespondiert.

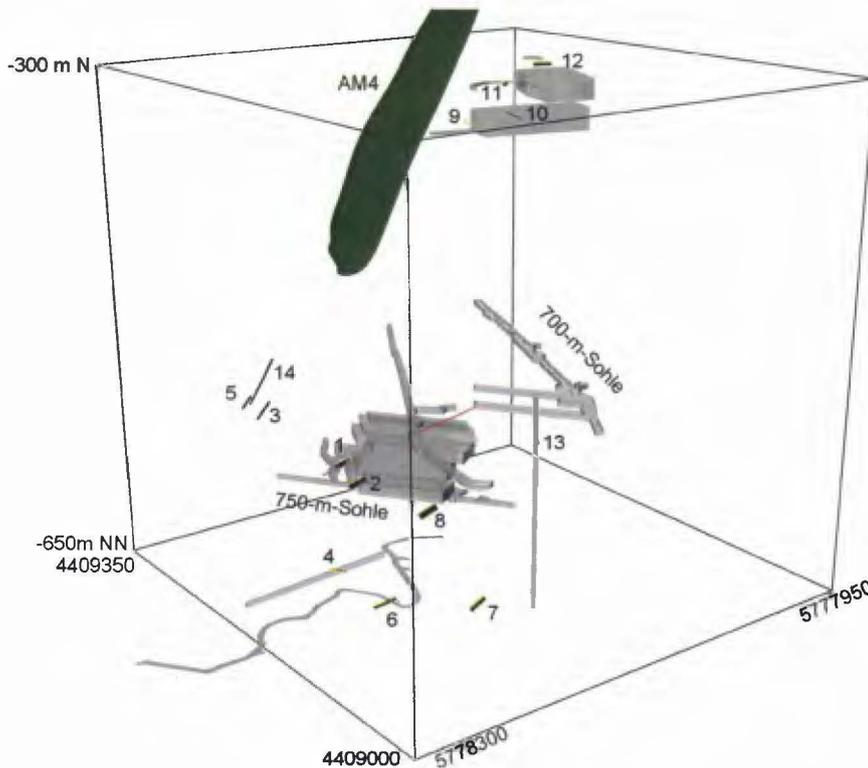


Abb. 69: Reflektoren der Messung mit der AT-Sonde in der Verfüllbohrung BBrg. 725-23.2 auf der 700-m-Sohle mit reflektierenden Elementen des Grubenbaus. Perspektivansicht aus Nordwest.

7 Messungen auf der 775-m-Sohle

Auf der 775-m-Sohle wurde am 16. Juni 2016 am Stoß West im Temperaturversuchsfeld TVF 5 gemessen. Hier besteht, wie an nur wenigen Orten im Grubengebäude, die Gelegenheit Richtung Westen zu erkunden. Das anstehende Gebirge besteht aus Kieseritischem Übergangssalz. Das Messprofil ist in Abb. 70 orange markiert. Die Perspektivdarstellung des Radargramms (Abb. 71) zeigt allerdings, dass westlich benachbarter Strecken keine Reflexionen mehr erscheinen.

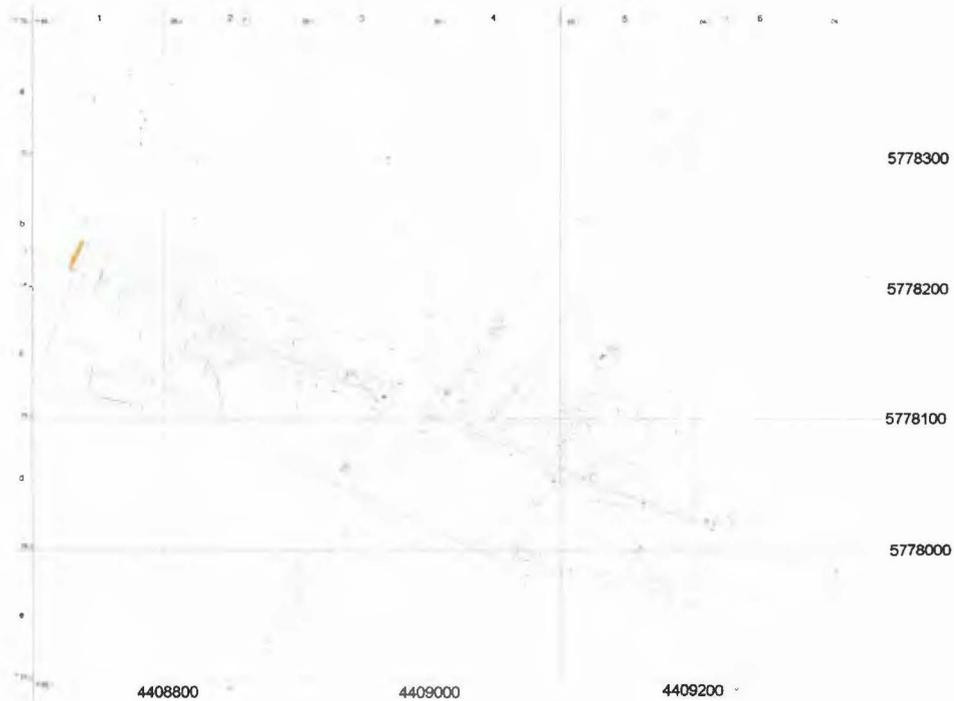


Abb. 70: Ausschnitt der 775-m-Sohle mit orange kolorierter Strecke, in der gemessen wurde. (Grundlage Risswerk Asse, Asse-GmbH 2016).

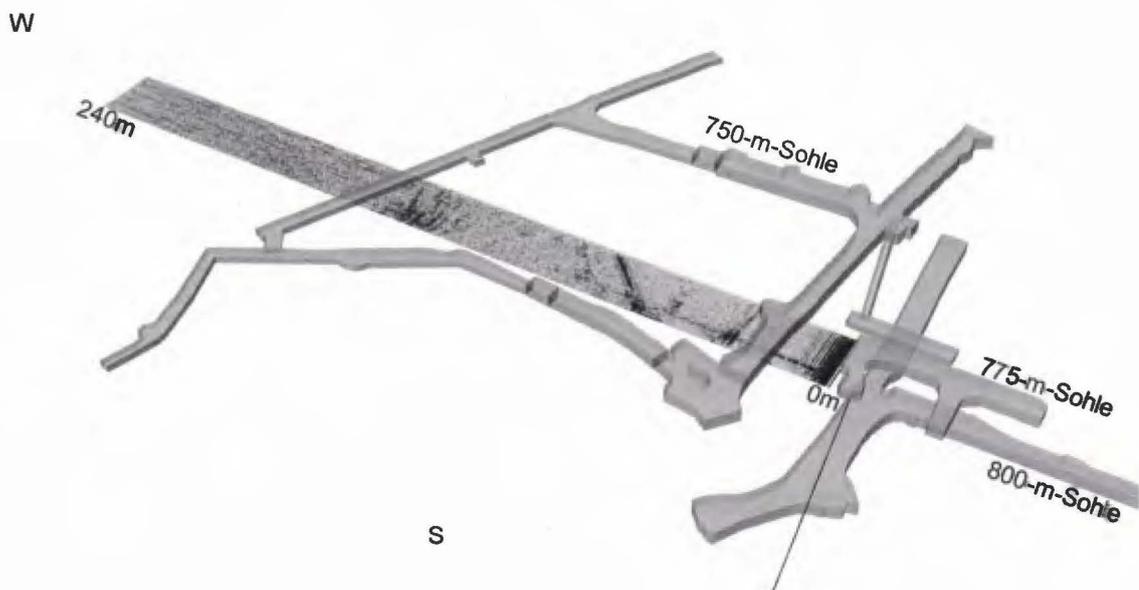


Abb. 71: Perspektivansicht des Radargramms am Stoß West der auf der 775-m-Sohle.

Im Radargramm vom Profil am Stoß West sind 9 Einsätze markiert (Abb. 72). Die Benennung der openGEO files ist gas75tvf5w. Alle Reflektoren können als Grubenbaue identifiziert werden. Fast alle Reflektoren werden oberhalb der Messebene gesehen, wobei 1, 3-5

steiler von oben kommen und die Reflektoren 6-9 im flacheren Winkel. Reflektor 2 passt zu einem Grubenbau unterhalb der Messebene (Abb. 73).



Abb. 72: Radargramm vom Profil am Stoß West im Temperaturversuchsfeld auf der 775-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.

Das Profil am Stoß West im Temperaturversuchsfeld auf der 775-m-Sohle wird in folgende Koordinaten eingehängt:

Tab. 26: Koordinaten vom Profil am Stoß West im Temperaturversuchsfeld

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0	4408727,9	5778218,4	-572,2
20,5	4408737,1	5778236,8	-572,2

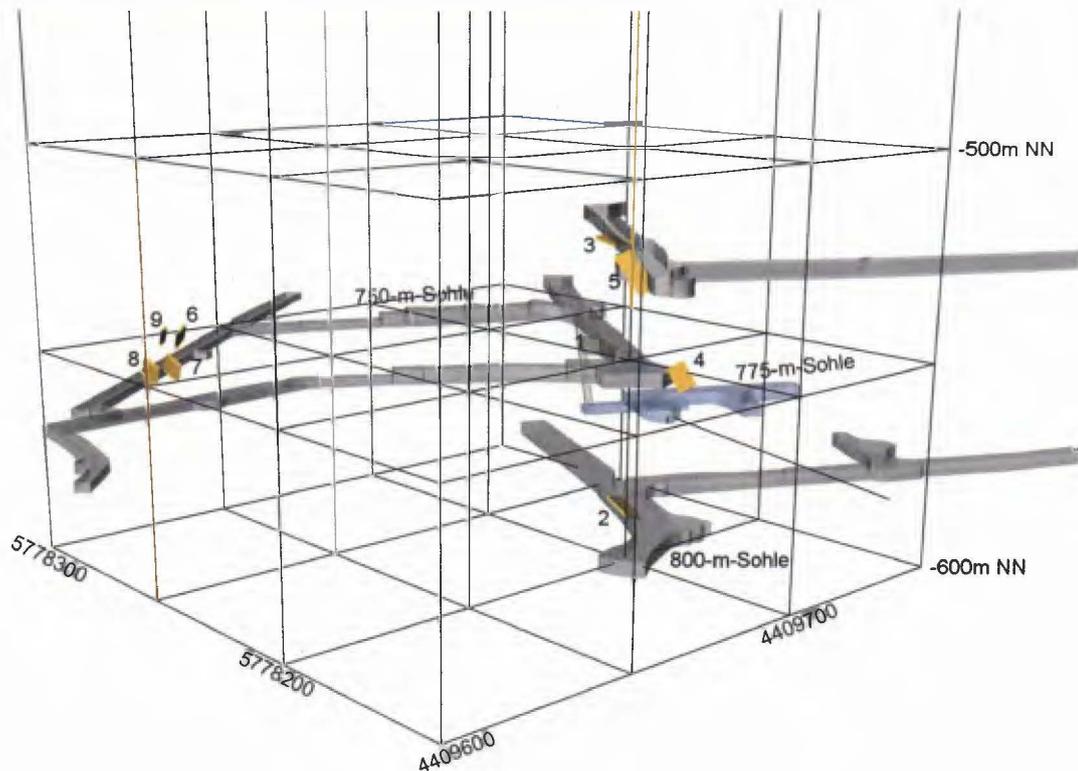


Abb. 73: Reflektoren vom Profil Stoß West im Temperaturversuchsfeld auf der 775-m-Sohle, Perspektivansicht aus Südost.

8 Messungen auf der 850-m-Sohle

Auf der 850-m-Sohle wurde am 16. Juni 2016 am Stoß Süd in der Salzgewinnungsstrecke gemessen (orange in Abb. 74). Hier bestand die Erwartung, Reflexionen aus dem Bereich der Südflanke zu erfassen. Das Profil wurde auf der 800-m-Sohle begonnen und endete auf der 850-m-Sohle. An den Stellen zwischen Profilmeter 137 und 152 sowie zwischen 172,5 und 180,5 war der Stoß unzugänglich. Hier entstanden Messlücken im Radargramm (Abb. 75). Es werden deutliche Reflexionen erfasst mit etwas geringerer Amplitude im unteren Abschnitt.

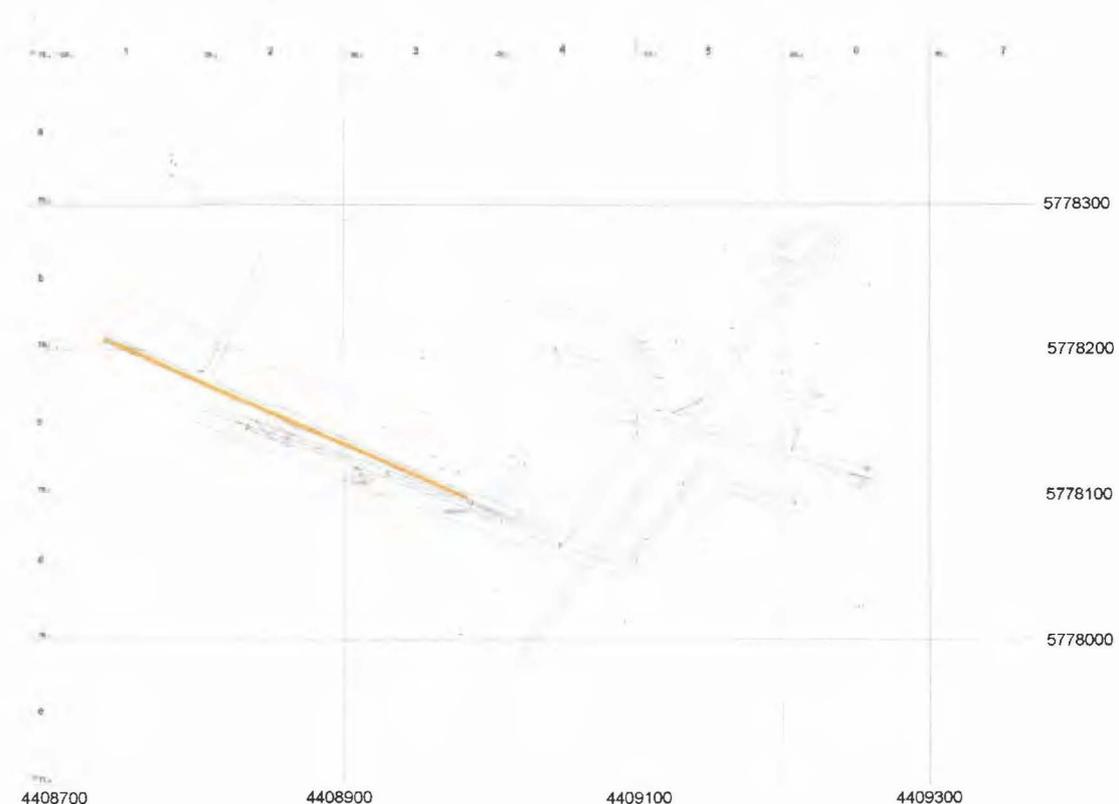


Abb. 74: Ausschnitt der 850-m-Sohle im Aufstieg zur 800-m-Sohle mit orange kolorierter Strecke, in der gemessen wurde. (Grundlage Risswerk Asse, Asse-GmbH 2016).

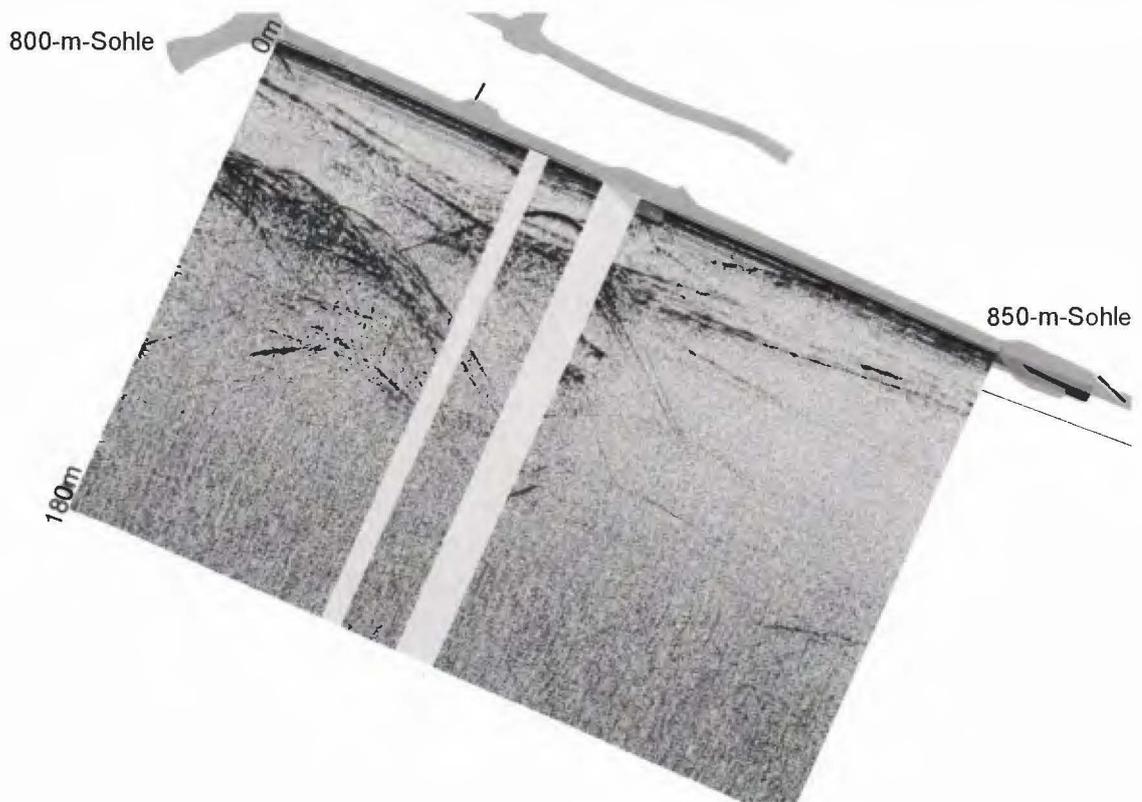


Abb. 75: Ansicht von oben auf das Radargramm am Stoß Süd der Wendelstrecke von der 800-m-Sohle zur 850-m-Sohle.

Im Radargramm vom Profil am Stoß Süd sind 21 Einsätze markiert (Abb. 76). Die Benennung der openGEO files ist gas850strs. Die Reflektoren können fast alle als durch Grubenbaue verschiedener Sohlen verursacht identifiziert werden. Dabei werden die Reflektoren 9, 10, 16, 20 und 21 der 750-m-Sohle zugeordnet. Die Reflektoren 7, 8 und 19 werden der 775-m-Sohle zugeordnet. Die Reflektoren 2, 3, 13, 15 und 17 werden der 800-m-Sohle zugeordnet (Abb. 77, Abb. 78). Nur bei den Reflektoren 1, 4, 11, 12 und 18 konnte keine eindeutige Zuordnung zur Grube erfolgen. Eventuell sind auch sie durch Grubenbaue verursacht, die bei der Bewertung bisher nicht erkannt wurden.

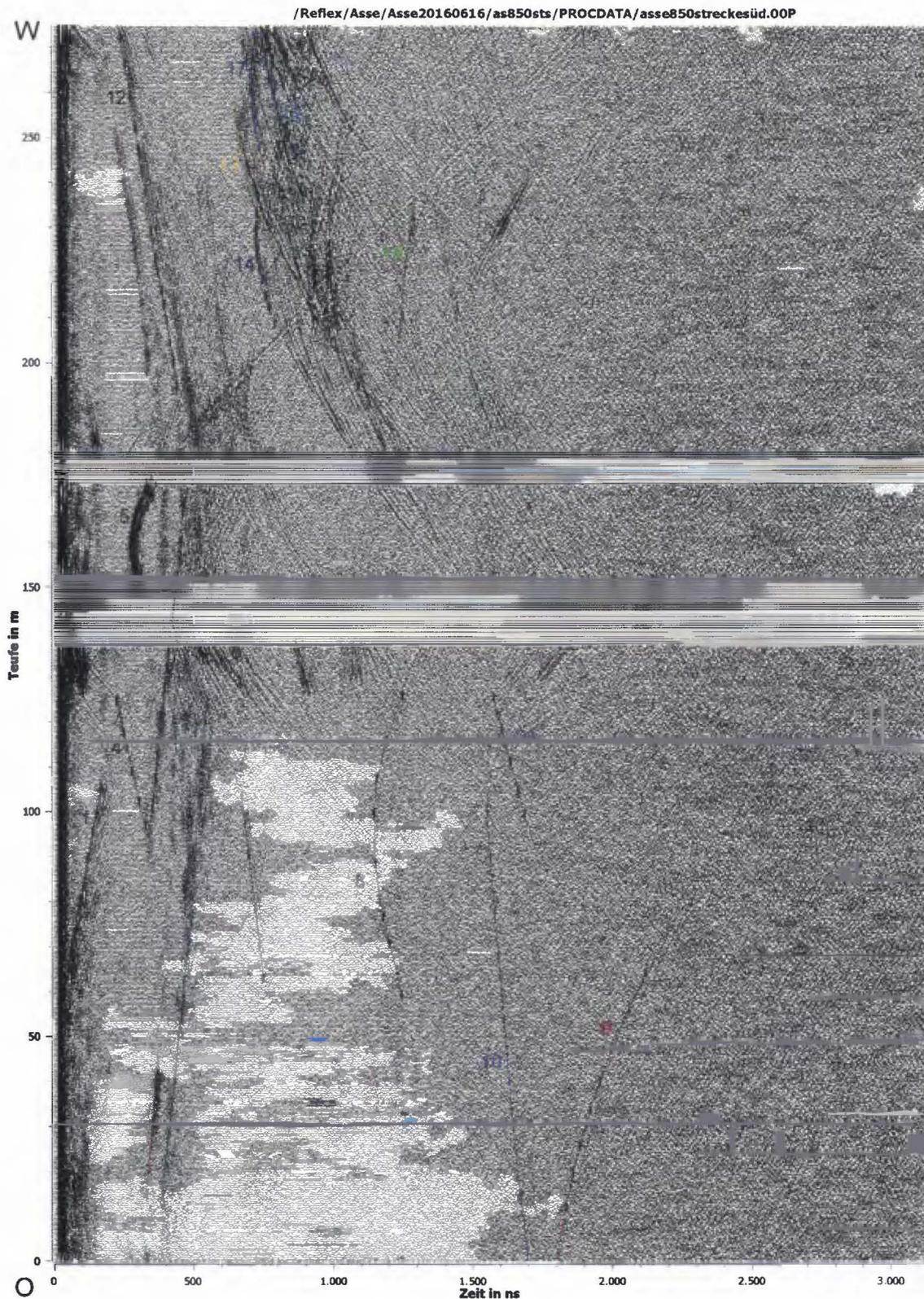


Abb. 76: Radargramm vom Profil am Stoß Süd in der Wendelstrecke zur 850-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.

Das Profil am Stoß Süd auf der Fahrtstrecke zur 850-m-Sohle wird in folgende Koordinaten eingehängt:

Tab. 27: Koordinaten vom Profil am Stoß Süd

Profilmeter	Rechtswert	Hochwert	m NN
0	4408984,1	5778096,1	-628,5
250,3	4408756,1	5778196,9	-605,7
274,5	4408734,0	5778205,8	-602,0

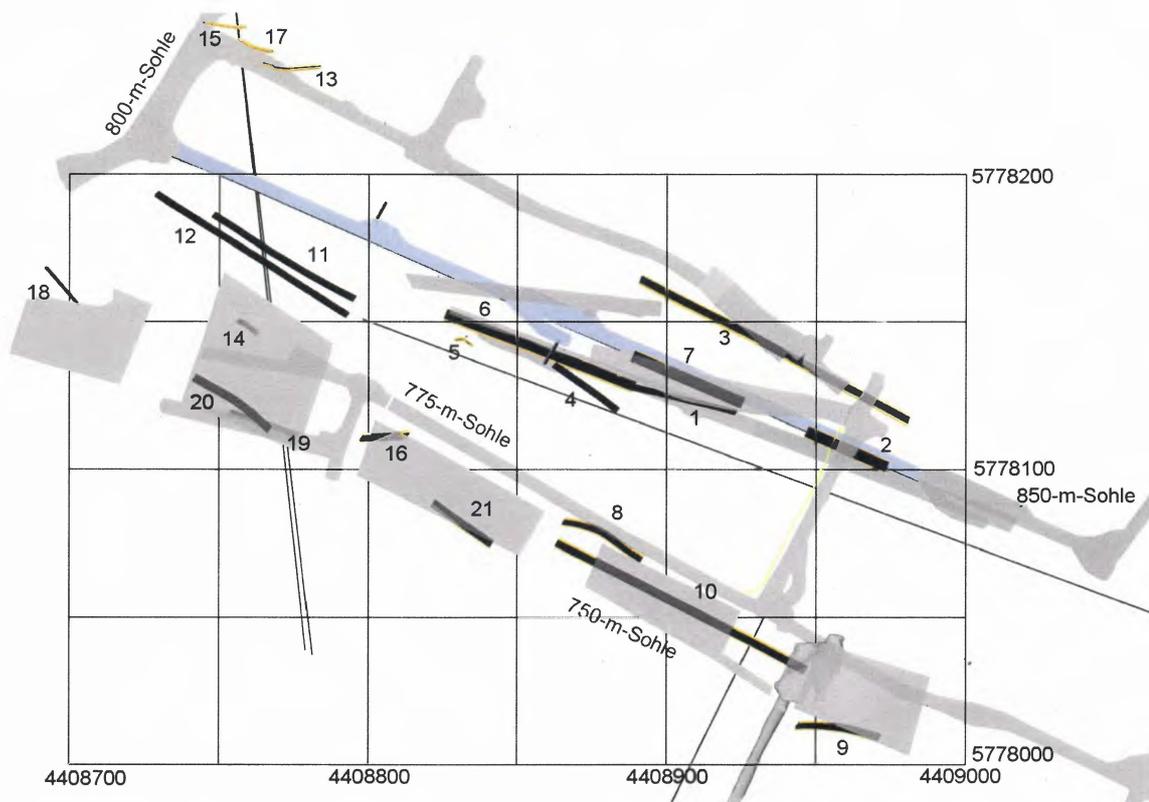


Abb. 77: Reflektoren vom Profil am Stoß Süd in der Wendelstrecke (lila) von der 800-m-Sohle auf die 850-m-Sohle, Ansicht von oben.

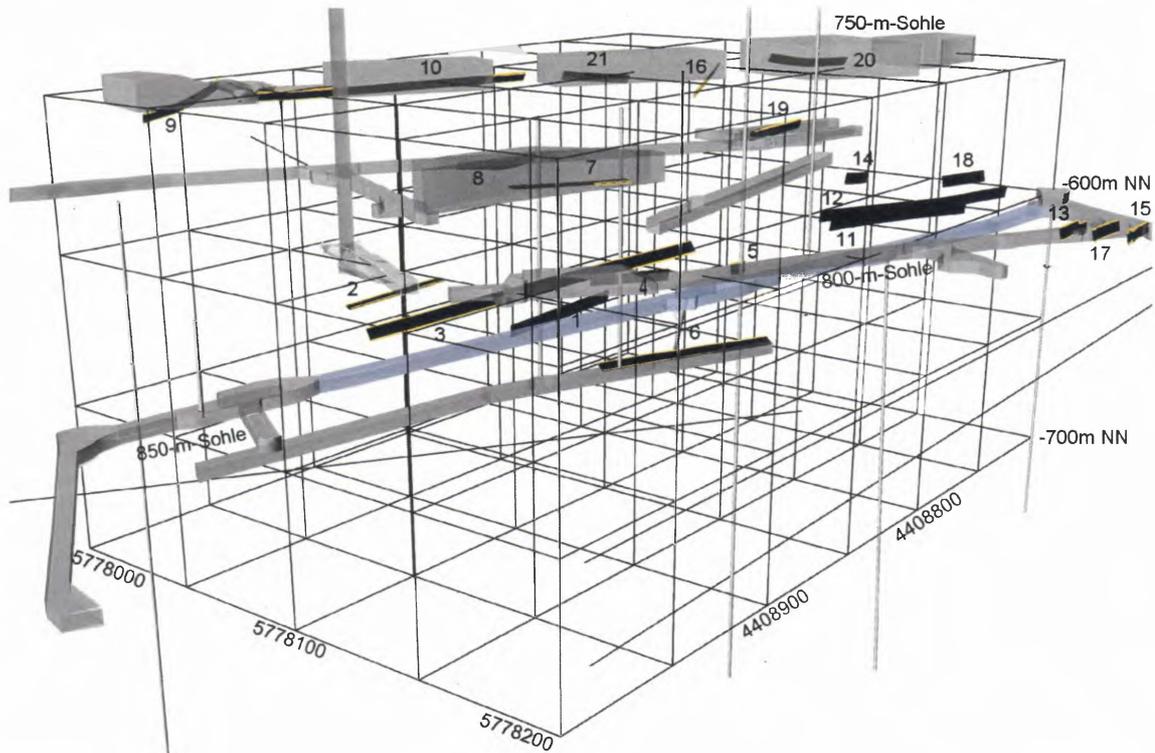


Abb. 78: Reflektoren von den Profilen am Stoß Süd in der Wendelstrecke von der 800-m-Sohle auf die 850-m-Sohle, Perspektivansicht aus Nordost.

9 Zusammenfassung

Die Messungen im Grubengebäude der Schachanlage Asse II erfolgten in zugänglichen Streckenabschnitten auf den Sohlen: 490-m-Sohle, 511-m-Sohle, 532-m-Sohle, 574-m-Sohle, 700-m-Sohle, 775-m-Sohle und 800-m-Sohle zur 850-m-Sohle. Die Messungen dieses Berichts aus dem Jahr 2016 stellen die Fortsetzung der Erkundungstätigkeiten durch EMR zu den vorangegangenen Jahren dar. Es wurden zahlreiche Strukturen erfasst, die helfen eine Basis für das geologische Modell außerhalb der Grubenräume zu bekommen. Die Zusammenführung aller Informationen aus den Messungen in Strecken und Bohrungen gemeinsam mit den Aufschlüssen in einem geologischen 3D-CAD-Modell der Asse Salzstruktur ermöglicht eine zuverlässige Datengrundlage für zukünftige Arbeiten.

Literaturverzeichnis

(2005): Weiterentwicklung des richtungssensitiven EMR-Messverfahrens hinsichtlich der Verbesserung der untertägigen räumlichen Erkundung von Strukturen und heterogenen Bereichen. – Zwischenbericht, BGR Hannover, Archiv Nr. 126026, erstellt im Auftrag des BfS.

(2014): Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung Remlingen 15. Gerichtetes Bohrlochradar – Ergebnisbericht (erstellt im Auftrag der Asse-GmbH, Asse-KZL 9A/55110000/GEO/HF/BW/0001/00).

(2014): Georadarmessungen in Strecken des östlichen Grubenfeldes der Schachanlage Asse II im Zeitraum Mai – September 2014. – Tätigkeitsbericht (erstellt im Auftrag des BfS, Stand 15.10.2014, 9A/56331100/HF/RB/0008/00), BGR Hannover.

(2015a): Richtungssensitive Georadar Bohrlochmessungen in der EBrG. 574-1 – Ergebnisbericht (erstellt im Auftrag des BfS, Stand 15.07.2016, 9A/56331200/HF/RB/0015/00), BGR Hannover.

(2015b): Richtungssensitive Georadar Bohrlochmessungen in der EBrG. 574-2 – Ergebnisbericht (erstellt im Auftrag des BfS, Stand 15.07.2016, 9A/56331200/HF/RB/0016/00), BGR Hannover.

(2015c): Georadar Messungen in Strecken des Grubengebäudes der Schachanlage Asse II im Zeitraum Mai 2014 bis März 2015. – Tätigkeitsbericht (erstellt im Auftrag des BfS, Stand 15.09.2015, 9A/56331100/HF/RB/0017/00), BGR Hannover.

(2016a): Georadar im Blindschacht 3 der Schachanlage Asse II. – Zwischenbericht (erstellt im Auftrag des BfS, Stand 29.01.2016, 9A/56331100/HF/RB/0018/00), BGR Hannover.

(2016b): Richtungssensitive Georadar Bohrlochmessungen in der EBrG. 700-2 – Ergebnisbericht (erstellt im Auftrag des BfS, Stand 21.07.2016, 9A/56331200/HF/RB/0021/00), BGR Hannover.

Asse-GmbH (2016): Kalisalzbergwerk Asse, Schachanlage Asse II, Speicherbergwerk, Risswerk (Stand März 2016)

Abkürzungsverzeichnis

Refl	Reflektor
BBrg	Befüllbohrung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
CAD	computer aided design
EBrg	Erkundungsbohrung
EMR	Elektromagnetische Reflexion
ns	Nanosekunde
NN	Normal Null
MHz	Megahertz
µs	Mikrosekunde
Anh.	Anhydrit

Tabellenverzeichnis	Seite
Tab. 1: Koordinaten vom Profil am Stoß Nordost Teil 1 in der Sattelrichtstrecke	9
Tab. 2: Koordinaten vom Profil am Stoß Nord Teil 2 in der Sattelrichtstrecke	10
Tab. 3: Koordinaten vom Profil an der Firste in der Sattelrichtstrecke	11
Tab. 4: Koordinaten vom Querprofil an der Firste in der Sattelrichtstrecke	12
Tab. 5: Koordinaten vom Profil an der Firste in der Zufahrt zum Abbau 8	14
Tab. 6: Koordinaten vom W-O-Profil an der Firste im Abbau 4	16
Tab. 7: Koordinaten vom N-S-Profil an der Firste in der Abbau 4	16
Tab. 8: Koordinaten vom S-N-Profil an der Firste in der Abbau 4	17
Tab. 9: Koordinaten vom Profil am Stoß Nord	20
Tab. 10: Koordinaten vom Profil am Stoß Nord	22
Tab. 11: Koordinaten vom Profil an der Firste	24
Tab. 12: Koordinaten vom ONO-WSW-Profil an der Firste im Abbau 2	26
Tab. 13: Koordinaten vom SSW-NNO-Profil an der Firste im Abbau 2	27
Tab. 14: Koordinaten vom Profil am Stoß Nord	31
Tab. 15: Koordinaten vom Profil am Stoß Nordwest im Bohrort der 574-m-Sohle	35
Tab. 16: Koordinaten vom Profil am Stoß Nordost im Bohrort der 574-m-Sohle	35
Tab. 17: Koordinaten vom Profil am Stoß Südost im Bohrort der 574-m-Sohle	36
Tab. 18: Koordinaten vom Profil am Stoß West im Streckenabschnitt bei Schacht 4	39
Tab. 19: Koordinaten vom Stoß Südost der Zufahrt zum Abbau 17 auf der 700-m-Sohle	42
Tab. 20: Koordinaten vom Profil am Stoß Nordost Teil 1 im Gesenk der 700-m-Sohle	45
Tab. 21: Koordinaten vom Profil am Stoß Nordost Teil 2 im Gesenk der 700-m-Sohle	45
Tab. 22: Koordinaten vom Profil am Stoß der Ortsbrust im Gesenk der 700-m-Sohle	46
Tab. 23: Koordinaten vom Profil am Stoß Südwest im Gesenk der 700-m-Sohle	46
Tab. 24: Koordinaten vom Profil auf der Sohle im Gesenk der 700-m-Sohle	47
Tab. 25: Koordinaten der Bohrung BBrg. RH-725-23.2	51
Tab. 26: Koordinaten vom Profil am Stoß West im Temperaturversuchsfeld	54
Tab. 27: Koordinaten vom Profil am Stoß Süd	58

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abb. 1: Durchführung der EMR-Messung mit geschirmten 70-MHz-Antennen an der Firste der Abbaubegleitstrecke auf der 511-m-Sohle.	5
Abb. 2: Ausschnitt der 490-m-Sohle mit orange kolorierten Strecken, in denen gemessenen wurde. (Grundlage Risswerk Asse, Asse-GmbH 2016).	6
Abb. 3: Perspektivansicht aus Nordosten der Radargramme an der Firste und dem Stoß Nord der Sattelrichtstrecke nach Osten auf der 490-m-Sohle.	7
Abb. 4: Perspektivansicht aus Nordosten der Radargramme an der Firste der Zufahrt zu Abbau 8 und im Abbau 4 auf der 490-m-Sohle.	7
Abb. 5: Radargramm mit markierten Reflektoren Teil 1 am Stoß Nordost der Sattelrichtstrecke auf der 490-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.	8
Abb. 6: Reflektoren des Profils Teil 1 am Stoß Nordost der Sattelrichtstrecke auf der 490-m-Sohle. Perspektivansicht aus Nordost.	9
Abb. 7: Radargramm mit markierten Reflektoren Teil 2 am Stoß Nord der Sattelrichtstrecke auf der 490-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.	9
Abb. 8: Reflektoren des Profils Teil 2 am Stoß Nord der Sattelrichtstrecke auf der 490-m-Sohle. Perspektivansicht aus Nordwest.	10
Abb. 9: Radargramm mit markierten Reflektoren an der Firste der Sattelrichtstrecke auf der 490-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.	11
Abb. 10: Radargramm mit markierten Reflektoren an der Firste im Querprofil von Nord nach Süd in der Sattelrichtstrecke auf der 490-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.	12
Abb. 11: Reflektoren der Profile an der Firste in der Sattelrichtstrecke (schwarz) und einem Querprofil (blau) auf der 490-m-Sohle. Perspektivansicht aus Südost.	12
Abb. 12: Perspektivansicht aus Süden des Radargramms an der Firste in der Zufahrt zum Abbau 8 (halbtransparent) mit denen der Sattelrichtstrecke (dahinter) und Firstprofilen im Abbau 8.	13
Abb. 13: Radargramm mit markierten Reflektoren an der Firste in der Zufahrt zum Abbau 8 auf der 490-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.	14
Abb. 14: Reflektoren des Profils an der Firste in der Zufahrt zum Abbau 8 auf der 490-m-Sohle. Perspektivansicht aus Nordwest.	14
Abb. 15: Perspektivansicht aus Südwest der Radargramme an der Firste im Abbau 4 mit denen in der Richtstrecke im Süden und Firstprofilen der Zufahrt zum Abbau 8 und Profilen im Abbau 8.	15
Abb. 16: Radargramm vom WO-Profil an der Firste im Abbau 4 auf der 490-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.	15
Abb. 17: Radargramm vom NS-Profil an der Firste im Westen des Abbau 4 auf der 490-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.	16

Seite

Abb. 18:	Radargramm vom S-N-Profil an der Firste im Osten der Abbau 4 auf der 490-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.	16
Abb. 19:	Reflektoren der Profile an der Firste im Abbau 4 auf der 490-m-Sohle. N-S Profil im Westen in grün, S-N Profil im Osten in schwarz und W-O Profil in blau. Perspektivansicht aus Südost.	17
Abb. 20:	Ausschnitt der 511-m-Sohle mit orange kolorierten Strecken, in denen gemessenen wurde. (Grundlage Risswerk Asse, Asse-GmbH 2016).	18
Abb. 21:	Perspektivansicht aus Nordwesten der Radargramme an der Firste, der Strecke, dem Stoß Nord der Fahrstrecke Wendel und der Firste in Abbau 2 auf der 511-m-Sohle.	19
Abb. 22:	Radargramm am Stoß Nord in der Wendelstrecke zwischen 490-m-Sohle und 532-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.	20
Abb. 23:	Reflektoren des Profils am Stoß Nord in der Wendelstrecke von der 490-m-Sohle auf die 532-m-Sohle. Ansicht von oben.	21
Abb. 24:	Reflektoren des Profils am Stoß Nord in der Wendelstrecke von der 490-m-Sohle auf die 532-m-Sohle. Perspektivansicht aus Nordwest.	21
Abb. 25:	Radargramm am Stoß Nord auf der 511-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.	22
Abb. 26:	Reflektoren des Profils am Stoß Nord in der Abbaubegleitstrecke der 511-m-Sohle. Ansicht von oben.	23
Abb. 27:	Reflektoren des Profils am Stoß Nord in der Abbaubegleitstrecke der 511-m-Sohle. Perspektivansicht aus Südost.	23
Abb. 28:	Radargramm vom Profil an der Firste der Abbaubegleitstrecke auf der 511-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.	24
Abb. 29:	Reflektoren des Profils an der Firste in der Abbaubegleitstrecke der 511-m-Sohle. Ansicht aus Süden.	25
Abb. 30:	Reflektoren des Profils an der Firste in der Abbaubegleitstrecke der 511-m-Sohle. Perspektivansicht aus Südost.	25
Abb. 31:	Radargramm an der Firste von ONO nach WSW im Abbau 2 auf der 511-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.	26
Abb. 32:	Reflektoren des Profils ONO-WSW an der Firste im Abbau 2 auf der 511-m-Sohle. Ansicht aus Süden.	27
Abb. 33:	Radargramm an der Firste von Südsüdwest nach Nordnordost im Abbau 2 auf der 511-m-Sohle, 70-MHz-Antenne geschirmt.	27
Abb. 34:	Reflektoren des Profils SSW-NNO an der Firste im Abbau 2 auf der 511-m-Sohle. Ansicht aus Osten.	28
Abb. 35:	Reflektoren beider Profile an der Firste im Abbau 2 auf der 511-m-Sohle. ONO-WSW Profil in blau und SSW-NNO-Profil in schwarz. Perspektivansicht aus Südost.	28

Seite

Abb. 36:	Ausschnitt der 532-m-Sohle mit orange kolorierten Strecken, in denen gemessenen wurde. (Grundlage Risswerk Asse, Asse-GmbH 2016).	29
Abb. 37:	Perspektivansicht aus Süden auf das Radargramm am Stoß Nord der Umfahungsstrecke des Abbaus 6a auf der 532-m-Sohle.	30
Abb. 38:	Radargramm vom Profil am Stoß Nord der Umfahungsstrecke des Abbaus 6a auf der 532-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.	31
Abb. 39:	Reflektoren des Profils am Stoß Nord in der Umfahungsstrecke des Abbaus 6a auf der 532-m-Sohle. Ansicht von oben.	32
Abb. 40:	Reflektoren des Profils am Stoß Nord in der Umfahungsstrecke des Abbaus 6a auf der 532-m-Sohle. Perspektivansicht aus Südost.	32
Abb. 41:	Ausschnitt der 574-m-Sohle mit orange koloriertem Streckenabschnitt, in dem gemessenen wurde. (Grundlage Risswerk Asse, Asse-GmbH 2016).	33
Abb. 42:	Ausschnitt der 574-m-Sohle im Bereich des Bohrortes mit Radargrammen in Richtung der Stöße.	34
Abb. 43:	Radargramm vom Profil am Stoß Nordwest im Bohrort auf der 574-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.	35
Abb. 44:	Radargramm vom Profil am Stoß Nordost im Bohrort auf der 574-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.	35
Abb. 45:	Radargramm vom Profil am Stoß Südost im Bohrort auf der 574-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.	36
Abb. 46:	Reflektoren von den Profilen an den Stößen des Bohrortes im Osten der 574-m-Sohle, Ansicht von oben.	37
Abb. 47:	Reflektoren im westlichen Bereich der 574-m-Sohle, Perspektivansicht aus Südwesten.	37
Abb. 48:	Ausschnitt des Grubenrisses der 700-m-Sohle mit orange kolorierten Streckenabschnitten, in denen gemessenen wurde. (Grundlage Risswerk Asse, Asse-GmbH 2016).	38
Abb. 49:	Ausschnitt der 700-m-Sohle im Bereich des Schachts 4 mit Radargramm der 70-MHz-Antennen in Richtung Stoß West.	39
Abb. 50:	Radargramm der 200-MHz-Antenne vom Stoß West.	40
Abb. 51:	Ausschnitt der 700-m-Sohle im Bereich der Zufahrt zum Abbau 17 mit Radargramm in Richtung Stoß Südost.	41
Abb. 52:	Radargramm am Stoß Südost der Zufahrt zum Abbau 17 auf der 700-m-Sohle, 70-MHz-Antenne.	41
Abb. 53:	Reflektoren vom Profil am Stoß Südost der Zufahrt zum Abbau 17 auf der 700-m-Sohle, Ansicht von oben.	42
Abb. 54:	Reflektoren vom Profil am Stoß Südost der Zufahrt zum Abbau 17 auf der 700-m-Sohle, Perspektivansicht aus Südwesten.	43

Seite

Abb. 55:	Foto von den Stößen im Bereich der Ortsbrust des Gesenks auf der 700-m-Sohle und geschirmtes 70-MHz-Antennenpaar.	44
Abb. 56:	Perspektivansicht vom Gesenk auf der 700-m-Sohle mit Radargrammen in Richtung Stoß Nordost Teil 1 und 2, Stoß Südwest und Sohle.	44
Abb. 57:	Radargramm vom Profil am Stoß Nordost im Gesenk auf der 700-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.	45
Abb. 58:	Radargramm vom Profil am Stoß Nordost Teil 2 im Gesenk auf der 700-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.	45
Abb. 59:	Radargramm vom Profil am Stoß der Ortsbrust im Gesenk auf der 700-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.	46
Abb. 60:	Radargramm vom Profil am Stoß Südwest im Gesenk auf der 700-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.	46
Abb. 61:	Reflektoren von den Profilen an den Stößen im Gesenk auf der 700-m-Sohle, Ansicht von oben.	47
Abb. 62:	Radargramm vom Profil auf der Sohle im Gesenk auf der 700-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.	47
Abb. 63:	Reflektoren vom Profil auf der Sohle im Gesenk auf der 700-m-Sohle, Seitenansicht aus Süden.	48
Abb. 64:	Reflektoren von den Profilen im Gesenk auf der 700-m-Sohle, Perspektivansicht aus Südost.	48
Abb. 65:	Bohrort der Verfüllbohrungen mit Verlauf der BBrG. RH-725-23.2 auf der 700-m-Sohle.	49
Abb. 66:	Foto vom Bohrort auf der 700-m-Sohle mit Gestänge in der Verfüllbohrung BBrG. RH-725-23.2.	50
Abb. 67:	Radargramm vom Profil in der Bohrung BBrG. RH-725-23.2, 50-MHz-Bohrlochsystem AT, mit markierten Reflektoren.	50
Abb. 68:	Farbcodierte Darstellung der Winkelauswertung von der Messung mit der 50-MHz-Bohrlochsonde AT in der Bohrung BBrG. RH-725-23.2.	51
Abb. 69:	Reflektoren der Messung mit der AT-Sonde in der Verfüllbohrung BBrG. 725-23.2 auf der 700-m-Sohle mit reflektierenden Elementen des Grubengebäudes. Perspektivansicht aus Nordwest.	52
Abb. 70:	Ausschnitt der 775-m-Sohle mit orange kolorierter Strecke, in der gemessen wurde. (Grundlage Risswerk Asse, Asse-GmbH 2016).	53
Abb. 71:	Perspektivansicht des Radargramms am Stoß West der auf der 775-m-Sohle.	53
Abb. 72:	Radargramm vom Profil am Stoß West im Temperaturversuchsfeld auf der 775-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.	54
Abb. 73:	Reflektoren vom Profil Stoß West im Temperaturversuchsfeld auf der 775-m-Sohle, Perspektivansicht aus Südost.	54

Seite

Abb. 74: Ausschnitt der 850-m-Sohle im Aufstieg zur 800-m-Sohle mit orange kolorierter Strecke, in der gemessenen wurde. (Grundlage Risswerk Asse, Asse-GmbH 2016).	55
Abb. 75: Ansicht von oben auf das Radargramm am Stoß Süd der Wendelstrecke von der 800-m-Sohle zur 850-m-Sohle.	56
Abb. 76: Radargramm vom Profil am Stoß Süd in der Wendelstrecke zur 850-m-Sohle, 70-MHz-Antenne, geschirmt, mit markierten Reflektoren.	57
Abb. 77: Reflektoren vom Profil am Stoß Süd in der Wendelstrecke (lila) von der 800-m-Sohle auf die 850-m-Sohle, Ansicht von oben.	58
Abb. 78: Reflektoren von den Profilen am Stoß Süd in der Wendelstrecke von der 800-m-Sohle auf die 850-m-Sohle, Perspektivansicht aus Nordost.	59