PT037581

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Stand: 27.05.2020

Blatt: 1

DECKBLATT

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Kurztitel der Unterlage:

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Ersteller / Unterschrift:	Prüfer / Unterschrift

Titel der Unterlage:

Geotechnisches, geophysikalisches, geochemisches Monitoring und Baustoffuntersuchungen

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Freigabevermerk:

Freigabedurchlauf

Fachbereich: TEK-GI	Stabsstelle Qualitätssicherung:	Endfreigabe: Bereichsleitung ASE
Unterschrift	Unterschrift	Unterschrift

2019-07-22_KQM_Deck-Revisionsblatt_REV23

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Blatt: 2a

REVISIONSBLATT

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Kurztitel der Unterlage:

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Rev	Revisionsstand Datum	Verantwortl. Stelle	revidierte Blätter	Kat. *)	Erläuterung der Revision
00	27.05.2020	TEK-GI.5		–	Neuerstellung

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

Inhaltsverzeichnis

Blatt

Deckblatt . . . 1
Revisionsblatt . . . 2a
Inhaltsverzeichnis . . . 3
1 Einleitung . . . 13
2 Geotechnisches Kontroll- und Überwachungsprogramm . . . 15
2.1 Gebirgsspannungsmessungen . . . 15
2.1.1 Messziele . . . 15
2.1.2 Messsysteme . . . 15
2.1.3 Durchführung der Messungen . . . 16
2.1.4 Darstellung der Messergebnisse . . . 16
2.1.4.1 Baufeld an der Südflanke . . . 16
2.1.4.2 Spannungssituation nördlich des Baufeldes an der Südflanke . . . 20
2.2 Messungen zum Verformungszustand und Deformationsverhalten . . . 20
2.2.1 Nivellements über Tage . . . 20
2.2.2 Nivellements unter Tage (Höhenänderungen) . . . 21
2.2.3 Lagemessungen unter Tage . . . 22
2.2.4 Bewegungsverhalten der Schachtsäule . . . 24
2.2.5 Querschlägige Extensometermessungen im Baufeld an der Südflanke . . . 25
2.2.6 Visuelle Inspektion der Inklinometerbohrungen . . . 28
2.2.7 Konvergenzmessungen . . . 30
2.3 Versatzdruckmessungen . . . 35
2.3.1 Messziel . . . 35
2.3.2 Messsysteme . . . 35
2.3.3 Durchführung der Messungen . . . 35
2.3.4 Darstellung der Messergebnisse . . . 35
2.4 Mikroseismische Überwachung . . . 37
2.4.1 Messziele . . . 37
2.4.2 Messsystem . . . 38
2.4.3 Durchführung der Messungen und Auswertungen . . . 39
2.4.4 Ergebnisse der mikroseismischen Überwachung . . . 40
2.4.4.1 Übersicht über die Ergebnisse der mikroseismischen Überwachung . . . 40
2.4.4.2 Mikroseismizität am oberen Baufeldrand . . . 41
2.4.4.3 Mikroseismizität auf den mittleren Sohlen . . . 43
2.4.4.4 Mikroseismizität im Bereich des Pfeilers 4/5 auf der 679-m-Sohle . . . 44
2.4.4.5 Mikroseismizität im Bereich des Bohrorts im Osten der 700-m-Sohle . . . 44
2.4.4.6 Mikroseismizität beim Blindschacht 1 im Bereich der 725- bis 800-m-Sohle und bei der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle westlich der ELK 4/750 . . . 45
2.4.4.7 Mikroseismizität bei den ELK im Westflügel der 750-m-Sohle, insbesondere im Bereich der ELK 4/750 und am Blindschacht 2 (700- bis 750-m-Sohle) . . . 45
2.4.4.8 Mikroseismizität bei den ELK im Ostflügel, insbesondere im Bereich der ELK 6/750 . . . 46
2.4.4.9 Mikroseismizität unterhalb der 679-m-Sohle nördlich des Baufelds an der Südflanke, insbesondere im Bereich des Sattelkerns . . . 47
2.4.4.10 Mikroseismizität südlich bis südöstlich unterhalb des Grubengebäudes und im Deckgebirge unterhalb des 574-m-Niveaus . . . 49
2.4.4.11 Besondere mikroseismische Überwachung der Firstspaltverfüllung . . . 50

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

2.4.4.12 Fazit 50
2.5 Mikroakustische Überwachung der Firsten der Abbaue 3/490 und 4/490 51
2.5.1 Ergebnisse der mikroakustischen Überwachung im Bereich des Abbaus 3/490 . 51
2.5.2 Ergebnisse der mikroakustischen Überwachung im Bereich des Abbaus 4/490 . 54
2.5.3 Fazit 57
3 Überwachung des Baufeldes an der Südflanke oberhalb der 750-m-Sohle 59
3.1 Messergebnisse 60
3.2 Monitoringbereiche 62
3.3 Zusammenfassende Bewertung 63
4 Lokale Monitoringprogramme zur Überwachung sensibler Infrastrukturbereiche 64
4.1 Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer 64
4.2 Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle 78
4.3 Westflügel der 553- und 574-m-Sohle 83
4.4 Gebirgsmechanische Situation im Bereich der Wendelstrecke 88
4.5 Infrastrukturräume auf der 700-m-Sohle 106
4.6 Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle (Gleitbogenausbau) 132
4.7 Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle 146
4.8 Nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle 161
5 Salzlösungsmonitoring 179
5.1 Überwachung des Salzlösungszutritts 179
5.2 Aufgefangene Salzlösungsmengen in der Südflanke 180
5.3 Lösungen in der Nordflanke 184
5.4 Gefasste Salzlösung im Grubengebäude insgesamt 185
5.5 Überwachung der Salzlösung im Tiefenaufschluss 185
5.6 Zusammenfassung 186
6 Bau- und Versatzstoffe 188
6.1 Qualitätssicherung der Bau- und Versatzstoffe 189
6.1.1 Magnesiumchloridlösung (Anmachflüssigkeit für Sorelbeton) 189
6.1.2 Magnesiumoxid (MgO; Basismaterial für die Sorelbetonherstellung) 189
6.1.3 Steinsalz (Fremdsalz) 190
6.1.4 Eigensalz zur Verwendung bei der Sorelbetonherstellung 191
6.1.5 Vorprodukt für die Sorelbetonherstellung 192
6.2 Sorelbetonproduktion 192
6.2.1 Qualitätssicherung der Zusammensetzung des Sorelbetons 192
6.2.2 Qualitätssicherung der Frischbetonsuspension und der Einzelkomponenten . . 193
6.3 Sonstige Baustoffuntersuchungen 194
7 Monitoring Grundwassermessstellen am Beispiel von Schacht Asse 1 195
8 Gesamtbewertung 197
9 Literaturverzeichnis 204

Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1: Allgemeine Darstellungen 212
Anhang 1.1: Lage der geotechnischen Messstellen 212
Anhang 1.2: Zeitfolge der Versatzeinbringung und Firstspaltverfüllung 213
Anhang 1.3: Status und Bilanzierung der Einbringung von Versatzmaterialien in das Grubengebäude, Stand 11.03.2020 214

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Anhang 2: Gebirgsspannungsmessungen . . . 217
Anhang 2.1: Westflügel . . . 217
Anhang 2.2: Bereich des Hauptpfeilers 4/5 . . . 230
Anhang 2.3: Ostflügel . . . 237
Anhang 2.4: Östlicher Baufeldrand . . . 254
Anhang 2.5: Spannungssituation nördlich des Baufeldes an der Südflanke . . . 256

Anhang 3: Verformungsmessungen . . . 258
Anhang 3.1: Extensometermessungen . . . 258
Anhang 3.2: Visuelle Beobachtungen in den Inklinometerbohrungen . . . 279

Anhang 4: Versatzdruckmessungen . . . 281
Anhang 4.1: Prinzipskizze – Aufbau einer Versatzdruckmonitorstation und eines Versatzdruckgebers . . . 281
Anhang 4.2: Übersicht des Verfüllfortschrittes (Stand: 01/2020) und der mittleren Versatzdruckmesswerte (Stand: 12/2019) . . . 282
Anhang 4.3: Messwertdarstellung Abbau 7/595 (MQ1) . . . 283
Anhang 4.4: Messwertdarstellung Abbau 4/616 (MQ1) . . . 284

Anhang 5: Mikroseismische Überwachung . . . 285
Anhang 5.1: Positionen der Mikroseismiksonden . . . 285
Anhang 5.2: Monatliche Detektionen potentieller Ereignisse von 07/2007 bis 01/2020 . . . 286
Anhang 5.3: Anteil der Zeit ohne bzw. mit nur geringen bergmännischen Aktivitäten . . . 287
Anhang 5.4: Mikroseismische Ereignisse in Betriebsruhephasen von 10/2018 bis 09/2019 (manuelle Auswertung) . . . 288
Anhang 5.5: Mikroseismische Ereignisse in Betriebsruhephasen von 10/2018 bis 10/2019 (manuelle Auswertung) projiziert auf benachbarte, näherungsweise Nord-Süd-verlaufende Seigerschnitte durch die Linien 30, 14, 2, 22, 26 und 28 . . . 291
Anhang 5.6: Zeitliche Entwicklung der mittleren mikroseismischen Aktivität im gesamten überwachten Bereich (Automatik) . . . 298
Anhang 5.7: Zeitliche Entwicklung der mittleren mikroseismischen Aktivität ohne die Cluster bei der ELK 4/750 und der ELK 6/750 (Automatik) . . . 300
Anhang 5.8: Sohlenweise Draufsicht auf die mikroseismischen Ereignisse in Betriebsruhephasen von Oktober 2018 bis September 2019 (Manuelle Auswertung) . . . 301
Anhang 5.9: Cluster bei der ELK 4/750 . . . 324
Anhang 5.10: Cluster bei der ELK 6/750 . . . 327
Anhang 5.11: Mikroseismizität bei der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle westlich der ELK 4/750 . . . 331
Anhang 5.12: Mikroseismizität im zentralen und östlichen Teil des Sattelkerns im Bereich der 700- bis 750-m-Sohle . . . 333
Anhang 5.13: Gemeinsame Legenden zu den Mikroseismikabbildungen . . . 337

Anhang 6: Mikroakustische Messungen in den Abbauen 3/490 und 4/490 . . . 339
Anhang 6.1: Mikroakustische Aktivität im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2019 . . . 339
Anhang 6.2: Mikroakustische Aktivität im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2019 . . . 345

Anhang 7: Überwachung des Baufeldes an der Südflanke oberhalb der 750-m-Sohle . . . 352

Anhang 8: Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand . . . 355
Anhang 8.1: Lageplan der geotechnischen Messstellen auf der 490-m-Sohle und im Abbau 2/511 auf der 511-m-Sohle, Stand April 2020 . . . 355
Anhang 8.2: Ergebnisse der Firstextensometermessungen . . . 356
Anhang 8.3: Ergebnisse der Fissurometermessungen . . . 357

Anhang 9: Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle . . . 360
Anhang 9.1: Draufsicht der 511- und 532-m-Sohle mit Übersicht der Befunde . . . 360
Anhang 9.2: Lageplan der geotechnischen Messstellen auf der 532-m-Sohle, Stand März 2020 . . . 361
Anhang 9.3: Ergebnisse der Temperaturmessungen . . . 362

Anhang 10: Westflügel der 553- und 574-m-Sohle . . . 363
Anhang 10.1: Lageplan der geotechnischen Messstellen auf der 553-m-Sohle, Stand April 2020 . . . 363
Anhang 10.2: Lageplan der geotechnischen Messstellen auf der 574-m-Sohle, Stand April 2020 . . . 364
Anhang 10.3: Ergebnisse der Fissurometermessungen . . . 365

Anhang 11: Gebirgsmechanische Situation – Wendelstrecke (490- – 850-m-Sohle) . . . 367
Anhang 11.1: Sanierungsbedarf der Wendelstrecke (Darstellung: Schnitt 1) . . . 367
Anhang 11.2: Panoramaaufnahmen der geschädigten Wendelstreckenstöße im Bereich des Pfeilers 4/5 auf der 616-m-Sohle . . . 368
Anhang 11.3: Übersicht des geschädigten Nordstoßabschnitts 725-750 m-S mit Lage der Georadarprofile . . . 369
Anhang 11.4: Ausgewählte Abbildungen der Firstkontrollbohrungen FKBrg. 637-30, 725-19, 750-50, 750-53, 750-54 und 775-11 . . . 370
Anhang 11.5: Ausgewählte Abbildungen der Stoßkontrollbohrungen StKBrg. 750-63, 750-64, 750-65 und 750-66 . . . 371
Anhang 11.6: Ergebnisse der Fissurometermessungen (exemplarisch) . . . 372

Anhang 12: Richtstrecken nach Osten im Sohlen-/Firstniveau der 700-m-Sohle . . . 373
Anhang 12.1: Räumliche Anordnung der Grubenräume im Monitoringbereich . . . 373
Anhang 12.2: Lage der Monitoring-Teilbereiche . . . 374
Anhang 12.3: Lage der Kontrollbohrungen und geotechnischen Messstellen . . . 375
Anhang 12.4: Rissausschnitt der 700-m-Sohle mit empfohlenen Stabilisierungsmaßnahmen . . . 376
Anhang 12.5: Rissausschnitt der 700-m-Sohle mit Bohrort (Auffahrungsstand 2. Phase) und Lage der Erkundungsbohrungen . . . 377
Anhang 12.6: Fissurometermessungen . . . 378

Anhang 13: Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle . . . 379
Anhang 13.1: Lage der Beobachtungs- und Messpunkte . . . 379
Anhang 13.2: Ausgewählte Abbildungen der Firstkontrollbohrungen . . . 380
Anhang 13.3: Ergebnisse der Rissbeobachtungen . . . 381

Anhang 14: Nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle . . . 383
Anhang 14.1: Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle mit Lage der Messbohrungen und Messsysteme im Umfeld der westlichen Streckenaufweitung . . . 383
Anhang 14.2: Ergebnisse der Videoinspektion in den Firstkontrollbohrungen . . . 384
Anhang 14.3: Zeitreihen der Firstextensometer- und Temperaturmessungen . . . 386
Anhang 14.4: Firstnivellement . . . 387

Anhang 14.5: Vorgesehene Stabilisierungsmaßnahmen im erweiterten Monitoringbereich (nach Befahrung vom 02.11.2018) . . . 388
Anhang 15: Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle (Gleitbogenausbau) . . . 389
Anhang 15.1: Grundrissausschnitt der 725-m-Sohle mit Lage der betrachteten Streckenabschnitte . . . 389
Anhang 15.2: Geologischer Grundrissausschnitt der 725-m-Sohle mit Lage der geotechnischen Instrumentierung . . . 390
Anhang 16: Übersichten der erfassten Spannungsmesswerte . . . 391
Anhang 16.1: Gesamte räumliche Verteilung der maximalen Spannungsmesswerte 11/2018 . . . 391
Anhang 16.2: Gesamte räumliche Verteilung der maximalen Spannungsmesswerte 11/2019 . . . 392
Anhang 16.3: Gesamte räumliche Verteilung der minimalen Spannungsmesswerte 11/2018 . . . 393
Anhang 16.4: Gesamte räumliche Verteilung der minimalen Spannungsmesswerte 11/2019 . . . 394
Anhang 16.5: Tabellarische Werte der maximalen und minimalen Spannungen . . . 395

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: SMS – Instrumentierungen . . . 15
Tabelle 2.2: Zeitliche Entwicklung der Maxima der Pfeilerstauchungsraten . . . 27
Tabelle 2.3: Abgeleitete Bandbreiten der Konvergenzraten für die verschiedenen Instrumentierungsbereiche jeweils zum 01.11.2018 und 01.11.2019 . . . 33
Tabelle 2.4: Abgeleitete Bandbreiten der Verformungsraten für die verschiedenen Instrumentierungsbereiche jeweils zum 01.11.2018 und 01.11.2019 . . . 34
Tabelle 2.5: Versatzdruckverteilung im Berichtszeitraum . . . 36
Tabelle 2.6: Anzahl der im gesamten überwachten Bereich insgesamt bzw. zu Zeiten ohne bergmännische Aktivitäten automatisch lokalisierten Ereignisse in den Berichtszeiträumen 2016 bis 2019. Die vierte Spalte zeigt die aus Betriebsruhezeiten auf die Gesamtzeit hochgerechnete Anzahl mikroseismischer Ereignisse, die im Unterschied zur zweiten Spalte keine direkt arbeitsbedingten Ereignisse enthält. 41
Tabelle 4.1: Berechnete mittlere Verformungsraten für die Abschnitte 0–3 m, 3–6 m und 6–9 m für das Firstextensometer FiEx490002 in Abbau 4/490 . . . 66
Tabelle 6.1: Mittlere Zusammensetzung aus 445 LKW-Anlieferungen Anmachflüssigkeit für die Produktion von Sorelbeton im Jahr 2019 . . . 189
Tabelle 6.2: Zusammenstellung der Laboruntersuchungen am MgO aus der Anlieferungskontrolle und den Qualitätskontrollen bei der Sorelbetonproduktion im Jahr 2019 . . . 190
Tabelle 6.3: Zusammenstellung der Laboruntersuchungen am gelieferten Steinsalz aus der Anlieferungskontrolle im Jahr 2019 . . . 191
Tabelle 6.4: Zusammenfassung der Mittelwerte der Laborergebnisse von bei der Sorelbetonproduktion verwendeten grubeneigenen Salzsorten im Jahr 2019 . . . 191
Tabelle 6.5: Zusammenfassung der Laborergebnisse der untersuchten Vorprodukte für die Sorelbetonproduktion im Jahr 2019 . . . 192
Tabelle 6.6: Übersicht der verbauten Gesamtmassen bei der Sorelbetonproduktion im Jahr 2019 . . . 193
Tabelle 6.7: Durchschnittliche prozentuale Zusammensetzung des Sorelbetons im Jahr 2019 . . . 193

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Tabelle 6.8: Durchschnittliche Ergebnisse der baubegleitenden Untersuchungen an der Frischbetonsuspension, der Anmachflüssigkeit und der Zutrittslösung im Jahr 2019 . . 194

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Entwicklung der Scherdeformation auf Basis der Pfeilerstauchungsraten über die Teufenlage im Bereich der Verformungsmaxima für die Jahre 1989, 2008 und 2019 28

Abbildung 2.2: Laterale Verteilung der mikroakustischen Ereignisse im Firstbereich und bei der Grenze Salz–Deckgebirge südlich des Abbaus 3/490 in Betriebsruhephasen im Jahr 2019 und Zuordnung zu drei Ereignis-Bereichen (mit „B3/1", „B3/2" und „B3/3" bezeichnete, ausgefüllte, hellrosa Ellipsen) und sechs Ereignis-Clustern (pink eingekreist und mit „C3/1" bis „C3/6" bezeichnet). Zur Lage im Raum siehe Anhang 6.1, Bilder 42 bis 44 auf Seite 339. 52

Abbildung 2.3: Laterale Verteilung der mikroakustischen Ereignisse beim Abbau 4/490 in Betriebsruhephasen im Jahr 2019 und Zuordnung zu fünf Ereignis-Bereichen (mit „B4/1" bis „B4/5" bezeichnete, ausgefüllte, hellrosa Ellipsen) und Ereignis-Cluster (pink eingekreist und mit „C4/1", „C4/2,3", „C4/4", „C4/5" und „C4/6" bezeichnet). Das grün eingekreiste Cluster wurde nicht gebirgsmechanisch, sondern durch eine klappernde Lutte verursacht. Zur Lage im Raum siehe Anhang 6.2, Bilder 57 bis 59 auf Seite 345 sowie Bilder 63 und 64 auf Seite 347. 55

Abbildung 4.1: Kamerabefahrung der Firstkontrollbohrung FKBrg. 15/490-3 vom 11.03.2020 67

Abbildung 4.2: Abbaue 3/490 und 4/490 auf der 490-m-Sohle 69

Abbildung 4.3: Abbaue 8/490 und 9/490 auf der 490-m-Sohle 70

Abbildung 4.4: E-Werkstatt auf der 490-m-Sohle 71

Abbildung 4.5: Kfz-Werkstatt auf der 490-m-Sohle 71

Abbildung 4.6: Infrastrukturräume im zentralen Bereich der 490-m-Sohle 73

Abbildung 4.7: Füllörter Schacht 2 und 4 sowie der Hauptgrubenlüfter auf der 490-m-Sohle . 74

Abbildung 4.8: Blick in Richtung Südwesten in den Abbau 2/511 auf der 511-m-Sohle, Stand: 23.04.2020 75

Abbildung 4.9: Auszug aus dem Sohlenriss der 490-m-Sohle (Stand: 10.02.2020) mit projizierter Einlagerungskammer 8a/511 auf der 511-m-Sohle (Stand: 30.09.2019) 76

Abbildung 4.10: Blick vom Zugang zum Abbau 8/490 in die Beschickungskammer auf der 490-m-Sohle, Stand: 27.02.2020 77

Abbildung 4.11: Kamerabefahrung der Inklinometerbohrung 532017 vom 06.11.2019 80

Abbildung 4.12: Fotos während der Erstellung der SB-532-1 im Durchgang zwischen Nebenabbau 7b- und 8a/532 82

Abbildung 4.13: Blick vom Zugang der Abbaubegleitstrecke auf die Schalungsmauer zur Verfüllung der Abbaubegleitstrecke auf der 532-m-Sohle, 21.02.2020 83

Abbildung 4.14: Westflügel auf der 553-m-Sohle 86

Abbildung 4.15: Blick nach Süden in den ehemaligen Zugang zur Wetterstrecke zum Blindschacht 1 auf der 574-m-Sohle, Stand: 23.04.2020 87

Abbildung 4.16: Signifikant entfestigter Nordstoß der Wendelstrecke auf Höhe zwischen Abbau 7 und Abbau 8 auf der 595-m-Sohle, Blick nach Westen (21.02.2020) 90

Abbildung 4.17: Diagonale Risse mit Messpunkten der Öffnungsweite und markierten Rissenden am Südstoß im Bereich des Pfeilers 4/5 auf der 616-m-Sohle, Blick nach Südwesten (21.02.2020) 91

Abbildung 4.18: Östlich und westlich des Zugangs zum Abbau 3/658 am Südstoß erstellte Stützmauerelemente sowie Abschalungen am Nordstoß, Blick nach Westen (21.02.2020) . . . 93

Abbildung 4.19: Südstoß der Wendelstrecke mit bis zum westlichen Pfeiler des teilweise freigeladenen Querschlags zum Abbau 4/637 erstellter Sorelbeton-Stützmauer , Blick nach Südwesten (23.04.2020) . . . 94

Abbildung 4.20: Östlich des Zugangs von Abbau 6/725 (Na2) intensiv entfestigter Südstoß sowie bis unterhalb des Querschlags zum Hauptgesenk I westl. mit einer Stützmauer sanierter Nordstoß im Wendelstreckenabschnitt von der 700- zur 725-m-Sohle, Blick nach Nordwesten (26.03.2020) . . . 95

Abbildung 4.21: Östlicher Wendelstreckenabschnitt von der 725-m- zur 750-m-Sohle mit starken, bis in den Übergang zur Firste reichenden Abschalungen am Nord- und Südstoß , Blick nach Südosten (21.03.2019) . . . 98

Abbildung 4.22: Bis in den Übergangsbereich zur Firste entfestigter Nordstoß des Wendelstreckenabschnitts von der 725-m- zur 750-m-Sohle, westlich des verfüllten Zugangs zum Füllort Schacht 4/750, Blick nach Nordosten (21.02.2020) . . . 99

Abbildung 4.23: Nachgeschnittene Pfeilerspitze am Südstoß im Ostteil der Wendelstreckenumfahrung zur 775-m-Sohle mit Fissurometer 037F an steil einfallenden Trennflächen sowie Schalungswände zur Verfüllung der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen, Blick nach Südwesten (21.02.2020) . . . 101

Abbildung 4.24: Aufweitung und teilweiser Nachschnitt der Wendelstreckenkontur im Bereich der 825-m-Sohle an der Zufahrt zur Unterfahrung der HAW-Versuchsfelder, Blick nach Osten (26.03.2020) . . . 103

Abbildung 4.25: Querschnitt eines sanierten Wendelstreckenabschnitts mit Sorelbeton-Stabilisierungsmauern an den Stößen und einer stabilen Firstwölbung . . . 106

Abbildung 4.26: In Erstellung befindliches Stützbauwerk im Bereich des Förderbands zwischen Großpfeiler und Südstoß mit Anbindung an das firstbündige Stützbauwerk am südwestlichen Stoß der 20BA, Blick nach Süden (21.02.2020) . . . 110

Abbildung 4.27: Erstellung eines Stützbauwerks im Bereich des Förderbands zwischen Großpfeiler und Südstoß mit Anbindung an das firstbündige Stützbauwerk am südöstlichen Stoß der 20BA, Blick nach Südwesten (21.02.2020) . . . 110

Abbildung 4.28: Abdeckung des zwischen Großpfeiler und Südstoß der 20BA ansteigend verlaufenden Förderbands mit auf den treppenartigen Stützmauerelementen montierten Stahlplanken - in Vorbereitung einer firstbündigen Verfüllung mit Sorelbeton, Blick nach Nordwesten (20.03.2020) . . . 111

Abbildung 4.29: Baustoffanlage 50BA mit großer Firsthöhe und lokal geankerten Auflockerungen im Übergang Stoß/ Firste, Blick nach Nordosten (23.04.2020) . . . 112

Abbildung 4.30: Mit Sorelbeton befestigte Sohle im Endabschnitt der zum Lösungsmanagement nordwestlich vom Füllort Schacht 4/700 aufgefahrenen Strecke sowie Einfassung der von der 800-m-Sohle eintreffenden Rohrleitungen, Blick nach Nordwesten (21.02.2020) . . . 113

Abbildung 4.31: Lage der Beobachtungsbereiche im Umfeld der Baustoffanlage 20BA auf der 700-m-Sohle . . . 114

Abbildung 4.32: Vahlberger Strecke mit entfestigtem Südstoß unmittelbar westlich der Einmündung des Querschlags zum Blindschacht 3 sowie abgetrenntem Fahrtrum am Nordstoß, Blick nach Westen (05.03.2020) . . . 119

Abbildung 4.33: Zentraler Bohrort mit nordöstlich bzw. östlich abgehenden Teilbohrörtern und Lage der Vorerkundungsbohrung VorEBrg.700-1a.1 in dem Pfeiler dazwischen, Blick nach Osten (05.03.2020) . . . 120

Abbildung 4.34: Feuchtstelle mit Verlaufspuren von Lösung im Pfeiler zwischen den beiden Teilbohrörtern - unterhalb VorEBrg. 700-1a.1, Blick nach Südosten (05.03.2020) . . . 121

Abbildung 4.35: Riss von geringer Öffnungsweite in der hangenden Bohrungskontur von VorEBrg. 700-1a.1, Blick nach Osten (05.03.2020) . . . 121

Abbildung 4.36: Intensive Abschalungen am Nordstoß der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau auf Höhe der Abbaue 12-13, Blick nach Nordwesten (05.03.2020) . . . 128

Abbildung 4.37: Entfestigter Südstoß der Wendelstrecke westlich des im südlichen Teil verfüllten Zugangs zum Blindschacht 2, Blick nach Südwesten (26.03.2020) . 129

Abbildung 4.38: Schädigungen der Verzugsmatten mit einhergehendem Austritt von Hinterfüllungsmaterial im Firstbereich der Gleitbögen 16 und 17 im Abbau 1/725, Blick nach Osten, 02.03.2020 . . . 139

Abbildung 4.39: Gleitbogenausbau in Abbau 2 mit stalaktitenförmigen Salzausfällungen sowie Kristallisat auf der Schottersohle im östlichen Randbereich, Blick nach Osten, 02.03.2020 . . . 140

Abbildung 4.40: Katasterstelle P725004 in Pfeiler 2/3 mit Abschalungen am Nordstoß, Blick nach Osten, 02.03.2020 . . . 141

Abbildung 4.41: Gleitbogenausbau in Abbau 3 mit korallen- und stallaktitenförmigen Salzausfällungen im zentralen Bereich, Blick nach Osten, 02.03.2020 . . . 141

Abbildung 4.42: Abgerissene Abstandshalter und austretende Hinterfüllung im Firstbereich des Gleitbogenausbaus, Blick nach Norden, 02.03.2020 . . . 142

Abbildung 4.43: Signifikant entfestigter Südstoß im Osten des Pfeilers 3/4 mit zunehmend aufgeweiteten Vertikalrissen im Übergang zum Gleitbogenausbau des Abbaus 4/725, Blick nach Süden, 02.03.2020 . . . 142

Abbildung 4.44: Nachschnitt nördlich Pfeiler 3/4 mit Tropfstelle am Rollloch R2 und dem fortschreitend entfestigten Pfeiler zwischen Nordstoß der Richtstrecke nach Westen (rechts im Bild) und dem Querschlag nach Norden, Blick nach Nordosten, 02.03.2020 . . . 143

Abbildung 4.45: An Mörtelanhaftungen gut erkennbare Verschiebungen der Gleitbogenelemente im Firstbereich des Gleitbogenausbaus von Abbau 4/725, Blick nach Westen, 02.03.2020 . . . 144

Abbildung 4.46: Nachgeschnittener Pfeiler 4/5, östlich des Lösungssumpfs (P725007) mit abgemauertem verfüllten Blindschacht 2 sowie nördlich davon in einer Nische verlaufende Fluchtbohrung zur 700-m-Sohle, Blick nach Osten, 02.03.2019 . 144

Abbildung 4.47: Geankerte Schichtgrenze Na3β/K2C und verfüllter Zugang zu Abbau 4/725 im südlichen Abschnitt des Querschlags nach Norden, Blick nach Nordosten, 02.03.2019 . . . 145

Abbildung 4.48: Nördlicher Abschnitt des Querschlags nach Norden mit der zur Fluchtbohrung verlaufenden Radonlutte und geschädigtem Weststoß, Blick nach Norden, 02.03.2019 . . . 145

Abbildung 4.49: Füllort mit durch Stützmauern und Einbau von Mörtelinjektionsankern stabilisiertem südöstlichen Pfeiler sowie vereinzelt geraubten flachen Lösern im Firstbereich, Blick nach Westen (21.02.2020) . . . 152

Abbildung 4.50: Füllortbereich westlich des Schachts 2 mit zunehmender Aufwölbung bzw. Schädigung der Sohle. Ein Riss in der nicht firstbündigen Spritzbetonstabilisierung des südöstlichen Pfeilers wird durch Fissurometer 053F überwacht, Blick nach Südwesten (21.02.2020) . . . 153

Abbildung 4.51: Die Risse im Salz und den Sorelbetonelementen des verfüllten Luttenkanals am südöstlichen Füllortstoß haben sich nur im Zentimeterbereich verlängert, Blick nach Südosten (10.03.2020) 153
Abbildung 4.52: Intensiv entfestigter südlicher Stoß des nördlichen Füllortpfeilers von Schacht 2/750 mit Rissen und Abschalungen, Blick nach Nordwesten (10.03.2020) . . 154
Abbildung 4.53: Intensiv geschädigter Schachtausbau mit Rissen in Beton und Mauerwerk unterhalb der Füllortbühne, Blick nach Westen (10.03.2020) 155
Abbildung 4.54: Intensiv geschädigter Betonring mit zunehmender Rissbildung im östlichen Auflagebereich der Füllortbühne , Blick nach Nordosten (10.03.2020) 155
Abbildung 4.55: Eingetrocknete stalaktitenförmige Verlaufspuren von Lösung am Nordweststoß zwischen Füllort- und Buchtholzbühne, Blick nach Norwesten (10.03.2020) . 156
Abbildung 4.56: Der unterhalb der Buchtholzbühne unterfangene nordöstliche Stahlträger wird zusätzlich durch oberhalb der Bühne angebrachte Stahlprofile entlastet, Blick nach Nordosten (10.03.2020) 156
Abbildung 4.57: Durch Stützbauwerke stabilisierter Zugang zum Füllort Schacht 4/750 mit Systemankerung an entfestigter Firste und neu verlegtem Verbundsteinpflaster in der Sohle (21.02.2020) 157
Abbildung 4.58: Regelmäßig beraubter intensiv geschädigter Norddstoß der nördlichen Richtstrecke nach Westen zwischen westl. Umfahrung und Schacht 4/750, Blick nach Südwesten (12.02.2019) 158
Abbildung 4.59: Bis zum Übergang Stoß/Firste geschädigter Südstoß der nördlichen Richtstrecke nach Westen zwischen westl. Umfahrung und Schacht 4/750 mit geankerter Schale, Blick nach Südwesten (12.02.2019) 158
Abbildung 4.60: Zufahrtsbereich mit Stabilisierungsbauwerken an beiden Stößen, unvollständig mit Maschendrahtverzug gesicherten Vertikalrissen sowie Bereich der unterfahrenen A-Sohle, Blick nach Südost (10.03.2020) 163
Abbildung 4.61: Pausenplatz in nordöstlicher Streckenaufweitung und mit Stützbauwerken stabilisierter Südstoß, Blick nach Südost (10.03.2020) 164
Abbildung 4.62: Entlang des Südstoßes von Abbau 5b/750 (Na2) gelagertes Salzhaufwerk mit Übergang von firstbündiger Lagerung im Osten zum westlichen Abschnitt mit Firstspalt, Blick nach Nordwesten (10.03.2020) 165
Abbildung 4.63: Entfestigter Pfeiler mit Vertikalrissen am Nordstoß zwischen den Abbauen 5 und 4/750 (Na2). Der Abbau 4/750 (Na2) ist im Übergang nicht firstbündig verfüllt und weist zumindest am Nordstoß Hohlräume unbekannter Ausdehnung auf, Blick nach Osten (10.03.2020) 166
Abbildung 4.64: Nördliche Richtstrecke n. Osten östlich des Querschlags mit Grubenwehrraum am Beginn der Sohlenaufhöhung mit Sorelbeton. Nordstoß und Firste sind nachgeschnitten, der Südstoß wird zum Nachschnitt vorbereitet. Blick nach Südosten (10.03.2020) 167
Abbildung 4.65: Nachgeschnittene Nördliche Richtstrecke n. Osten mit bis zum Abzweig des Zugangs zu Abbau 5/750 (Na2) erfolgte Sohlenaufhöhung mit Sorelbeton. Der Südstoß wird noch nachgeschnitten und mit einer Stützmauer stabilisiert. Blick nach Südosten (10.03.2020) 168
Abbildung 4.66: Pfeiler zwischen nördlicher Richtstrecke n. Osten und ebenfalls beidseitig nachgeschnittenem Zugang zu Abbau 5/750 (Na2). Die Rampe des Zufahrtsbereichs ist noch an die betonierte Sohle der Richtstrecke anzugleichen. Blick nach Westen (10.03.2020) 168

Abbildung 4.67: Beim Nachschnitt des entfestigten Südstoßes im Zufahrtsbereich zum Abbau 5/750 (Na2) wurden die Schädigungen bis auf reliktische Risse weitgehend entfernt. Der geschädigte Zwickel im Übergang des Südstoßes zum Sorelbetonplateau des Standorts der Faktenerhebung wurde betoniert. Blick nach Südwesten (10.03.2020) 169

Abbildung 4.68: Sanierter Standort zur geplanten Erkundung der ELK 12/750 mit firstbündigen Stützmauern am Ost- und Südstoß, Blick nach Südosten (21.02.2020) 170

Abbildung 4.69: Durchgehend mit firstbündigen Stützmauern stabilisierter Südstoß zwischen dem Zugang zur ELK 7/750 und dem westlich gelagertem Salzhaufwerk. Blick nach Süden (21.02.2020) 170

Abbildung 5.1: Fassungsrate im Baufeld der Südflanke (Wochenmittel) 180

Abbildung 5.2: Tägliche Fassungsrate im Bereich des Baufeldes der Südflanke 181

Abbildung 5.3: Fassungsrate im Bereich der Südflanke auf der 725- und 750-m-Sohle 182

Abbildung 5.4: Prozentualer Anteil der täglich gefassten Lösungen auf den einzelnen Sohlen, bezogen auf die täglich gefasste Gesamtmenge in der Südflanke 182

Abbildung 5.5: Fassungsrate aus dem Bereich 553-m-Sohle 183

Abbildung 5.6: Fassungsrate aus dem Bereich der 658-m-Sohle 184

Abbildung 5.7: Tägliche Fassungsrate aus dem Bereich der Nordflanke 185

Abbildung 5.8: Verlauf des Pegelstands der Salzlösung im Tiefenaufschluss 186

Abbildung 7.1: Abstich Schacht Asse 1 und Gesamtfassungsrate im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II (Zeitraum: 12/2018–02/2020) 196

Anzahl der Blätter dieses Dokumentes: 396

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

1 Einleitung

Die Schachtanlage Asse II ist ein altes Kali- und Steinsalzbergwerk, welches nach Einstellung der Rohstoffgewinnung 1965 von der Bundesregierung übernommen wurde. Von 1967 bis 1978 wurden im Auftrag des Bundesforschungsministeriums schwach- und mittelradioaktive Abfälle eingelagert. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die anschließend in der Schachtanlage Asse II im Auftrag des Forschungsministeriums der Bundesregierung durchgeführt wurden, sind Mitte 1995 weitgehend beendet worden. In Anbetracht der hohen Verformungsraten, der ablaufenden Bruchprozesse insbesondere im Baufeld an der Südflanke sowie des Lösungszutritts aus dem Deckgebirge wurden von der GSF (Gesellschaft für Strahlenforschung) und später vom HMGU (Helmholtz Zentrum München - Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt) Verfüllmaßnahmen im Hinblick auf eine schnellstmögliche und langzeitsichere Stilllegung geplant sowie zum Teil umgesetzt. Im November 2008 wurde in einem Kabinettsbeschluss vereinbart, dass ab dem 01.01.2009 die Schachtanlage Asse II durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) nach Atomrecht zu betreiben ist. Mit der Betriebsführung der Schachtanlage Asse II hat das BfS wiederum die Asse-GmbH beauftragt. Im Jahre 2018 wurde die Asse-GmbH in die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) überführt, die auch Betreiber der Schachtanlage Asse II ist. Der Betrieb und die Stilllegung der Schachtanlage Asse II sind in §57b AtG ("Lex Asse") geregelt (s. [1]).

Für die Schachtanlage Asse II wurde die Gefährdungslage, insbesondere im Hinblick auf eine auslegungsüberschreitende Entwicklung des Lösungszutritts (AÜL), analysiert [2], [3], daraus Maßnahmen zur Notfallplanung abgeleitet [4], [5] und mit deren Umsetzung begonnen. Weiterhin wurde ein Optionenvergleich zum Umgang mit den radioaktiven Abfällen im Hinblick auf eine Stilllegung durchgeführt. Als Ergebnis wurde am 15.01.2010 vom BfS festgestellt, dass die Rückholung der radioaktiven Abfälle nach derzeitigem Kenntnisstand die beste Variante ist. Um noch bestehende Unsicherheiten bezüglich des Zustandes der Einlagerungskammern (ELK) und der eingelagerten Gebinde zu klären, wurden entsprechende Untersuchungen (Faktenerhebung) vorgesehen.

Auf der Grundlage der bestehenden Rahmenbedingungen ist mit einem Beginn der Rückholung nicht vor dem Jahre 2033 zu rechnen [6], [7]. Unter Berücksichtigung dieses Kenntnisstandes, der aktuellen Planungen zur Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen [2], [4], [3], [5] und zur Rückholung der Abfälle [7], ist von einer um mehrere Jahrzehnte verlängerten Betriebsphase auszugehen.

In das Grubengebäude der Schachtanlage Asse II dringt eine an NaCl-gesättigte Salzlösung im Baufeld an der Südflanke ein [8]; derzeit sind es täglich ca. 13 m^3. Aufgrund der gebirgsmechanischen Situation kommt es zu weiteren Verformungen der Tragelemente und einer zunehmenden Beanspruchung des Deckgebirges [2], [4]. Diese Situation und die im Deckgebirge ablaufenden Subrosionsvorgänge können zu Veränderungen des Salzlösungszutritts führen [3], [9]. Die Erfahrungen aus dem Kali-, Steinsalz- und Kupferschieferbergbau zeigen, dass zuverlässige Prognosen für die Zutrittsentwicklung schwierig und mit großen Unsicherheiten behaftet sind [3]. Auch für die Schachtanlage Asse II ist aufgrund der ungenauen Kenntnisse über die geologische und hydrogeologische Situation im Deckgebirge sowie der Zutrittspfade keine belastbare Prognose der Zutrittsentwicklung möglich. Die im Grubengebäude zutretenden Lösungen sind daher bezüglich Fassungsrate, Temperatur, Dichte und chemischer Zusammensetzung zu analysieren und zu dokumentieren sowie Veränderungen zu erfassen und zu bewerten.

Um die Sicherheit der Schachtanlage Asse II bis zum Ende der Betriebsphase im Hinblick auf eine mögliche auslegungsüberschreitende Entwicklung des Lösungszutrittes (AÜL) [2], [4] zu gewährleisten, sind Maßnahmen zur Notfallplanung [2], [5] initiiert worden, die auch umfangreiche Stabilisierungsmaßnahmen beinhalten. Zur Überwachung der Bauzustände, der gebirgsmechanischen Situation insgesamt und der Auswirkungen dieser Maßnahmen im Hinblick auf die Schädigungsentwicklung erfolgt ein

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

umfangreiches Monitoring mit gebirgsmechanischen, markscheiderischen und geophysikalischen Messungen.

Neben dem langfristigen großräumigen Monitoring des gesamten Grubengebäudes sind in den stark geschädigten Infrastrukturbereichen zusätzliche lokale Monitoringprogramme zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit erforderlich geworden [10]. Zu diesem Zweck sowie zur Überwachung von vorsorglich durchzuführenden Verfüllmaßnahmen und zur Steuerung von Notfallmaßnahmen bei einem AÜL sind zusätzliche geotechnische Sensoren vorgesehen bzw. wurden bereits installiert.

Zur Beurteilung der bereits stark entfestigten Tragelemente und des Gesamttragsystems bis zum Ende der Betriebsphase wurde ein komplexes geotechnisches und geophysikalisches Kontroll- und Überwachungssystem eingerichtet (vgl. Anhang 1.1 auf Blatt 212). Die Messsysteme werden laufend überprüft, bei Bedarf werden Sensoren ergänzt oder defekte Messsysteme ersetzt.

Die Ergebnisse der (gebirgsmechanischen) Messungen dienen der Erfüllung folgender Aufgaben:

- Überwachung und Beweissicherung der ablaufenden, sicherheitsrelevanten, gebirgsmechanischen Prozesse im Gesamttragsystem,
- Überprüfung bzw. Validierung der gebirgsmechanischen Berechnungen zur Tragfähigkeit,
- Bewertung der Resttragfähigkeit des Tragsystems der Asse-Südflanke,
- Überprüfung der Wirksamkeit bzw. der Auswirkungen von durchgeführten Verfüllmaßnahmen,
- Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit (Betriebssicherheit) von Infrastrukturräumen und bei Bedarf Ableitung von Empfehlungen für Stabilisierungs- und Sicherungsmaßnahmen,
- Beurteilung der Einwirkungen und Erkennen kritischer Situationen, die eine Gefährdung des Bergwerkes insbesondere im Hinblick auf einen Notfall durch eine auslegungsüberschreitende Entwicklung des Lösungszutritts darstellen können.

Das Ziel der Überwachung ist die Erfassung des groß- und kleinräumigen Spannungs-/Verformungsverhaltens der tragenden Elemente des Baufeldes an der Südflanke, des Verformungsverhaltens des Grubengebäudes selbst und im Verbund mit dem Neben- und Deckgebirge. Weiterhin werden mikroseismische und mikroakustische Messungen zur Detektion von Bruchvorgängen im Gebirge und Radarmessungen zur Erkundung von Auflockerungszonen durchgeführt sowie die Parameter der im Grubengebäude austretenden Salzlösungen und der eingebrachten Versatzstoffe erfasst bzw. durch entsprechende Untersuchungen bestimmt.

Damit werden die Gebirgsreaktionen, insbesondere im Hinblick auf die Wirksamkeit der durchgeführten Verfüll-/Stabilisierungsmaßnahmen sowie der Untersuchung und Bewertung der Lösungsaustritte im gesamten Grubengebäude im Hinblick auf die bestehende hydrogeologische Gefährdung überwacht. Weiterhin werden aus dem laufenden Monitoring bei Bedarf Empfehlungen für weitere oder vorgezogene Stabilisierungsmaßnahmen im Hinblick auf die deutlich verlängerte Betriebsphase und die anstehende Rückholung der radioaktiven Abfälle abgeleitet.

In der vorliegenden Unterlage werden die zur Verfügung stehenden Ergebnisse aller Messungen und Untersuchungen des Geomonitorings (bis 07/2019 Standortüberwachung) in komprimierter Form für das Jahr 2019 dargestellt und bewertet. Aufgrund der unterschiedlichen Komplexität und Methodik der Messverfahren liegen zum Berichtsstand Daten aus unterschiedlichen Messzeiträumen vor. Dies ist in den jeweiligen Kapiteln entsprechend angegeben.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

2 Geotechnisches Kontroll- und Überwachungsprogramm

2.1 Gebirgsspannungsmessungen

2.1.1 Messziele

Zur Gewährleistung der Sicherheit der Schachtanlage Asse II bis zum Ende der Betriebsphase ist die Beanspruchung des Tragsystems innerhalb des Grubengebäudes und des Gesamttragsystems (Grubengebäude-Deckgebirge) durch eine intensive messtechnische Erfassung der Gebirgsspannungen zu beobachten. Aus gebirgsmechanischer Sicht dienen die Spannungsmessungen in den Pfeilern zur:

- Überwachung und Beweissicherung der Spannungssituation in den Pfeilern im Baufeld an der Südflanke,
- Parametergewinnung für die Planung und Qualitätssicherung von Maßnahmen zur Notfallplanung sowie deren Funktionsbewertung und
- Verifizierung der numerischen Berechnungen zur Tragfähigkeit, Vergleich zwischen Messung und Modellrechnung.

2.1.2 Messsysteme

Derzeit sind im Baufeld an der Südflanke insgesamt 55 Spannungsmonitorstationen (SMS) in den Pfeilern oberhalb der 700-m-Sohle installiert, von denen sich 38 im routinemäßigen Messbetrieb befinden (s. Anhang 1.1 auf Blatt 212). Eine Übersicht der Druckkissenanordnung (Messrichtungen) und Art der Messwertabfrage der aktiven SMS zeigt Tabelle 2.1.

Tabelle 2.1: SMS – Instrumentierungen

Messrichtungen / Instrumentierung	45°/streichend	45°/querschlägig	querschlägig	45°(23°)/vertikal[1]	streichend	vertikal	Messwert-abfrage
1994 (Pfeiler 4/5, Nord, 577 / 566)	–	✓	✓	–	✓	✓	elektrisch / hydraulisch
1994 (Pfeiler 4/5, Süd, 577[2] / 566[2])	–	✓	✓	✓	✓	✓	elektrisch / hydraulisch
1997–2007	✓	✓	✓	✓	✓	✓	elektrisch / hydraulisch
seit 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓	elektrisch

(1) 45° gegen die vertikale Richtung gedreht.
(2) Überwiegend ausgefallen, daher keine grafische Darstellung.

Die SMS wurden an ausgewählten Pfeilerlokationen im Baufeld an der Südflanke überwiegend in Höhe einbindender Schweben mit einem Spezialbeton, welcher vergleichbare mechanische Eigenschaften wie das umgebende Gebirge aufweist, installiert.

Aufgrund der Anordnung von sechs richtungsunabhängigen Druckkissen – bei Instrumentierungen ab 1996 – kann aus sechs Druckmesswerten der Spannungstensor am Standort der jeweiligen SMS berechnet werden.

In 2015 erfolgte die Ersatzinstrumentierung von vier SMS. Davon wurden drei SMS im Pfeiler 5/6 in 513 m, 534 m und 555 m Teufe sowie eine SMS im nördlichen Bereich des Pfeilers 4/5 in 550 m Teufe

eingebaut. Bei diesen SMS erfolgt ausschließlich eine elektrische Messwertabfrage. Die SMS zeigen inzwischen stabile und plausible Messergebnisse. Seit 2017 werden diese für die Bewertung der Spannungssituation im Tragsystem genutzt. Exemplarisch wurden die Hauptspannungen ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) für die Station im Pfeiler 5/6 (513 m Teufe) berechnet und sind in Anhang 2.3 auf Blatt 243 dargestellt.

Aufgrund der inzwischen starken Entfestigung der Tragelemente und der verformungsbedingten Schäden an Teilen des Messsystems ist ein belastbarer Rückschluss von den Messwerten auf den wirkenden Spannungstensor derzeit nur eingeschränkt möglich. Daher erfolgt die Auswertung der erfassten richtungsorientierten Druckmesswerte in der Regel im Hinblick auf die wirkenden maximalen und minimalen Spannungen (σ_{max}, σ_{min}) sowie die wirksamen Spannungsdifferenzen $\Delta\sigma$ (vgl. Anhang 16.5 auf Blatt 395).

2.1.3 Durchführung der Messungen

Für die Abfrage der Spannungsmesswerte werden automatische Messwerterfassungsanlagen verwendet. Von der jeweiligen SMS wurden spezielle Messkabel zum Messwerterfassungsraum auf der 490-m-Sohle verlegt. Dort erfolgt die Datenerfassung auf Ringkernspeichern in den Messwerterfassungsanlagen. Diese Daten werden von einem übertägigem Server (in Gebäude 11) via dem lokalen Netzwerk über die Schächte 2 und 4 abgerufen, gespeichert und archiviert. Auf diesen Server können die Bearbeiter zur Datenbearbeitung und zur Steuerung der Messwerterfassung über ihren lokalen Rechner zugreifen. Im Rahmen eines routinemäßigen Betriebs erfolgen die Messungen täglich.

Eine Plausibilitätsprüfung der Rohdaten erfolgt in der Regel wöchentlich. Die Auswertung der Gebirgsspannungsmessungen erfolgt im Hinblick auf signifikante Veränderungen der Spannungssituation monatlich. Eine Dokumentation und Interpretation der Messergebnisse ist Bestandteil des vorliegenden Berichtes. Die Messergebnisse beruhen auf dem Datenstand bis zum 15.11.2019.

2.1.4 Darstellung der Messergebnisse

2.1.4.1 Baufeld an der Südflanke

Im Folgenden werden die Ergebnisse der in den Tragelementen des Baufeldes an der Südflanke installierten SMS dargestellt. Hierbei werden entsprechend der Geometrie des Baufeldes und der damit unterschiedlichen Belastungssituation die Bereiche

- Westflügel (Pfeilerreihen 1/2, 2/3, 3/4),
- Bereich des Hauptpfeilers (Pfeilerreihe 4/5),
- Ostflügel (Pfeiler 5/6, 6/7, 7/8, 8/9) und
- Östlicher Baufeldrand

differenziert bewertet.

Westflügel (Pfeilerreihen 1/2, 2/3, 3/4)

Die Beanspruchung der Pfeiler im Westflügel (Abbaureihe 1 bis 4) auf den Sohlen 679 m und 658 m ist geprägt durch die Gewinnung der Schweben von 1955 bis 1958, durch die vier Großabbaue mit ca. 36 m Höhe entstanden sind. In diesen Abbauen wurde von 1984 bis 1987 Salzversatz mit einer mittleren Einbaudichte von 1,46 g/cm^3 und einer Porosität von 33 % eingebracht. Durch den seit Ende der 1980er Jahre bestehenden Salzlösungszutritt ist es vor allem in der Abbaureihe 3 zu einer teilweisen Durchfeuchtung des Versatzes und der Tragelemente gekommen. Der Versatz in diesem Bereich wird seit nunmehr ca. 30 Jahren konvergenzbedingt kompaktiert. Wie aus Anhang 1.2 auf Blatt 213 zu ersehen, sind in den Abbaureihen 3 und 4 der überwiegende Teil der Schweben gebrochen oder abgebaut. Firstspaltverfüllungen wurden im Westflügel im Zeitraum von 2011 bis 2016 auf den Sohlen 532 m und 511 m sowie in der Abbaureihe 1 von der 595- bis 700-m-Sohle durchgeführt. Zudem wurden im Rahmen der Stabilisierungsmaßnahmen von Juni bis August 2013 und Dezember 2014 bis Januar 2015 der Abbau 1/574 und die Wetterstrecke zum Blindschacht 1 auf der 574-m-Sohle mit Sorelbeton verfüllt. Die Abbaubegleitstrecken nach Westen auf der 574- und 658-m-Sohle wurden sukzessive von 11/2018 bis 02/2019 ebenfalls mit Sorelbeton verfüllt. Im Juli 2019 wurde die ehemalige Wetterstrecke zum Blindschacht 1 bis zum Sohlenniveau der 553-m-Sohle verfüllt.

Betrachtet man die Spannungsmesswerte in den Tragelementen im westlichen Bereich des Baufeldes an der Südflanke (s. Anhang 2.1 (Blätter 221–228)) ergeben sich die folgenden Fakten.

Der höchste Messwert liegt in Pfeilermitte des Pfeilers 2/3 in 598 m Teufe mit 23,5 MPa (Spannungsrichtung: querschlägig). Der minimale Messwert beträgt 1 MPa in streichender Richtung.

Im südlichen und nördlichen Pfeilerbereich liegen die erfassten Maximalspannungen zwischen 5 bis 15 MPa. Die maximale Spannungsrichtung ist überwiegend die querschlägige bzw. die um 45° gegen die vertikale gedrehte Spannungskomponente (45°(23°)/querschlägig). Zwischen 0 bis 5 MPa liegen die minimalen Spannungsmesswerte, welche überwiegend streichende bzw. vertikale Spannungsrichtungen aufweisen. Im nördlichen Pfeilerbereich des Pfeilers 1/2 in 651 m Teufe sowie des Pfeilers 2/3 in 658 m Teufe ist im Jahr 2019 ein Anstieg der minimalen Spannungswerte für das Jahr 2019 zu beobachten (s. Anhang 16.5 auf Blatt 395).

Eine Ausnahme ist der steile Anstieg der vertikalen Komponente der SMS im südlichen Pfeilerbereich des Pfeilers 1/2 in 577 m Teufe (s. Anhang 2.1 auf Blatt 224) die im Zusammenhang mit der Nachverfüllung mit Sorelbeton des Abbaus 1/574 steht. Dieser Abbau wurde nur im Sohlenniveau mit einer Höhe von 3 m aufgefahren. Die SMS in 577 m Teufe der liegt somit nur ca. 3 m unter Sohle des Pfeilerdurchhiebs zwischen den Abbauen 1/574 und 2/574. Das Druckmesskissen, welches die vertikale Spannungskomponente repräsentiert liegt am nächsten in Richtung des Bohrlochmundes. Da die anderen Spannungsmesswerte keine Änderungen im Verlauf zeigen, stellt der deutliche Anstieg der vertikalen Komponente einen singulären Effekt dar.

Die Messergebnisse deuten im Westflügel aufgrund ihres Verlaufes auf weiterhin hochbeanspruchte und überwiegend entfestigte, jedoch zumindest im Bereich der einbindenden Schweben auf noch intakte Pfeilerkerne oberhalb der 679-m-Sohle hin. Die Spannungsmesswerte sind weitgehend unverändert und die Spannungsdifferenzen sind im Vergleich zum Vorjahr nahezu konstant.

Bereich des Hauptpfeilers 4/5

Der ca. 20 m breite Hauptpfeiler zwischen den Abbaureihen 4 und 5 wurde durch die Blindschächte 2 und 2a sowie die Querschläge auf den Sohlen 511 m, 532 m, 553 m, 637 m und 700 m durchbaut. Zur Stabilisierung des Hauptpfeilers wurden im Jahr 2011 der Blindschacht 2 oberhalb der 616-m-Sohle,

der Querschlag auf der 553-m-Sohle und der Firstspalt im Abbau 4/511 mit Sorelbeton verfüllt. Im Jahr 2012 wurden die Firstspalte in den Abbauen 4/532, 5/511, 5/532 und 5/553 betoniert. Im Jahr 2013 wurde die Verfüllung des Blindschachtes 2a abgeschlossen. Weiterhin wurden im Jahr 2014 der Querschlag zum Blindschacht 2 auf der 637-m-Sohle, die Abbaubegleitstrecke im Bereich der Abbaureihen 3 bis 5 auf der 637-m-Sohle und die im Firstniveau der 637-m-Sohle verlaufende alte Wendelstrecke sowie die Abbaubegleitstrecke auf der 574-m-Sohle im Bereich der Abbaureihe 5 mit Sorelbeton verfüllt. In 2015 erfolgte die Firstspaltverfüllung in der Abbaureihe 5 von der 574- bis zur 679-m-Sohle und im Firstniveau der 700-m-Sohle wurde der Blindschacht 2 aus der Wendelstrecke mit einer querschlägigen Strecke angefahren. Von 2016 bis Ende 2017 wurde der Blindschacht 2 von der 700- bis zur 750-m-Sohle aufgewältigt und anschließend (01/2018) mit Sorelbeton verfüllt.

Im mittleren Pfeilerbereich, bzw. in der Mitte der einbindenden Schwebe in 609 m Teufe (Bohrung SMS 2/595), ist Mitte 2017 die maximale horizontal/querschlägig gerichtete Komponente bei ca. 35 MPa ausgefallen. Damit zeigt die 45° gegen die Vertikale gedrehte Komponente (auch: 45°(23°)/quer) mit 33,5 MPa die höchste Spannung an. Die minimal registrierte Spannung (σ_{min}) liegt seit 09/2008 in horizontal/streichender Richtung bei ca. 4 MPa. Im Jahr 2019 gab es keine signifikanten Veränderungen der minimalen Spannungsverhältnisse (s. Anhang 2.2 auf Blatt 236). Aufgrund des kontinuierlichen Verlaufes der Messwerte an den noch aktiven Messsensoren ist davon auszugehen, dass sich der Spannungszustand nicht wesentlich geändert hat.

Die maximalen Spannungen in südlichen und nördlichen Bereichen der o. g. Pfeilerreihe liegen zwischen 5 bis 20 MPa; die Spannungsrichtungen zeigen in querschlägige Richtung bzw. um 45° quer zum Streichen des Asse-Sattels. Im nördlichen Pfeilerbereich in 609 m Teufe wurde in Jahr 2019 ein Anstieg der Minimalspannung erfasst (s. Anhang 16.4 auf Blatt 394 und Anhang 16.5 auf Blatt 395).

Die Messergebnisse weisen – bedingt durch die hohen Spannungsdifferenzen – auf eine weiter anhaltende Entfestigung des Hauptpfeilers, insbesondere im Niveau der Abbaue, hin. In Höhe der einbindenden Schweben zeigen die Spannungsmesswerte eine intensive hohe Belastung der Pfeilerkernbereiche. Der Anstieg der Minimalspannung (vertikale Richtung) im nördlichen Bereich des Pfeilers 4/5 in 566 m Teufe zeigt eine beginnende Einspannung, welche auf die Stabilisierungsmaßnahmen (Resthohlraumverfüllung) in diesem Bereich zurückgeführt werden kann.

Ostflügel (Pfeiler 5/6, 6/7, 7/8, 8/9)

Die Abbaue im Ostflügel des Baufeldes an der Südflanke wurden von 1989 bis 2003 mit Salz versetzt. Hierbei wurde in die Abbaue auf der 725-m-Sohle Eigenversatz mit einer mittleren Einbaudichte von 1,46 g/cm^3 eingebracht. Alle anderen Abbaue wurden mittels Blasversatz (Fremdsalz) mit einer mittleren Einbaudichte von 1,27 g/cm^3 verfüllt. In den Abbaureihen 6 bis 8 sind die Schweben oberhalb der 700-m-Sohle überwiegend gebrochen (vgl. Anhang 1.2 auf Blatt 213). Im Ostflügel wurden von 2010 bis 2012 Firstspaltverfüllungen in den Abbaureihen 6 bis 8 von der 490- bis zur 616-m-Sohle durchgeführt (s. Anhang 1.2 auf Blatt 213). Im Jahr 2014 wurden die Firstspalte in den Abbaureihen 6 bis 8 auf der 637- und 658-m-Sohle mit Sorelbeton A1 verfüllt. In diesem Zuge wurde auch der Resthohlraum in der Abbaubegleitstrecke auf der 658-m-Sohle betoniert. Im Jahr 2015 wurden die Firstspalte in der Abbaureihe 5 bis zur 679-m-Sohle, und in den Abbaureihen 6–8 bis zur 725-m-Sohle mit Sorelbeton verfüllt. Anfang 2018 wurde die Abbaubegleitstrecke nach Osten im Firstniveau der 616-m-Sohle mit Sorelbeton verfüllt.

Die SMS in der Mitte der Pfeilerreihen 5/6 (s. Anhang 2.3, ab Blatt 239) und 8/9 (s. Anhang 2.3 auf Blatt 253) zeigen die höchsten Beanspruchungen. Die maximalen Spannungsmesswerte betragen 13 bis 23,5 MPa in querschlägiger Richtung. Die minimalen Spannungsmesswerte liegen in einem Bereich

von 0,1 bis 3 MPa in vertikaler bzw. streichender Richtung. Im Pfeiler 8/9 in 609 m Teufe wurde für das Jahr 2019 ein Anstieg der Minimalspannung auf ca. 2 MPa und ein Rückgang der Maximalspannung auf ca. 14 MPa erfasst (s. Anhang 16.4 auf Blatt 394 und Anhang 16.5 auf Blatt 395).

In den südlichen und nördlichen Bereichen der o. g. Pfeilerreihen betragen die Maximalwerte 3 bis 14 MPa in querschlägiger Richtung bzw. 45° quer zum Streichen. Im südlichen Bereich des Pfeiler 5/6 (666 m Teufe) liegt zum Berichtstand[(1)] die vertikale Komponente mit 11,8 MPa etwas höher als die querschlägige Komponente mit 11,6 MPa. mit Bei anderen Messrichtungen der maximalen Spannungskomponente in der Pfeilerreihe 7/8 ist von einer Beeinflussung durch die Schwebendurchbrüche auszugehen. Im nördlichen Bereich des Pfeilers 8/9 in 493 m Teufe zeigt die streichende Spannungskomponente den maximalen Messwert. Die minimalen Spannungsmesswerte liegen zwischen 0,5 bis 5 MPa in streichender und vertikaler Messrichtung bzw. derer um 45° gedrehten Messrichtung. Ein Anstieg der Minimalspannungen wird im südlichen Bereich des Pfeilers 5/6 in 666 m Teufe seit 2015 von 4,4 MPa auf 5,0 MPa zum Berichtsstand registriert. Weitere Anstiege sind im Berichtszeitraum jeweils in den nördlichen Pfeilerbereichen in 640 m Teufe (Pfeiler 5/6) sowie im Pfeiler 7/8 in 619 m Teufe, 577 m Teufe und 566 m Teufe erkannbar (s. Anhang 16.5 auf Blatt 395).

Insgesamt sind die Spannungsdifferenzen im Ostflügel im Jahr 2019 nahezu konstant. Der mittlere Bereich des Pfeilers 5/6 in 513 bis 555 m zeigt weiterhin hohe Spannungsdifferenzen von ca. 12 bis 15 MPa. In folgenden Bereichen wurde jedoch ein Rückgang der Spannungsdifferenzen beobachtet (s. Anhang 16.5 auf Blatt 395):

- In der Pfeilerreihe 5/6 sind im nördlichen Bereich in 640 m Teufe sowie im mittleren Bereich in 534 m Teufe die Spannungsdifferenzen um ca. 0,3 MPa und 0,5 MPa zurückgegangen.
- Im nördlichen Bereich des Pfeilers 7/8 in 619 m Teufe sind die Spannungsdifferenzen im Jahr 2019 um ca. 0,3 MPa zurückgegangen.
- Einen deutlichen Rückgang der Spannungsdifferenzen um ca. 1,9 MPa ist im mittleren Bereich des Pfeilers 8/9 in 514 m Teufe zu beobachten.

Der Rückgang der Spannungsdifferenzen ist, neben dem degressiven Verlauf der Pfeilerstauchungsraten im Ostflügel (s. Abschnitt 2.2.5 auf Blatt 25), auf eine erste positive Entwicklung nach dem Abschluss der Firstspaltverfüllung im Ostflügel zurückzuführen.

Östlicher Baufeldrand

Die Abbaue im östlichen Baufeldrand wurden von 1992 bis 2003 mit Salz versetzt. Hierbei wurde im Abbau 9/725 Eigenversatz (mittleren Einbaudichte von 1,46 t/m^3) eingebracht. Alle anderen Abbaue wurden mittels Blasversatz (Fremdsalz) mit einer mittleren Einbaudichte von 1,27 t/m^3 verfüllt. In der Abbaureihe 9 ist nur die Schwebe zwischen der 616- und der 637-m-Sohle nachweislich gebrochen (vgl. Anhang 1.2 auf Blatt 213). Bis auf den Resthohlraum im oberen Bereich des Abbaus 9/490 sind damit alle Firstspalte in der Abbaureihe 9 verfüllt. Im Abbau 9/511 wurde im Jahr 2012 der Firstspalt mit 1.925 m^3 Sorelbeton nachverfüllt. Die Betonage des Blindschachtes 3 und der angeschlossenen Resthohlräume erfolgte bis Mitte April 2016. Die Firstspaltverfüllung in der Abbaureihe 9 von der 511- bis zur 679-m-Sohle ist seit 03/2018 umgesetzt. Die Verfüllung der Nebenabbaue 9a und 9b auf der 532-m-Sohle ist seit 08/2018 abgeschlossen.

Die Messergebnisse am östlichen Baufeldrand ergeben folgendes Bild:

(1) Bereits im am 01.11.2018 war die vertikale Komponenten mit 11,47 MPa etwas höher als die querschlägige Komponente 11,45 MPa.

- In der Teufe von 514 m (Bohrung 3/490) war seit April 2016 in allen Messrichtungen ein Anstieg um ca. 1 MPa zu verzeichnen. In 2019 bleibt die maximale Spannungskomponente (querschlägige Richtung) auf unverändertem Niveau und beträgt 11 MPa. Bei der minimalen Spannungskomponente ist ein Rückgang um 0,2 MPa auf 3,9 MPa festzustellen (s. Anhang 2.4 auf Blatt 255).
- In 604 m Teufe (Bohrung 3/616) liegt das Spannungsniveau bezüglich σ_{max} bei ca. 12 MPa. Die minimale Komponente σ_{min} ist Mitte 2018 ausgefallen. Der Messwertverlauf ist seit 2011 in allen Richtungen nahezu konstant. Im Jahr 2019 gab es keine signifikante Veränderung der Spannungsverhältnisse (s. Anhang 2.4 auf Blatt 254).

Der erhöhte Spannungsanstieg im Jahr 2016 in 514 m und 604 m Teufe korreliert mit der durchgeführten Verfüllung des Blindschachtes 3 und der Firstspalte in der Abbaureihe 9 bis zur 616-m-Sohle. Seither ist der Spannungsverlauf nahezu konstant und die Spannungssituation hat sich nicht wesentlich verändert. Aufgrund der gebirgsmechanischen Situation kann für den östlichen und westlichen Baufeldrand von vergleichbaren Spannungsdifferenzen ausgegangen werden.

2.1.4.2 Spannungssituation nördlich des Baufeldes an der Südflanke

Von gebirgsmechanischer Bedeutung, insbesondere für die Bewertung der Situation im Bereich der Wendelstrecke, ist die Ermittlung der Belastungssituation des Tragsystems nördlich der Südflanke. Dazu wurde im Liegenden der Pfeiler 3/4 und 4/5 in Höhe der 553- und 574-m-Sohle jeweils eine Spannungsmonitorstation instrumentiert. Zu beachten ist, dass beide Stationen in unterschiedlicher Entfernung zum jeweiligen Pfeiler positioniert sind.

Der Messwertverlauf beider Spannungsmonitorstationen zeigt:

- Im Liegenden des Pfeilers 3/4 in 539 m Teufe (Bohrung SMS 4/553) ist die horizontal/querschlägige Spannungskomponente (σ_{min}) im Jahr 2013 ausgefallen. Die maximale Spannung σ_{max} wird in vertikaler und der um 45° zum Streichen gerichteten Komponente mit Werten von ca. 7 MPa registriert (s. Anhang 2.5 auf Blatt 257). Im Jahr 2019 gab es keine signifikanten Veränderungen der Spannungsverhältnisse.
- Im Liegenden des Pfeilers 4/5 in 577 m Teufe (Bohrung SMS 6/553) liegt die minimale Spannungskomponente (σ_{min}) in streichender Richtung bei 6,3 MPa. Die maximale Spannungskomponenten (σ_{max}) ist die um 45° gegen die vertikale gedrehte Komponente. Zum Berichtsstand beträgt dieser Wert ca. 9,5 MPa (s. Anhang 2.5 auf Blatt 256). Im Jahr 2019 gab es keine signifikante Veränderung der Spannungsverhältnisse.

Die Messergebnisse nördlich des Baufeldes an der Südflanke zeigen nahezu konstante Spannungsdifferenzen.

2.2 Messungen zum Verformungszustand und Deformationsverhalten

2.2.1 Nivellements über Tage

Das Tagesnivellement wird einmal jährlich gemessen und wurde in der Zeit von August bis Oktober 2019 durchgeführt. Der langjährige Trend der Ausbildung des Senkungstroges hat sich nicht geändert. Die aktuellen Senkungsraten sind deutlich geringer und betragen maximal etwa 10 mm/a. Sie befinden sich im Bereich der größten Senkungen mit bis zu 420 mm, der sich seit Messbeginn direkt über dem Baufeld an der Südflanke befindet.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Die Ausbildung des Senkungstroges über dem Baufeld an der Südflanke deutet auf eine Beeinflussung der übertägigen Senkungen durch die im südlich vorgelagerten Deckgebirge vorhandenen Trennflächensysteme (Scherdeformationsbereich) hin [11] . Die untertägigen Volumenkonvergenzraten können auf Grundlage der Pfeilerstauchungs- und Abbaukonvergenzmessungen bilanziert werden. Ein Vergleich zeigt, dass die Entwicklung der Senkungsraten mit zeitlicher Verzögerung mit den querschlägigen Pfeilerstauchungsraten/Abbaukonvergenzen im Baufeld an der Südflanke und somit auch mit den untertägigen Volumenänderungen korreliert. Eine Beeinflussung der übertägigen Senkungen durch das Carnallititbaufeld ist zu erkennen.

2.2.2 Nivellements unter Tage (Höhenänderungen)

Die Höhenänderungen werden einmal jährlich an den im gesamten Grubengebäude installierten Polygonpunkten und Konvergenzmesspunkten in Verbindung mit den Lagemessungen messtechnisch erfasst. Die Ergebnisse der Messungen für die Messepoche 2018/2019 stellen sich wie folgt dar:

- Im Jahr 2019 werden auf der 490-m-Sohle überwiegend Senkungen von 3 bis 10 mm gemessen. Die stärksten Senkungen werden in der Zufahrtsstrecke zum Abbau 4/490 und in der Sattelrichtstrecke im Bereich der Streckenkreuzes von jeweils 10 mm beobachtet. Der Abbau 4/490 stellt im zentralen und westlichen Bereich mit Hebungen von 3 mm und 20 mm eine Ausnahme dar, welche auf Aufwölbungen der Sohle zurückzuführen ist (s. Abschnitt 4.1). Zusätzlich kann im Durchgang zwischen Abbau 8/490 und 9/490 eine leichte Hebung von 1 mm beobachtet werden. In den östlich gelegenen Infrastrukturbereichen (Kfz- und E-Werkstatt) werden Senkungen von 5 bis 8 mm gemessen.
- Auf der 532-m-Sohle wurden in der aktuellen Messepoche Senkungen von 8 bis 13 mm erfasst, mit den stärksten Senkungen im Bereich vor Abbau 5/532 und im nördlichen Bereich des Nebenabbaus 7b/532. Im Gegensatz dazu wurden in diesem Bereich in der Messepoche 2016/2017 überwiegend Hebungen von 1 bis 6 mm gemessen.
- Im Querschlag vom Schacht 2 und zum Blindschacht 2 auf der 553-m-Sohle werden Senkungen von 2 bis 6 mm gemessen und damit sind die Höhenänderungen leicht rückläufig (Vorjahr 0 bis 12 mm).
- Auf der 637-m-Sohle im Querschlag vom Schacht 2 in Richtung der Wendelstrecke werden im aktuellen Berichtszeitraum Senkungen von 1 bis 2 mm bzw. an einem Punkt im Bereich der Wendelstrecke eine Hebung von 1 mm gemessen. Im Bereich der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau im Bereich vor Abbau 6/637 werden Hebungen von 1 bis 4 mm beobachtet. Im Jahr 2018 wurden in diesem Bereich ausschließlich Senkungen von 8 bis 12 mm ermittelt.
- Im Berichtszeitraum werden auf der 700-m-Sohle an allen Messpunkten Hebungen von 1 bis 10 mm gemessen. Im Gegensatz dazu zeigten die Messungen an den Punkten im Jahr 2017 vergleichsweise höhere Hebungen von 15 bis 25 mm. Im Jahr 2018 wurde nur in der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau vor Abbau 13/700 Hebungen von 3 mm gemessen. Die restlichen Punkte entlang der Vahlberger Strecke und der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau zeigten im Jahr 2018 Senkungen von 2 bis 7 mm.
- Auf der 725-m-Sohle sind im Jahr 2017 vier Messpunkte im Bereich der Richtstrecke nach Westen im Sohlenniveau hinzugekommen. Im Jahr 2019 werden hier Hebungen von 3 bis 9 mm gemessen. Im Jahr 2018 wurden hier Senkungen bzw. keine Höhenänderung festgestellt.

- Auf der 750-m-Sohle wurden durchgehend Hebungen im Bereich von 12 bis 18 mm registriert. In der nördlichen Richtstrecke nach Westen wurden Hebungen von 12 bis 17 mm gemessen. Die Hebungen nehmen wie im Vorjahr in Richtung der Füllorte Schacht 2 und 4 zu. In der nördlichen Richtstrecke nach Osten betragen die Hebungen jeweils 12 bis 15 mm. Insgesamt sind die Hebungen im Vergleich zum Vorjahr leicht erhöht.
- Der Bereich um das Füllort auf der 490-m-Sohle hat sich im Jahr 2019 um 7 bis 8 mm gesenkt. Im Vergleich zu den Messungen aus den Vorjahren ist dies ein rückläufiger Trend. Die Messungen der Höhenänderung um das Füllort auf der 750-m-Sohle ergaben Hebungen von 13 bis 18 mm und sind damit im Vergleich zum Vorjahr angestiegen.
- In der Wendelstrecke von der 490-m-Sohle bis zur 750-m-Sohle werden im Berichtszeitraum Senkungen und Hebungen gemessen. Im Bereich von der 490- bis zur 637-m-Sohle werden Senkungen von 1 bis 8 mm gemessen werden. Unterhalb der 637-m-Sohle werden in der Wendelstrecke Hebungen ermittelt. Der maximal Betrag liegt bei 14 mm auf der 750-m-Sohle.

Insgesamt sind Senkungen in den Bereichen von der 490- bis zur 658-m-Sohle zu beobachten. Die Senkungen nehmen mit zunehmender Teufe geringfügig ab. Die Senkungsraten auf den oberen Sohlen haben im Vergleich zum Vorjahr leicht abgenommen.

Hebungen wurden auf der gesamten 750-m-Sohle sowie im Abbau 4/490 auf der 490-m-Sohle, im Bereich der Richtstrecke nach Osten im Firstbereich auf der 700-m-Sohle und Richtstrecke nach Westen im Sohlenniveau auf der 725-m-Sohle gemessen. Die Hebungen auf der 750-m-Sohle sind leicht rückläufig und die Hebung im Abbau 4/490 ist im Vergleich zum Vorjahr auf maximal 20 mm angestiegen.

Im Rahmen der folgenden Monitoringprogramme werden lokale Firstnivellements durchgeführt, um ungleichmäßige, kleinräumige Absenkungen bzw. Auflockerungen von Firstbereichen erkennen zu können. Die Ergebnisse werden in den angegebenen Abschnitten diskutiert:

- Infrastrukturräume auf der 490-m-Sohle und Abbau 2/511 (s. Abschnitt 4.1 auf Blatt 64),
- Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle (s. Abschnitt 4.7 auf Blatt 146) und
- nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle (s. Abschnitt 4.8 auf Blatt 161)

2.2.3 Lagemessungen unter Tage

Die Lagemessungen unter Tage erfolgen einmal jährlich und wurden im Zeitraum März bis April 2019 durchgeführt. Der Anschluss nach unter Tage erfolgte durch eine Lotung im Schacht 2 in Verbindung mit Kreiselmessungen (s. Abschnitt 2.2.4 auf Blatt 24). Die Verschiebungsrichtungen für die einzelnen Messepochen zeigen oft Abweichungen zu dem langfristigen Trend. Auch wenn die Messergebnisse für das Jahr 2018–2019 hier separat erwähnt werden, wird ein längerer Betrachtungszeitraum für die Analyse der Verschiebungen ausgewählt. Wenn nicht anders angegeben, ist der Zeitraum der Messungen von 2009–2019. Die Messergebnisse stellen sich wie folgt dar:

- Das Bewegungsbild der Horizontalverschiebungen im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II wird weiterhin durch das Baufeld der Südflanke bestimmt. Oberhalb der 725-m-Sohle weisen die Verschiebungsvektoren überwiegend auf dieses Baufeld zu.

- Auf der 490-m-Sohle zeigen die Messpunkte am Südstoß der Grubenbaue eine nördliche Bewegungsrichtung. Messpunkte, die sich in der Nähe des Nordstoßes der Grubenbaue befinden, zeigen eine südliche Bewegungsrichtung. Die größte Lageverschiebung in Richtung Norden kann im Abbau 4/490 mit 59 mm bestimmt werden. Die größte Lageverschiebung in südwestlicher Richtung zeigt mit 54 mm ein Messpunkt am Nordstoß im Abbau 3/490.
- Im östlichen Bereich der 511-m-Sohle zeigen die Messpunkte eine Bewegung nach Osten mit maximal 30 mm. Im westlichen Bereich (Zufahrt zum Abbau 2/511) zeigen die Messpunkte eine Lageverschiebung in südliche Richtung.
- Entgegen der uneinheitlichen Bewegung im Vorjahr sind die Lageverschiebungen auf der 532-m-Sohle im aktuellen Berichtszeitraum 2018/2019 wieder dem Trend seit 2014 folgend südöstlich bis südlich ausgerichtet.
- Die Lageverschiebungen auf der 553-m-Sohle zeigen eine südliche bis südwestlichen Bewegungsrichtung an und folgen dem Trend der letzten Jahre.
- Das Bewegungsbild der im Querschlag zum Schacht 2 auf der 637-m-Sohle liegenden Punkte zeigt weiterhin nach Süden. In der Richtstrecke nach Osten zeigen die Punkte eine Bewegung in südöstlicher Richtung auf.
- Die Verschiebungsrichtungen auf der 700-m-Sohle – inklusive der im Jahr 2014 neu eingerichteten Punkte in der Verbindungsstrecke zwischen der Richtstrecke nach Osten im First- und Sohlenniveau – weisen weiterhin in Richtung der Abbaue der Südflanke (Richtung Südosten). Eine Ausnahme stellt der Punkt vor Abbau 9/700 mit Bewegungen nach Norden dar. Dieser Punkt ist im Carnallitit verankert. Es handelt sich bei den registrierten Bewegungen um einen lokalen Verformungsverlauf, der das Gesamtbild überlagert.
- Auf der 725-m-Sohle in der ELK 7/725 bewegen sich die Punkte seit ihrer Einrichtung insgesamt nach Süden. Im Berichtszeitraum kann eine leichte Verlagerung nach Nord-Nordosten beobachtet werden. In der Richtstrecke nach Westen im Sohlenniveau wurden im Jahr 2017 neue Messpunkte in Betrieb genommen. Die Ergebnisse der Lageverschiebung im Jahr 2019 zeigen überwiegend eine nord-nordöstliche Bewegungsrichtung an. Daraus resultiert seit Beginn der Messungen eine nord-nordöstlichen Bewegungsrichtung für die Messpunkte im Zugangsbereich der Richtstrecke sowie für die Bereiche um die Pfeiler 3/4 und 4/5, sowie in einer östlichen Bewegungsrichtung für den Bereich um den Pfeiler 1/2.
- Auf der 750-m-Sohle werden Horizontalverschiebungen in verschiedene Richtungen erfasst. Im Norden und im zentralen Bereich der Sohle weisen die Verschiebungsvektoren überwiegend in Richtung Südosten. Im Hauptquerschlag nach Süden und der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen weist die Mehrzahl der Messpunkte eine Bewegung nach Nordosten auf. Ein Messpunkt im Streckenkreuz vor der Zufahrt zum Füllort weist eine Bewegung nach Südosten in Richtung Abbau 4/750 (Na2) auf. In der nördlichen Richtstrecke nach Osten zeigen die Punkte gegensätzliche Bewegungen. Im Zugangsbereich werden Bewegungen nach Südosten registriert. Im Bereich vor Abbau 5/750 (Na2) werden Bewegungen in südliche Richtung beobachtet und im Bereich von Blindschacht 3a zeigen die Verschiebungsvektoren in nordöstliche Richtung. Der insgesamt parallel zum Streichen des Carnallitit-Baufeldes vorherrschender Bewegungstrend nach Südosten bzw. Osten an den nördlich gelegenen Punkte stellt eine besondere Situation im Grubengebäude dar. Dieser Bewegungstrend weicht von den Bewegungen im übrigen Grubengebäude ab und somit sind weitere Messungen erforderlich, um die Plausibilität der Ergebnisse zu belegen.
- In der Wendelstrecke bleibt der generelle Trend der Verschiebungen erhalten. Die Punkte bewegen sich auf das Baufeld der Südflanke zu. Im Bereich der 490-, 511- und 532-m-Sohle bewegen sich

die Punkte in südwestlicher bis südöstlicher Richtung. Von der 553- bis zur 595-m-Sohle bewegten sich im Betrachtungszeitraum 2016/2017 die Punkte in süd- bis südwestlicher Richtung. Im aktuellen Berichtszeitraum 2018/2019 zeigen alle Punkte eine südwestliche Bewegungsrichtung. Der Kopfpunkt am Extensometer 8/9 auf der 595-m-Sohle stellt eine Ausnahme dar und zeigt eine Lageverschiebung in südöstlicher Richtung. Im Bereich der 616- und 637-m-Sohle bewegen sich alle Punkte in südliche Richtung. Ab der 658- bis zur 725-m-Sohle sind, bis zwei Ausnahmen auf der 679-m-Sohle (nord bis norddwestliche Bewegungsrichtung), Bewegungen in südliche Richtung zu beobachten.

Die Messergebnisse für den Messzeitraum 2019 zeigen insgesamt eine Fortsetzung der bisher registrierten Verschiebungen seit 2009.

2.2.4 Bewegungsverhalten der Schachtsäule

Im Schacht Asse 2 wird jährlich eine Schachtlotung zur Übertragung der Koordinaten nach unter Tage durchgeführt. Zur Überwachung der vertikalen Bewegung der Schachtsäule werden jährliche Teufenmessungen und vierteljährliche vertikale Längenmessungen durchgeführt.

Die Teufenmessungen ergaben, dass sich der Bereich zwischen Anfang und Ende der Vorbausäule seit 2004 um insgesamt 18 mm gedehnt hat. Dies entspricht einem inneren Bewegungsverhalten in der Messepoche 2018–2019 von 11 mm Stauchung (2017–2018 Dehnung von 18 mm). Seit 2004 werden für die einzelnen Messepochen Bewegungen der Vorbausäule von 17 mm Dehnung bis 18 mm Stauchung beobachtet. Damit liegen die jetzigen Werte innerhalb der bisher beobachteten Bandbreite. Der Schacht 2 wird für die Ein- und Ausleitung der Wetter in das Grubengebäude verwendet. Die beobachteten Schwankungen zwischen Dehnung und Stauchung in der Schachtsäule in den unterschiedlichen Messepochen sind vermutlich auf Temperaturschwankungen in den Wettern zurückzuführen, so würde die temperaturbedingte Dehnung der Tübbingsäule bzw. Vorbausäule bezogen auf die vertikale Länge bei 1 K ca. 35 bis 48 mm betragen. Unabhängig davon haben die festgestellten Dehnungs- und Stauchungsbeträge keine Auswirkungen auf die Funktionalität des Schachtausbaus.

Die Teufenmessungen an den Vermarkungspunkten im unausgebauten Teil des Schachtes zeigen, dass sich der Bereich zwischen 605 m Teufe und 676 m Teufe in der gesamten Messepoche 2004–2019 im Mittel senkte. Ab einer Teufe von 676 m können ausschließlich Hebungen beobachtet werden. Für den Zeitraum 2018–2019 werden bis in 605 m Teufe Senkungen von 8 mm registriert. An dem Punkt in 655 m wurde eine Senkung von 4 mm gemessen. Im Teufenbereich von 676 m werden Senkungen von 4 mm gemessen. Die tiefergelegenen Punkte bei 701 m Teufe und 740 m Teufe zeigten jeweils Hebungen von 5 mm. Damit liegt die maximale Senkung mit 262 mm bei 605 m Teufe bei der Messepoche 2018–2019. Für die Punkte in 655 m und 676 m Teufe wurden die maximalen Senkungen mit in der Messepoche 2012–2013 gemessen. Die gemessenen Höhendifferenzen im unnausgebauten Teil des Schachtes korrespondieren mit den Höhenänderungen im Grubengebäude. Bis in eine Teufe von ca. 676 m Teufe werden Senkungen gemessen, die mit zunehmender Teufe abnehmen, wobei in den unteren Teilen des Schachtes Hebungen gemessen werden.

Die Längenänderungen zwischen diesen Punkten zeigen, dass der gesamte Abschnitt von 605 bis 740 m Teufe seit 1983 um ca. 664 mm gestaucht wurde, was einer durchschnittlichen Verformungsrate (bezogen auf die vertikale Länge des betrachteten Schachtabschnittes) von 0,13 ‰/a entspricht (Konvergenzrate: 18 mm/a). Die Verformungsrate für die Messepoche 2018–2019 beträgt ca. 0,12 ‰/a. In diesem Zeitraum wurde die höchste Verformungsrate mit 0,18 ‰/a im Abschnitt von 676 m bis 701 m Teufe registriert.

Im Bereich um die Füllorte von Schacht Asse 4 werden Lage- und Höhenmessungen an Polygonpunkten auf der 490- und der 750-m-Sohle durchgeführt. Dies korrespondiert mit den im Grubengebäude in diesen Bereichen erfassten Höhenänderungen (s. Abschnitte 2.2.2 bis 2.2.3 (Blätter 21–22)).

2.2.5 Querschlägige Extensometermessungen im Baufeld an der Südflanke

Zur Erfassung der gebirgsmechanischen Reaktionen im Tragsystem des Grubengebäudes wurden, beginnend im Jahre 1981, in den Pfeilern der Südflanke horizontale Extensometer installiert, die bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt die querschlägigen Stauchungen der Pfeiler zweimal täglich messtechnisch mittels automatisch-messender Wegaufnehmer erfassen. Zusätzlich werden die noch zugänglichen Extensometer quartalsweise mittels Handmessungen gemessen. Die Extensometer messen vom Grundprinzip her Relativverschiebungen in horizontal-querschlägiger Richtung, d. h. sie erfassen überwiegend die horizontalen Pfeilerstauchungen in ca. Nord-Süd-Richtung.

Im Jahr 2019 besteht das Messstellennetz aus insgesamt 25 Extensometern. Im Juli 2019 wurde in der Pfeilerreihe 3/4 auf der 679-m-Sohle ein neues Extensometer instrumentiert (s. Anhang 1.1 auf Blatt 212). Das Extensometer erfasst seit Beginn der Messwerterfassung eine Stauchung von ca. −12 mm, welches einer Pfeilerstauchungsrate von ca. 27 mm/a entspricht (s. Anhang 3.1 auf Blatt 270). Projiziert man dieses Ergebnis in die aktuellen Darstellung der Isolinien gleicher Pfeilerstauchungsrate, so zeigt sich, dass dies dem Erwartungswert der Pfeilerstauchungsrate für diesen Teil des Grubengebäudes entspricht (vgl. Anhang 3.1 auf Blätter 274 bis 275).

Die aktuellen Pfeilerstauchungsraten werden wie im Vorjahr durch die jeweilige Lage des Pfeilers und somit der Messstelle im Baufeld an der Südflanke bestimmt. Erwartungsgemäß werden höhere Pfeilerstauchungsraten im Baufeldzentrum (25 bis 68 mm/a) verzeichnet und die Baufeldrandbereiche zeichnen sich eher durch niedrigere Pfeilerstauchungsraten (1 bis 34 mm/a) aus. Aus der zeitlichen Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten lässt sich ableiten, dass die gegenwärtig ermittelten Pfeilerstauchungsraten auf einem vergleichbaren Niveau wie vor der Registrierung der Schwebenbrüche und des Lösungszutritts Mitte der 1980er Jahre liegen (s. Anhang 3.1 (Blätter 266–269)).

Die Ergebnisse aus dem Jahr 2019 zeigen, dass sich die Pfeilerstauchungsraten über das ganze Jahr gesehen deutlich degressiv verhalten haben (vgl. Anhang 3.1 auf Blatt 270 und Anhang 3.1 (Blätter 258–265) sowie Anhang 3.1 (Blätter 277–278)). An allen Extensometermessstellen kann ein Rückgang beobachten werden, der im Bereich von −0,4 bis −8,2 mm/a liegt. Dies entspricht einem mittleren Rückgang der Pfeilerstauchungsraten um ca. 10 %. Der stärkste Rückgang kann an dem Extensometer in der Pfeilerreihe 2/3 auf der 574-m-Sohle beobachtet werden. Der Bereich um dieses Extensometer wurde Mitte des Jahres 2019 mit Sorelbeton verfüllt und vorher fachgerecht für die Verfüllung umgebaut. Dennoch kann ein lokaler Einfluss nicht ausgeschlossen werden. Weiterhin wurde an den Extensometern in der Pfeilerreihe 6/7 auf der 574-m-Sohle (−4,6 mm/a) und in der Pfeilerreihe 7/8 auf der 595-m-Sohle (−5,1 mm/a) die höchsten Rückgänge in den Pfeilerstauchungsraten beobachtet. Insgesamt ist im Ostflügel (Firstspaltverfüllung abgeschlossen) ein größerer Rückgang der Pfeilerstauchungsraten festzustellen als im Westflügel (Firstspaltverfüllung noch nicht abgeschlossen).

Aus den Ergebnissen der Extensometermessungen und der daraus berechneten querschlägigen Pfeilerstauchungsraten lassen sich interpolierte Isolinien gleicher querschlägiger Pfeilerstauchungsraten über das gesamte Baufeld der Südflanke konstruieren (s. Anhang 3.1 auf Blatt 271 bis Blatt 275). Aus diesen Darstellungen sind zeitliche und lokale Unterschiede in den Pfeilerstauchungen, insbesondere in den Bereichen maximaler Pfeilerstauchungen, ersichtlich.

Zu Beginn der 1990er Jahre betrugen die maximalen querschlägigen Pfeilerstauchungsraten im Westflügel bis zu 148 mm/a und im Ostflügel bis zu 190 mm/a mit einer Tendenz zu weiter steigenden

Stauchungsraten (vgl. Anhang 3.1 auf Blatt 271) [12]. Ab Mitte der 1990er Jahre führte die Verfüllung der Abbaue im Baufeld an der Südflanke und der damit verbundenen Auffahrung der Abbaubegleitstrecken und Feuchteeintrages zu stark schwankenden Werten, welche insgesamt auf dem sehr hohen Niveau verblieben. Erst seit dem Jahr 2000 setzte dann eine degressive Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten ein (vgl. Anhang 3.1 auf Blatt 272). Nach Abschluss der Versatzeinbringung Ende 2003/Anfang 2004 kam es zu einer Konsolidierung des Versatzes unter seinem Eigengewicht und damit zur Ausbildung von Firstspalten. Um den Stabilisierungsprozess zu unterstützen, wurde daher eine Firstspaltverfüllung mit einem Pumpversatz aus Sorelbeton vorbereitet. Zu Beginn der Firstspaltverfüllung Ende 2009 betrug die maximale Pfeilerstauchungsrate im Ostflügel im Pfeiler 6/7 auf der 553-m-Sohle 120 mm/a (vgl. Anhang 3.1 auf Blatt 273). Die maximale Pfeilerstauchungsrate im Westflügel wurde im Jahr 2009 in Höhe Pfeiler 3/4, ebenfalls auf der 553-m-Sohle, mit ca. 101 mm/a erfasst. Beide Maxima waren durch den Hauptpfeiler 4/5 getrennt.

Nach Abschluss der Firstspaltverfüllung in mehr als 2/3 der Abbaue lagen 2018 die Pfeilerstauchungsraten mit ca. 20 bis 80 mm/a auf einem vergleichbaren Niveau zu denen, die vor der Feststellung von Schwebendurchbrüchen und des Lösungszutritts ins Grubengebäude erfasst wurden (vgl. Anhang 3.1 (Blätter 266–269) und Anhang 3.1 auf Blatt 274). Im Ostflügel betrugen im Jahr 2019 die maximalen Pfeilerstauchungsraten 67 bis 68 mm/a, im Bereich des Pfeilers 7/8 (595-m-Sohle) sowie im Bereich des Pfeilers 6/7 (532-m-Sohle). Im Westflügel wurden im Pfeiler 3/4 maximale Pfeilerstauchungsraten von 66 mm/a im Bereich der Abbaue 3 und 4 auf der 553-m-Sohle erfasst, welche noch nicht mit Sorelbeton nachverfüllt sind (Firstspaltverfüllung). Wie schon aus den Zeitreihen der Entwicklung der querschlägigen Stauchungsraten zu erkennen ist, ist in den aktuellen Pfeilerstauchungsraten für das Jahr 2019 ein degressiver Trend zu erkennen (s. Anhang 3.1 auf Blatt 274). Eine räumliche Trennung der Pfeilerstauchungsmaxima zwischen West- und Ostflügel ist inzwischen kaum noch gegeben.

In der Tabelle 2.2 auf Blatt 27 sind die Maxima der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten im Ost- und Westflügel des Baufeldes an der Südflanke in den jeweiligen Zeiträumen gegenübergestellt. Daraus lässt sich ersehen, dass in den Jahren 2010 bis 2016 die Unterschiede in den Pfeilerstauchungsraten zwischen West- und Ostflügel konstant geblieben sind und sich gleichförmig degressiv verhalten haben. Im Jahr 2017 haben sich die Unterschiede erstmals verringert und für das Jahr 2018 nicht verändert. Im Jahr 2019 beträgt der Unterschied erstmals nur noch ca. 2 mm/a. Die höheren Pfeilerstauchungsraten im Ostflügel zwischen 1990 und 2009 sind auf dessen größere Spannweite (fünf vollständig aufgefahrene Abbaureihen ab der 511-m-Sohle) und einen größeren Durchbauungsgrad (Nebenabbaue nördlich der Südflanke) zurückzuführen.

Tabelle 2.2: Zeitliche Entwicklung der Maxima der Pfeilerstauchungsraten

Zeitraum	Westflügel [mm/a]	Ostflügel [mm/a]
02/1989–02/1990	148	190
02/2000–02/2001	159 (1)	180
08/2008–08/2009	101	120
01/2010–01/2014	90	94
01/2015–01/2016	75	79
01/2016–01/2017	72	76
01/2017–01/2018	70	73
01/2018–01/2019	69	72
01/2019–01/2020	66	68

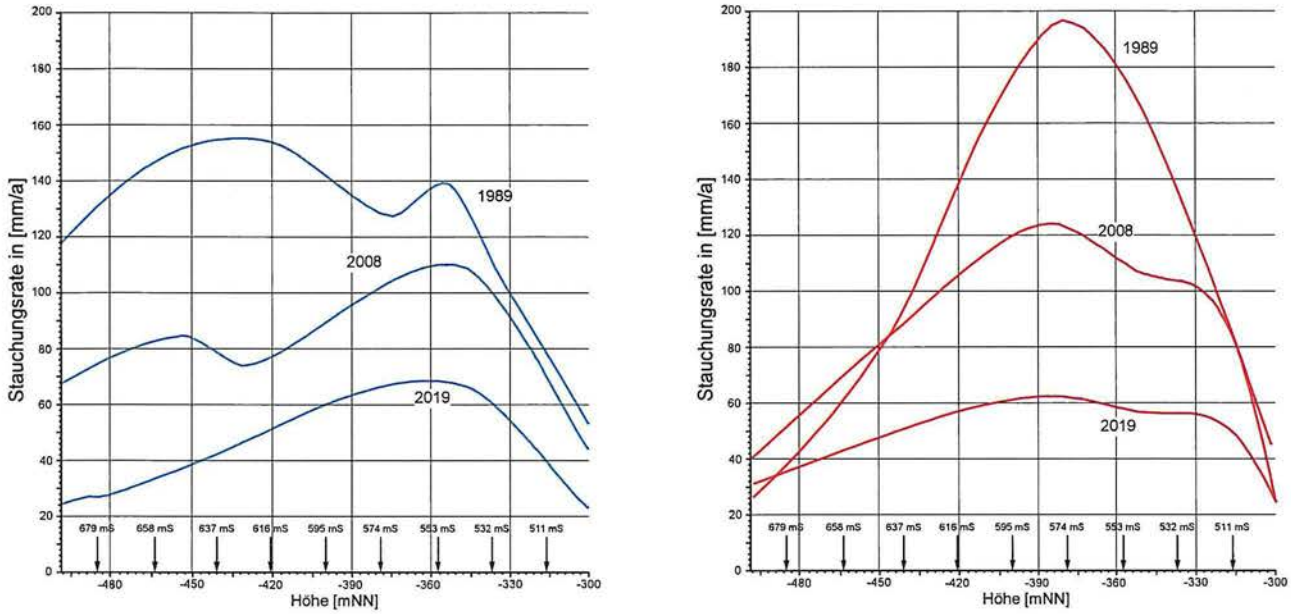
(1) Neuinstrumentierung im Pfeiler 3/4 (553-m-Sohle)

Vom oberen Baufeldrandbereich – von der 511- bis zur 532-m-Sohle, insbesondere im Bereich der Verformungsmaxima – zum Baufeldzentrum wird weiterhin ein hoher räumlicher Stauchungsgradient (Scherdeformation) ausgewiesen, der im Übergangsbereich zum Unverritzten auf eine starke Beanspruchung der Deckgebirgsschichten hinweist und das Risiko von zunehmenden Schädigungen im Bereich der Abbaukante in sich birgt. Dennoch hat sich seit Beginn der Firstspaltverfüllung der Gradient deutlich verringert. Dafür werden die jährlichen Pfeilerstauchungsraten der Pfeilerreihen über die Teufenlage für drei unterschiedliche Zeiträume grafisch dargestellt. In Abbildung 2.1 auf Blatt 28 ist die Entwicklung dieser Scherdeformation für die Pfeilerreihe 3/4 (Westflügel) und 5/6 (Ostflügel) dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass im West- und Ostflügel vor der Firstspaltverfüllung im Jahr 2008 noch ein Gradient von ca. 50 bis 95 mm/a über ca. 50 m Teufe im Westflügel und ca. 80 m Teufe im Ostflügel zu beobachten war. Im Jahr 2019 ist dieser Gradient deutlich reduziert (ca. 40 mm/a) und es kann eine stetige Harmonisierung der Pfeilerstauchungsraten in Abhängigkeit zur Teufenlage beobachtet werden. Dabei hat der Gradient im östlichen Baufeld mit ca. 40 mm/a über ca. 30 m Teufe, auch aufgrund der bereits abgeschlossenen Firstspaltverfüllung in diesem Bereich, deutlich mehr abgenommen als im Westflügel. Weiterhin ist im Westflügel eine Verlagerung des Maximums zu erkennen. Im Jahr 1989 lag das Pfeilerstauchungsmaximum im Bereich der 637-m-Sohle mit einem räumlich engeren Maximum im Bereich der 553-m-Sohle. Im Jahr 2019 hat sich das Maximum in den oberen Bereich des Grubengebäudes verlagert (553-m-Sohle) und ist auf der 637-m-Sohle nicht mehr beobachtbar.

Aus den langjährigen Extensometermessreihen lässt sich die horizontale Gesamtverschiebung in Süd-Nord-Richtung des Baufelds an der Südflanke bestimmen. Dazu werden neben den derzeitig 25 aktiven Extensometermessstellen auch die 15 bereits deaktivierten Extensometer berücksichtigt. Das neue Extensometer auf der 679-m-Sohle wird aufgrund der kurzen Messzeit derzeit noch nicht berücksichtigt. Das Extensometer in der Pfeilerreihe 3/4 auf der 658-m-Sohle zeigt im Vergleich zu den umliegenden Messstellen deutlich geringere Pfeilerstauchungsraten und wurde deshalb nicht in die Auswertung mit einbezogen (vgl. Anhang 3.1 auf Blatt 275). Das Extensometer westlich des Abbaus 2 auf der 532-m-Sohle befindet sich außerhalb des Abbau-Pfeiler-System am nordwestlichen Baufeldrand. Hier werden geringere Stauchungsraten ermittelt (s. Anhang 3.1 auf Blatt 258). Daraus ergibt sich eine Gesamtstauchung von ca. 40 mm seit Ende der Auffahrung des Abbaus 2/532. Dieses Ergebnis zeigt, dass auch in Ost-West-Richtung ein Deformationsgradient zwischen dem Baufeldrand und dem zentralen Baufeld existiert. Die Ermittlung der horizontalen Gesamtstauchung soll jedoch vorwiegend die Stauchung der Pfeiler über die Jahre dokumentieren und deshalb wird die Messstelle westlich des

KOM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Abbaus 2 auf der 532-m-Sohle nicht in der Gesamtverschiebung dargestellt. Wurde an einer Lokation (Pfeiler und Sohle) aufgrund von messtechnischen Ausfällen oder Neuinstrumentierungen die Stauchung durch mehrere Extensometermessstellen ermittelt, so wird die Gesamtverschiebung an dieser Lokation integral aus allen zur Verfügung stehenden Messreihen bestimmt. Somit kann mit weiteren markscheiderischen Messwerten bzw. durch Extrapolation der Messreihen eine Gesamtverschiebung



(a) Westflügel (Pfeilerreihe 3/4) *(b) Ostflügel (Pfeilerreihe 5/6)*

Abbildung 2.1: Entwicklung der Scherdeformation auf Basis der Pfeilerstauchungsraten über die Teufenlage im Bereich der Verformungsmaxima für die Jahre 1989, 2008 und 2019

vom Zeitpunkt des Endes der Auffahrung bis aktuell berechnet werden. Die Ergebnisse sind in einer Isoliniendarstellung gleicher Stauchungen in Anhang 3.1 auf Blatt 276 dargestellt. Im Ostflügel kann eine horizontale Pfeilerstauchung von maximal ca. –7 m ermittelt werden. Die horizontale Gesamtstauchung im Westflügel liegt bei ca. –6 m. Im Bereich des Hauptpfeilers 4/5 ist die Gesamtstauchung mit maximal ca. –4 m etwas geringer als im West- bzw. Ostflügel. Auch ist der Stauchungsgradient zwischen Baufeldzentrum und Baufeldrand deutlich zu erkennen. In den Abbaureihen 1 und 9 sowie an den Baufeldrändern der 490/511-m-Sohle und der 700-m-Sohle sind die Gesamtstauchungen mit ca. –2 bis –4 m geringer.

Ende der 1990er Jahre wurde eine Vielzahl der Abbaue markscheiderisch neu vermessen. Dabei wurde festgestellt, dass sich die südliche Abbaukante nach Norden verschoben hat. Die damaligen Vermessungen passen zu den berechneten und in Anhang 3.1 auf Blatt 276 dargestellten Stauchungen. Die Ergebnisse verdeutlichen den hohen Lasteintrag aus südlicher Richtung auf das Baufeld an der Südflanke und die daraus resultierende Verschiebung der südlichen Abbaukante Richtung Norden.

2.2.6 Visuelle Inspektion der Inklinometerbohrungen

Mithilfe von Inklinometern werden Verschiebungen senkrecht zur Bohrlochachse erfasst. Für die Inklinometermessungen wurden innerhalb der Pfeiler quer zum Lagerstättenstreichen ausgerichtete Horizontalbohrungen erstellt. Zusätzlich erfolgt eine Videoinspektion der Bohrungen. Die Messungen wurden im Dezember 2019 in 12 Bohrungen durchgeführt. Die Resthohlräume auf der 574-m-Sohle wurden im Jahr 2019 verfüllt und damit entfällt die Messung der Inklinometerbohrung im Pfeiler 2/3

auf der 574-m-Sohle. Zusätzlich wurde im Jahr 2019 die Inklinometerbohrung im Pfeiler 3/4 auf der 679-m-Sohle und den visuellen Begutachtungen hinzugeführt.

Die Ergebnisse aus den visuellen Beobachtungen weisen auf eine starke Entfestigung der Pfeiler hin und lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Pfeilerreihe 2/3: Die sehr starke gebirgsmechanische Beanspruchung der Pfeilerreihe 2/3 kann anhand der beginnenden elliptischen Verformung und Ausbrüche in den Bohrungen auf der 532-m-Sohle (s. Anhang 3.2, Bild 1 auf Blatt 279) und auf der 658-m-Sohle (s. Anhang 3.2, Bild 2 auf Blatt 279) sowie der vermehrten Rissbildung in der bereits abgeworfenen Bohrung auf der 574-m-Sohle [13] belegt werden. Zusätzlich deuten Ausblühungen und dunkle Flecken an den Bohrlochkonturen auf eine leichte Durchfeuchtung hin. Alle Bohrungen wurden Ende der 1990er Jahre erstellt.

Pfeilerreihe 3/4: In der Bohrung auf der 553-m-Sohle (erstellt: 1997) werden seit dem Jahr 2017 auf den ersten Metern Hinweise auf Feuchtigkeit durch die Dunkelfärbung der Bohrlochkontur und Ausblühungen beobachtet (s. Anhang 3.2, Bild 3 auf Blatt 279). Die Feuchtigkeit tritt allerdings nur im Übergang Steinsalz/Carnallitit im Pfeiler zwischen der Wendelstrecke und der Abbaubegleitstrecke auf. Der Bohrlochverlauf im Pfeiler der Pfeilerreihe 3/4 ist trocken. Im weiteren Bohrlochbereich wurden beanspruchte Bereiche (keine offenen Risse) und elliptische Bohrlochkonturen (s. Anhang 3.2, Bild 4 auf Blatt 279) detektiert. Die im Jahr 2019 erstellte Bohrung im Pfeiler 3/4 auf der 679-m-Sohle zeigt stehende Lauge auf der Sohle und teilweise schon Ausbrüche und Risse in der Firste (s. Anhang 3.2, Bilder 5 bis 6, auf Blatt 279).

Pfeilerreihe 4/5: Die Inspektion der Bohrung im betonierten Querschlag zum Blindschacht 2 auf der 553-m-Sohle zeigt Risse in den Abschnitten 17 bis 19 m und von 30 bis 45 m (s. Anhang 3.2, Bild 7 auf Blatt 280). Auf der 637-m-Sohle im ebenfalls betonierten Querschlag wurden beanspruchte Bereiche (keine offenen Risse) festgestellt. Im Bohrlochabschnitt bei ca. 36 m wurde Feuchtigkeit detektiert (s. Anhang 3.2, Bild 8 auf Blatt 280). Bei ca. 46 m Bohrlochteufe erfolgt der kraftschlüssige Übergang vom Sorelbeton zum Steinsalz und eine beginnende elliptische Verformung des Bohrlochs ist erkennbar. Beide Bohrungen wurden 2013 erstellt.

Pfeilerreihe 5/6: In der Bohrung auf der 616-m-Sohle (erstellt: 2014) wurden bei 44 m Bohrlochtiefe Ausblühungen und Feuchtigkeit detektiert.

Pfeilerreihe 6/7: Auf der 574-m-Sohle (Bohrung 574007, erstellt: 2014) wurden im Bohrlochabschnitt von 25 bis 27 m und bei 46 m Risse, Konturausbrüche und beanspruchte Bereiche festgestellt (s. Anhang 3.2, Bild 9 auf Blatt 280). In der im Jahr 2013 neu erstellten Bohrung 637011 (637-m-Sohle) zeigen die Inspektionsergebnisse keine gebirgsmechanisch relevante Schädigung. Auf der 700-m-Sohle (Pfeiler: 12/13) wurden Ausblühungen und Risse sowie eine elliptische Verformung detektiert (s. Anhang 3.2, Bild 10 auf Blatt 280). Zusätzlich ist in der Bohrung 532017 auf der 532-m-Sohle in einer Bohrlochteufe von ca. 10 m ist in einem kleinen Bereich Feuchtigkeit in Form von Ausblühungen zu erkennen und das Bohrloch ist ab ca. 33 m stark deformiert (s. Abbildung 4.11 auf Blatt 80).

Pfeilerreihe 7/8: Die im Jahr 2014 neu erstellte Bohrung 595006 (595-m-Sohle) zeigt in den Bohrlochabschnitten bei 21 m und von 26 bis 30 m zahlreiche Rissbildungen und Konturausbrüche entlang der Bohrlochachse (s. Anhang 3.2, Bilder 11 bis 12, auf Blatt 280).

Pfeilerreihe 8/9: Im Jahr 2014 wurde eine neue Bohrung von der 595-m-Sohle erstellt. Die Inspektionsergebnisse aus 2019 zeigen keine gebirgsmechanisch relevanten Schädigungen oder Feuchtigkeit.

2.2.7 Konvergenzmessungen

Zur Erfassung von Hohlraumverformungen, zum Monitoring der gebirgsmechanischen Beanspruchung, zur Bilanzierung der verbleibenden Hohlräume [14], zur Planung von Abdichtbauwerken sowie für gebirgsmechanische Modellrechnungen und Modellrechnungen zur Schadstoffausbreitung, werden im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II seit 1991 in ausgewählten Strecken (z. B. Wendelstrecke und Abbaubegleitstrecken) Konvergenzmessungen durchgeführt. Diese werden durch Längenänderungsmessungen in querschlägiger, streichender und vertikaler Richtung in ausgewählten Abbauen und Infrastrukturräumen ergänzt [15]. Die aus den Konvergenzmessungen berechneten Konvergenz- und Verformungsraten dienen der Bewertung der Gebrauchstauglichkeit von Infrastrukturräumen, Streckenbereichen sowie weiterer Grubenräume und werden im Rahmen der Überwachung der Monitoringbereiche (s. Kapitel 4 auf Blatt 64) herangezogen. Eine qualitätsgerechte Aussage zur gebirgsmechanischen Beanspruchung der jeweiligen Bereiche im Grubengebäude lässt sich allerdings nur unter Berücksichtigung und Zusammenstellung weiterer geotechnischer, geophysikalischer sowie visueller Befunde treffen.

Für das Jahr 2019 sind folgende Änderungen im Konvergenz-Messstellennetz zu betrachten (s. Anhang 1.1 auf Blatt 212):

- Neuinstrumentierung
  - Ein neuer Messquerschnitt im Abbau 4/490 auf der 490-m-Sohle
  - In der Wendelstrecke im Bereich von Abbau 3/511 auf der 511-m-Sohle
  - Am Bohrort zur Erkundung von Schacht 5 auf der 700-m-Sohle
- Wegfall
  - Horizontale Messrichtung im Abbau 4/490 auf der 490-m-Sohle.
  - Im Zuge der Verfüllung der Abbaubegleitstrecken und Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle sowie der Erstellung der Abdichtbauwerke sind die Konvergenzmessquerschnitte in diesem Bereich entfallen.
  - Im Zuge der Sanierung der Wendelstrecke ist auf der 658-m-Sohle ein Messquerschnitt durch eine Stützmauer verdeckt.
  - Die automatisch messenden Messquerschnitte in der Sattelrichtstrecke im ehemaliges Sprengstofflager auf der 750-m-Sohle sind seit Ende 2018 nicht mehr aktiv.
  - In der Wendelstrecke von der 775- zur 800-m-Sohle ist seit 07/2019 einer der Messanker zu konvergiert.

Die Messergebnisse für das Jahr 2019 werden im Folgenden erläutert.

Streckenkonvergenzen

Für die charakteristischen Bereiche im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II

- Südflanke Wendelstrecke (490- bis 700-m-Sohle),
- Südflanke Söhlige Strecken (490- bis 725-m-Sohle),
- Sattelkern Streckensysteme (700- bis 775-m-Sohle),
- Sattelkern Füllortbereich (490- und 750-m-Sohle) und
- Südflanke Streckensystem (750-m-Sohle)

sind die Messergebnisse in Tabelle 2.3 auf Blatt 33 und Tabelle 2.4 auf Blatt 34 zusammengestellt. Die gemessenen Konvergenzen sind wesentlich geprägt durch die Lage der Messstellen im Grubengebäude (Teufenlage, gebirgsmechanische Beeinflussung durch ihre Lokalisation auf der jeweiligen Sohle, Geologie im Umfeld sowie mögliche Durchfeuchtung des Gebirges). Die höchsten Verformungsraten werden i. d. R. im Carnallitit gemessen. Zudem werden im Durchschnitt in vertikaler Richtung größere Konvergenzen als in horizontaler Richtung beobachtet.

Insgesamt sind im Vergleich zum Vorjahr in den Strecken keine auffälligen Veränderungen in den Konvergenz- und Verformungsraten zu beobachten. Im Jahr 2019 werden die höchsten Konvergenz- (ca. 22 mm/a) und Verformungsraten (ca. 4,7 ‰/a) in der Wetterstrecke zum Schacht 2 auf der 700-m-Sohle registriert. Wie auch schon im Jahr 2018 werden in den folgenden Bereichen im Grubengebäude hohe Konvergenz- und Verformungsraten ermittelt:

- In der im Carnallitit stehenden Richtstrecke nach Osten im Firstniveau auf der 700-m-Sohle (Konvergenzraten von 7 bis 12 mm/a horizontal und 10 bis 19 mm/a vertikal; Verformungsrate von 1,1 bis 1,6 ‰/a horizontal und 2,4 bis 4,7 ‰/a vertikal, vgl. Abschnitt 4.5 auf Blatt 106).
- In der Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke) sowie die sich anschließenden Querschläge auf der 725-m-Sohle wurden Konvergenzraten von 7 bis 15 mm/a (horizontal) und 5 bis 9 mm/a (vertikal) sowie Verformungsraten von 0,8 bis 1,9 ‰/a (horizontal) und 1,3 bis 1,8 ‰/a (vertikal) bestimmt. Weitere Ausführungen stehen in dem entsprechenden Abschnitt des Monitorings (vgl. Abschnitt 4.6 auf Blatt 132).
- Füllort Schacht 2 und Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle (Konvergenzraten von −2 bis 13 mm/a horizontal und 5 bis 8 mm/a vertikal; Verformungsrate von −0,5 bis 1,9 ‰/a horizontal und 1,0 bis 2,5 ‰/a vertikal, vgl. Abschnitt 4.7 auf Blatt 146).

Durch die unterschiedlichen Lokationen der Messstellen (Querschnitt, Kontur, Geologie) und Dauer der offenen Standzeit der Strecken lassen sich Unterschiede in den Konvergenzraten beobachten. Die Messstellen, die im direkten Einflussbereich eines Abbaues liegen (d. h. in durch Auflockerungen entlasteten Bereichen), zeigen i. d. R. vergleichsweise geringe Konvergenzraten und die vertikalen Konvergenzraten sind dort meistens größer. Dies liegt vor allem an der Spannungssituation im Umfeld der Abbaue. Aufgrund ihres vergleichsweise großen Hohlraumvolumens und höheren Konvergenzraten in den Abbauen, werden in den Strecken, die im direkten Einflussbereich eines Abbaus liegen, insbesondere die horizontalen Konvergenzen abgeschwächt. In den Strecken, die weiter entfernt von den Abbauen liegen, weisen hohe Konvergenzraten daher auf stärker beanspruchte Bereiche hin, wie z. B. im Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle. Dies kann durch die exponierte Lage der Messstellen in hoch durchbauten Bereichen, z. B. in gering dimensionierten Pfeilern zwischen zwei Baufeldern, begründet sein. Weiterhin wirken sich die unterschiedlichen gebirgsmechanischen Eigenschaften der anstehenden Gesteinsarten und der Feuchteeinfluss deutlich auf das Verformungsverhalten aus.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Konvergenz in den Abbauen und Werkstätten

Die Konvergenzmessungen in den Abbauen werden in folgende Instrumentierungsbereiche unterteilt:

- Südflanke Abbaue/Werkstätten (490- und 511-m-Sohle)
- Sattelkern ELK 7/725 (Na2)

Die Tabelle 2.3 auf Blatt 33 und Tabelle 2.4 auf Blatt 34 zeigen auch die Ergebnisse zu den Konvergenzmessungen in den Abbauen und Werkstätten. Hier werden die Messwerte – zum Teil aus [15] – zu den Abbauen 3/490, 4/490, 8/490, 2/511, ELK 7/725 (Na2) sowie zur E-Werkstatt auf der 490-m-Sohle herangezogen. Diese werden zur Bewertung der Infrastrukturbereiche im Oberen Baufeld der Südflanke genutzt (vgl. Abschnitt 4.1 auf Blatt 64).

Die jährlichen horizontalen Konvergenzraten für das Jahr 2019 am oberen Baufeldrand auf der 490- und 511-m-Sohle befinden sich in einer Bandbreite von −0,03 bis 24 mm/a (Verformungsraten im Durchschnitt von ca. 0,12 ‰/a).

In den Abbauen 3/490, 4/490 sowie 8/490 kann im Jahr 2019 ein deutlicher Rückgang in den Konvergenz- und Verformungsraten beobachtet werden. Die höchsten horizontalen Konvergenzraten (ca. 24 mm/a) bzw. Verformungsraten (ca. 0,6 ‰/a) wurden weiterhin in Abbau 8/490 gemessen. In der E-Werkstatt auf der 490-m-Sohle wurde bis 2016 an den im Mai 2014 eingerichteten Messpunkten eine leichte Divergenz erfasst. Für das Jahr 2019 wurde hier keine Verformung festgestellt.

Die vertikale Konvergenzen werden nur im Abbau 3/490 auf der 490-m-Sohle gemessen. Diese stellen eine besondere Situation dar, da die Messpunkte nicht in der Sohle, sondern im aufgeschütteten konsolidierten Salzversatz an den Dämmen zwischen den Lösungsspeicherbecken, vermarkt sind. Aufgrund der Sohlenhebung im Bereich der Lösungsspeicherbecken sind hier auch die höchsten Konvergenzraten von maximal 31 mm/a zu beobachten (s. Tabelle 2.3 auf Blatt 33). Für das Jahr 2019 werden im Durchschnitt vertikale Konvergenzraten von 20 mm/a (Verformungsrate von 4,8 ‰/a) beobachtet. Dabei bezieht sich die angegebene Verformungsrate auf die derzeitige Messstrecke, die von der Oberkante des Salzversatzes auf den Dämmen bis zur Firste verläuft. Bezieht man die Konvergenzrate auf das im Risswerk angegebene Sohlenniveau des Abbaus 3/490, so ergibt sich eine durchschnittliche Verformungsrate von ca. 1,4 ‰/a. Im Vergleich zum Jahr 2018 ist ein deutlicher Rückgang der vertikalen Konvergenz im Abbau 3/490 zu beobachten.

Auf der 511-m-Sohle im Abbau 2/511 liegen die horizontalen Konvergenzraten im Jahr 2019 bei ca. 5 mm/a (Verformungsraten von ca. 0,1 ‰/a). Dies ist sind vergleichbare Werte zum Jahr 2018.

Die Konvergenzmessungen in der ELK 7/725 auf der 725-m-Sohle zeigen im Jahr 2019 Konvergenzraten von ca. 5 mm/a (Verformungsrate von ca. 0,3 ‰/a). Dies ist ein leichter Rückgang im Vergleich zum Jahr 2018.

Diese in ausgewählten Abbauen erfassten Konvergenzraten werden ergänzt durch Pfeilerstauchungsraten, die ebenfalls die querschlägige Stauchung des Tragsystems erfassen, und dienen der Abschätzung einer Abbau- bzw. Volumenkonvergenzrate. Diese Ergebnisse werden u. a. für die Bilanzierung der aktuellen Hohlraumvolumina benutzt [14].

Tabelle 2.3: Abgeleitete Bandbreiten der Konvergenzraten für die verschiedenen Instrumentierungsbereiche jeweils zum 01.11.2018 und 01.11.2019

	Instrumentierungsbereich	2018 Konvergenzrate [mm/a] horizontal	2018 Konvergenzrate [mm/a] vertikal	2018 Konvergenzrate Mittelwert [mm/a] horizontal	2018 Konvergenzrate Mittelwert [mm/a] vertikal	2019 Konvergenzrate [mm/a] horizontal	2019 Konvergenzrate [mm/a] vertikal	2019 Konvergenzrate Mittelwert [mm/a] horizontal	2019 Konvergenzrate Mittelwert [mm/a] vertikal
1	Südflanke Abbaue/Werkstätten (490- und 511-m-Sohle)								
	• Steinsalz	-2,04 (1) – 25,08 (2)	16,82 – 35,33 (3)	6,87	23,47	-0,03 (1) – 23,93 (2)	12,99 – 31,43 (3)	4,90	20,01
2	Südflanke Wendelstrecke (490- bis 700-m-Sohle)								
	• Steinsalz	-0,72 (4) – 7,84	0,57 – 4,45	1,95	1,74	-0,06 (5) – 10,45	0,42 – 3,88	2,26	1,56
	• Carnallitit	2,10 – 10,65	3,15 – 13,41	6,23	7,44	1,22 – 13,02	2,84 – 13,54	6,21	7,87
3	Südflanke Söhlige Strecken (6) (490- bis 725-m-Sohle)								
	• Steinsalz	-0,14 (7) – 15,96	1,43 – 10,36	4,80	4,09	1,22 – 15,39	1,17 – 9,11	5,29	4,37
	• Carnallitit	6,66 – 14,93	9,34 – 19,08	10,37	14,16	6,87 – 15,52	10,48 – 19,81	10,94	15,51
4	Sattelkern Streckensysteme (700- bis 775-m-Sohle)								
	• Steinsalz	0,73 – 5,22	-0,32 (8) – 10,36	2,47	3,86	-0,07 (9) – 4,75	-0,09 (10) – 9,50	2,60	4,41
	• Carnallitit	-0,42 (11) – 20,86	2,33 – 18,16	5,24	7,47	-2,16 (11) – 19,83	3,29 – 22,27	4,89	8,85
5	Sattelkern ELK 7/725 (Na2) (725-m-Sohle)								
	• Steinsalz	6,79 (12),(13)	–	–	–	5,06 (13),(12)	–	–	–
6	Sattelkern Füllortbereich (490- und 750-m-Sohle)								
	• Steinsalz	3,22 – 14,49	–	8,51	–	-1,80 (14) – 13,43	4,96 –8,03	5,14	6,16
7	Südflanke Streckensysteme (750-m-Sohle)								
	• Steinsalz	8,43 (15)	–	–	–	8,24 (15)	–	–	–

(1) Divergenz (E-Werkstatt auf der 490-m-Sohle, Messstrecke 4927-4928).

(2) Ab 2016 werden auch die Messwerte in horizontal streichender Richtung berücksichtigt.

(3) Die vertikalen Konvergenzen werden nur im Abbau 3/490 erfasst.

(4) Divergenz im Leinesteinsalz in der Wendelstrecke auf der 511-, 532- und 574-m-Sohle, Messquerschnitte K003, K004 und K007.

(5) Divergenz im Leinesteinsalz in der Wendelstrecke auf der 511-m-Sohle, Messquerschnitte K003.

(6) Abbaubegleitstrecken und die Querschläge auf der 700-m-Sohle zum BS3 sowie 725-m-Sohle nach Norden.

(7) Divergenz in der Abbaubegleitstrecke im Bereich Abbau 7/616 (Messquerschnitt K010).

(8) Divergenz in der Sattelrichtstrecke auf der 750-m-Sohle, Messquerschnitt T1.

(9) Divergenz in der nördl. Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle, Messquerschnitt K051.

(10) Divergenz in der Wendelstrecke auf der 700- zur 725-m-Sohle, Messquerschnitt K17.

(11) Divergenz in der Wendelstrecke 725- zur 750-m-Sohle, Messquerschnitt K047 horizontal 2.

(12) Die horizontalen Konvergenzen werden nur in querschlägiger Richtung erfasst.

(13) Nur eine Messstrecke aktiv.

(14) Divergenz an den Messquerschnitten 7515–7516 und 7517–7519.

(15) Nur eine Messstrecke aktiv.

Rückgang der Konvergenzrate ≤1,5 mm/a

Unveränderte Konvergenzrate ±1,5 mm/a

Anstieg der Konvergenzrate ≥1,5 mm/a

kein Vergleich möglich

Tabelle 2.4: Abgeleitete Bandbreiten der Verformungsraten für die verschiedenen Instrumentierungsbereiche jeweils zum 01.11.2018 und 01.11.2019

	Instrumentierungsbereich	2018 Verformungsraten [‰/a] horizontal	2018 Verformungsraten [‰/a] vertikal	2018 Verformungsraten Mittelwert [‰/a] horizontal	2018 Verformungsraten Mittelwert [‰/a] vertikal	2019 Verformungsraten [‰/a] horizontal	2019 Verformungsraten [‰/a] vertikal	2019 Verformungsraten Mittelwert [‰/a] horizontal	2019 Verformungsraten Mittelwert [‰/a] vertikal
1	Südflanke Abbaue/Werkstätten (490- und 511-m-Sohle)								
	• Steinsalz	-0,12 (1) – 0,61 (2)	1,19 – 2,54 (3),(4)	0,18	1,69 (4)	0,00 (1) (5) – 0,58 (2)	0,92 – 2,26 (3),(6)	0,12	1,44 (6)
2	Südflanke Wendelstrecke (490- bis 700-m-Sohle)								
	• Steinsalz	-0,11 (7) – 0,89	0,12 – 0,89	0,19	0,35	-0,01 (8) – 1,18	0,09 – 0,77	0,24	0,32
	• Carnallitit	0,33 – 1,81	0,66 – 2,74	0,90	1,46	0,17 – 1,76	0,59 – 2,76	0,89	1,55
3	Südflanke Söhlige Strecken (9) (490- bis 725-m-Sohle)								
	• Steinsalz	-0,02 (10) – 1,67	0,30 – 2,09	0,65	0,82	0,27 – 1,61	0,22 – 1,84	0,72	0,88
	• Carnallitit	1,05 – 2,78	2,10 – 4,61	1,73	3,06	1,08 – 2,89	2,36 – 4,70	1,82	3,34
4	Sattelkern Streckensysteme (700- bis 775-m-Sohle)								
	• Steinsalz	0,15 – 0,90	-0,06 (11) – 1,87	0,41	0,79	-0,01 (12) – 0,81	-0,02 (13) – 1,89	0,40	0,90
	• Carnallitit	-0,04 (14) – 4,08	0,46 – 3,87	0,93	1,52	-0,19 (14) – 3,88	0,65 – 4,75	0,89	1,80
5	Sattelkern ELK 7/725 (Na2) (725-m-Sohle)								
	• Steinsalz	0,42 (15),(16)	–	–	–	0,32 (15),(16)	–	–	–
6	Sattelkern Füllortbereich (490- und 750-m-Sohle)								
	• Steinsalz	0,68 – 2,04	–	1,34	–	-0,47 (17) – 1,89	0,98 – 2,54	0,84	1,61
7	Südflanke Streckensysteme (750-m-Sohle)								
	• Steinsalz	1,02 (16)	–	–	–	1,00 (16)	–	–	–

(1) Divergenz (E-Werkstatt auf der 490-m-Sohle, Messstrecke 4927-4928).

(2) Ab 2016 werden auch die Messwerte in horizontal streichender Richtung berücksichtigt.

(3) Die vertikalen Konvergenzen werden nur im Abbau 3/490 erfasst.

(4) Werte bezogen auf die Abbaukontur ohne Salzversatz. Bezogen auf die Messstrecke ergeben sich Verformungsraten von 3,64 bis 8,52 ‰/a (Mittelwert 5,57 ‰/a).

(5) Am Messquerschnitt 4913–4932 beträgt die Verformungsrate im Jahr 2019 –0,008 ‰/a.

(6) Werte bezogen auf die Abbaukontur ohne Salzversatz. Bezogen auf die Messstrecke ergeben sich Verformungsraten von 2,81 bis 7,58 ‰/a (Mittelwert 4,78 ‰/a).

(7) Divergenz im Leinesteinsalz in der Wendelstrecke auf der 511-, 532- und 574-m-Sohle, Messquerschnitte K003, K004 und K007.

(8) Divergenz im Leinesteinsalz in der Wendelstrecke auf der 511-m-Sohle, Messquerschnitte K003.

(9) Abbaubegleitstrecken und die Querschläge auf der 700-m-Sohle zum BS3 sowie 725-m-Sohle nach Norden.

(10) Divergenz in der Abbaubegleitstrecke im Bereich Abbau 7/616 (Messquerschnitt K010).

(11) Divergenz in der Sattelrichtstrecke auf der 750-m-Sohle, Messquerschnitt T1.

(12) Divergenz in der nördl. Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle, Messquerschnitt K051.

(13) Divergenz in der Wendelstrecke auf der 700- zur 725-m-Sohle, Messquerschnitt K17.

(14) Divergenz in der Wendelstrecke 725- zur 750-m-Sohle, Messquerschnitt K047 horizontal 2.

(15) Die horizontalen Konvergenzen werden nur in querschlägiger Richtung erfasst.

(16) Nur eine Messstrecke aktiv.

(17) Divergenz an den Messquerschnitten 7515–7516 und 7517–7519 auf der 750-m-Sohle

Rückgang der Verformungsrate ≤0,3 ‰/a

Unveränderte Verformungsrate ±0,3 ‰/a

Anstieg der Verformungsrate ≥0,3 ‰/a

kein Vergleich möglich

2.3 Versatzdruckmessungen

2.3.1 Messziel

Ziel der Versatzdruckmessungen ist die Erfassung, ob und in welchem Maße sich ein Versatzdruck in den versetzten Abbauen im Baufeld an der Südflanke aufbaut, der dem Entfestigungsprozess in den Tragelementen entgegenwirkt und das Tragsystem insgesamt stabilisiert.

2.3.2 Messsysteme

Da die Stützwirkung des eingebrachten Versatzes von erheblicher Bedeutung für die Stabilisierung des Tragsystems ist, wurden Versatzdruckmesssysteme in sieben Abbauen auf der 616-m-Sohle und je eins in den Abbauen 7/595, 7/637, 7/658 und 9/637 instrumentiert (s. Anhang 4.2 auf Blatt 282). In jedem der Abbaue wurden jeweils zwei Messquerschnitte eingerichtet. Ein Messquerschnitt besteht aus einer Versatzdruckmonitorstation (VM) und einem Versatzdruckgeber (VD). Eine Versatzdruckmonitorstation besteht jeweils aus drei Spannungsgebern, welche in einem Rahmen orthogonal nach den drei Hauptraumrichtungen ausgerichtet sind. In Anhang 4.1 auf Blatt 281 wird in Form einer Prinzipskizze der Aufbau einer Versatzdruckmonitorstation und eines Versatzdruckgebers aufgezeigt.

2.3.3 Durchführung der Messungen

Die Versatzdruckmessungen werden seit 1998 im Baufeld der Südflanke durchgeführt. Im Rahmen dieses Berichtes wird die Versatzdruckentwicklung vom 01.01.2019 bis 31.12.2019 dokumentiert.

Von den insgesamt 88 Messstellen wurden bisher 48 Messstellen auf eine hydraulische Messwertabfrage umgestellt. Derzeit befinden sich 18 hydraulische und 19 pneumatische Messstellen im Routinemessbetrieb. Aufgrund von Leitungsschäden mussten einige der Spannungsgeber aufgegeben werden. Diese Defekte sind im Wesentlichen auf die erheblichen Konvergenz- und Kompaktionsprozesse des Versatzkörpers zurückzuführen. Die Messwerterfassung erfolgt automatisch im 4-Tage-Rhythmus. Die Daten werden auf dem Geotechnik-Server verwaltet. Seit Mitte 2014 erfolgt die Datenübertragung von unter nach über Tage mittels eines Lichtwellenleiterkabels.

Die Plausibilitätsprüfung der Rohdaten und Eliminierung messtechnischer Effekte erfolgt in der Regel monatlich. Die Auswertung der Versatzdruckmessungen erfolgt einmal im Quartal im Hinblick auf signifikante Veränderungen. Die Messwerte, welche aufgrund der Plausibilitätsprüfung in der Auswertung nicht berücksichtigt werden, erhalten die Kennzeichnung „inaktiv" zum Zeitpunkt des letzten glaubhaften Messwerts. Der Verlauf der zeitlichen Druckentwicklung wird jedoch weiter beobachtet und ggf. zu einem späteren Zeitpunkt wieder in die Auswertung integriert. In den graphischen Darstellungen werden die Zeitspannen von nicht berücksichtigten Werten durch eine Lücke dargestellt.

2.3.4 Darstellung der Messergebnisse

Für die Bewertung der Versatzdruckentwicklung wurden nur Messwerte betrachtet, welche einen signifikanten Druckaufbau (größer 0,1 MPa) zeigen. Dies betrifft 21 von 37 aktiven Messstellen. Die mittleren Versatzdruckmesswerte im Berichtszeitraum (01.01.2019 bis 31.12.2019) dargestellt auf dem Schnitt 1 (im Streichen des Asse-Sattels) mit Angabe der Versatzeinbringung zeigt Anhang 4.2 auf Blatt 282. Die zeitlichen Entwicklungen der Versatzdruckwerte sind beispielhaft für den Messquerschnitt 1 im

KOM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Abbau 7/595 in Anhang 4.3 auf Blatt 283 und für den Messquerschnitt 2 im Abbau 4/616 in Anhang 4.4 auf Blatt 284 dargestellt.

Im Jahr 2019 erfolgte eine komplette Revision der Messwerterfassung und ein Versionsupdate der registrierenden Anlage. Dabei wurden die Messleitungen mit dem jeweiligen verwendeten Messmedium (Hydrauliköl oder Druckluft) beaufschlagt und auf Durchgang – jeweils über die Druck- und Rückleitung – geprüft. Für die Dauer der Revisionsarbeiten wurde die automatische Messwerterfassung deaktiviert.

Tabelle 2.5: Versatzdruckverteilung im Berichtszeitraum

Sohle	Abbau	Bezugs-messung	Mess-dauer	Maximum 12/19		Maximum 01/19-12/19	Minimum 12/19		Mittel*) 01/19-12/19	
			[a]	Betrag [MPa]	Richtung	Änderung [MPa]	Betrag [MPa]	Richtung	Betrag [MPa]	Änderung [MPa]
595-m-S	7	19.05.1998	21,6	0,26	hq	-0,02	0,11	vertikal	0,23	-0,10
616-m-S	1	11.09.1998	21,3							
	2	11.09.1998	21,3	0,69	hq	0,08	0,20	vertikal	0,31	0,08
	4	19.05.1998	21,6	0,47	vertikal	0,01	0,15	vertikal	0,24	0,01
	5	04.12.1997	22,1							
	7	03.12.1997	22,1	0,60	hq	0,03	0,12	hs	0,12	0,02
	8	14.10.1997	22,2	0,48	hq	0,10	0,17	hq	0,32	0,05
	9	19.05.1998	21,6	0,15	hs	0,03	0,13	vertikal	0,13	0,02
637-m-S	7	20.11.1997	22,1	0,16	hq	0,01	**)		0,15	0,01
	9	24.06.1997								
658-m-S	7	22.08.1997	22,4	0,82	vertikal	0,35	0,23	hq	0,50	0,12
Mittelwert				0,41			0,16		0,25	

*) Mittelwert über alle Messwerte im betrachteten Zeitraum, welche > 0,1 MPa sind.

**) Nur eine Messstelle mit signifikanten Werten > 0,1 MPa

Anstieg größer 0,1 MPa
nahezu unverändert

keine signifikanten Messwerte
Messgeräte inaktiv

Fazit

Durch die zunehmende Verformung der Versatzkörper sind bereits erhebliche Beschädigungen an den Messsystemen festzustellen. Dies schränkt die Aussagefähigkeit der Messergebnisse insgesamt ein. Aus diesem Grund wird in Anhang 4.2 auf Blatt 282 der Mittelwert aller signifikanten Messstellen im Berichtszeitraum dargestellt. Auf diese Weise kann trotz der bereits genannten Einschränkungen die Versatzdruckentwicklung bewertet werden.

Aus den Versatzdruckmessungen in 9 Abbauen im Baufeld an der Südflanke ergeben sich im Mittel maximale Versatzdrücke von 0,4 MPa (s. Tabelle 2.5).

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Aus Anhang 4.2 auf Blatt 282 ist ersichtlich, dass der Versatzdruck-Mittelwert aller signifikanten Messstellen im Berichtszeitraum bei ca. 0,3 MPa liegt.

Im Berichtszeitraum sind die mittleren Versatzdrücke (Mittelwert über die Änderungen) gegenüber dem Jahr 2018 nahezu unverändert [13].

Da inzwischen dreiviertel der Abbaue im Baufeld der Südflanke mit Sorelbeton nachverfüllt wurden und weiterhin eine konvergenzbedingte Volumenkompaktion stattfindet, ist von einer geringfügig fortschreitenden Stützwirkung des Versatzes auf die Pfeiler auszugehen. Messtechnisch kann dies in den Versatzdrücken jedoch nicht eindeutig belegt werden. Jedoch sind die steigenden Gebirgsspannungen in streichender und vertikaler Richtung (s. Abschnitt 2.1 ab Blatt 15) ein erstes Indiz hierfür.

Bei dem Versatzmaterial handelt es sich um kompaktierten Salzgrus, welcher längerfristig noch keine relevanten Effektivspannungen abtragen kann. Somit sind auch weiterhin Druckabfälle in Verbindung mit Bruchvorgängen im Versatz zu erwarten. Dies betrifft insbesondere Abbaue im Westflügel des Baufeldes an der Südflanke, in denen überwiegend noch keine Firstspaltverfüllung mit Sorelbeton durchgeführt wurde.

2.4 Mikroseismische Überwachung

2.4.1 Messziele

Wesentliche Ziele der mikroseismischen Überwachung sind das frühzeitige Erkennen möglicher sicherheitlich relevanter Bruchvorgänge im Grubengebäude sowie die indirekte Beobachtung des nicht zugänglichen grubennahen Deckgebirges bzw. der nicht zugänglichen grubennahen Umgebung, um in Verbindung mit den Ergebnissen weiterer geowissenschaftlicher und markscheiderischer Messungen, Monitoring und Modellierungen eine gebirgsmechanische Gesamtbewertung des Grubengebäudes und seiner Umgebung zu ermöglichen.

Der Begriff „mikroseismisches Ereignis“ bezeichnet das Entstehen elastischer Wellen durch Deformations-, Entspannungs- und Bruchvorgänge im Gestein. Im Rahmen der mikroseismischen Überwachung sind Herdorte, Herdzeitpunkte und Stärken bzw. Magnituden der mikroseismischen Ereignisse zu bestimmen und zu interpretieren. Weiterhin stützen sich die Interpretationen auf die räumliche und zeitliche Verteilung der Mikroseismizität sowie deren Veränderung, die kumulative Energie, die Magnituden-Häufigkeits-Verteilung und die seismische Leistung (kumulative Energie pro Zeit).

Die wesentlichen Ursachen der Mikroseismizität im Bereich des Grubengebäudes und seiner Umgebung sind in Zeiträumen ohne bergmännische Aktivitäten (Betriebsruhephasen) fast ausnahmslos gebirgsmechanische Riss- bzw. Mikrorissbildungen aufgrund von:

- Bruchvorgängen im Gesamttragsystem;
- Entstehung und Entwicklung von Schädigungsbereichen im Deckgebirge;
- Deformationen im grubennahen Deckgebirge;
- Spannungsumlagerungen infolge des ablaufenden Entfestigungsprozesses auf noch tragende Elemente und das angrenzende Deckgebirge;
- Wiederbelastung stark entfestigter Bereiche aufgrund von Verfüllmaßnahmen.

In Betriebszeiten kommen direkt durch bergmännische Aktivitäten verursachte Ereignisse hinzu, die jedoch oftmals schwierig von gebirgsmechanischen Ereignissen zu unterscheiden sind. Daher werden im Folgenden hauptsächlich in den Betriebsruhezeiten detektierte mikroseismische Ereignisse betrachtet.

Beobachtet wird der Prozess der Rissbildung, d. h. die aktuell stattfindende Schädigung durch Rissbildung. Die, den mikroseismischen Ereignissen zugrundeliegenden, Prozesse können sowohl für die Tragfähigkeit des Grubengebäudes als Ganzes und lokal für arbeitssicherheitliche Bewertungen als auch für die Ausbildung von Fließwegen relevant sein. Die mikroseismische Überwachung liefert Indizien zum Feststellen von Rissneubildungen oder Wiederaktivierung bereits vorhandener Risse, die als potentielle Fließwege in Frage kommen.

2.4.2 Messsystem

Mikroseismisches Messnetz

Mit dem mikroseismischen Messnetz, bestehend aus 28 untertägigen 3-Komponenten-Sonden und einer 3-Komponenten-Sonde in der Bohrung Remlingen 6, wird die mikroseismische Aktivität im Grubengebäude und seiner Umgebung einschließlich des grubennahen Deckgebirges überwacht. Die Positionen der mit je 3 orthogonal zueinander ausgerichteten 30-Hz-Sensoren ausgestatteten Mikroseismiksonden sind in Anhang 5.1 auf Blatt 285 dargestellt.

Das Netz wurde im Berichtszeitraum 2019 (Abschnitt 2.4.4 auf Blatt 40) bzw. Kalenderjahr 2019 gegenüber dem Berichtszeitraum 2018 [13] geringfügig geändert:

- Die Station „S-750-S-03“ (alter Name: „MS 24“) südlich des Abbaus 3/750 ist am 4. Oktober 2018 dauerhaft ausgefallen [13], so dass seitdem anstatt 29 nur noch 28 Stationen in Betrieb sind.
- Die modulare Sonde der Station „S-595-N-02“ wurde zwischen dem 10. April 2019 und 13. Mai 2019 gegen eine wenige Meter weiter in der gleichen Bohrung platzierte Bohrlochstation getauscht.

Es bestanden folgende nur vorübergehende Ausfälle und Änderungen:

- Die Stationen „S-750-Z-01“ („MS 01“), „S-775-W-01“ („MS 02“), „S-750-W-02“ („MS 04“) und „S-800-S-03“ („MS 09“) waren vom 14. Januar bis zum 4. Februar 2019 nach Beschädigung eines Kabelstranges im Rahmen von Bohrarbeiten außer Betrieb.
- Die Station „S-574-W-01“ („MS 15“) war vom 2. April bis zum 15. Mai 2019 aufgrund eines defekten Kabels außer Betrieb.
- Die Station „S-553-S-01“ („17“) war innerhalb des Berichtszeitraums mehrfach (teilweise mehrere Wochen) außer Betrieb oder wegen hohen Rauschpegels nicht nutzbar.

Erfassung der mikroseismischen Daten

Gegenüber 2017 [16] und 2018 [13] gab es an den Erfassungsanlagen und der Ereignisdetektion und Aufzeichnung keine wesentlichen Änderungen. Die Gesamtzahl der Triggerungen (Ereignisdetektionen) hängt außer von der Anzahl gebirgsmechanischer Ereignisse auch stark von der Anzahl der direkt durch bergmännische Aktivitäten hervorgerufenen Ereignisse ab. Die kalendermonatliche Anzahl der Detektionen seit Juli 2007 ist in Anhang 5.2 auf Blatt 286 graphisch dargestellt.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

2.4.3 Durchführung der Messungen und Auswertungen

Die Mikroseismik ist ein passives, zerstörungsfreies und indirektes Messverfahren. Es werden nicht nur Ereignisse in unmittelbarer Nähe der einzelnen Sonden erfasst, sondern im vom Messnetz umspannten Volumen und in der Umgebung des Messnetzes. Messdurchführung und -auswertung erfolgten im Berichtszeitraum 2019 weitgehend wie im Berichtszeitraum 2016 [17], 2017 [16] und 2018 [13], jedoch wurden Ereignisse während Zeiträumen ohne bergmännische Aktivitäten („Betriebsruhephasen") ab Oktober 2018 zur Verbesserung von Sensitivität und Genauigkeit vollständig manuell ausgewertet. Während der letzten drei Berichtszeiträume (2016 bis 2018) wie in [13] wurden nur ausgewählte Ereignisse manuell ausgewertet. Automatische und manuelle Auswertung im Vergleich und die Genauigkeit wurden z. B. in [13], [17] und [18] diskutiert.

Aufgrund der Überarbeitung einzelner Auswerteergebnisse, durch geringfügige Korrekturen von Übertragungsfehlern in Arbeitszeitlisten und in den Koordinaten der Station S-595-N-02 vor Mai 2019 (vgl. [13] und Anhang 5.1 auf Blatt 285), sowie kleinen Änderungen bei der Auswahl der zur Magnitudenberechnung herangezogenen Stationen gibt es leichte Unterschiede zwischen den in den vorangegangenen Jahresberichten und den in diesem Bericht gezeigten Ergebnissen. Diese geringfügigen Änderungen haben keinen Einfluss auf die Gesamtinterpretation und Bewertung der mikroseismischen Monitoringergebnisse.

Direkt durch bergmännische Aktivitäten verursachte, induzierte und getriggerte Ereignisse

Unter direkt arbeitsbedingten Ereignissen werden hier nur Ereignisse verstanden, deren Hauptursache Arbeiten sind und die sich sowohl in unmittelbarer zeitlicher als auch räumlicher Nähe der Arbeiten ereignet haben. Solche Ereignisse sind in der Betriebsruhe weitgehend ausgeschlossen. Mit induzierten Ereignissen sind hier Ereignisse gemeint, für die bergmännische Arbeiten eine wesentliche Ursache sind, die sich jedoch räumlich oder zeitlich nicht in unmittelbarer Nähe der Arbeiten ereignet haben. Daneben gibt es insbesondere auch Ereignisse, die durch Arbeiten ausgelöst („getriggert") werden, für die die Arbeiten jedoch nicht die Hauptursache sind. Diese wären ansonsten sehr wahrscheinlich in ähnlicher Form später aufgetreten.

Typische Randbedingungen für durch bergmännische Aktivitäten zeitnah getriggerte Mikroseismizität, wie auch für das Auftreten anderer gebirgsmechanischer Ereignisse, sind (vgl. z. B. [19]):

- Vorhandensein geologisch vorgeprägter Trennflächen (z. B. Sulfatlagen, Anhydritbereiche),
- deutliche, zumeist gebirgsmechanisch bedingte Vorschädigung,
- hohe gebirgsmechanische Belastung,
- ungünstiges Hohlraumprofil und
- lange Standzeit.

Ergänzende seismologische und mikroakustische Überwachung

Ergänzend zur Überwachung der lokalen Mikroseismizität wird die regionale Seismizität ab Magnituden von etwa 2 insbesondere durch den Niedersächsischen Erdbebendienst (LBEG Hannover) überwacht. Es wurden auch 2019 im Bereich der Asse weiterhin keine solchen Ereignisse beobachtet.

Die auf der 490-m-Sohle betriebene Breitbandseismometer-Station „Asse" im Deutschen Seismologischen Regionalnetz, die ab Mai 2018 aus betrieblichen bzw. technischen Gründen außer Betrieb

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

war [13], wurde am 19. Februar 2019 mit einem neuen Breitbandseismometer vom Typ „STS-2.5" wieder in Betrieb genommen. Sie dient neben der Verbesserung von Sensitivität und Genauigkeit der seismologischen Überwachung im weiteren Umfeld der Asse auch der Beobachtung tieffrequenter, auf das Grubengebäude einwirkender Schwingungen.

Durch das ergänzende mikroakustische Monitoring der Firsten der Abbaue 3/490 und 4/490 (Abschnitt 2.5 auf Blatt 51 ff) werden in diesem Bereich zusätzlich auch sehr schwache und hochfrequente Ereignisse beobachtet.

2.4.4 Ergebnisse der mikroseismischen Überwachung

Diesem Bericht zugrundeliegende Datenbasis

Der aktuelle Berichtszeitraum 2019 umfasst primär die Mikroseismizität im Zeitraum vom 1. Oktober 2018 bis zum 30. September 2019.

Es werden vorrangig manuelle Auswerteergebnisse betrachtet. Zur besseren Vergleichbarkeit mit dem vorherigen Berichtszeitraum [13] werden zusätzlich automatische Auswerteergebnisse herangezogen.

Für Zeiträume ohne bergmännische Aktivitäten liegen manuelle Auswerteergebnisse vollständig vor. Außerhalb dieser Zeiträume wurden zusätzlich, anhand der automatischen Auswertung als relativ stark und gebirgsmechanisch eingeschätzte, Ereignisse ab einer Lokalmagnitude von −1,5 manuell ausgewertet.

Dieser Bericht basiert auf den manuellen (und automatischen) Auswerteergebnissen überwiegend für Zeiträume ohne bergmännische Aktivitäten (s. Anhang 5.3 auf Blatt 287). Für statistische Auswertungen, wie z. B. mikroseismische Raten, werden die in den Zeiträumen ohne bergmännische Aktivitäten aufgezeichneten Ereignisse hochgerechnet auf den gesamten Berichtszeitraum, worauf im Folgenden nicht immer explizit hingewiesen wird.

Viele Darstellungen in Anhang 5.1 bis Anhang 5.13 (Blätter 285 bis 338) enthalten Auszüge aus dem Risswerk (vgl. [20]) als Hintergrundbilder. Diese Hintergrundbilder sind zur räumlichen Orientierung eingeblendet, aber nicht aktuell, und daher nur schematisch zu betrachten.

2.4.4.1 Übersicht über die Ergebnisse der mikroseismischen Überwachung

Im Berichtszeitraum 2019 wurden während Betriebsruhephasen im gesamten überwachten Bereich insgesamt 1262 mikroseismische Ereignisse automatisch und 1674 mikroseismische Ereignisse manuell lokalisiert. Unter Berücksichtigung des leichten Anstiegs des Betriebsruheanteils an der Gesamtzeit auf knapp 24 % (s. Anhang 5.3 auf Blatt 287), ergibt sich auf Basis der automatischen Auswertung ein Rückgang der Gesamtereignisrate gegenüber dem Berichtszeitraum 2018 von etwa 6 % (vgl. Tabelle 2.6 auf Blatt 41 bzw. Anhang 5.6, Bild 16 auf Blatt 299). Diesen Rückgang spiegelt auch die Gesamtereignisrate der automatischen Auswertung hochgerechnet aus Betriebsruhezeiten wider (vgl. Anhang 5.6 auf Blatt 298). Detaillierte Werte finden sich in Tabelle 2.6 auf Blatt 41, Anhang 5.3 auf Blatt 287, Anhang 5.6, Bild 16 auf Blatt 299. Trotz dieses abnehmenden Trends hat sich die mittlere Ereignisrate langfristig betrachtet seit dem Berichtszeitraum 2009 etwa verdreifacht.

Tabelle 2.6: Anzahl der im gesamten überwachten Bereich insgesamt bzw. zu Zeiten ohne bergmännische Aktivitäten automatisch lokalisierten Ereignisse in den Berichtszeiträumen 2016 bis 2019. Die vierte Spalte zeigt die aus Betriebsruhezeiten auf die Gesamtzeit hochgerechnete Anzahl mikroseismischer Ereignisse, die im Unterschied zur zweiten Spalte keine direkt arbeitsbedingten Ereignisse enthält.

Berichtszzeitraum	Gesamtzeit	Betriebsruhe	hochgerechnet auf die Gesamtzeit
2019	16123	1262	5229
2018	21299	1278	5559
2017	26201	1308	5485
2016	27420	1441	5452

Die kumulative Energie zeigt im Vergleich zum Vorjahr einen steileren Anstieg und die seismische Leistung zeigt entsprechend im Berichtszeitraum 2019 einige starke temporäre Anstiege (Anhang 5.6, Bild 14 auf Blatt 298 und Anhang 5.6, Bild 15 auf Blatt 298). Im Berichtszeitraum 2019 ist, im Gegensatz zum vorjährigen Trend, eine Zunahme der Anzahl relativ starker Ereignisse im Verhältnis zur Anzahl relativ schwacher Ereignisse zu beobachten (s. Anhang 5.6 auf Blatt 298), so dass die Zunahme starker Ereignisse ausschlaggebend für die Entwicklung der kumulativen Energie ist.

Die weiterhin hohe mikroseismische Aktivität weist auf eine insgesamt weiterhin fortschreitende Schädigung hin.

Die mikroseismischen Ereignisse verteilten sich im Berichtszeitraum 2019, wie auch schon in den Vorjahren (s. z. B. [21], [22], [19], [17], [16] und [13]), nicht gleichmäßig über das Grubengebäude und seine Umgebung, sondern traten vielfach in Form mikroseismischer Cluster, d. h., in räumlichen und teilweise auch zeitlichen Häufungen, auf (s. Anhang 5.4 auf Blatt 288). Ausgeprägte lokale Häufungen deuten auf einen großen Einfluss lokaler Besonderheiten hin. Manche korrelieren mit bergmännischen Aktivitäten wie z. B. Betonagen. In der Gesamtbetrachtung korreliert die mikroseismische Aktivität jedoch nicht mit dem jeweils eingebrachten Betonvolumen (vgl. [17]). Der durch Betonagen verursachte Wärme- und Feuchteeintrag allein liefert damit keine plausible Erklärung für die hohe Gesamtereignisrate.

Insbesondere im Bereich der unteren Sohlen, um die 725- und 750-m-Sohle, wurden viele Ereignisse beobachtet (vgl. z. B. Anhang 5.5 auf Blatt 297). Auf die beiden seit einigen Jahren beobachteten, sehr ausgeprägten lokalen Häufungen bei der ELK 4/750 (vgl. Abschnitt 2.4.4.7 auf Blatt 45) und der ELK 6/750 (vgl. Abschnitt 2.4.4.8 auf Blatt 46) entfiel weiterhin ein großer Teil der mikroseismischen Ereignisse im Bereich der Schachtanlage Asse II. Die 2018 neu entstandene Häufung mikroseismischer Ereignisse beim westlichen Abschnitt der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle zeigte im aktuellen Berichtszeitraum bis Januar 2019 noch hohe Aktivität und ist seitdem rückgängig. Darüber hinaus gab es weitere weniger ausgeprägte, aber dennoch relevante Häufungen in Infrastrukturbereichen und an den Baufeldrändern.

Die im Rahmen der besonderen Überwachung der Firstspaltverfüllung (vgl. Kapitel 3 auf Blatt 59 sowie Abschnitt 2.4.4.11 auf Blatt 50) betrachtete Ereignisrate für den gesamten überwachten Bereich mit Ausnahme der Cluster bei der ELK 4/750 und der ELK 6/750 lag im Berichtszeitraum 2018 bis Februar 2019 nahezu durchgängig über der Meldeschwelle. Trotz einer weiteren Überschreitung im April 2019 ist anschließend insgesamt ein rückgängiger, von temporären Fluktuationen überlagerter, Trend erkennbar (s. Anhang 5.7 auf Blatt 300).

2.4.4.2 Mikroseismizität am oberen Baufeldrand

Am oberen Baufeldrand fällt vor allem der östliche obere Baufeldrand durch erhöhte mikroseismische Aktivität auf. Weitere Ereignisgruppen wurden am westlichen oberen Baufeldrand im südlichen Bereich

bzw. südlich des Abbaus 4/490, im Bereich des Abbaus 3/490 und westlich oberhalb des Grubengebäudes, am zentralen oberen Baufeldrand südlich Abbau 6 bzw. 7/511 und im Bereich offener Strecken nördlich Abbau 6 bzw. 7/511 registriert (s. Anhang 5.8 auf Blatt 301, Anhang 5.8 auf Blatt 302, Anhang 5.8 auf Blatt 303).

Die hohe mikroseismische Aktivität Anfang des Berichtszeitraums am östlichen oberen Baufeldrand ist in Zusammenhang mit der Verfüllung der Abbaue 9a/532 und 9b/532 und der Nachverfüllung der bogenförmigen Verbindungsstrecke zwischen den Abbauen 9/532 und 9b/532 ab August 2018 zu sehen (s. Blatt 304). Im November 2018 ist ein deutliches Maximum der Ereignisraten am oberen Baufeldrand erkennbar.

Mikroseismizität am westlichen oberen Baufeldrand

Von Ende September 2018 bis Februar 2019 wurde ein temporäres Cluster mikroseismischer Ereignisse im Zusammenhang mit der Errichtung eines Stützbauwerks im südlichen Bereich und südlich des Abbaus 4/490 (Betonagezeitraum: Ende September 2018 bis Mitte Oktober 2018) beobachtet.

Die bis Februar 2019 anhaltende starke mikroseismische Reaktion beim Abbau 4/490 deutet auf starke Vorschädigung und eine weiterhin hohe Belastung hin. Es wurde nach Februar 2019 weiterhin erhöhte mikroakustische Aktivität in Bauwerksnähe beobachtet (vgl. Abschnitt 2.5 auf Blatt 51).

Vorrangig im Juli und August 2019 wurden einige mikroseismische Ereignisse im südöstlichen Bereich des Abbaus 3/490 bzw. im Bereich des angrenzenden Pfeilers 3/4 lokalisiert (s. Anhang 5.8 auf Blatt 302).

Im Januar, Mai und Juni 2019 wurden einzelne mikroseismische Ereignisse deutlich westlich oberhalb des Grubengebäudes beobachtet. Im Rahmen der Lokalisierungsgenauigkeit ist nicht eindeutig festzustellen, ob die Ereignisse beim Übergang Salz-Deckgebirge bis ins Deckgebirge reichen.

Mikroseismizität am zentralen oberen Baufeldrand

Über den Berichtszeitraum verteilt ist eine kleine Ereignishäufung südlich der Abbaureihen 6 und 7 im Bereich der 511- bis zur 490-m-Sohle erkennbar (s. Anhang 5.8 auf Blatt 302).

Mikroseismizität am östlichen oberen Baufeldrand

Das bereits in den Vorjahren beobachtete Cluster am östlichen oberen Baufeldrand, das seinen Schwerpunkt etwa südlich des Abbaus 9/511 hat und sich bis in den Buntsandstein erstreckt (z. B. [19], [17], [16]), [13] war auch im Berichtszeitraum 2019 weiter aktiv (s. Anhang 5.8 auf Blatt 301 ff). Beim östlichen Abschnitt des südlichen oberen Baufeldrands werden anteilig mehr relativ starke Ereignisse beobachtet als im zentralen und im westlichen Abschnitt.

Im Bereich östlich der Abbaureihe 9 bzw. des Blindschachts 3 wurden auf den oberen Sohlen, verteilt über den Berichtszeitraum 2019, einige mikroseismische Ereignisse beobachtet.

Am 4. Februar 2019 wurde nördlich des Abbaus 9/490, in Verlängerung der nördlichen Richtstrecke, ein mikroseismisches Ereignis der Lokalmagnitude -0.7 lokalisiert.

Durch die Verfüllung der Abbaue 9a/532 und 9b/532 von Mitte August 2018 bis in die zweite Septemberhälfte 2018 und die Nachverfüllung der bogenförmigen Verbindungsstrecke im Sohlenniveau zwischen

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

den Abbauen 9/532 und 9b/532 in der zweiten Septemberhälfte 2018 wurde eine Ereignishäufung in der Nähe der verfüllten Bereiche ausgelöst. Die Ereignisse häufen sich insbesondere bei der Verbindungsstrecke im September 2018 und Oktober 2018 und bewirken noch im November 2018 eine starke Erhöhung der Ereignisrate in diesem Bereich. Anschließend ist die mikroseismische Aktivität, ab Dezember 2018, in diesem Bereich sehr deutlich zurückgegangen.

Die Biegung des Deckgebirges über den „harten" Übergang vom Unverritzten zu den Abbauen am oberen östlichen Baufeldrand ist eine wesentliche Ursache für die südlich und südöstlich des Grubengebäudes beobachtete Mikroseismizität. Geologische und tektonische Einflüsse (z. B. Störungen) sind weitere mögliche Ursachen. Betonagen in Bereichen mit starker Vorschädigung und Belastung sind oft Auslöser vieler, teils auch relativ starker Ereignisse, deren Hauptursache allerdings in der Vorschädigung und der hohen Belastung liegt.

Mikroseismizität nördlich des Baufelds an der Südflanke im Bereich der oberen Sohlen

Während der Betriebsruhephasen wurden im Berichtszeitraum 2019 wenige Ereignisse nördlich des Baufelds an der Südflanke im Bereich der oberen Sohlen lokalisiert (s. Anhang 5.8).

Für die manuell nordöstlich bzw. nördlich des Abbaus 9/511 lokalisierten Ereignisse (Anhang 5.4 auf Blatt 288ff) ist eine gebirgsmechanische Ursache im Zusammenhang mit dem Risssystem bei den Nebenabbauen auf der 532-m-Sohle wahrscheinlich.

2.4.4.3 Mikroseismizität auf den mittleren Sohlen

Die mikroseismische Aktivität im Bereich der mittleren Sohlen wurde im Berichtszeitraum 2019 durch eine Ereignisgruppe mit Zentrum nördlich des Abbaus 4/637 Ende 2018 und Anfang 2019 dominiert, die in Folge von bergmännischen Aktivitäten im Bereich der Wendelstrecke in diesem Bereich auftrat (s. Anhang 5.8 auf Blatt 309).

Mikroseismizität bei Abbaureihe 1 und Blindschacht 1 (553- bis 616-m-Sohle), insbesondere beim Abbau 1/574

Es wurden einzelne mikroseismische Ereignisse im Bereich der Abbaureihe 1 und des Blindschachts 1 (553- bis 616-m-Sohle) sowie beim Abbau 1/574 lokalisiert, darunter auch drei Ereignisse nordöstlich des Abbaus 1/574 mit Lokalmagnituden größer gleich -1.1 im Juni 2019 (vgl. Anhang 5.8 auf Blatt 305, Anhang 5.8 auf Blatt 306, Anhang 5.8 auf Blatt 307, Anhang 5.8 auf Blatt 308, [13]).

Mikroseismizität bei Abbaureihe 1 und Blindschacht 1 (637-m-Sohle)

Im Bereich des Blindschachts 1 bzw. westlich bis nordwestlich des Abbaus 1 auf der 637-m-Sohle wurde eine lokale Ereignishäufung beobachtet (s. Anhang 5.8 auf Blatt 309).

Mikroseismizität nördlich und nordöstlich der Abbaureihe 9 im Bereich der 553- bis zur 616-m-Sohle und im Bereich des Blindschachts 3

Im Bereich nördlich und nordöstlich der Abbaureihe 9 wurde im Berichtszeitraum 2019 eine Gruppe von mikroseismischen Ereignissen im Bereich der 553- bis zur 616-m-Sohle lokalisiert, wobei die Hauptaktivität im Bereich der 595-m-Sohle lag (s. Anhang 5.8 auf Blatt 305, Anhang 5.8 auf Blatt 306, Anhang 5.8 auf Blatt 307, Anhang 5.8 auf Blatt 308). Die Ereignisse sind verteilt über den Berichtszeitraum beobachtet worden, so dass unterschiedliche betriebliche Arbeiten als Auslöser in Betracht zu ziehen sind, aber auch die Lage am Übergang vom Carnallitit/Steinsalz und mögliche Feuchtigkeit.

Mikroseismizität nördlich der Abbaureihen 3 bis 5 auf der 637- und 658-m-Sohle, beim Pfeiler 4/5 auf der 637-m-Sohle und beim Querschlag zum Schacht 2

Im Berichtszeitraum 2019 war insbesondere der Bereich nördlich des Abbaus 4/637 sowie beim Pfeiler 4/5 auf der 637-m-Sohle mikroseismisch sehr aktiv (s. Anhang 5.8 auf Blatt 309). Die Ereignisgruppe erstreckt sich bis in den östlichen Bereich der Abbaureihe 3 und den westlichen Bereich der Abbaureihe 5, nördlich der Abbaue selbst, sowie bis zur 658-m-Sohle. Das Zentrum der Aktivität lag im Bereich der 637-m-Sohle. Die Aktivität lässt sich nicht mehr, wie in den Vorjahren, eindeutig in einzelne Ereignisgruppen aufteilen. Die Ereignisse in diesem sichtbar vorgeschädigten Bereich wurden zumindest teilweise durch bergmännische Aktivitäten wie Sanierungen im Bereich der Wendelstrecke ausgelöst. Die deutlichen mikroseismischen Reaktionen auf bergmännische Aktivitäten weisen auf die Vulnerabilität dieses Bereichs hin.

Die unmittelbare Umgebung der Hauptlösungsfassungsstelle im Abbau 3/658 hat in Betriebsruhezeiten des Berichtszeitraums 2019 keine mikroseismischen Auffälligkeiten gezeigt.

Mikroseismizität bei der Wendelkehre nördlich des Abbaus 1/658

Das 2011 erstmals beobachtete mikroseismische Cluster im Bereich der Wendelkehre im Westen der 658-m-Sohle bzw. nördlich des Pfeilers 1/2 auf der 658-m-Sohle [21] war auch im Berichtszeitraum 2019 aktiv (s. Anhang 5.8 auf Blatt 310). Die hier beobachteten Ereignisse weisen überwiegend geringe Lokalmagnituden auf.

2.4.4.4 Mikroseismizität im Bereich des Pfeilers 4/5 auf der 679-m-Sohle

Im Bereich des Blindschachts 2 bzw. des Pfeilers 4/5 wurde auf dem Niveau der 679-m-Sohle eine deutlich ausgeprägte mikroseismische Ereignishäufung beobachtet (s. Anhang 5.8 auf Blatt 311).

2.4.4.5 Mikroseismizität im Bereich des Bohrorts im Osten der 700-m-Sohle

Im Bereich des neu aufgefahrenen Bohrorts im Osten der 700-m-Sohle hat sich insbesondere im Juni 2019 eine kleine Gruppe von mikroseismischen Ereignissen gebildet, die bis hinunter auf das 725-m-Sohlenniveau reicht (s. Blatt 312, Blatt 313). Im Rahmen der Auffahrung des neuen Bohrorts wurden auch im Juni 2019 betriebliche Arbeiten in diesem Bereich ausgeführt.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

2.4.4.6 Mikroseismizität beim Blindschacht 1 im Bereich der 725- bis 800-m-Sohle und bei der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle westlich der ELK 4/750

Ab Juni 2018 kam es zu einer starken Häufung von Ereignissen im Bereich der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle. Hierdurch wurden die Meldeschwellen im Rahmen der Überwachung der Firstspaltverfüllung (Abschnitt 2.4.4.11 auf Blatt 50) überschritten. Ausgelöst wurde das Cluster durch die Verfüllung des Streckenabschnitts mit Sorelbeton. Die Aktivität ist seit Mitte 2018 langsam zurückgegangen, bis zum Ende des Berichtszeitraums allerdings noch deutlich erhöht (Anhang 5.11, Bild 34 auf Blatt 332). Die Aktivität hat sich im Berichtszeitraum entsprechend der Verfüllreihenfolge entlang der 1. südlichen Richtstrecke nach Osten verschoben. Der betroffene Bereich ist vollständig verfüllt. Ursachen für das langsame Abklingen der Mikroseismizität können daher verbliebene Resthohlräume, Spannungsumlagerungen, die Geologie in diesem Bereich und Feuchtigkeit sein. Ein Maximum der mikroseismischen Aktivität, gemessen an den mikroseismischen Raten, wurde in diesem Bereich im dritten Quartal 2018 erreicht. Anschließend ist ein langsamer Rückgang zu verzeichnen. Während des gesamten Berichtszeitraums war die Aktivität noch auf einem deutlich erhöhten Niveau.

In der Umgebung des Blindschachts 1 im Bereich der 725- bis 800-m-Sohle wurden weiterhin mikroseismische Ereignisse beobachtet (Anhang 5.8, Blätter 313 bis 316, sowie Anhang 5.11 auf Blatt 331).

2.4.4.7 Mikroseismizität bei den ELK im Westflügel der 750-m-Sohle, insbesondere im Bereich der ELK 4/750 und am Blindschacht 2 (700- bis 750-m-Sohle)

Die Aktivität des seit Ende des Jahres 2007 beobachteten Clusters bei der ELK 4/750 (vgl. Anhang 5.9 auf Blatt 324, [23], [19], [17], [16],[13]) ist im Berichtszeitraum 2019, wie bereits im Vorjahr, gemessen an den Ereignisraten, weiter zurückgegangen. Der Anstieg der kumulativen Energie ist Anfang 2018 von etwa 4 kJ pro Jahr auf nur noch etwa 2 kJ pro Jahr abgefallen (vgl. Anhang 5.9, Bild 23 auf Blatt 325). Seitdem steigt die Kurve der kumulativen Energie mit etwa gleichbleibender Steigung an. Im Berichtszeitraum 2019 wurde eine mittlere Ereignisrate von 1,2 Ereignissen pro Tag (gegenüber 2,5 Ereignissen pro Tag in 2018) beobachtet. Seit 2017 ist die Ereignisrate jedes Jahr im Mittel zurückgegangen.

Das Cluster konzentrierte sich weiterhin, wie in Anhang 5.9, Bilder 18 bis 20, auf Blatt 324 dargestellt, nördlich der ELK 4/750 etwas unterhalb der 725-m-Sohle in der Schwebe oberhalb der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle. Aufgrund eines systematischen Anteils der Lokalisierungsungenauigkeit [24], liegt der Clusterschwerpunkt wahrscheinlich etwas dichter an der Gleitbogenausbaustrecke am nördlichen Rand des Abbaus 4/725 als dargestellt. In der Schwebe unmittelbar oberhalb der ELK 4/750 ereigneten sich weiterhin, verglichen mit der Aktivität nördlich der ELK 4/750, relativ wenige mikroseismische Ereignisse.

Die anhaltende Aktivität des Clusters weist auf eine weiterhin fortschreitende Schädigung hin, die sich jedoch im Vergleich mit den Vorjahren mit deutlich reduzierter Geschwindigkeit vollzieht. Der erhebliche Rückgang der Mikroseismizität spiegelt die Wirksamkeit der zahlreichen Stabilisierungsmaßnahmen wie die Verfüllung des Abbaus 3/750, der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle und des Blindschachts 2 von der 700-m-Sohle bis zur 750-m-Sohle wider. Aufgrund der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Ereignisse (vgl. Anhang 5.9 auf Blatt 324) ist ein relativ hoher Beitrag zur Stabilisierung durch die Verfüllung der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle zu vermuten. Wesentliche verbliebene Hohlräume im größeren Umfeld der ELK 4/750 sind die Gleitbogenausbaustrecke im Norden des Abbaus 4/725 und der Firstspalt in der ELK 4/750.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Einzelne mikroseismische Ereignisse wurden weit südlich des eigentlichen Clusters im Deckgebirge bzw. beim vermuteten Übergang Salz-Deckgebirge lokalisiert. Eine genaue Überprüfung dieser Ereignisse steht noch aus.

Im Bereich der ELK 8/750 und 9/750 wurden einzelne mikroseismische Ereignisse beobachtet (Anhang 5.8 auf Blatt 314). Diese lassen sich nicht deutlich abgrenzen von der im Berichtszeitraum erhöhten Aktivität im Bereich der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle (s. Abschnitt 2.4.4.6 auf Blatt 45).

2.4.4.8 Mikroseismizität bei den ELK im Ostflügel, insbesondere im Bereich der ELK 6/750

Wie in den Vorjahren, gab es im Berichtszeitraum 2019 eine Häufung mikroseismischer Ereignisse im Bereich der ELK 6/750 (Anhang 5.10 auf Blatt 327ff). Weiterhin wurden einzelne mikroseismische Ereignisse und kleine Ereignisgruppen im Bereich der ELK 5/750, der ELK 7/750 und der ELK 11/750 beobachtet (Anhang 5.8 (Blätter 313–315)). Die räumliche Verteilung ist ähnlich wie in den Berichtszeiträumen 2014 bis 2018 [22], [19], [17], [16], [13]. Die mittlere Teufenlage der Ereignisse im Bereich der ELK 6/750 liegt im Bereich der ELK selbst (basierend auf der manuellen Auswertung).

Die kumulative Energie des Clusters im Bereich der ELK 6/750 unterliegt starken Schwankungen, entspricht im Mittel aber etwa der des Vorjahres (Anhang 5.10, Bild 30 auf Blatt 329). Zum Ende des Berichtszeitraumes deutet sich eine höhere Steigung in der kumulativen Energie bzw. ein rapider Anstieg in der seismischen Leistung an (Anhang 5.10, Bild 29 auf Blatt 329). Die Ereignisraten zeigen weiterhin einen schwankenden Verlauf, wobei insbesondere die Ereignisraten für stärkere Ereignisse ab etwa $M_L = -1,5$ in der zweiten Hälfte des Berichtszeitraums angestiegen sind. Die Gesamtrate ist im Berichtszeitraum 2019 im Mittel (von 1,8 Ereignissen pro Tag 2018) auf 1,5 Ereignisse pro Tag zurückgegangen (Anhang 5.10, Bild 28 auf Blatt 329). Das Cluster ist weiterhin weniger deutlich ausgeprägt als während der besonders starken Aktivität im Jahr 2006 (vgl. [25], [24]).

Als wesentliche Ursache der lokal erhöhten mikroseismischen Aktivität im Bereich der ELK im Ostflügel der 750-m-Sohle, insbesondere im östlichen Bereich der ELK 6/750, wird eine Kombination aus lokalen Ursachen und dem großräumig auflaufenden Gebirgsdruck gesehen. Die deutliche Zunahme der Aktivität ab Anfang des Jahres 2014 erfolgte mit einer ähnlichen räumlichen Verteilung wie zu früheren Zeiten erhöhter Aktivität in den ELK auf der 750-m-Sohle im Ostflügel (vgl. z. B. [25]), was eine gemeinsame, großräumige Ursache vermuten lässt. Es ist davon auszugehen, dass sowohl brechende Verlorene Betonabschirmungen (VBA), als auch Riss- und Mikrorissbildung im Salz eine Rolle spielen. Mögliche Ursachen für lokale Unterschiede der mikroseismischen Aktivität sind unterschiedliche Gebindeausrichtung und Stapeltechnik, lokale Besonderheiten der Geologie, unterschiedlich starke Vorschädigung des die ELK umgebenden Gebirges, Bauwerke, Resthohlräume innerhalb und in der Umgebung der Einlagerungskammern sowie eventuell auch Feuchte [19]. Eine heterogene Netzsensitivität, die unter anderem von der Dämpfung abhängt, kann die Verteilung der Ereignisse zusätzlich ungleichmäßiger erscheinen lassen.

Unter arbeitssicherheitlichen Gesichtspunkten beachtenswert ist die weiterhin anhaltende mikroseismische Aktivität im Norden der ELK 7/750 und deutlich nördlich der Einlagerungskammern im Bereich der Abbaue 5a/750 (Na2) und 5b/750 (Na2) (vgl. Anhang 5.8 auf Blatt 314).

2.4.4.9 Mikroseismizität unterhalb der 679-m-Sohle nördlich des Baufelds an der Südflanke, insbesondere im Bereich des Sattelkerns

Die Mikroseismizität im zentralen und östlichen Teils des Sattelkerns von der 700- bis 750-m-Sohle trug auch im Berichtszeitraum 2019 wesentlich zur gesamten Mikroseismizität bei (vgl. Anhang 5.12 auf Blatt 333ff). Im Mittel ereigneten sich dort im Berichtszeitraum 2019 zwei Ereignisse pro Tag. Mit einem Anstieg der kumulativen Energie um insgesamt 29,5 kJ im Berichtszeitraum 2019 lag der Anstieg der kumulativen Energie in diesem Bereich etwa drei Mal so hoch wie der Anstieg der kumulativen Energie der Cluster bei der ELK 4/750 und bei der ELK 6/750 zusammen. Die Kurve der kumulativen Energie verläuft in diesem Bereich nicht gleichmäßig. Insbesondere im September 2019 wird ein deutlich erhöhter Anstieg ermittelt. Die Ursache war ein einzelnes Ereignis mit einer Lokalmagnitude von –0,2 am 15. September 2019 nordwestlich des Schachts 4 im Niveau der 700-m-Sohle.

Mikroseismizität im zentralen Bereich der 700-m-Sohle

Die mikroseismische Aktivität im zentralen Bereich der 700-m-Sohle hat sich im Berichtszeitraum 2019 insbesondere im Bereich des Schachts 2 fortgesetzt (Anhang 5.8 auf Blatt 312, Anhang 5.12 ab Blatt 335). Am 15. September 2019 wurde mit einer Lokalmagnitude von -0.2 das stärkste mikroseismische Ereignis in Betriebsruhezeiten des Berichtszeitraums 2019 nordöstlich des Schachts 4 im Bereich der 725-m-Sohle registriert (Anhang 5.8 auf Blatt 313).

Im zuvor mikroseismisch relativ ruhigen Zugangsbereich der Vahlberger Strecke war von Ende Dezember 2015 bis Anfang Januar 2016 ein sehr aktives, nicht mit bergmännischen Aktivitäten, jedoch mit sichtbaren Rissen (vgl. Abschnitt 4.5 auf Blatt 106 und [26]) korrelierendes, mikroseismisches Cluster beobachtet worden [19], [17] [16]. Im Zeitraum von Januar bis März 2017 lebte die Aktivität in dem Bereich mit einer etwas veränderten räumlichen Verteilung wieder auf, wobei eine Triggerung durch Betonagen im Januar 2016 und Februar 2017 möglich ist (vgl. [17] [16]). Die Zunahme der Mikroseismizität im Verlauf des Berichtszeitraums 2018 (vgl. [13]), sowohl hinsichtlich der mittleren Ereignisrate (Anhang 5.12, Bild 40 auf Blatt 336) als auch hinsichtlich des Anstiegs der kumulativen Energie (Anhang 5.12, Bild 41 auf Blatt 336), hat sich im Berichtszeitraum 2019 weiter fortgesetzt, wobei das bisherige Maximum der Ereignisraten im November 2018 erreicht wurde. Den Hauptbeitrag, bezogen auf die Ereignisrate, lieferte ein Cluster mit Schwerpunkt etwas unterhalb der Strecke zum Schacht 2 auf der 700-m-Sohle. Die gebirgsmechanische Situation im Bereich der 700-m-Sohle ist in Abschnitt 4.5 auf Blatt 106 dargestellt.

Mikroseismizität bei den Füllorten auf der 750-m-Sohle

Bei den Füllörtern der Schächte 2 und 4 auf der 750-m-Sohle wurden im Berichtszeitraum 2019 ähnlich wie 2018 [13] einzelne Ereignisse beobachtet (Anhang 5.8 auf Blatt 314).

Mikroseismizität im Bereich der nördlichen und 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle

Im Bereich der nördlichen und 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle wurden im Berichtszeitraum 2019, wie auch schon in den Berichtszeiträumen 2015 [19] 2016 [17], 2017 [16] und 2018 [13] gehäuft mikroseismische Ereignisse beobachtet (vgl. Anhang 5.8 (Blätter 313–315), und

Anhang 5.12 auf Blatt 333 ff). Es handelt sich um einen stark vorgeschädigten und hoch beanspruchten Bereich mit hohem Durchbauungsgrad (vgl. [27], Abschnitt 4.8 auf Blatt 161).

Es wurden insbesondere gehäuft Ereignisse im Bereich südlich des Blindschachts 4 sowie im Bereich und der Umgebung der Faktenerhebung beobachtet.

In diesem Bereich überlagern sich die, mit zeitlichem Versatz auftretenden, stabilisierenden Effekte bereits durchgeführter Betonagen mit den Effekten später durchgeführter Stabilisierungsmaßnahmen, die zunächst mikroseismische Ereignisse auslösen. Ab 2015 wurden teils großvolumige Stabilisierungsmaßnahmen umgesetzt, in deren Folge die mikroseismische Ereignisrate angestiegen ist. Der qualitative Verlauf der Rate korreliert weitgehend mit Verfüllmaßnahmen. Quantitativ gibt es keine Korrelation zum Verfüllvolumen. Nach der Verfüllung im Bereich des Abbaus 4a/750 (Na2) im November 2017 sind die mikroseismischen Raten erneut stark angestiegen. Seitdem sind die Raten tendenziell rückgängig.

Die Aktivität ist im Berichtszeitraum 2019 im langfristigen Mittel weiter deutlich zurückgegangen und hat basierend auf den mikroseismischen Raten fast wieder das Niveau von vor 2015 erreicht (Anhang 5.12, Bild 37 auf Blatt 334). Die teils durch geringe Auslöser getriggerten Ereignisse und das langsame Abklingen weisen auf die Vulnerabilität des Bereichs und mögliche Resthohlräume hin.

Mikroseismizität im Bereich der Wendelkehre nördlich des Abbaus 8/725 (Na2)

Bei der Wendelkehre auf der 725-m-Sohle nördlich des Abbaus 8/725 (Na2) und in ihrer Umgebung wurde im Berichtszeitraum 2019, wie in den Vorjahren (vgl. z. B. [16], [13]), eine Ereignishäufung lokalisiert (vgl. Anhang 5.8 (Blätter 311–314)).

Mikroseismizität bei den Reicheltsümpfen und im nordwestlichen Bereich der nördlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle

Im Berichtszeitraum 2019 wurden, ähnlich wie im Berichtszeitraum 2018, einzelne mikroseismische Ereignisse in der Nähe der Reicheltsümpfe im nordwestlichen Teil der 750-m-Sohle sowie im Bereich der nördlichen Richtstrecke nach Westen und des zweiten westlichen Querschlags beobachtet (s. Anhang 5.8 (Blätter 314–315)). Die registrierten Ereignisse bilden über den Berichtszeitraum 2019 zusammengenommen kleine lokale Ereignishäufungen in diesen Bereichen, die sich sowohl durch starke Vorschädigung, Feuchtigkeit als auch durch geologische Trennflächen auszeichnen.

Mikroseismizität im Bereich des PAE-Felds auf der 800-m-Sohle

Im Bereich des PAE-Feldes auf der 800-m-Sohle und im Bereich des benachbarten westlichen Blindschachts wurden insbesondere im April und Mai 2019 im Anschluß an die Verfüllung der ehemaligen Bremsstrecke einige mikroseismische Ereignisse beobachtet (vgl. Anhang 5.8 (Blätter 315–317)).

Mikroseismizität im Bereich des HAW-Felds

Im Bereich des HAW-Versuchsfelds auf der 800-m-Sohle und seines Zugangs auf der 825-m-Sohle wurden im Berichtszeitraum 2019 weiterhin Ereignisse beobachtet (s. Anhang 5.8 (Blätter 316–317)). Die Aktivität ist im Vergleich zum Vorjahr leicht angestiegen.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Mikroseismizität im östlichen Teil der 800-m-Sohle, insbesondere bei der südlichen Richtstrecke

Auf Basis der manuellen Auswertung sind im Berichtszeitraum 2019 einige Ereignisse in diesem Bereich beobachtet worden (s. Anhang 5.8, Blätter 315 bis 316).

Mikroseismizität im Bereich der Salzgewinnungsstrecken auf der 850-m-Sohle

Im Berichtszeitraum 2019 wurden im Bereich der Salzgewinnungsstrecken auf der 850-m-Sohle nur einzelne mikroseismische Ereignisse beobachtet (vgl. Anhang 5.8 (Blätter 317–319)).

2.4.4.10 Mikroseismizität südlich bis südöstlich unterhalb des Grubengebäudes und im Deckgebirge unterhalb des 574-m-Niveaus

Unterhalb der 574-m-Sohle wird die Mikroseismizität im Deckgebirge und in grubenfernen Bereichen der Salzstruktur von einer großräumigen Häufung südöstlich des Grubengebäudes dominiert (vgl. z. B. [19], [17], [16], [13]). Hier wurden in den letzten Jahren vielfach die stärksten Ereignisse im gesamten überwachten Bereich beobachtet. Im Berichtszeitraum 2019 wurden beispielsweise 8 von insgesamt 19 Ereignissen mit Magnituden größer -1.0 in diesem Bereich lokalisiert (bezogen auf die manuelle Auswertung).

Die erhöhte Mikroseismizität südöstlich der unteren Sohlen wurde in der Vergangenheit im Wesentlichen den mechanischen Eigenschaften des hier vermuteten Anhydrits zugeschrieben, der auch langsamen Verformungen des angrenzenden Salzes am östlichen Baufeldrand nicht durch Fließen folgen kann, aber bis zum Bruch relativ große Spannungen aufnimmt, so dass die einzelnen mikroseismischen Ereignisse relativ hohe Magnituden aufweisen können. Möglicherweise spielt zusätzlich auch anstehende Salzlösung in diesem Bereich [8], [28], [29] für die Ausprägung der Mikroseismizität eine Rolle.

Es wurde keine wesentliche Veränderung der räumlichen Verteilung der Mikroseismizität im Berichtszeitraum 2019 gegenüber den Vorjahren festgestellt (vgl. Anhang 5.4, Blätter 288 und 290 sowie [17], [16] und [13]). Einige Ortungsergebnisse liegen deutlich östlich des Grubengebäudes (Anhang 5.4 auf Blatt 288ff). Die mittlere Ereignisrate für diesen Bereich ist im Berichtszeitraum 2019 gegenüber 2018 angestiegen. Wie in der Vergangenheit gab es auch im Berichtszeitraum 2019 deutliche zeitliche Variationen in der Ereignisrate.

Es ist auch anhand manuell lokalisierter Ereignisse aufgrund der Lokalisierungsungenauigkeit nicht eindeutig zu erkennen, ob es sich um ein langgestrecktes mikroseismisches Cluster handelt, das sich vom Anhydrit am südlichen Deckgebirge mit zunehmender Tiefe weiter nach Norden erstreckt, oder ob es sich um mehrere benachbarte Bereiche lokal erhöhter Mikroseismizität mit im Detail unterschiedlichen Ursachen handelt (vgl. [19]):

- Bereich der Grenze zwischen Deckgebirge und Salzbarriere mit Schwerpunkt auf dem Niveau der 725-m-Sohle,
- Bereich an der südlichen Steinsalz-Kalisalz-Grenze mit Schwerpunkt etwa auf dem Niveau der 825-m-Sohle,
- Bereich an der nördlichen bzw. unteren Kalisalz-Steinsalz-Grenze mit Schwerpunkt etwa auf dem Niveau der 900-m-Sohle.

Die innerhalb des Grubengebäudes kartierten petrographischen Schichtgrenzen und das bisher daraus abgeleitete geologische Modell können die beobachteten mikroseismischen Ereignisse nicht hinreichend erklären. Trotz der langen offenen Standzeit ist die, aus der Konvergenz erwartete, nicht gleichförmige Bewegung in einigen Dekametern Entfernung von der Grube nicht so groß, dass, selbst beim Vorhandensein von Anhydrit, Mikroseismizität im beobachteten Ausmaß zu erwarten wäre. Hier könnten auch strukturgeologische und hydrogeologische Aspekte (z. B. tektonische Schwächezonen) eine wesentliche Rolle spielen.

2.4.4.11 Besondere mikroseismische Überwachung der Firstspaltverfüllung

Die im Rahmen der Überwachung der Firstspaltverfüllung (vgl. Kapitel 3 auf Blatt 59 sowie Anhang 1.3 auf Blatt 214) entsprechend des SBPL 17/2009 bis zum 30.09.2019 festgelegte und in [30] ausführlich beschriebene Meldeschwelle bezüglich der mikroseismischen Ereignisrate wurde im Berichtszeitraum 2019 mehrfach, teils sehr deutlich und langanhaltend, überschritten (Anhang 5.7, Bild 17 auf Blatt 300). Den Überschreitungen der Meldeschwelle liegen ein allgemeiner Anstieg der mikroseismischen Aktivität gegenüber dem Referenzzeitraum in 2008 und temporäre, lokale Häufungen mikroseismischer Ereignisse, die teilweise im Zusammenhang mit bergmännischen Maßnahmen auftraten, zugrunde. Dabei spielte das gleichzeitige Auftreten lokaler Häufungen in verschiedenen Bereichen (mit Ausnahme der Cluster bei der ELK 4/750 und der ELK 6/750, die bei der mikroseismischen Überwachung nach dem SBPL 17/2009 nicht berücksichtigt werden) eine Rolle. Seit Februar 2019 ist ein rückgängiger, von temporären Fluktuationen überlagerter, Trend erkennbar.

Reaktionen auf die Verfüllung der verschiedenen Bereiche der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle haben maßgeblich zur Überschreitung der Meldekriterien im Berichtszeitraum beigetragen (vgl. Anhang 5.11 auf Blatt 331).

Aufgrund des hohen Grundlevels der mikroseismischen Aktivität führten teils geringe zusätzliche Erhöhungen der Mikroseismizität, die durch Schädigungsprozesse verursacht und teils durch betriebliche Arbeiten ausgelöst wurden, zu Überschreitungen der Meldeschwelle.

2.4.4.12 Fazit

Die beobachtete mikroseismische Aktivität liegt insgesamt noch immer auf einem hohen Niveau (vgl. Anhang 5.6, Bild 16 auf Blatt 299).

Gemessen an der mikroseismischen Ereignisrate hat diese, nach schrittweiser deutlicher Zunahme der Jahresmittelwerte in den vergangenen Jahren, im Jahr 2019 um etwa 5 % gegenüber 2018 abgenommen. Maßgebend dazu beigetragen hat der signifikante Rückgang im Bereich des seit Dezember 2007 beobachteten Clusters bei der ELK 4/750 nach zahlreichen Stabilisierungsmaßnahmen in seiner Umgebung.

Die Steigung der kumulativen Energie hat hingegen im Mittel im Berichtszeitraum 2019 zugenommen, was auf eine höhere Anzahl starker Ereignisse zurückzuführen ist. Sehr viele der starken Ereignisse wurden südöstlich unterhalb des Grubengebäudes lokalisiert. In diesem Bereich hat sich die Steigung der kumulativen Energie 2019 erhöht.

Bereiche erhöhter mikroseismischer Aktivität im Berichtszeitraum 2019 liegen weiterhin verstärkt im Bereich der unteren Sohlen und im Sattelkern. Insbesondere wurden bei der ELK 4/750, bei der ELK 6/750, entlang der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle sowie südöstlich- bis östlich der Grube auf dem Niveau der unteren Sohlen und unterhalb davon Ereignisgruppen beobachtet.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Die vielfach lokal gehäuft auftretenden mikroseismischen Ereignisse, denen Mikroriss- und Rissbildung zugrunde liegt, spiegeln eine weiterhin fortlaufende Schädigung des Tragsystems wider. Auch lokale Häufungen mikroseismischer Ereignisse, die durch bergmännische Aktivitäten geringen Umfangs getriggert werden, weisen auf vulnerable Bereiche hin. Wärme und Feuchteeintrag durch Betonagen sowie lokale Spannungsänderungen können vor dem Einsetzen der Stabilisierungswirkung lokal erhöhte Mikroriss- und Rissbildung hervorrufen. Die Entwicklung der Mikroseismizität zeigt die stabilisierende Wirkung von Verfüllmaßnahmen – insbesondere durch das Abklingen lokaler Häufungen bis unter das Niveau der mikroseismische Aktivität vor Beginn der Betonage.

Insbesondere im Bereich der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle westlich der ELK 4/750 zeigt sich nach Stabilisierungsmaßnahmen ein nur langsames Abklingen der Mikroseismizität. Als mögliche Ursachen für die Vulnerabilität dieses Bereichs kommen verbliebene Resthohlräume, Spannungsumlagerungen, geologische Gegebenheiten sowie Feuchtigkeit in Betracht. Diese könnten bei der Rückholung insbesondere aus der ELK 10/750 wieder relevant werden.

Im Kontext mit den weiteren Monitoringergebnissen wird die Mikroseismizität für das Baufeld an der Südflanke in Kapitel 4 auf Blatt 64 ff, die sensiblen Infrastrukturbereiche in Kapitel 3 auf Blatt 59 ff und für die Gesamtsituation in Kapitel 8 auf Blatt 197 ff bewertet.

2.5 Mikroakustische Überwachung der Firsten der Abbaue 3/490 und 4/490

Am oberen Baufeldrand weisen die geotechnischen und geophysikalischen Messdaten eine hohe gebirgsmechanische Beanspruchung aus. Aufgrund der bereits erheblich geschädigten Schweben unterhalb der Abbaue 3/490 und 4/490 sowie der zu geringen Firstwölbung ist mit der Bildung von gewölbeartigen Auflockerungszonen im Hangenden und möglichen Firstablösungen zu rechnen. Da diese Abbaue infrastrukturell genutzt werden, wurde 2013 ein mikroakustisches Messsystem in den Abbauen 3/490 und 4/490 installiert, um die Schädigungsentwicklung kontinuierlich beobachten zu können. Nach Optimierungen, Erweiterungen und Anpassungen an die lokalen Verhältnisse wurde das System im Herbst 2015 in das Monitoringprogramm der Standortüberwachung übernommen. Gegenüber den Beschreibungen von Messsystem, Messdurchführung, Sensitivität und Genauigkeit auf den Blättern 56 bis 58 des Jahresberichts 2018 [13] gibt es keine Veränderungen.

Die Ergebnisse der mikroakustischen Firstüberwachung und die mikroakutischen Aktivität südlich der Abbaue werden mit dem Fokus auf das Kalenderjahr 2019 für den Abbau 3/490 im Abschnitt 2.5.1 (Blätter 51 bis 54), und für den Abbau 4/490 im Abschnitt 2.5.2 (Blätter 54 bis 57) erläutert. Die der Interpretation zu Grunde liegenden Ereignisse sind in Anhang 6.1 (Bild 42 bis Bild 56 auf den Blättern 339 bis 344) bzw. Anhang 6.2 (Bild 57 bis Bild 72 auf den Blättern 345 bis 351) visualisiert. Eine Gesamtdarstellung der Situation in den Abbauen 3/490 und 4/490, einschließlich einer über das Fazit aus den mikroakustischen Beobachtungen (Abschnitt 2.5.3 auf Blatt 57) hinausgehenden Gesamtbewertung, in die weitere Beobachtungen eingeflossen sind, erfolgt in Abschnitt 4.1 auf Blatt 64.

2.5.1 Ergebnisse der mikroakustischen Überwachung im Bereich des Abbaus 3/490

Gebirgsmechanische, mikroakustische Ereignisse beim Abbau 3/490 wurden insbesondere im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 bis etwa 10 m oberhalb der Firste und südlich des Abbaus entlang der Grenze zum Deckgebirge beobachtet (vgl. Abbildung 2.2 auf Blatt 52 und Anhang 6.1, Bilder 42 bis 44 auf Blatt 339). Darüber hinaus wurde vom Abbau 4/490 aus Aktivität am Oststoß des Abbaus 3/490 beobachtet (vgl. Abschnitt 2.5.2, Blätter 54 bis 57, insbesondere Abbildung 2.3 auf Blatt 55). Die Ereignisrate südlich des Abbaus ist weiterhin deutlich höher als oberhalb der Abbaufirste. Während

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

sich die mittlere Ereignisrate im Bereich Salz–Deckgebirge südlich des Abbaus 3/490 im Jahr 2019 im Vergleich zum Vorjahr erhöht hat (vgl. Anhang 6.1, Bild 46 auf Blatt 340), gab es über der Abbaufirste keine wesentliche Veränderung der Rate (vgl. Anhang 6.1, Bild 47 auf Blatt 340).

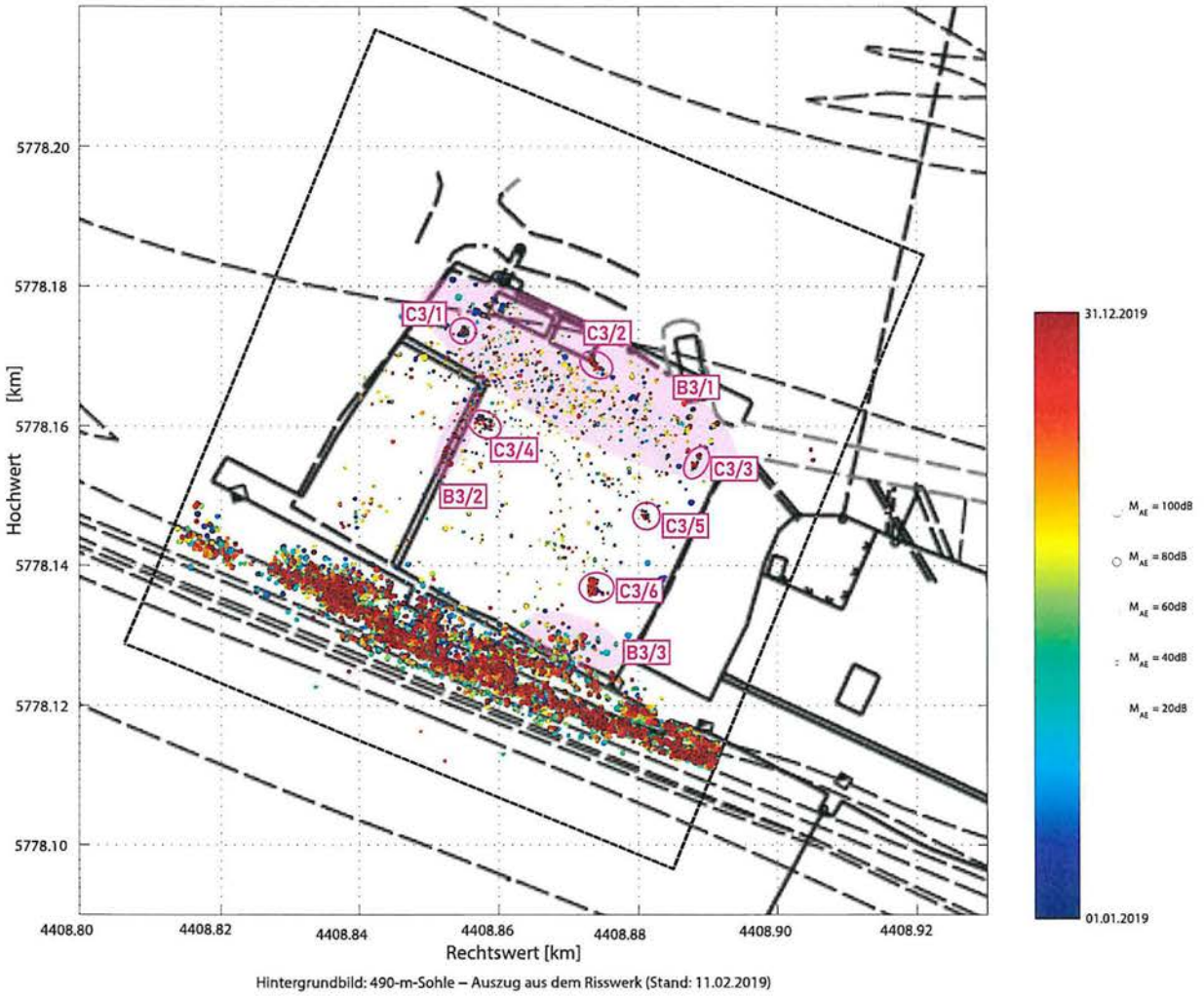


Abbildung 2.2: Laterale Verteilung der mikroakustischen Ereignisse im Firstbereich und bei der Grenze Salz–Deckgebirge südlich des Abbaus 3/490 in Betriebsruhephasen im Jahr 2019 und Zuordnung zu drei Ereignis-Bereichen (mit „B3/1", „B3/2" und „B3/3" bezeichnete, ausgefüllte, hellrosa Ellipsen) und sechs Ereignis-Clustern (pink eingekreist und mit „C3/1" bis „C3/6" bezeichnet). Zur Lage im Raum siehe Anhang 6.1, Bilder 42 bis 44 auf Blatt 339.

Mikroakustische Aktivität im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 wurde während der Betriebsruhephasen des Jahres 2019 insbesondere in folgenden Bereichen beobachtet (vgl. auch Abbildung 2.2 auf Blatt 52 und Anhang 6.1, Bilder 42 bis 44 auf Blatt 339):

- **Über dem nördlichen Drittel des Abbaus 3/490 (B3/1):** Wie schon seit Beginn des mikroakustischen Monitorings im Herbst 2015 wurden im Bereich über dem nördlichen Drittel des Abbaus 3/490 einschließlich des nördlichen Damms (Bereich B3/1 in Abbildung 2.2) mit etwas schwankender Intensität und leicht variabler räumlicher Verteilung mikroakustische Ereignisse von der Firste bis etwa 10 m oberhalb der Firste beobachtet. Die Lokalisierungen häuften sich zum einen entlang von Flächen, die in süd-südwestlicher Richtung einfallenden und mit der Schichtung des Salzes korrelieren. Zum anderen traten drei temporär aktive Cluster (lokale Häufung von Ereignissen) über dem nördlichen Abbaudrittel auf: Das Cluster im nord-westlichen Teil des Abbaus 3/490

(Cluster C3/1 in Abbildung 2.2) zeigte hohe Aktivität gegen Anfang des Jahres 2019, war dann über mehrere Monate komplett inaktiv um gegen Ende des Jahres bis zum aktuellen Zeitpunkt (Februar 2020) wieder in der Aktivität anzusteigen. Das Cluster über dem süd-östlichen Rand des Fassungsbeckens im Norden (C3/2) ist neu entstanden und seit Mai/Juni 2019 sehr aktiv. Es befindet sich ca. 6 bis 8 m über der Firste und liegt mutmaßlich auf einer der in süd-südwestlicher Richtung einfallenden Schichtgrenzen im Salzgestein. Wie schon in früheren Jahren sind im Zugangsbereich des Abbaus kleinere, temporär aktive Cluster in Firstnähe lokalisiert worden (C3/3).

- **Beim nördlichen Teil der Mauer zwischen LSB 1 und LSB 2 (B3/2):** In diesem Bereich wurde insbesondere direkt über der Mauer, welche das LSB 1 vom LSB 2 trennt, erhöhte mikroakustische Aktivität registriert. Ein im Januar 2016 zum ersten Mal beobachtetes Cluster in der Firste über dem nördlichen Teil des Damms zwischen LSB 1 und LSB 2 (C3/4) (vgl. [19]) war weiterhin mit schwankender Intensität aktiv.
- **Über dem süd-östlichen Teil des Abbaus 3/490 (B3/3):** Über dem Südrand des LSB 3 wurde im Jahr 2019 wie auch in den Vorjahren eine lokale Häufung von Ereignissen entlang eines ungefähr parallel der Grenze Salz–Deckgebirge liegenden Flächensegments beobachtet. Außerdem gab es temporär jeweils ein Cluster ungefähr mittig über der Nord- und Südhälfte des LSB 3 (C3/5 und C3/6). Das kleinere der beiden Cluster mittig über der Nordhälfte des LSB 3 ist erst gegen Ende Dezember 2019 entstanden und nur gering aktiv. Das Cluster mittig über der Südhälfte des LSB 3 ist deutlich stärker aktiv als das Cluster über der Nordhälfte. Über mehrere Monate im Sommer war es gänzlich inaktiv bevor man es ab November 2019 wieder beobachten konnte.

Ein deutlicher Einfluss des Ende 2018 gebauten Stützbauwerks im Süden des Abbaus 4/490 (vgl. Abschnitt 2.5.2, Blätter 54 bis 57) auf die mikroakustische Aktivität im Firstbereich des Abbaus 3/490 wurde nicht festgestellt.

Die temporär auftretenden Cluster im Firstbereich scheinen einem saisonalen Muster zu folgen, wobei die mikroakustische Aktivität im Herbst/Winter offenbar zunimmt, während in den Sommermonaten eine geringere Aktivität in der Firste beobachtet wird (vgl. Anhang 6.1, Bild 47 auf Blatt 340). Diese deutlichen saisonalen Veränderungen in der mikroakustischen Aktivität wurden nur im Firstbereich des Abbaus 3/490 beobachtet. Die Aktivität korreliert hier in etwa mit den saisonalen Temperaturveränderungen (vgl. Anhang 6.1, Bild 54 auf Blatt 343) und den resultierenden Feuchteänderungen im Abbau. Ein kausaler Zusammenhang ist wahrscheinlich, jedoch sind weitere wesentliche Einflussfaktoren möglich. Bei der Interpretation der momentanen mikroakustischen Aktivität sind neben der aktuellen Aktivität auch der langfristige Verlauf und die zyklischen Muster zu berücksichtigen.

Südlich des Abbaus 3/490 wurde seit Beginn der mikroakustischen Messungen Anfang 2013 bis heute intensive, bis mehrere Dekameter über die Firste reichende mikroakustische Aktivität entlang ungefähr paralleler, steil in süd-südwestlicher Richtung einfallender Flächensegmente beobachtet (vgl. Anhang 6.1 auf Blatt 339 Bild 43 und Bild 44). Die Flächen entsprechen in etwa dem vermuteten Verlauf von Materialgrenzen am Übergang Salz–Deckgebirge. Südlich des Abbaus 3/490 wurde (mit Ausnahme des Zeitraums während und nach der Betonage der Platte auf dem LSB 1 im Sommer 2016) mehr mikroakustische Aktivität als im Bereich der Firste beobachtet.

Innerhalb der zentralen Fläche am Übergang Salz–Deckgebirge gibt es insbesondere oberhalb der Abbaufirste steil einfallende und senkrecht zum Streichen verlaufende Linien erhöhter Aktivität, die sich mit Streifen geringer Aktivität abwechseln (vgl. Anhang 6.1, Bild 44 auf Blatt 339). Mögliche Erklärungen für die Linien erhöhter Aktivität können erhöhte Grenzflächenrauigkeit und/oder Schwächung des Materials sein. Jedoch liegen, anders als für den mittels Radar untersuchten Bereich südlich von Abbau 4/490 (vgl. [13]), für den Bereich südlich des Abbaus 3/490 keine belastbaren Informationen über die

Ausprägung der Grenzflächen vor. Die mittlere mikroakustische Aktivität südlich des Abbaus 3/490 hat sich seit Beginn des Jahres 2019 gegenüber dem Vorjahr leicht erhöht und lag im Jahr 2019 durchgehend bei Ereignisraten von etwa 60 bis 100 Ereignissen pro Tag (vgl. Anhang 6.1, Bild 46 auf Blatt 340).

Im Bereich des Übergangs Salz–Deckgebirges wurden einige Sekunden vor bzw. nach einem stärkeren mikroseimsischen Ereignis ($M_l = -1.1$) mehrere mikroakustische Ereignisse beobachtet (vgl. Anhang 6.1, Bild 55 und Bild 56 auf Blatt 344). Ein Zusammenhang dieser Ereignisse ist aufgrund der geringen räumlichen und zeitlichen Distanz wahrscheinlich.

Im Gegesatz zur mikroakustischen Aktivität im Bereich es Firste des Abbaus 3/490, wurde im Bereich der Grenze Salz–Deckgebirge südlich des Abbaus 3/490 gegen Ende 2018 einen Anstieg in der mikroakustischen Aktivität beobachtet, der in etwa mit dem Betonagebeginn des Stützbauwerkes im Abbau 4/490 zusammenfällt. Ursache könnten Spannungsumlagerungen durch die Errichtung des neuen Bauwerks in dessen weiterer Umgebung sein.

Während die großräumige Verteilung der mikroakustischen Ereignisse in der Umgebung des Abbaus 3/490 mit modellierten Beanspruchungen gut harmoniert, passt die Feinstruktur der Verteilung zu bekannten und vermuteten Verläufen von Grenzflächen zwischen unterschiedlichen Gesteinen (vgl. [13]). Das heißt, die durch die Verteilung der mikroakustischen Ereignisse sichtbar gemachten Flächen entsprechen der Feinschichtung im Salz über dem nördlichen Drittel des Abbaus 3/490 bzw. Materialgrenzen im Bereich der Grenze Salz–Deckgebirge. Es ist zu erwarten, dass Mikrorissbildung mit erhöhter mikroakustischer Aktivität an vorgeprägten Schwächezonen und an Materialgrenzen zwischen Medien mit unterschiedlichen elastischen und rheologischen Eigenschaften, insbesondere bei signifikanter Scher- sowie Zugbeanspruchung und bei Spannungsänderungen, übereinstimmt. Außerdem kann die Form bzw. Struktur der Grenzfläche die Aktivität beeinflussen.

2.5.2 Ergebnisse der mikroakustischen Überwachung im Bereich des Abbaus 4/490

Von der mikroakustischen Firstüberwachung des Abbaus 4/490 werden neben mikroakustischen Ereignissen oberhalb der Abbaufirste insbesondere auch Ereignisse im Bereich des im Herbst 2018 errichteten Stützbauwerks im südlichen Teil des Abbaus 4/490, am Übergang Salz–Deckgebirge südlich des Abbaus 4/490 und am Oststoß des Abbaus 3/490 erfasst (Abbildung 2.3 auf Blatt 55 und Anhang 6.2, Bilder 57 bis 59 auf Blatt 345).

Ähnlich wie beim Abbau 3/490 (Abschnitt 2.5.1, Blätter 51 bis 54) wurde südlich bis südlich-oberhalb des Südstoßes des Abbaus 4/490 seit Beginn des mikroakustischen Monitorings eine sehr große Anzahl von Ereignissen im Übergangsbereich Salz–Deckgebirge beobachtet. Die näherungsweise flächigen Häufungen fallen mit bekannten und vermuteten Materialgrenzen zusammen. Mit Ausnahme der stark erhöhten mikroakustischen Aktivität im Zusammenhang mit der Errichtung eines Stützbauwerks im südlichen Teil des Abbaus 4/490 im Herbst 2018 wurde südlich des Abbaus 4/490 mehr mikroakustische Aktivität beobachtet, als im Bereich der Abbaufirste (vgl. Anhang 6.2, Bilder 62 und 66 auf Blatt 347). Aktivität südlich des Abbaus 4/490 wurde bis mehrere Dekameter über die Firste beobachtet. Sie war südlich des mittleren Abschnittes des Südstoßes besonders intensiv ausgeprägt. Bei Radarmessungen im Jahr 2018 wurde hier ein deutlich unruhiger Verlauf der Reflektionen am Übergang Salz–Deckgebirge festgestellt [13].

Infolge der Betonage des Stützbauwerks entlang des Südstoßes des Abbaus 4/490 (zur Unterfangung eines stark aufgelockerten Bereichs, der sich mikroakustisch durch zwei firstnahe Streifen besonders ausgeprägter Aktivität abgezeichnet hatte; vgl. z. B. [19], [17], [16]) war die mikroakustische Aktivität beim Abbau 4/490 im letzten Quartal des Jahres 2018 temporär sehr stark angestiegen (vgl. [13] und

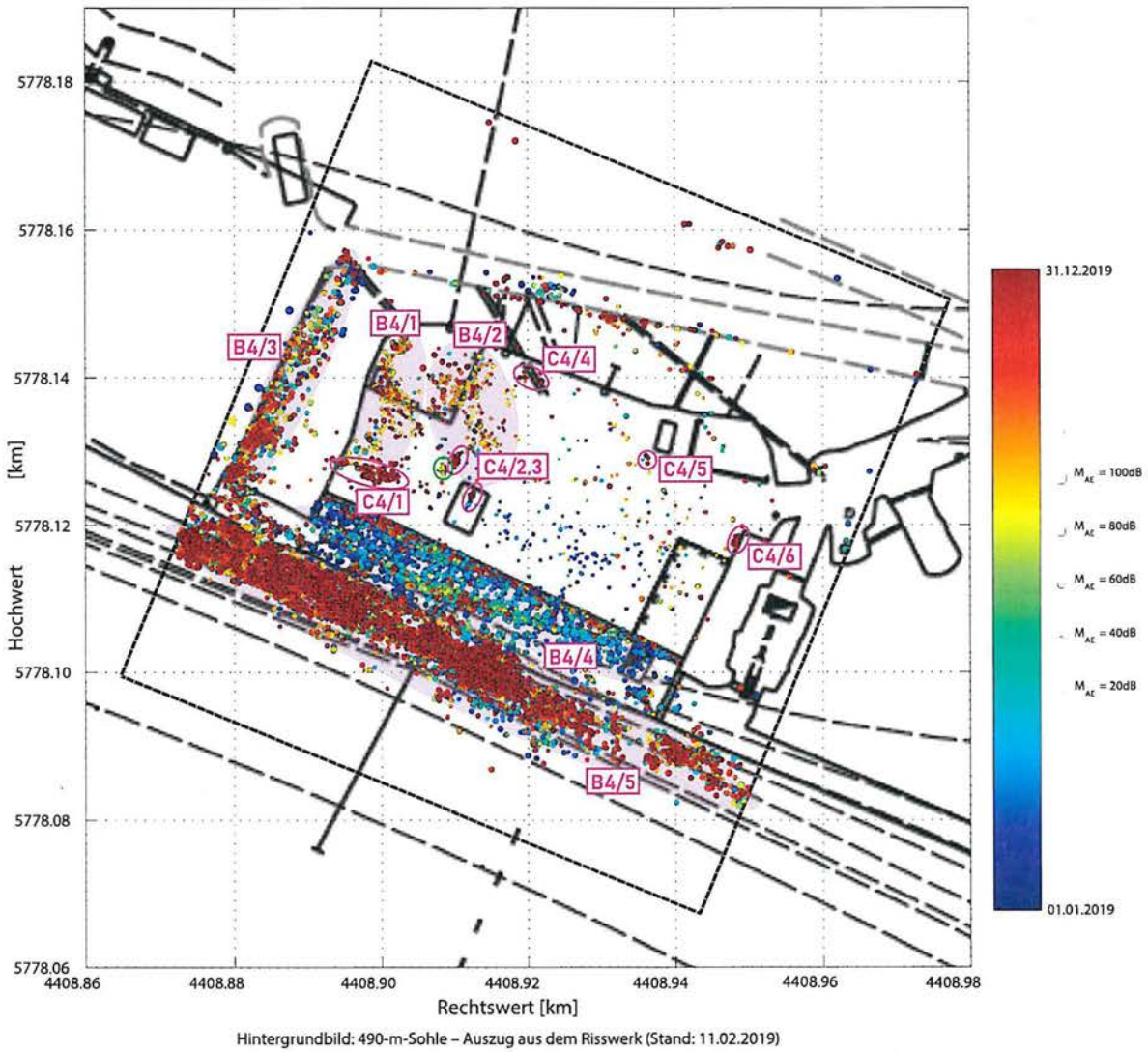


Abbildung 2.3: Laterale Verteilung der mikroakustischen Ereignisse beim Abbau 4/490 in Betriebsruhephasen im Jahr 2019 und Zuordnung zu fünf Ereignis-Bereichen (mit „B4/1" bis „B4/5" bezeichnete, ausgefüllte, hellrosa Ellipsen) und Ereignis-Cluster (pink eingekreist und mit „C4/1", „C4/2,3", „C4/4", „C4/5" und „C4/6" bezeichnet). Das grün eingekreiste Cluster wurde nicht gebirgsmechanisch, sondern durch eine klappernde Lutte verursacht. Zur Lage im Raum siehe Anhang 6.2, Bilder 57 bis 59 auf Blatt 345 sowie Bilder 63 und 64 auf Blatt 347.

Anhang 6.2, Bild 61 auf Blatt 346). Nach einem sehr zügigen Rückgang der Ereignisrate zum Jahresende 2018 kam es Anfang 2019 zunächst zu einem flacheren, temporären Wiederanstieg. Im weiteren Verlauf des Jahres 2019 war die mittlere mikroakustische Aktivität im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 und ihrer Umgebung (Abbildung 2.3 auf Blatt 55 und Anhang 6.2, Bilder 57, 58 und 59 auf Blatt 345) mit Ausnahme eines nicht gebirgsmechanisch verursachten Peaks aufgrund einer klappernden Lutte im Sommer 2019 in der Gesamtbetrachtung rückläufig. Eine plausible Erklärung für die beobachteten Ereignisratenänderungen ist ein Ansteigen der Aktivität durch Wärme- und Feuchteeintrag sowie Spannungsumlagerungen im Zusammenhang mit der Errichtung des Stützbauwerks (vgl. [13]).

Im Bereich der Firste des Abbaus (vgl. Anhang 6.2, Bild 62 auf Blatt 347) hat sich die Ereignisrate wieder auf das Niveau vor dem Beginn der Betonage verringert. Die Ereignisrate im Bereich des Übergangs Salz–Deckgebirge ist dagegen, im Vergleich zum Niveau vor Beginn der Betonage im Herbst

2018, weiterhin etwas erhöht (vgl. Anhang 6.2, Bild 66 auf Blatt 348). Im Bereich des Übergangs Salz–Deckgebirge wurde am 06.04.2020 direkt nach einem starken mikroseismischen Ereignis ($M_l = -0.7$) eine zeitlich scharf begrenzte Häufung von mikroakustischen Ereignissen beobachtet (vgl. Anhang 6.2, Bilder 69 bis 71 auf den Blättern 350 bis 351). Am am 03.05.2019 wurde ein etwa gleich starkes mikroseismisches Ereignis an fast identischem Ort lokalisiert, welches ebenfalls erhöhte mikroakustischen Aktivität hervorrief.

Der Verspannungsprozess, den der Bau des Stützbauwerks im südlichen Teil des Abbaus 4/490 ausgelöst hat, scheint noch nicht vollständig abgeschlossen zu sein. Die beobachtete mikroakustische Aktivität könnte im Zusammenhang mit Redeformationen und Kompression der Auflockerungszone südlich des Abbaus 4/490 stehen.

Nördlich des ursprünglichen Südstoßes des Abbaus 4/490 wurde mikroakustische Aktivität insbesondere in folgenden Bereichen beobachtet (vgl. Abbildung 2.3 auf Blatt 55 und Anhang 6.2, Bild 64 auf Blatt 347):

- **Firstbereich über dem westlichen Teil des Abbaus 4/490 (B4/1 und B4/2):** Erhöhte mikroakustische Aktivität reicht bis ca. 5 m über die Firste, wobei mehrere temporär sehr aktive Cluster und Ereignisgruppen im sehr firstnahen Bereich bis ca. 1 m über der Firste beobachtet wurden (vgl. Anhang 6.2, Bild 57 und Anhang 6.2, Bild 58 auf Blatt 345). Insbesondere wurden größere Cluster im süd-westlichen Teil des Abbaus (C4/1), direkt über und nord-westlich des Strahlenschutzcontainers (der in Abbildung 2.3 auf Blatt 55 als Rechteck beim Rechtswert 8,91 km und Hochwert 78,12 km eingezeichnet ist) registriert (C4/2 und C4/3). Etwas breiter gestreut sind zahlreiche weitere Ereignisse, die sich entlang des westlichen Abbaurands bis über das abgezäunte Schachtlager im nordwestlichen Teil sowie von dem Lager ausgehend bis über den zentralen Bereich des Abbaus verteilen. Diese Cluster und Gruppen sind nicht durchgehend, sondern temporär aktiv. Sie fallen zum Teil mit kleinen visuell beobachteten Auflockerungen und kleinen Rissen zusammen (vgl. [13]).
- **Oststoß des Abbaus 3/490 (B4/3):** Im westlichen Teil des Pfeilers zwischen Abbau 3 und 4 ist wie schon in den Vorjahren, immer noch erhöhte mikroakustische Aktivität beobachtet worden. Die im vergangenem Jahr am Zugangsbereich zu Abbau 3/490 beobachtete erhöhte Aktivität ist zwar noch immer zu beobachten, hat sich jedoch verringert.
- **Stützbauwerk im südlichen Teil des Abbaus 4/490 (B4/4):** Nach einem sehr starken Anstieg der mikroakustischen Aktivität mit der Betonage des Stützbauwerkes im Herbst 2018 hat sich die Ereignisrate im Laufe vergangenen Jahres stark verringert (vgl. Anhang 6.2, Bild 61 auf Blatt 346). Die zu Beginn des Jahres 2019 noch stark erhöhte Aktivität über dem gesamten Bauwerk ist im Laufe des Jahres 2019 fast vollständig abgeklungen. Es ist lediglich über der Begrenzungsmauer zum Abbau sowie in etwa über der Bauwerksmitte lokal erhöhte mikroakustische Aktivität verblieben. Eine ausführliche Beschreibung der direkten Auswirkungen der Betonage im Herbst 2018 auf die mikroakustische Aktivität ist im Jahresbericht 2018 [13] zu finden.

Im Firstbereich über dem östlichen Teil des Abbaus wurde nur sehr geringe mikroakustische Aktivität beobachtet. Erst gegen Ende 2019 wurde ein Cluster am östlichen Stoß am Zugangsbereich des Abbaus registriert (C4/6). Es ist möglich, dass dies Nachwirkungen bergmännischer Aktivitäten waren.

Der ausgeprägter Peak der Rate schwacher Ereignisse im Firstbereich von ca. Mitte Juli bis Mitte August 2019 (vgl. Anhang 6.2, Bild 62 auf Blatt 347) ist nicht gebirgsmechanischen Ursprungs. Er wurde durch ein klapperndes Bauteil einer Lutte hervorgerufen, deren Schwingungen offenbar über ihre Aufhängung ins Gebirge übertragen wurden (grün markiertes Cluster in der Nähe der Cluster-Gruppe C4/2,3 in Abbildung 2.3 (a) und (b) auf Blatt 55).

Ein kleinerer Peak gegen Ende des Jahres entstand während der Betriebsruhe zwischen den Weihnachtsfeiertagen 2019 und Anfang Januar 2020. Durch die Reduzierung der Lüfterleistung und weniger laufende Maschinen in der Grube in diesem Zeitraum, kam es zu einem Temperaturrückgang um etwa 2 °C und entsprechender Änderung der Feuchte im Abbau, was die Entstehung von mikroakustischen Ereignissen, aber auch deren Beobachtbarkeit aufgrund verringerter Störsignale und Vibrationen begünstigt haben kann (vgl. Anhang 6.2, Bild 65 auf Blatt 348). Dieser Effekt ist, etwas weniger stark ausgeprägt, auch deutlich an Wochenenden zu beobachten. Die Beobachtung saisonaler Variationen im Abbau 3/490 (vgl. Anhang 6.1, Bild 54 auf Blatt 343) und die Beobachtung von entsprechenden wöchentlichen Schwankungen der Ereignisraten südlich der Abbaue deutet darauf hin, dass sowohl mehr Ereignisse auftreten als auch zusätzlich aufgrund erhöhter Sensitivität mehr Ereignisse beobachtet werden.

2.5.3 Fazit

Aufgrund hoher Beanspruchung und der nicht ausreichenden Firstwölbung in den Abbauen 3/490 und 4/490 ist weiterhin mit zunehmenden Schädigungen zu rechnen, die zu weiteren Einschränkungen der Gebrauchstauglichkeit führen können. Ein intensives Monitoring einschließlich mikroakustischer Überwachung, um erhöhte Mikroriss- und Rissbildung zeitnah festzustellen und zügig reagieren zu können, ist weiterhin erforderlich.

Eine akute Gefahr ließ sich aus den beobachteten mikroakustischen Ereignissen bislang (Stand Mai 2020) nicht ableiten, jedoch deutet die anhaltende mikroakustische Aktivität im stark beanspruchten Firstbereich über dem nördlichen Teil des Abbaus 3/490 auf kontinuierliche Auflockerung entlang der Grenzflächen der Internschichtung des Leinesteinsalzes hin. Die temporär aktiven firstnahen Cluster, die räumlich teils mit bekannten Risssystemen zusammenfallen, sind Hinweise darauf, dass die Rissbildung weiterhin stattfindet.

Im Firstbereich des Abbau 4/490 ist die mikroakustische Aktivität, abgesehen von temporär aktiven firstnahen Clustern, über dem westlichen Teil des Abbaus gering. Die Phasen mit erhöhter Aktivität korrelieren mit Betriebsruhephasen. Diese zeichnen sich durch Absenkungen der Temperatur im Abbau und einen verringerten Rauschpegel, insbesondere aufgrund leistungsreduzierter Lüfter, aus. Unabhängig davon, ob die Cluster durch eine temporär verbesserte Sensitivität beobachtbar werden oder temporär aktiv sind, spiegeln sie sehr firstnahe Auflockerung wieder.

Mit den gegen Ende 2018 beendeten Baumaßnahmen im südlichen Teil des Abbau 4/490 wurde die dortige problematische Firstsituation, die sich mikroakustisch durch zwei firstnahe Streifen besonders ausgeprägter Aktivität abgezeichnet hatte (vgl. z. B. [19], [17], [16]), entschärft. Nach temporär sehr stark erhöhter mikroakustischer Aktivität im Zusammenhang mit der Betonage eines den Bereich unterfangenden Stützbauwerks hat die Aktivität wieder abgenommen und lag im Firstbereich zum Ende des Jahres 2019 wieder auf dem Niveau wie vor der Betonage. Im Bereich Salz–Deckgebirge ist die Rate ebenfalls während des Jahres 2019 stark zurückgegangen, ist jedoch gegenüber dem Niveau vor Baubeginn noch leicht erhöht.

Die nach der Errichtung des Stützbauwerks im südlichen Teil des Abbaus 4/490 weiterhin etwas erhöhte mikroakustische Aktivität im Bereich des Übergangs Salz–Deckgebirge deutet auf einen andauernden Verspannungsprozess hin. Die, der mikroakustischen Aktivität zugrundeliegende Mikrorissbildung, ist in der Regel ein Indiz für Auflockerung und Erhöhung der Permeabilität. Sie kann jedoch auch im Zusammenhang mit der Kompaktierung eines zuvor aufgelockerten Bereichs auftreten, d. h. im Zusammenhang mit einem längerfristigen zur Verringerung der Permeabilität führenden Prozess. Ein Zusammenhang zwischen der mikroakustischen Aktivität an der Grenze Salz–Deckgebirge und der Entwicklung der Fassungsrate an der Hauptauffangstelle im Abbau 3/658 wurde bisher nicht festgestellt.

Bei der vorgesehenen Betonage des Abbaus 3/490 ist mit ähnlichen Beobachtungen wie infolge der Errichtung des Stützbauwerks im Abbau 4/490 zu rechnen, insbesondere im Bereich des Übergangs zum Deckgebirge, das nur durch eine sehr dünne Salzbarriere vom Abbau getrennt ist.

In Abschnitt 4.1 auf Blatt 64 wird die Gebrauchstauglichkeit der Abbaue 3/490 und 4/490 basierend auf den Mikroakustikergebnissen zusammen mit den weiteren Monitoringergebnissen diskutiert.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

3 Überwachung des Baufeldes an der Südflanke oberhalb der 750-m-Sohle

Aufgrund des hohen Durchbauungsgrades und der langen offenen Standzeit unterliegen die Tragelemente des Baufeldes an der Südflanke zunehmenden Entfestigungs- und Verformungserscheinungen. Dabei sind aus gebirgsmechanischer Sicht drei Hauptphasen (Abbau-, Stand- und Versatzphase) für das Verhalten des Gesamtsystems von ausschlaggebender Bedeutung.

Abbauphase

Das Baufeld an der Südflanke wurde im Zeitraum von 1916 bis 1964 zur Steinsalzgewinnung mit ca. 3 Mio. m^3 aufgefahren und ist aufgrund seiner Lage und Größe für das gebirgsmechanische Verhalten von größter Bedeutung. Dort wurden von der 490- bis zur 750-m-Sohle insgesamt 13 Sohlen mit zumeist jeweils 9 Abbauen aufgefahren. Dadurch entstand ein rasterartiges Abbau-Pfeiler-Schweben-System mit einer durchschnittlichen Schwebenmächtigkeit von ca. 6 m und einer Pfeilerbreite von ca. 12 m mit einem Zentralpfeiler von ca. 20 m Mächtigkeit zwischen den Abbaureihen 4 und 5, der das Haupttragelement darstellt.

Die Hauptlast auf die Pfeiler und Schweben im Baufeld an der Südflanke wird querschlägig zum Streichen des Asse-Sattels eingetragen. Auf Basis der Tragfähigkeitsverhältnisse lässt sich das an der Südflanke aufgefahrene Tragsystem als nicht ausreichend dimensioniert bzw. nachgiebig bewerten.

Standzeit

Nach Abschluss der Salzgewinnung gab es von 1964 bis 1994 einen Zeitabschnitt ohne bergmännische Salzgewinnung bzw. mit nur wenigen Neuauffahrungen. In diesem Zeitraum wurde von 1984 bis 1992 der Tiefenaufschluss unterhalb der 775-m-Sohle zur Errichtung von Versuchsfeldern mit einem Ausbruchvolumen von ca. 240.000 m^3 aufgefahren. Das dort gewonnene Salz wurde zur Verfüllung der Südflanke genutzt, so dass ca. 350.400 t Eigenversatz während der Standzeit in die Südflanke eingebracht wurden. Die restlichen Abbaue waren in dieser Zeit unversetzt dem Gebirgsdruck ausgesetzt. Die lange offene Standzeit der Abbaue hat ebenfalls großen Einfluss auf den Schädigungsgrad der Tragelemente. In dieser Phase sind ca. 30 % der Schweben im Baufeld an der Südflanke gebrochen und es kam zu den ersten Lösungszutritten in das Grubengebäude [31].

Versatzphase

Um den steigenden Verformungs- und Schädigungsprozessen im Grubengebäude entgegenzuwirken, wurde von 1995 bis 2004 Blasversatz in die Abbaue im Baufeld an der Südflanke eingebracht.

Zusätzlich wird seit Ende 2009 im Rahmen der Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen zur Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit und Konsequenzen eines auslegungsüberschreitenden Lösungszutritts (AÜL), die Verfüllung von Resthohlräumen mit Sorelbeton betrieben. Somit wurden die durch Eigensetzung des Ronnenbergversatzes in den Abbauen der Südflanke entstandenen Firstspalte (Resthohlräume) sowie ausgewählte Abbaubegleitstrecken und Durchhiebe mit ca. 180.000 m^3 Sorelbeton verfüllt (Stand: 03.04.2020), um den verformungsaktiven Hohlraum weitestgehend zu minimieren und das Tragsystem zu stabilisieren (vgl. Anhang 1.3 auf Blatt 214).

In Anhang 1.2 auf Blatt 213 ist die aktuelle Verfüllsituation, bezogen auf den Schnitt 1 mit Stand 01/2020, dargestellt. Von den 100 Abbauen der Südflanke (490- bis 725-m-Sohle) wurde bisher in 70 Abbauen die Verfüllung der Firstspalte abgeschlossen. Dabei sind die Abbaureihe 1 und der Ostflügel (Abbaureihen

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

5[1], 6, 7, 8 und 9) vollständig verfüllt. Am oberen Baufeldrand ist die Firstspaltverfüllung der Abbaue der 511- und 532-m-Sohle nahezu abgeschlossen.

Im Jahr 2019 und Anfang 2020 wurden die Firstspalte und Resthohlräume in folgenden Bereichen mit Sorelbeton verfüllt (vgl. Anhang 1.3 auf Blatt 214):

- Nebenabbaue und Zugänge 8a/532, 8b/532 und 7b/532 (Nord)
- Firstspalt unter der MAW-Kammer auf der 511-m-Sohle und Nebenabbau 8a/532
- Nördliche Umfahrung von Nebenabbau 6a/532 und 7a/532 auf der 532-m-Sohle
- Wetterstrecke zum Blindschacht 1 auf der 574-m-Sohle bis zur 553-m-Sohle
- Richtstrecke bis Abbau 6/595 auf der 595-m-Sohle
- Appendix Schacht 2 auf der 637-m-Sohle
- Oberes Teilstück der Diagonalstrecke zur 679-m-Sohle und Richtstrecke nach Westen auf der 658-m-Sohle

Bei der Umsetzung der Verfüllmaßnahmen ist eine messtechnische Überwachung der Bauzustände erforderlich, da im Rahmen der umzusetzenden Maßnahmen eine lokale Beeinflussung des Tragsystems, z. B. bedingt durch den Temperatur- und Feuchteeintrag bei der Betonage, nicht ausgeschlossen werden kann. Die Ergebnisse der mikroseismischen Überwachung werden in Abschnitt 2.4.4.2 auf Blatt 42 und Abschnitt 2.4.4.3 auf Blatt 43 dargestellt.

Für eine Gesamtaussage zur Bewertung der Stabilisierungsmaßnahmen im Verhältnis zur fortschreitenden Schädigung (Interaktion: Deckgebirge–Baufeld), steht nach wie vor die Firstspaltverfüllung im Vordergrund. Da diese Maßnahme zur Resthohlraumminimierung seit über 10 Jahren umgesetzt wird, sind Reaktionen des Tragsystems auf die Verfüllmaßnahmen aus den erfassten Messwerten ableitbar.

3.1 Messergebnisse

Querschlägige Extensometermessungen in den Pfeilern

Begonnen wurde die Firstspaltverfüllung im Bereich des Verformungsmaximums (Stand 2009), d. h. in den Abbauen 6 bis 8 auf der 532- und der 553-m-Sohle. Zum Berichtszeitpunkt ist die Firstspaltverfüllung im Ostflügel abgeschlossen. Im Westflügel verbleiben Firstspalte noch in ca. der Hälfte der Abbaue unverfüllt. Die gegenwärtige räumliche Verteilung der Pfeilerstauchungsraten nach etwa 8 Jahren Firstspaltverfüllung zeigt, dass die Maxima im Ostflügel von 120 mm/a auf 68 mm/a im Jahr 2019 zurückgegangen sind. Diese nähern sich den Pfeilerstauchungsmaxima im Westflügel an (66 mm/a im Jahr 2019). Auch die Bandbreite der Pfeilerstauchungsraten hat sich signifikant reduziert (s. Anhang 3.1, Blatt 273 und 275).

Im Jahr 2019 ist eine degressive Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten zu beobachten.

Detailliertere Ergebnisse zu den Extensometermessungen sind Abschnitt 2.2.5 ab Blatt 25 zu entnehmen.

[1] Der Großabbau 9+10/700 – die Schwebe zum Abbau 5/725 wurde hereingewonnen – ist noch nicht nachverfüllt.

Temperaturmessungen — messtechnisch erfasste Einwirkungen auf die Pfeiler und Schweben sowie die Versatzkörper

Die Lokationen der Messketten und -sensoren sind u. a. in [32] aufgeführt, so dass darauf nicht weiter eingegangen wird. Da die Verfüllung mit Sorelbeton kaum oder nur einen vorübergehenden Einfluss auf das Feuchteregime hat, entfällt seit Mai 2013 dessen Darstellung in der messtechnischen Überwachung der Firstspaltverfüllung.

Die Datenerfassung der Temperaturmessungen erfolgt automatisiert mittels semimobiler Messanlagen. Zusätzlich werden die Temperatursensoren an den Spannungsmonitorstationen zur Erfassung der Temperatureinflüsse auf das Tragsystem genutzt.

Pfeiler

Die Temperaturmessungen in den Pfeilern zeigen im Allgemeinen etwa vier Wochen nach Beginn der Verfüllung von nahe gelegenen Firstspalten einen Temperaturanstieg von ca. 3 K (s. Anhang 7 auf Blatt 352). Abweichend wurde Mitte 2013 ein Temperaturanstieg von ca. 9 K im Pfeiler 1/2 (Südseite des Pfeilers) auf der 574-m-Sohle beobachtet. Im Umfeld der verfüllten Firstspalte verbleibt im Durchschnitt eine Temperaturerhöhung von ca. 2 K. Hier ist jedoch von einer lokalen Besonderheit auszugehen, da aufgrund erheblicher Rissbildungen im Pfeiler der Sorelbeton sehr nahe an die Spannungsmonitorstation gelangen konnte.

Schweben (bzw. Restschweben)

Die Verfüllung eines Firstspaltes kann anhand der Temperaturmessung in der Schwebe gut nachvollzogen werden. Wenige Tage nach Beginn der Verfüllung steigt die Temperatur in der Schwebe um ca. 10 K an. Der maximale Temperaturanstieg wurde mit ca. 25 K in der Schwebe zwischen den Abbauen 4/511 und 4/490 gemessen. Ungefähr vier Wochen bleibt die Temperatur konstant, dann ist eine stetige Temperaturabnahme erkennbar. Anhand der Temperaturmessungen kann auch die Nachverfüllung bereits betonierter Firstspalte erfasst werden, welche sich in einem erneuten Temperaturanstieg widerspiegelt. Der in Anhang 7 auf Blatt 353 dargestellte Temperaturverlauf zeigt Ende 2016 einen Wiederanstieg bedingt durch die Nachverfüllung des Abbaus 4/511 und der Schwebe zum Abbau 4/490.

Nach ca. neun Jahren Beobachtungszeit ist der Ausgangswert (ca. 30 °C) vor der Verfüllung an allen messtechnisch beobachteten Standorten noch nicht erreicht. Es verbleibt eine Temperaturerhöhung von ca. 2 K in den Schweben.

Versatz

Die Temperaturmessungen im Versatz zeigen nach Beginn der Verfüllung einen stetigen Anstieg von ca. 10 K (Mittelwert). Das erreichte Maximum bleibt ca. vier Wochen konstant, anschließend ist ein kontinuierlicher Temperaturrückgang erkennbar. Nach achtjähriger Beobachtungszeit wurde die Ausgangstemperatur von ca. 30 °C noch nicht erreicht. Es verbleibt eine Temperaturdifferenz von ca. 2 K. Der Betrag der Temperaturerhöhung ist von der Versatzmächtigkeit über der Instrumentierung abhängig und erreichte in der Vergangenheit bis zu 15 K (s. Anhang 7 auf Blatt 354).

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Salzlösungsmonitoring

Im Rahmen des Salzlösungsmonitorings werden die Fassungsmengen, die Austrittsorte und die physikochemischen Eigenschaften der zutretenden Salzlösung intensiv verfolgt und daraus eine sicherheitliche Bewertung abgeleitet. Vor diesem Hintergrund sind die Einwirkungen der Firstspaltverfüllung auf den Salzlösungszutritt und sich eventuell abzeichnende Reaktionen im Gesamttragsystem von gebirgsmechanischer Bedeutung für die zielgerichtete Weiterführung der Verfüllmaßnahme.

Im Jahr 2019 lag an der Hauptfassungsstelle auf der 658-m-Sohle die mittlere Fassungsrate bei 12,5 m^3/d (s. Kapitel 5 auf Blatt 178).

Die wichtigsten Ereignisse im Jahr 2019 sind im Kapitel 5 (ab Blatt 178) beschrieben.

Weitere Messverfahren

Zur Einschätzung des Einflusses der Firstspaltverfüllung auf die gebirgsmechanische Situation in den Tragelementen werden die Spannungsmonitorstationen in den Pfeilern herangezogen, in deren benachbarten Abbauen Firstspaltverfüllungen vorgenommen worden sind. Die Ergebnisse der Gebirgsspannungsmessungen in den Pfeilern können Abschnitt 2.1 (ab Blatt 15) entnommen werden.

Zur Einschätzung der gebirgsmechanischen Wirkung der Firstspaltverfüllung sind auch die Lastmessungen im Versatz von Abbauen zu berücksichtigen, in denen eine Firstspaltverfüllung erfolgt ist. Das betrifft den Abbau 1 auf der 616-m-Sohle, die Abbaureihe 7 von der 595- bis zur 658-m-Sohle sowie den Abbau 8/616 (s. Abschnitt 2.3, ab Blatt 35).

Die Auswertung der mikroseismischen Ereignisse ist ebenfalls Bestandteil der gebirgsmechanischen Überwachung der Firstspaltverfüllung (s. Abschnitt 2.4.4.11, ab Blatt 50).

3.2 Monitoringbereiche

Des Weiteren wurde ab 2012 sukzessive für alle relevanten Infrastrukturbereiche eine intensivere Beobachtung der Schädigungsprozesse mittels lokaler Monitoringprogramme umgesetzt. Auf deren Grundlage wurden bzw. werden vorgezogene Verfüllmaßnahmen bei Bedarf initiiert. Zum Berichtsstand werden der obere Baufeldrand, die zugänglichen Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle, der Westflügel der 553- und der 574-m-Sohle, die Wendelstrecke von der 490- bis zur 850-m-Sohle, die Infrastrukturräume auf der 700-m-Sohle, die Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle (Gleitbogenausbau), das Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle, sowie die nördliche Richtstrecke nach Osten und der Abbau 5 (Na2) auf der 750-m-Sohle überwacht.

Mit diesen Maßnahmen soll eine Bewertung der Gebrauchstauglichkeit dieser Bereiche für den noch geplanten Nutzungszeitraum ermöglicht und durch die vorgezogenen Verfüllmaßnahmen der Schädigungsprozess verlangsamt werden. Die Bewertungen basieren auf den Ergebnissen der in diesem Kapitel und in Kapitel 4 auf Blatt 64 dargestellten Messsysteme und werden anlassbezogen durch lokationsbedingte geotechnische und geophysikalische Neuinstrumentierungen ergänzt. Die Firste sensibler Infrastrukturbereiche wird mittels Firstkontrollbohrungen, Georadarmessungen, visueller Inspektionen (Einsatz von Bohrlochkamera und Endoskop), Mikroakustik, lokaler Firstnivellements und Beobachtung des Rissinventars überwacht. Der aktuelle Status der Monitoringprogramme ist in Kapitel 4 ab Blatt 64 beschrieben.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

3.3 Zusammenfassende Bewertung

Durch die Verfüllung der Firstspalte mit Sorelbeton in den versetzten Abbauen der Südflanke soll eine beschleunigte Kompaktion des Versatzes und damit eine verbesserte Stützwirkung in den Abbauen erzielt werden. Weiterhin wird durch die damit verbundene Stützung der Pfeilerbereiche (Verdämmungswirkung) eine Stabilisierung der Tragelemente erreicht, welche die degressive Entwicklung der Verformungsraten unterstützt.

Die Kompaktion des Salzversatzes unterstützt durch die Firstspaltverfüllung (entsprechend dem SBPL 6/2009) zeigen erste positive gebirgsmechanische Wirkungen im Hinblick auf die Resttragfähigkeit des Tragsystems der Südflanke bzw. eine verbesserte Einspannung des Versatzkörpers. Darauf weist der in einigen Bereichen registrierte Rückgang der Spannungsdifferenzen hin (s. Abschnitt 2.1 auf Blatt 15).

Seit Mai 2013 hat sich die degressive Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten verlangsamt. Entsprechend ist die Firstspaltverfüllung in den Abbaureihen 2 bis 4 sowie die Verfüllung der Resthohlräume am oberen Baufeldrand möglichst zügig fortzuführen.

Nach ca. neun Jahren Firstspaltverfüllung ist der Temperaturausgangswert (ca. 30 °C) vor der Verfüllung im Baufeld an der Südflanke noch nicht erreicht. Es verbleibt eine Temperaturerhöhung von ca. 2 bis 3 K.

Die Salzlösungsaustritte im Baufeld an der Südflanke sind im Jahr 2019 gegenüber 2018 verändert. Die Fassungsraten haben insgesamt im Jahr 2019 im Vergleich zu 2018 zugenommen (s. Kapitel 5 auf Blatt 179). Die gefassten Lösungen konzentrieren sich weiterhin auf den Abbau 3/658 (2019 zu 96 %; 2018 zu 95 %) und stehen somit nicht im direkten Zusammenhang mit der Firstspaltverfüllung.

4 Lokale Monitoringprogramme zur Überwachung sensibler Infrastrukturbereiche

4.1 Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer

Einleitung

Die Grubenräume am oberen Baufeld der Südflanke (490-m-Sohle und Abbau 2/511 auf der 511-m-Sohle) stellen wichtige Infrastrukturräume mit intensiver Nutzung für den weiteren Offenhaltungsbetrieb der Schachtanlage Asse II dar. Die Abbaue in diesem Bereich wurden im Zeitraum 1960 bis 1964 mit einem Gesamtvolumen von ca. 134.000 m^3 im Leinesteinsalz aufgefahren und im Rahmen der Verfüllung der Südflanke bereits mit ca. 84.000 m^3 Salzversatz teilversetzt. Mit den über die Jahre aufgefahrenen Strecken und der Erstellung von Infastrukturräumen beträgt das Gesamtvolumen des Bereiches derzeit ca. 162.000 m^3. Davon sind ca. 9.000 m^3 mit Sorelbeton verfüllt und das Volumen des Salzversatz beträgt mit der konvergenzbedingten Abnahme nach der Einbringung ca. 83.000 m^3. Es verbleiben zum Berichtsstand noch ca. 70.000 m^3 offener Hohlraum und nach der jetzigen Planung sollen nach Abschluss der Vorsorgemaßnahmen noch ca. 32.000 m^3 bestehen bleiben.

Aufgrund der langen offenen Standzeit und der hohen gebirgsmechanischen Beanspruchung sowie der zu geringen Firstwölbung in einigen Bereichen ist zukünftig mit einer fortschreitenden Schädigung des Bereiches zu rechnen. Aus gebirgsmechanischen Gefährdungsanalysen der Standortüberwachung und des Instituts für Gebirgsmechanik ergab sich die Besorgnis einer zunehmenden Auflockerung in den Firstbereichen der infrastrukturell genutzten Abbaue, insbesondere der Abbaue 3/490, 4/490 und 2/511 am oberen Baufeldrand. Das Institut für Gebirgsmechanik empfahl in diesem Zusammenhang ein intensives Monitoring der Firsten dieser infrastrukturell genutzten Abbaue [33], [34]. Zur Überwachung der Infrastrukturbereiche werden geotechnische und geophysikalische Messverfahren eingesetzt, darunter z. B. Mikroakustik, Mikroseismik, Firstkontrollbohrungen, Rissüberwachungen sowie Konvergenzmessungen, um geeignete Sicherungs- und/oder Stabilisierungsmaßnahmen ableiten und ggf. rechtzeitig initiieren zu können. Ende des Jahres 2012 wurde mit der Umsetzung erster zusätzlicher Monitoringmaßnahmen in den Abbauen 3/490 und 4/490 auf der 490-m-Sohle sowie im Abbau 2/511 auf der 511-m-Sohle begonnen. Diese wurden von Georadarmessungen untersetzt, die die Abbaufirsten auf bereits vorhandene Schädigungen untersuchten. Durch den Einbau des Firstextensometers im Abbau 4/490 werden mögliche Auflockerungen der Firste des Abbaus messtechnisch erfasst. Des Weiteren wurden mikroakustische Messnetze in den Abbauen 3/490 und 4/490 installiert, die zur Bewertung des Schädigungsgrades und dessen zeitlicher Entwicklung herangezogen werden sollen.

Im Folgenden werden die wesentlichen Messergebnisse aus dem Jahr 2019 dargestellt und anschließend die Situation gegliedert und nach den in Nutzung befindlichen Infrastrukturräumen beschrieben. Hat sich im Jahr 2019 nichts Wesentliches an den messtechnischen Ergebnissen geändert, so können weiter zurückliegende Messergebnisse aus den Jahresberichten der letzten Jahre entnommen werden [16] [13]. Auf dieser Grundlage wird die aktuelle Situation, insbesondere bezüglich des Schädigungsgrades und der Schädigungsentwicklung sowie der aktuellen betrieblichen Nutzung, bewertet.

Messergebnisse

Konvergenzmessungen

Am oberen Baufeldrand auf der 490- und 511-m-Sohle werden die Konvergenzen in fünf Abbauen mit 15 horizontalen und 4 vertikalen (nur Abbau 3/490) Messquerschnitten erfasst (s. Anhang 8.1 auf Blatt 355). Zusätzlich sind zwei horizontal messende Konvergenzmessquerschnitte im Bereich des Hauptgrubenlüfters in Betrieb. In Abbau 4/490 wurde Ende 2018 der südliche Bereich durch ein Stützbauwerk betoniert. Dadurch sind die Messpunkte 4920 und 4922 weggefallen. Im Jahr 2019 wurde der neue Messquerschnitt 4935 – 4936 nachinstrumentiert (s. Anhang 8.1 auf Blatt 355). Die wesentlichen Ergebnisse für die Konvergenzmessungen in den Abbauen sind in Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 32 beschrieben. Insgesamt kann ein Rückgang der Konvergenzraten an den Messquerschnitten in den Abbauen auf der 490- und 511-m-Sohle ermittelt werden.

Für den Bereich um den Hauptgrubenlüfter lassen sich für 2019 horizontale Konvergenzraten von ca. 3 mm/a bei einer Verformungsrate von ca. 0,8 ‰/a ermitteln. Im Vergleich zum Vorjahr sind die Konvergenzraten auf einen vergleichbaren Niveau.

Querschlägige Extensometermessungen in den Pfeilern

Aus den querschlägigen Extensometermessungen in den Pfeilern lässt sich weiterhin ein starken Deformationsgradient zwischen dem oberen Bereich und dem zentralen Bereichen des Baufeldes an der Südflanke ausweisen (s. Abschnitt 2.2.5 auf Blatt 25). Zwar ist seit der fortschreitenden großflächigen Verfüllung der Firstspalte und der Resthohlräume im Grubengebäude der Deformationsgradient, im Vergleich zum Jahr 1989, deutlich abgeschwächt, der Unterschied in den Pfeilerstauchungsraten ist aber immer noch deutlich zu erkennen (vgl. Abbildung 2.1 auf Blatt 28).

Firstextensometer

Zur Firstüberwachung sind im Abbau 4/490 ein und in der Kfz-Werkstatt (490-m-Sohle) zwei Firstextensometer installiert (s. Anhang 8.1 auf Blatt 355).

Seit Ende 2013 ist im zentralen Bereich des Abbaus 4/490 das Firstextensometer FiEx. 490002 in Betrieb. Über eine Gesamtlänge von 9 m und Ankerpunkten in 3 m, 6 m und 9 m Bohrlochteufe wird die vertikale Längenänderung zwischen den Ankerpunkten überwacht. Zusätzlich wird die Temperatur am Kopfpunkt und am Ankerpunkt in 9 m gemessen. Seit Beginn der Messwertaufzeichnung wurde eine Dehnung von ca. 5,4 mm zwischen Firstextensometerkopfpunkt und dem tiefsten Ankerpunkt (9 m) gemessen (s. Anhang 8.2 auf Blatt 356). Die Verschiebungen laufen mit geringen Verschiebungsraten von etwa 1 mm/a ab. In Tabelle 4.1 auf Blatt 66 sind die jährlichen Verformungsraten bezogen auf die drei Messabschnitte dargestellt. Es ergibt sich, dass sich die Verformungsraten in den letzten Jahren konstant bzw. degressiv entwickelt haben. Im Zeitraum Juli 2019 bis August 2019 wurde eine kontinuierliche Temperaturerhöhung auf max. 37,6 °C am Kopfpunkt erfasst. Dieses Temperaturniveau blieb bis Ende 2019 bestehen, ehe die Temperaturen um ca. 2 °C abrupt abfielen, ehe sie wieder auf das gleiche Niveau ansteigen. Seit Februar 2020 ist wiederum ein Abfall der Temperaturen auf aktuell ca. 35 °C zu erkennen. Der Temperatursensor in 9 m Bohrlochteufe reagiert auf die Temperaturunterschiede erwartungsgemäß deutlich gedämpfter und zeitlich versetzt, aber auch hier ist die Temperaturerhöhung deutlich zu erkennen, wobei die Temperaturänderungen im Wesentlichen durch Änderungen der Bewetterung und laufende betriebliche Aktivitäten insbesondere Betonagen beeinflusst werden. Es ist

ein deutlicher Zusammenhang zwischen Firstbewegungen und Temperaturunterschieden zu erkennen. Im Zeitraum der Temperaturerhöhung zeigen alle Messpunkte eine deutliche Beschleunigung der Dehnung, wohingegen ein deutlicher Abfall der Dehnung seit dem Temperaturabfall Anfang 2020 zu erkennen ist. Der Zusammenhang zwischen Temperaturschwankungen und Firstbewegungen wird auch in Abschnitt 2.5.2 auf Blatt 54 auf Basis des mikroakustischen Messsystems erfasst und diskutiert.

Tabelle 4.1: Berechnete mittlere Verformungsraten für die Abschnitte 0–3 m, 3–6 m und 6–9 m für das Firstextensometer FiEx490002 in Abbau 4/490

Jahr	Verformungsrate [‰/a]		
	$\Delta_{0-3\,m}$	$\Delta_{3-6\,m}$	$\Delta_{6-9\,m}$
2014	0,07	0,23	0,20
2015	0,09	0,16	0,02
2016	0,22	0,00	0,04
2017	0,18	0,04	0,06
2018	0,06	0,16	0,08
2019	0,11	0,10	0,06

Seit Juni 2019 sind zwei Firstextensometer (FiEx. 490003 und FiEx. 490004) in der Kfz-Werkstatt in Betrieb. Aus den Messungen gehen keine arbeitssicherheitlichen Gefährdungen der Firstbewegung in der Kfz-Werkstatt hervor.

Firstüberwachungspunkte

Zum Ausbau des Firstmonitorings wurden im Abbau 3/490, 4/490 und 2/511 insgesamt 21 Firstüberwachungspunkte installiert (s. Anhang 8.1 auf Blatt 355).

Im Februar 2018 wurden 16 Firstüberwachungspunkte (FUE-001 bis FUE-016) im Firstbereich des Abbaus 3/490 ausgewählt und mit Reflektorfolien versehen. Seit der Bezugsmessung am 28.02.2018 betragen die Lageverschiebungen der Punkte zwischen 1 bis 5 mm. Eine eindeutige Systematik im Betrag und in der Richtung der Verschiebungen ist aktuell nicht zu erkennen. Die Höhenänderungen in den Messpunkten zeigen eine leichte Hebung bzw. Senkung von −1 bis 2 mm. Auch hier kann noch kein eindeutiges Bewegungsbild aus den Messungen abgeleitet werden.

Die Firstüberwachungspunkte im Abbau 4/490 (FUE017 bis FUE021 und Kopfpunkt FiEx, 490002) und im Abbau 2/511 (FUE022 bis FUE026) weisen auf eine gleichmäßige Firstsenkung in diesen Abbauen hin. Seit Beginn der Messungen am 31.07.2014 betragen die Senkungen ca. 140 mm in Abbau 4/490 bzw. ca. 130 mm in Abbau 2/511.

Firstkontrollbohrungen

Aufgrund der Besorgnis einer zunehmenden Auflockerung in den Firstbereichen wurden am oberen Baufeld ab April 2012 133 Firstkontrollbohrungen erstellt, wovon zum Berichtsstand, aufgrund von Verfüllmaßnahmen, schlechter Qualität oder Bohrlochkonvergenzen, noch 88 inspizierbar sind. Die Bohrung haben eine Länge von etwa 3 bis 5 m. Eine Übersicht der Lage der noch befahrbaren Bohrungen ist in Anhang 8.1 auf Blatt 355 dargestellt.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Die visuellen Begutachtungen der Firstkontrollbohrungen im Jahr 2019 und Anfang 2020 ergab keine neuen gebirgsmechanisch relevanten Firstschädigungen im Form von Rissen oder Ausbrüchen in den Bohrungen. An der Firstkontrollbohrung 15/490-3 im nördlich-zentralen Bereich des Abbaues 3/490 kann weiterhin ein Riss mit einer Öffnungsweite von ca. 2 bis 3 mm in ca. 0,75 m Bohrlochteufe beobachtet werden (s. Abbildung 4.1 auf Blatt 67).

(a) Rissstruktur bei ca. 0,6 m Bohrlochteufe

(b) Rissstruktur bei ca. 0,6 m Bohrlochteufe (Befahrung mit Spiegel)

Abbildung 4.1: Kamerabefahrung der Firstkontrollbohrung FKBrg. 15/490-3 vom 11.03.2020

Rissüberwachung

Zur Beobachtung der Schädigungsentwicklung am oberen Baufeldrand werden seit Ende 2011 die Risse visuell beobachtet und teilweise mittels Fissurometer messtechnisch erfasst (s. Anhang 8.1 auf Blatt 355).

In Abbau 3/490 bestehen die zwei querschlägigen Dämme zwischen den Laugespeicherbecken aus aufgeschüttetem konsolidierten Salzversatz. Aufgrund der Sohlenaufwölbung bzw. der querschlägigen Schwebenstauchungen, als direkte Reaktion der einwirkenden Gebirgsspannung, bildeten sich in diesen Dämmen Risse, die ca. Ost–West streichen und in etwa im zentralen Bereich der Dämme liegen. Diese Risse werden mittels Fissurometer messtechnisch erfasst (s. Anhang 8.3 (Blätter 357–359)). Im Jahr 2019 wurden keine gebirgsmechanisch relevanten Veränderungen festgestellt.

In der E-Werkstatt im östlichen Bereich der 490-m-Sohle zeigen der südliche Stoß und die Firste verstärkte Rissbildung (s. Abbildung 4.4b auf Blatt 71). Die Risse verlaufen in streichender Richtung und zeigen teilweise Risslängen von bis zu 20 m. Die Rissentwicklungen werden mit zwei Fissurometern überwacht. Die Messstelle 020F befindet sich im Bereich des Pausenraums, die Messstelle 012F am südlichen Stoß der E-Werkstatt. Im Berichtszeitraum 2019 befanden sich die Messwerte gegenüber dem Vorjahr mit Verschiebungsraten $\leq$1 mm/a weiterhin auf einem geringen Niveau. Dennoch sind an einigen Stellen Rissverlängerungen festzustellen und aufgrund einer teilweisen Verwachsung und Überlappung der Risse ist eine zunehmende Entfestigung des südlichen Abbaukante der E-Werkstatt zu besorgen.

Im Abbau 2/511 wurde im Jahr 2019 das Fissurometer 060F westlich des Bohrlochmundes der Fluchtbohrung zur Wendelstrecke instrumentiert. Seitdem werden Verschiebungen von 0,1 bis 0,6 mm erfasst. Der Nordstoß im Bereich der Fluchtbohrung zeigt stärkere Abschalungsbildungen (Scherdeformation), die sich aber im Jahr 2019 nicht verändert haben.

Mikroseismik

Die Ergebnisse der mikroseismischen Aktivität für den oberen Baufeldrand für das Jahr 2019 sind in Abschnitt 2.4.4.2 auf Blatt 41 dargestellt. Insgesamt blieb die mikroseismische Aktivität im Berichtszeitraum im erwartenden Rahmen und war nicht erhöht.

Mikroakustik

Aufgrund der bereits erheblich geschädigten Schweben unterhalb der Abbaue 3/490 und 4/490 sowie der zu geringen Firstwölbung ist mit der Bildung von gewölbeartigen Auflockerungszonen im Hangenden und möglichen Firstablösungen zu rechnen. Da diese Abbaue weiterhin infrastrukturell genutzt werden, wurde 2013 ein mikroakustisches Messsystem in Betrieb genommen, um die Schädigungsentwicklung kontinuierlich beobachten zu können. Die detaillierten Ergebnisse sind in Abschnitt 2.5 auf Blatt 51 dargestellt.

Beschreibung der Situation

Abbau 3/490

Der Abbau 3/490 befindet sich im westlichsten Teil der 490-m-Sohle und ist vom westlichen Streckenkreuz über eine ansteigende Diagonalstrecke erreichbar (s. Abbildung 4.2a auf Blatt 69). Der Abbau wurde von 1962 bis 1964 mit einem Hohlraumvolumen von ca. 38.500 m^3 aufgefahren und im Jahr 1993 mit ca. 21.800 m^3 angefeuchtetem Salzversatz teilverfüllt. Heute werden dort Zutrittslösungen und Salzlösungen (Anmachlösung) zur Sorelbetonproduktion in zwei Laugespeicherbecken (LSB) zwischengelagert. Von den ursprünglich drei Speicherbecken (LSB 1, LSB 2 und LSB 3) sind nur noch die Speicherbecken LSB 2 und LSB 3 in Betrieb. Das LSB 1 wurde auf Grund von festgestellten Firstschädigungen in Form von größeren Ablösungen und abgelösten Ankerplatten vorsorglich im Juni 2015 außer Betrieb genommen [35], im Juli 2016 mit Salz versetzt und im Anschluss mit einer Sorelbetonabschlussschicht von ca. 268 m^3 bis auf das Niveau der Dammkronen verfüllt. Ende 2017 wurde eine firstbündige Schalungswand aus Sorelbeton um das LSB 1 errichtet, so dass bei einer Verschlechterung der gebirgsmechanischen Situation dieser Bereich mit Sorelbeton verfüllt werden kann.

Aus gebirgsmechanischer Sicht wurde die Firste ungünstig flach aufgefahren und es kam nach der Gewinnungszeit zu einer langen offenen Standzeit. Zur Sicherung ist die Firste mit einem Maschendrahtverzug und einer Systemankerung gesichert. Die visuelle Begutachtung aus dem Jahr 2019 zeigt keine neue Schädigung an der Firste. Die Messergebnisse der Konvergenzen zeigen im Jahr 2019 einen deutlichen Rückgang der Konvergenzraten. Dennoch führt die querschlägige Reduktion des Abbauvolumens weiterhin zu einer Schädigung der Schwebe, die anhand der Hebung der Dammkronen messtechnisch erfasst werden kann. Anfang 2011 wurde der darunterliegende Firstspalt des Abbaues 3/511 mit Sorelbeton nachverfüllt. Auch nach der Firstspaltverfüllung konnte keine nachhaltige Stabilisierung des Abbaues 3/490 erreicht werden. Gebirgsmechanische Modellrechnungen des IfG weisen Zugspannungen über die gesamten Firste aus, die sich sehr ungünstig auf die weitere gebirgsmechanische Entwicklung auswirken [36]. Aus diesem Grund und der fortschreitenden Schädigung ist die weitere Gebrauchstauglichkeit des Abbaues über einen längeren Zeitraum nicht mehr gegeben.

Der vollständige Rückzug aus Abbau 3/490 ist nach Fertigstellung und Inbetriebnahme der übertägigen Annahmestelle für Lösungen II (AFL II) sowie nach Inbetriebnahme des neu auf der 490-m-Sohle

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

südlich des Schachtes 2 hergerichteten untertägigen Standortes für die weiterhin erforderliche Zwischenspeicherkapazität von Salzlösungen und die Pumpentechnik bereits in Planung und soll zeitnah umgesetzt werden. Im Anschluss soll zur weiteren Stabilisierung des Bereiches der Abbau 3/490 und die Zufahrtsstrecke vollständig verfüllt werden.

Abbau 4/490

Der Abbau 4/490 befindet sich südlich der Diagonalstrecke zum Abbau 3/490 und ist vom westlichen Streckenkreuz erreichbar (s. Abbildung 4.2b auf Blatt 69). Er wurde in der Zeit von 1962 bis 1964 mit einem Hohlraumvolumen von ca. 8.400 m^3 aufgefahren. Die Abbaulänge beträgt ca. 55 m, die Breite ca. 40 m und die Höhe ca. 6 m. Er ist damit der einzige Abbau auf der 490-m-Sohle, der mit einer geringen Firsthöhe aufgefahren und in dem kein Salzversatz eingebracht wurde. Der Abbau wird weiterhin als Stellplatz für Fahrzeuge, als Infrastrukturraum für den betrieblichen Strahlenschutz sowie als Lagerraum verwendet.

Analog zum Abbau 3/490 weist auch dieser Abbau eine sehr flache Firstwölbung auf, die eine fortschreitende Entfestigung der Firste vermuten lassen. Ende 2018 wurde der südliche Bereich des Abbaus auf Basis der mikroakustischen Aktivität, die auf eine beginnende Rissbildung am Südstoß hinwies, mit einem Stützbauwerk unterfangen. Die fortschreitende querschlägige Reduktion des Abbauvolumens durch die südlich einwirkenden Gebirgsspannungen führte in der Vergangenheit zu starken Sohlenaufwölbungen, die sich aus der relativ geringen Widerstandsfähigkeit bzw. der hohen Nachgiebigkeit der relativ geringmächtigen Schwebe zum Abbau 4/511 ergaben. Mit der Verfüllung des Firstspaltes des Abbaues 4/511 und einer Nachverfüllung der Resthohlräume in der Schwebe wurde dieser Schädigung entgegengewirkt, aber noch keine langfristig nachhaltige Stabilisierung erzielt. Dennoch kann im Jahr 2019 ein deutlicher Rückgang der Konvergenzraten und der mikroakustischen Aktivität erfasst werden.

Insgesamt ist die Gebrauchstauglichkeit des Abbaus 4/490 derzeit gegeben. Jedoch aufgrund der mikroakustischen Aktivität, der weiter fortschreitenden Verformung und der gebirgsmechanisch ungünstigen Auffahrung sind weitere Schädigungen zu besorgen.

(a) Blick nach Osten in den Abbau 3/490, Stand: 23.04.2020

(b) Blick nach Südwesten in den Abbau 4/490, Stand: 23.04.2020

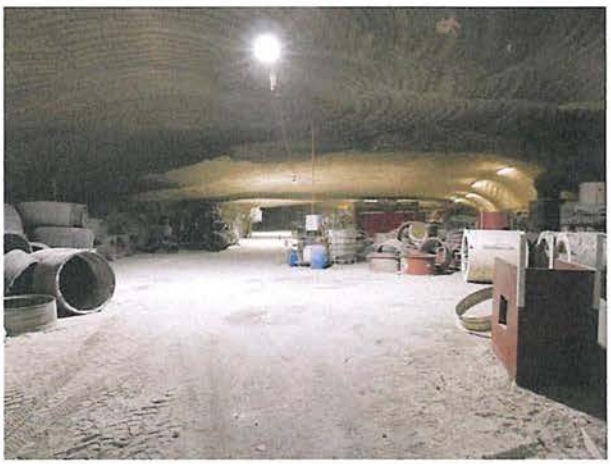
Abbildung 4.2: Abbaue 3/490 und 4/490 auf der 490-m-Sohle

Abbau 8/490 und 9/490

Die Abbaue 8/490 und 9/490 befinden sich im östlichen Bereich der 490-m-Sohle und wurden in den Jahren 1962 bis 1964 mit einem Gesamthohlraumvolumen von ca. 55.600 m³ aufgefahren (s. Abbildung 4.3 auf Blatt 70). Beide Abbaue sind bereits mit einem Volumen von ca. 35.000 m³ Salzversatz teilverfüllt. Der Abbau 8/490 ist über eine ansteigende Zugangsstrecke vom östlichen Streckkreuz erreichbar. Der Abbau 9/490 ist nur über einen Durchgang vom Abbau 8/490 aus erreichbar. Beide Abbaue werden als Lagerplatz verwendet. Anfang 2020 wurde im südwestlichen Teil des Abbaues 8/490 ein Bereich für einen neuen Lagerplatz nachgeschnitten.

Auf Grundlage der unveränderten gebirgsmechanischen Situation der Abbaue ist die Gebrauchstauglichkeit der Abbaue 8/490 und 9/490 derzeit gegeben. Aufgrund der sehr flachen Firstwölbung und der langen offenen Standzeit sind jedoch gewölbeartige Auflockerungen zu besorgen. Daher sind zeitnah Georadarmessungen an der Firste geplant.

(a) Blick nach Südosten in den Abbau 8/490, Stand: 27.02.2020



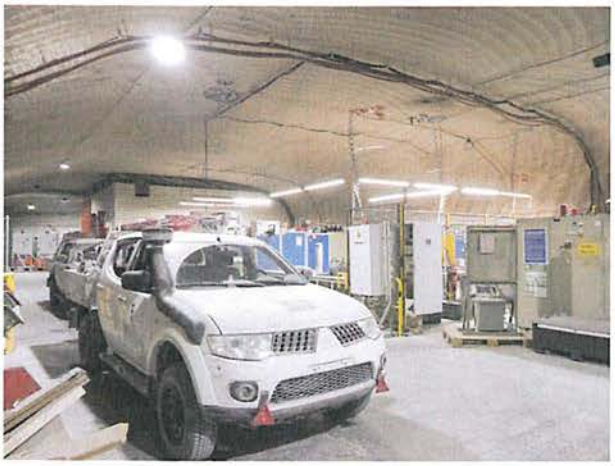
(b) Blick nach Westen in den Abbau 9/490, Stand: 27.02.2020

Abbildung 4.3: Abbaue 8/490 und 9/490 auf der 490-m-Sohle

E-Werkstatt

Die E-Werkstatt auf der 490-m-Sohle befindet sich in der aufgeweiteten Sattelrichtstrecke nach Osten im östlichen Bereich der 490-m-Sohle nördlich des Abbaus 9/490 und wird als zentraler Infrastrukturraum für den Elektrobetrieb verwendet (s. Abbildung 4.4a auf Blatt 71). Der Hohlraum wurde im Jahr 2003 mit einem Gesamtvolumen von ca. 4.500 m³ erstellt. Zur Stabilisierung des Bereiches wurde bereits der nordöstliche Teil und der Zugang zum Blindschacht 3 mit Sorelbeton verfüllt. Der Südstoß in der E-Werkstatt zeigt verstärkte Rissbildung (vgl. Abschnitt 4.1 auf Blatt 67). Aufgrund der Entwicklung der Risse, vor allem die zunehmende Verwachsung der Risse, lässt auf eine fortschreitende Schädigung der Firste und im südlichen Stoß besorgen (s. Abbildung 4.4b auf Blatt 71). Weiterführend wurden im Jahr 2016 Risse in der Fluchtbohrung zwischen der E-Werkstatt und dem Abbau 9/490 festgestellt. Dort zeigen sich seitdem nur geringfügige Veränderungen der Risslängen. Visuell sind keine weiteren Schädigungen in der E-Werkstatt festgestellt worden.

Die Gebrauchstauglichkeit der E-Werkstatt ist gegeben. Die Rissentwicklungen am Südstoß der E-Werkstatt haben im Jahr 2019 angehalten. In Abhängigkeit der weiteren Entwicklung der Rissbildungen sind ggf. Stabilisierungsmaßnahmen am Südstoß vorzusehen und umzusetzen.



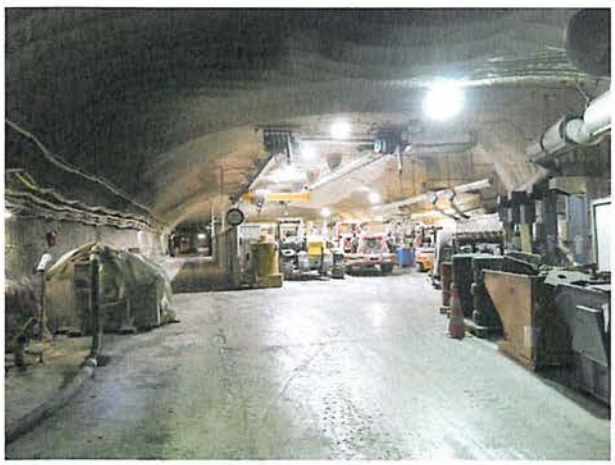
(a) Blick nach Südosten in die E-Werkstatt, Stand: 27.02.2020

(b) Blick nach Westen in den Abbau 9/490, Stand: 27.02.2020

Abbildung 4.4: E-Werkstatt auf der 490-m-Sohle

Kfz-Werkstatt

Der Infrastrukturraum für den Maschinenbetrieb befindet sich in der aufgeweiteten Sattelrichtstrecke nach Osten nördlich des Abbaus 7/490. Er wurde im Jahr 2003 auf ein Gesamtvolumen von ca. 5.000 m^3 erstellt. Im Vergleich zu anderen Infrastrukturräumen auf der 490-m-Sohle wurde der Bereich mit einer relativ günstigen Firstwölbung aufgefahren (s. Abbildung 4.5a auf Blatt 71). Zur Installation einer neuen Kranbahn wurden im Jahr 2016 Bereiche der Firste nachgeschnitten. Die Kranbahn wurde im Zeitraum zwischen dem 06.06.2017 und dem 27.07.2017 installiert und anschließend in Betrieb genommen. Die Fundamente der Kranbahnträger zeigen teilweise Risse, die auf Verformungen bei der Erhärtung des Sorelbetons zurückzuführen sind und nicht auf gebirgsmechanisch relevante Prozesse hindeuten (s. Abbildung 4.5b auf Blatt 71). Ein Teil dieser Risse wurde bereits saniert. Zur Untersuchung des Firstbereichs wurden im Januar 2017 Georadarmessungen an der Firste im zentralen Bereich durchgeführt und die Bohrkerne aus den Extensometerbohrungen wurden geologisch bewertet sowie die Bohrungen inspiziert.



(a) Blick nach Osten in die Kfz-Werkstatt, Stand: 27.02.2020

(b) Beispiel eines Kranbahnträger mit Erhärtungsrissen im Sorelbeton und installiertem Überwachungspunkt, Stand: 29.11.2019

Abbildung 4.5: Kfz-Werkstatt auf der 490-m-Sohle

Die Ergebnisse zeigen eine flächenhafte, lagige Ausbildung von sulfathaltigen Bereichen. Ansonsten wurden keine Hinweise auf relevante Schädigungen festgestellt.

Ende 2019 wurden insgesamt 12 Firstüberwachungspunkte an den Firstextensometer und den Kranbahnträgern sowie zwei Referenzpunkte an der Firste installiert, deren Auswertung der Messergebnisse aber noch nicht vorliegen (s. Abbildung 4.5b auf Blatt 71).

Die Gebrauchstauglichkeit der Kfz-Werkstatt ist gegeben. Auf Grund der intensiven betrieblichen Nutzung soll das Monitoring zukünftig durch wiederkehrende Georadarmessungen ergänzt werden.

Zentraler Bereich der 490-m-Sohle

Im zentralen Bereich zwischen den Abbauen 7/490 und 4/490 befinden sich die in den letzten Jahren durch Nachschnitt erweiterten neuen Infrastrukturbereiche für die Baustoffanlage (51BA) (s. Abbildung 4.6b auf Blatt 73), die Laugespeicherbecken (s. Abbildung 4.6a auf Blatt 73) sowie der Querschlag zum Messwerterfassungsraum des Geomonitorings Asse (s. Abbildung 4.6c auf Blatt 73). Im nördlichen Teil wurde im Jahr 2019 die Schachthinterfahrung nachgeschnitten und für die Salzblaseinleitung saniert (s. Abbildung 4.6d auf Blatt 73). Die Infrastrukturräume sind über das östliche Streckenkreuz erreichbar. Im Zuge der umfangreichen Sanierung dieses Bereiches in den Jahren 2018/2019 wurde das Hohlraumvolumen von ca. 3.800 m^3 auf ca. 5.600 m^3 erweitert. Die Nachschnitte zeigen eine gebirgsmechanisch günstige Firstwölbung (Scheitelhöhe der Grubenbaue etwa 25 % der Abbaubreite) und es sind bislang keine Schädigungen zu erkennen. Zur Überwachung der Verformung ist nach Fertigstellung der Einbauten geplant, in den Infrastrukturräumen der Laugespeicherbecken und der 51BA je einen Konvergenzmessquerschnitt zu errichten. Insgesamt ist nach der erfolgreichen Sanierung die Gebrauchstauglichkeit des zentralen Bereiches auf der 490-m-Sohle gegeben.

Füllörter (Schacht 2 und 4) und Strecke um den Hauptgrubenlüfter

Die Füllörter Schacht 2 und 4 befinden sich im nördlichen Teil der 490-m-Sohle (s. Abbildungen 4.7a bis 4.7c, auf Blatt 74). Die Messergebnisse aus dem Jahr 2019 weisen keine gebirgsmechanisch relevante Veränderung im Vergleich zum Vorjahr aus.

Die Firste im Füllort Schacht 2 und der Schachtausbau ist mit Maschendrahtverzug und Systemankerung ausgestattet. Im Jahr 2016 wurde der Südstoßbereich im Füllort Schacht 2 teilweise nachgeschnitten und der Zugangsbereich zum Hauptgrubenlüfter umfangreich saniert. Nördlich angrenzend an den Füllort befindet sich eine Nische, in der sich die Trafostationen für die untertägige Stromversorgung befinden. Die Gebrauchstauglichkeit des Füllorts Schacht 2 auf der 490-m-Sohle ist derzeit noch gegeben. Mittelfristig ist der Schachtausbau im Bereich des Füllortes, insbesondere des Schachtkragens zu berauben und neu herzurichten, um eine langfristige Nutzung für die verlängerte Betriebsphase zu gewährleisten.

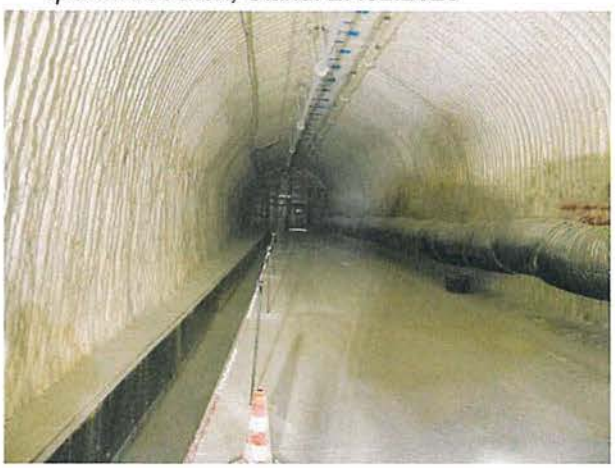
Der Zugang zum Füllort Schacht 4 auf der 490-m-Sohle befindet sich am westlichen Streckenkreuz zwischen der Diagonalstrecke zum Abbau 4/490 und der Wendelstrecke im Bereich der Dieseltankstelle. Die Gebrauchstauglichkeit des Füllortes Schacht 4 und dessen Zugangsbereich sind derzeit noch gegeben. Die zahlreich vorhandenen Ablösungen am Stoß und an der Firste wurden entfernt.

Der Standort des Hauptgrubenlüfters südlich des Füllorts Schacht 2/490 wurde im Jahr 2016 umfangreich für die neue Hauptgrubenlüfteranlage hergerichtet (s. Abbildung 4.7d auf Blatt 74). Die Konvergenzmessungen erfassen hier konstante horizontale Verformungen und es sind keine Schädigung zu

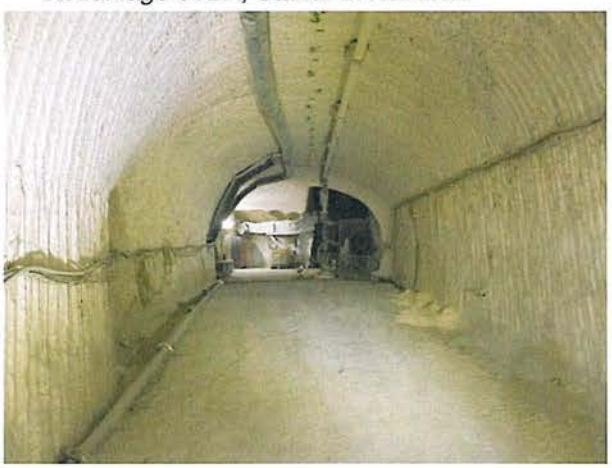
KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

(a) Blick nach Südwesten in den Bereich der Laugespeicherbecken, Stand: 27.02.2020

(b) Blick nach Südwesten in den Standort der Baustoffanlage 51BA, Stand: 27.02.2020



(c) Blick nach Norden in die Schachtumfahrung des Schachtes 2, Stand: 27.02.2020



(d) Blick nach Süden in den Querschlag zum Messwerterfassungsraum, Stand: 27.02.2020

Abbildung 4.6: Infrastrukturräume im zentralen Bereich der 490-m-Sohle

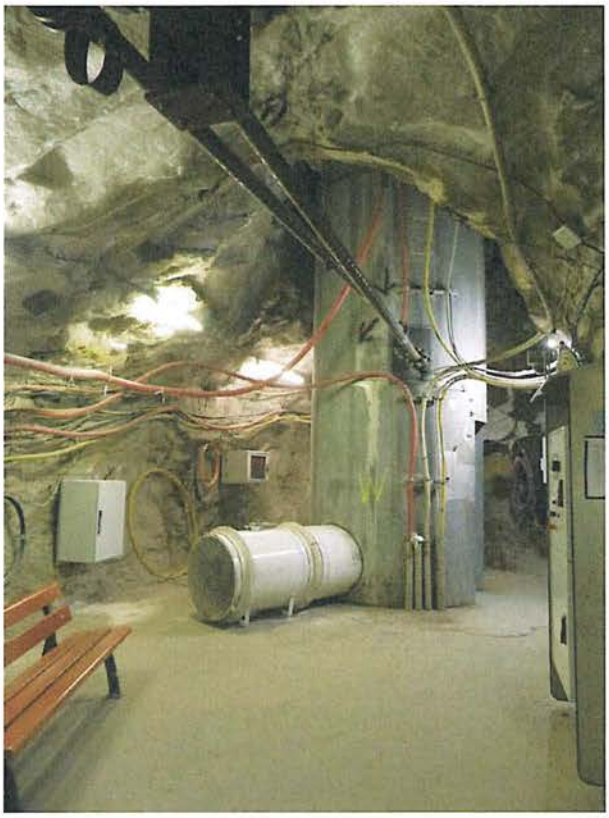
erkennen. Zur weiteren Erfassung der Verformung sind hier zusätzliche vertikale Konvergenzmessquerschnitte in Planung. Gegenwärtig ist die Gebrauchstauglichkeit der Strecke um den Hauptgrubenlüfter gegeben.

Abbau 2/511

Im westlichen Bereich der 511-m-Sohle befindet sich der Abbau 2/511 (s. Abbildung 4.8 auf Blatt 75). Er ist über die Zufahrt von der Wendelstrecke über einen kurzen Querschlag zum Abbau 3/511 und eine Durchfahrt durch den Abbau 3/511 im Firstniveau erreichbar. Der Abbau 2/511 wurde in den Jahren 1960 bis 1964 mit einem Hohlraumvolumen von ca. 26.400 m^3 aufgefahren und im Zeitraum 2002 bis 2005 mit ca. 9.000 m^3 Salzversatz bis auf das Niveau der Abbaubegleitstrecke teilversetzt und wird derzeit als Infrastrukturraum für den Bohrbetrieb genutzt.

Die gebirgsmechanische Situation des Abbaus 2/511 ist vergleichbar zu denen in den Abbauen 3/490 und 4/490. Aufgrund der langen offenen Standzeit und der sehr geringen Firstwölbung ist mit zunehmender Schädigung vor allem im First- und Sohlenbereich zu rechnen. Vor allem am Nordstoß (Teil der

(a) Blick auf den westlichen Teil des Schachtes 2 am Füllort auf der 490-m-Sohle, Stand: 27.02.2020



(b) Blick auf den Schacht 4 am Füllort auf der 490-m-Sohle, Stand: 27.02.2020

(c) Blick vom Schachtkorb auf den westlichen Stoß (Ziegelmauerwerk mit Stahlanker und Maschendrahtverzug) im Schacht 2 auf der 490-m-Sohle, Stand: 27.02.2020

(d) Blick nach Nordosten auf den Hauptgrubenlüfter, Stand: 27.02.2020

Abbildung 4.7: Füllörter Schacht 2 und 4 sowie der Hauptgrubenlüfter auf der 490-m-Sohle

Firste) im Bereich der Fluchtbohrung sind erhebliche Abschalungen zu erkennen. Zur Stabilisierung der Schwebe zum darunterliegenden Abbau 2/532 wurde der Firstspalt im Abbau 2/532 mit ca. 9.000 m^3 Sorelbeton nachverfüllt. Die Georadaruntersuchungen aus dem Jahr 2013 zeigten keine markanten Schädigungen in den gemessenen Profilen [37]. Zusätzlich wurden die vertikalen Rissstrukturen in der Zufahrtsstrecke im Bereich des Pfeilers 2/3 bereits verfüllt.

Insgesamt ist die Gebrauchstauglichkeit des Abbaus 2/511 (Bohrwerkstatt) weiterhin gegeben. Zur zusätzlichen Firstüberwachung ist der Einbau eines Firstextensometers im zentralen Bereich der Firste vorgesehen. Ergänzend sollten die in 2019 geplanten Wiederholungen der Georadarmessungen an der Firste zeitnah durchgeführt werden.

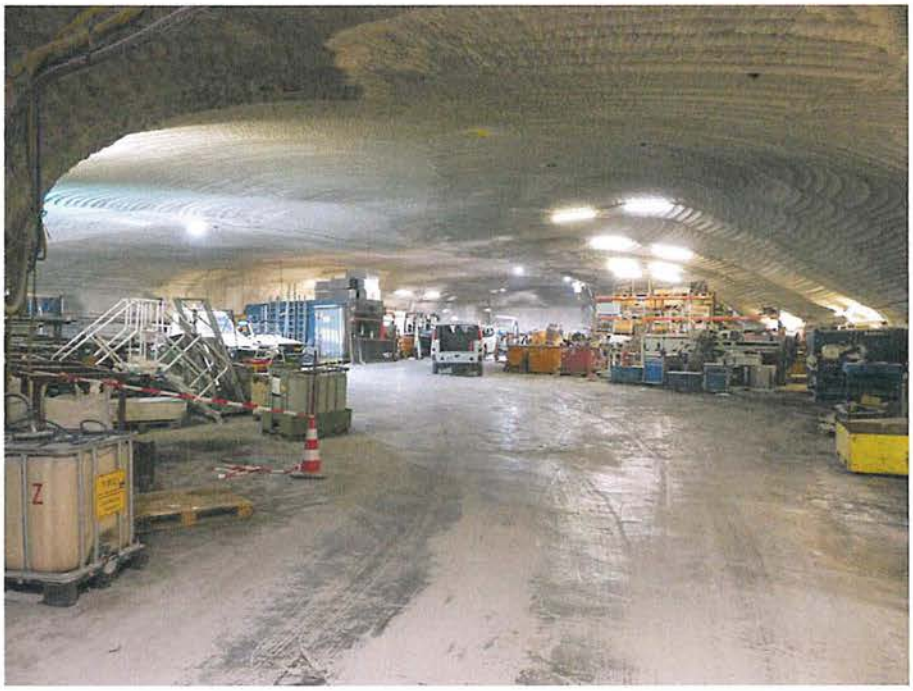


Abbildung 4.8: Blick in Richtung Südwesten in den Abbau 2/511 auf der 511-m-Sohle, Stand: 23.04.2020

Einlagerungskammer 8a/511 und Beschickungskammer

Die Einlagerungskammer 8a/511 (MAW-Kammer) befindet im oberen Baufeldrand der Südflanke und wurde 1961/62 als einer der letzten Abbaue auf der 511-m-Sohle im Leine-Steinsalz (Na3) nördlich des Abbaus 8/511 aufgefahren (s. Abbildung 4.9 auf Blatt 76). In der MAW-Kammer wurden insgesamt 1.293 Fässer mit mittelradioaktivem Abfall und acht Fässer mit schwachradioaktivem Abfall eingelagert. Die Einlagerung fand zwischen August 1972 und Januar 1977 statt und erfolgte ausschließlich über die Beschickungskammer, die sich in dem aufgeweiteten westlichen Zugang zum Abbau 8/490 auf der 490-m-Sohle befindet. Dazu wurden die Fässer mittels Seilwinde und Greifer in die MAW-Kammer herabgelassen. Zur Zeit der Einlagerung wies die ELK 8a/511 eine nahezu quadratische Grundfläche von ca. 500 m^2 mit einer mittleren Höhe von 14 m und ein Hohlraumvolumen von ca. 7.000 m^3 auf.

Die Beschickungskammer auf der 490-m-Sohle wurde 1967/68 aufgefahren und ist von der Sattelrichtstrecke nach Osten erreichbar (s. Abbildung 4.10 auf Blatt 77). Das Hohlraumvolumen inklusive Zugänge beträgt ca. 700 m^3. Gegen Ende des Jahres 2013 wurden der Firstbereich und die Stöße in der Beschickungskammer umfangreich beraubt und die Firste und Bereiche der Stöße mit einer Systemankerung (Ankerlänge 1 m, 1 Anker/m^2) und Gewebeverzug gesichert. Der ehemalige Zugang zum Abbau 8/490 ist im südlichen Bereich mit ca. 100 m^3 Salzversatz versetzt. Die zu Einlagerungszeiten verwendeten Gerätschaften (Schaltschränke, Kranbahn, etc.) wurden im Jahr 2019 demontiert und ausgefördert und die neue Filteranlage des Strahlenschutzes im südwestlichen Bereich installiert. Im nördlichen Pfeiler zwischen Beschickungskammer und Kfz-Werkstatt wurde im Juni 2018 eine horizontale Stoßkontrollbohrung erstellt. Die Inspektion zeigte, dass vertikale Rissbildungen im Pfeiler vorhanden sind. Diese liegen ca. 70 cm von der Kontur entfernt und deuten auf eine fortlaufende

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Pfeilerbeanspruchung hin. Ansonsten ist keine gebirgsmechanisch relevante Veränderung im Vergleich zum Vorjahr zu beobachten und die gegenwärtige Gebrauchstauglichkeit ist gegeben.

Die Schwebe zwischen MAW-Kammer und Beschickungskammer (inkl. nördlichem Zugangsbereich) hat eine mittlere Mächtigkeit von 4,5 bis 5,5 m. Aufgrund einer radioaktiven Belastung der Filteranlage (meldepflichtiges Ereignis), sowie der unklaren gebirgsmechanischen Situation wurden Ende 2016 Georadarmessungen zur Untersuchung der Schwebe durchgeführt [38]. Die Ergebnisse lieferten Hinweise auf Trennflächen bzw. Ablösungserscheinungen, die sich im Bereich der Firste der MAW-Kammer aufgrund gebirgsmechanischer Beanspruchungen gebildet haben. Eine eindeutige Interpretation der Firstkontur hinsichtlich schon stattgefundener Firstfälle ist auf Grundlage der Georadarmessergebnisse allerdings nicht möglich, da der Ursprungszustand der Firste zu Einlagerungszeiten nicht dokumentiert ist und die im Zuge der Messungen Ende 2016 erkennbar ungleichmäßige Firstkontur auch den Auffahrungszustand widerspiegeln könnte. Auf Grundlage dieser Messergebnisse sowie unter Berücksichtigung der gebirgsmechanischen Gesamtsituation ist von einem noch wenig geschädigten bzw. noch weitgehend intakten Schwebenkern (ohne durchgehende Trennflächen) auszugehen.

Zur weiteren Stabilisierung des Nahbereiches der MAW-Kammer wurden die Resthohlräume unterhalb der MAW-Kammer auf der 532-m-Sohle inklusive des Firstspaltes im Nebenabbau 8a/532 auf der 532-m-Sohle im Jahr 2019 mit Sorelbeton verfüllt (s. Abschnitt 4.2 auf Blatt 78). Damit ist im Hinblick auf die geplante Rückholung der Gebinde aus der MAW-Kammer die bergbauüblichen Sicherungsmaßnahmen als hinreichend für die Durchführung der Rückholung zu bewerten. Dennoch ist aufgrund der teilweise noch unklaren gebirgsmechanischen Situation der Schwebe zwischen der Beschickungskammer und der MAW-Kammer sowie der Firste eine Kamerabefahrung der Bohrungen in der Schwebe und der MAW-Kammer selbst zu empfehlen.

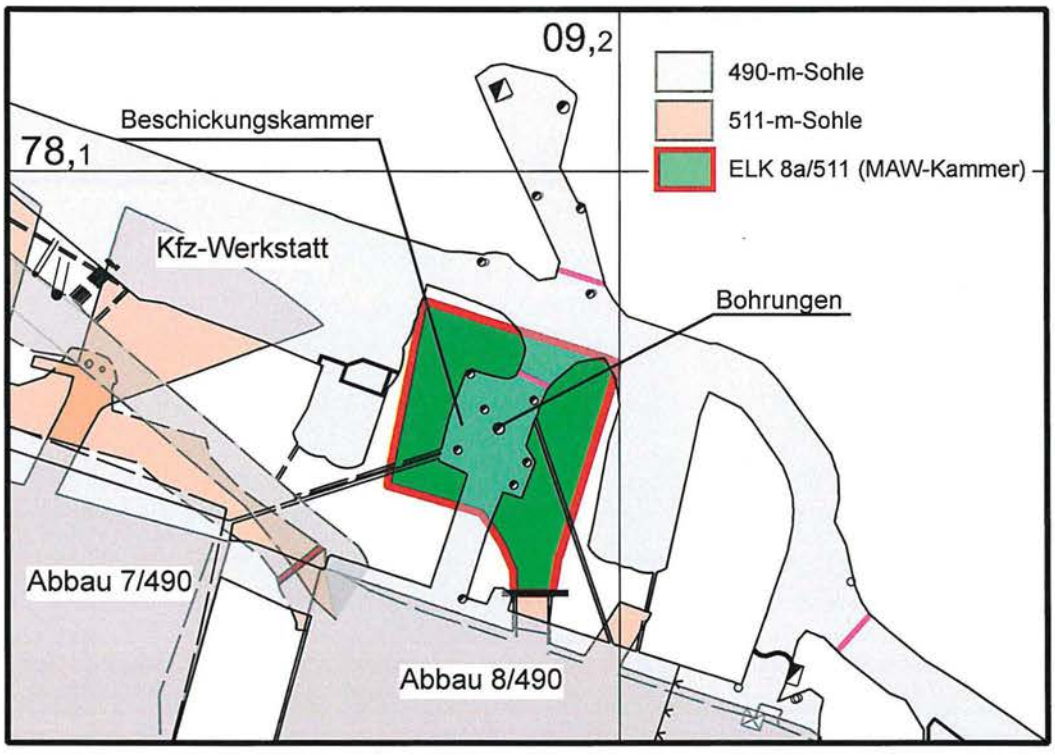


Abbildung 4.9: Auszug aus dem Sohlenriss der 490-m-Sohle (Stand: 10.02.2020) mit projizierter Einlagerungskammer 8a/511 auf der 511-m-Sohle (Stand: 30.09.2019)

Abbildung 4.10: Blick vom Zugang zum Abbau 8/490 in die Beschickungskammer auf der 490-m-Sohle, Stand: 27.02.2020

Zusammenfassende Bewertung

Unter Berücksichtigung der gebirgsmechanischen Gesamtsituation am oberen Baufeldrand sind weitere Schädigungen, insbesondere der Firstbereiche in den Abbauen, zu erwarten. Daher ist mittelfristig ein möglichst weitgehender Rückzug aus den Abbauen anzustreben.

Da der obere Baufeldrand des Grubengebäudes auch bezüglich der Schädigungsentwicklung in Richtung des südlich vorgelagerten Deckgebirges relevant ist, sind zur nachhaltigen Stabilisierung weitere vorgezogene Verfüllmaßnahmen auf den oberen Sohlen des Baufeldes an der Südflanke entsprechend der oben dargestellten Einschätzung situationsbezogen erforderlich.

Auf Grundlage der Monitoringergebnisse ergibt sich für die infrastrukturell genutzten Bereiche am oberen Baufeldrand folgende lokale Einschätzung:

- **Abbau 3/490:** Die Gebrauchstauglichkeit des Abbaues als Infrastrukturraum ist über einen längeren Zeitraum nicht mehr gegeben. Ein Rückzug ist nach Inbetriebnahme der neuen AFL II geplant. Im Anschluss wird eine firstbündige Vollverfüllung des Abbaues empfohlen.
- **Abbau 4/490 und Zugangsstrecke:** Die Schädigungsentwicklung im Abbau 4/490 war im südlichen und zum Teil im westlichen Abbauteil auf einem vergleichbaren Niveau. Die Stabilisierungsmaßnahmen im südlichen Teil des Abbaus 4/490 wurden umgesetzt. Es sind wiederkehrende Georadarmessungen an den zugänglichen Firstbereichen vorgesehen. Die weiter anhaltende mikroseismische und mikroakustische Aktivität im südlichen Deckgebirge ist weiter zu beobachten, da sie im Zusammenhang mit dem Lösungszutritt stehen könnte. Die Gebrauchstauglichkeit ist derzeit gegeben.
- **Abbau 8/490 und 9/490:** Die Abbaue 8/490 und 9/490 weisen für die vorhandenen Firstspannweiten sehr geringe, gebirgsmechanisch ungünstige, Firstwölbungen auf. Auf Grund der intensiven

betrieblichen Nutzung wird das Monitoring zukünftig um Georadarmessungen an der Firste ergänzt. Die Gebrauchstauglichkeit ist derzeit gegeben.

- **E-Werkstatt:** In der E-Werkstatt wurden im Jahr 2018 leichte Änderungen bei den vorhandenen Rissbildungen am südlichen Stoß zum Abbau 9/490 festgestellt. Je nach weiterer Entwicklung sind ggf. Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich. Ansonsten ist die Gebrauchstauglichkeit der E-Werkstatt derzeit gegeben.
- **Kfz-Werkstatt:** Die Kfz-Werkstatt auf der 490-m-Sohle besitzt eine vergleichsweise günstige Konturierung der Firste. Auf Grund der intensiven betrieblichen Nutzung und geologischer Schichtflächen im Firstbereich ist ein intensiveres Monitoring vorgesehen. Die Gebrauchstauglichkeit ist derzeit gegeben.
- **Zentraler Bereich der 490-m-Sohle:** Aufgrund der umfangreichen und gebirgsmechanisch günstigen Nachschnitte ist die Gebrauchstauglichkeit gegeben.
- **Füllörter (Schacht 2 und 4) und Strecke um den Hauptgrubenlüfter:** Die Ablösungen im Füllort Schacht 4 werden dauerhaft kontrolliert und ggf. händisch beraubt. Am Füllort Schacht 2 sind aufgrund der verlängerten Betriebsphase ggf. Sanierungsmaßnahmen durchzuführen. Ansonsten ist die Gebrauchstauglichkeit derzeit gegeben.
- **Abbau 2/511:** Die Gebrauchstauglichkeit ist gegeben. Weitere geotechnische Messeinrichtungen und Georadramessungen sind zur Firstüberwachung in Planung.
- **MAW-Kammer und Beschickungskammer:** Die Gebrauchstauglichkeit der Beschickungskammer ist gegeben. Der Firstspalt unterhalb der Schwebe der MAW-Kammer (Nebenabbau 8a/532) und die Resthohlräume im Umfeld wurde mit Sorelbeton verfüllt. Auf der 532-m-Sohle sind damit die Stabilisierungsmaßnahmen als hinreichend für die Durchführung der Rückholung zu bewerten. Allerdings bleibt die gebirgsmechanische Situation der Schwebe zwischen Beschickungskammer und MAW-Kammer und somit die Firstsicherheit der MAW-Kammer teilweise noch nicht vollständig erkundet. Zur Untersuchung der Schwebenintegrität sind visuelle Begutachtungen der vorhandenen Bohrungen selbst, sowie eine Inspektion des Firstbereiches über die vorhandenen Bohrungen zur MAW-Kammer zu empfehlen. Dies würde in Bezug auf die geplanten Rückholoptionen weitere wichtige Erkenntnisse liefern.

4.2 Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle

Im Zeitraum von 1956 bis 1961 wurden auf der 532-m-Sohle im jüngeren Steinsalz (Na3) nördlich der Abbaue 6/532 – 9/532 sieben Nebenabbaue (6a/532 – 9b/532) mit einem Hohlraumvolumen von ca. 144.000 m^3 aufgefahren. Der Nebenabbau 8a/532 direkt unterhalb der MAW-Kammer wurde bereits Anfang der 1980er Jahre bis auf eine Durchfahrtsstrecke in Norden weitgehend mit Salzversatz versetzt und der Firstspalt im südlichen Teil des Abbaus mit einer Zement-Flugasche-Suspension verfüllt. Zwischen 1999 und 2001 wurde in den weiteren Nebenabbauen Salzversatz bis in eine Höhe von ca. 10 m über der Sohle eingebracht.

Aufgrund der festgestellten erheblichen gebirgsmechanischen Schädigungen in diesem Bereich wurden im Zuge der Firstspaltverfüllung die Verfüllung der Resthohlräume der Nebenabbaue im Jahr 2019 fortgesetzt [39], [40], [41], [42], [43]. Eine Übersicht der gebirgsmechanisch relevanten Befunde und Verfüllungen ist in Anhang 9.1 auf Blatt 360 dargestellt. Zusätzlich befindet sich der Bereich um den Nebenabbau 8a/532 im direkten Nahbereich der Einlagerungskammer 8a/511 und es wurden mehrere Abdichtbauwerke im Rahmen der Vorsorgemaßnahmen erstellt. Mit den Verfüllmaßnahmen soll der weiteren gebirgsmechanischen Schädigung entgegengewirkt werden und die potentielle Ausbreitung von

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Salzlösung zu den radioaktiven Abfällen bzw. von diesen aus der MAW-Kammer heraus unterbunden bzw. stark verzögert werden.

Im Zeitraum August 2019 bis zum Berichtsstand wurden die Nebenabbaue 7b/532, 8b/532 und 8a/532, die Abdichtbauwerke SB-532-1 bis -4 sowie die nördliche Umfahrung auf Basis des Sonderbetriebsplan 08/2018 fertiggestellt [44]. In die nördliche Umfahrung wurden ca. 2.400 m^3 Sorelbeton eingebracht. Die Nebenabbaue 7b/532, 8a/532 und 8b/532 wurden insgesamt mit ca. 8.100 m^3 Sorelbeton nachverfüllt. Für die Abdichtbauwerke inklusive Widerlager wurden insgesamt ca. 2.800 m^3 Sorelbeton eingebracht. Damit ist mit Berichtsstand der gesamte Resthohlraum im Bereich der Nebenabbaue verfüllt und im Anschluss ist geplant, auch die Abbaubegleitstrecke bis zur Wendelstrecke mit Sorelbeton zu verfüllen.

Zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit der noch zugänglichen Bereiche und zur Überwachung der Verfüllmaßnahmen wurden die geotechnischen Messungen (Extensometer, Temperatur, Konvergenz) im Jahr 2019 fortgesetzt (s. Anhang 9.2 auf Blatt 361). Durch die Verfüllungen sind die Konvergenzmessquerschnitte und die Firstkontrollbohrungen in diesem Bereich nicht mehr zugänglich. Die Temperaturerfassung in zwei Bohrungen in der nördlichen Umfahrung ist auch nach der Verfüllung weiterhin in Betrieb. Dort gab es allerdings im Zeitraum 27.02.2020 bis 09.03.2020 einem Ausfall der Messanlage (Umrüstung der Messanlage), so dass für diesen Zeitraum keine Werte vorliegen. Der Zugang zu dem Extensometer in der Pfeilerreihe 6/7 sowie zur Inklinometerbohrung 532017 ist weiterhin über die Messnische durch eine Bohrung über die 511-m-Sohle gewährleistet.

Die Messergebnisse bis zum 06.04.2020 zeigen sich wie folgt.

Extensometermessungen

Die Ergebnisse der Extensometermessungen zeigen, dass sich die Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle weiterhin im Bereich der maximalen Pfeilerstauchungsraten des Ostflügels befinden (s. Anhang 3.1). Im Jahr 2019 werden dort Pfeilerstauchungsraten von ca. 72 mm/a gemessen. Dies ist ein Rückgang um ca. 4 mm/a im Vergleich zum Vorjahr (vgl. Anhang 3.1 auf Blatt 263 und Anhang 3.1 auf Blatt 270). Seit Beginn der Messungen im Jahr 2000 wurde in der Pfeilerreihe 6/7 auf der 532-m-Sohle eine Gesamtverschiebung in Süd-Nord-Richtung von ca. 2 m festgestellt.

Konvergenzmessungen

Bis zur Verfüllung der Strecken im Bereich der Nebenabbaue waren drei Konvergenzmessquerschnitte in Betrieb. Diese zeigen im Jahr 2019 folgende Ergebnisse:

- Im Bereich der nördlichen Umfahrung (Messquerschnitt K019) zeigen die Messungen im Jahr 2019 Konvergenzraten von ca. 1 mm/a (Verformungsraten von ca. 0,2 ‰/a).
- Die Messungen in der Durchfahrtsstrecke im Bereich der Pfeiler 7b–8a/532 und 8b–9a/532 zeigen von März 2008 bis Februar 2019 eine Gesamtkonvergenz von ca. 22 mm in horizontaler Richtung und von ca. 25 bis 32 mm in vertikaler Richtung. Die berechneten Konvergenzraten liegen bei ca. 2 mm/a in horizontaler und vertikaler Messrichtung (Messquerschnitt K21 und K22). Dies entspricht Verformungsraten von ca. 0,3 ‰/a in horizontaler und ca. 0,5 ‰/a in vertikaler Messrichtung.

Insgesamt konnten kaum Veränderungen in den Konvergenzmessungen im Vergleich zum Vorjahr festgestellt werden.

Visuelle Begutachtung

Eine visuelle Begutachtung wurde anhand der bis zur Verfüllung noch zugänglichen Firstkontrollbohrungen sowie der Inklinometerbohrung 532017 im Pfeiler 6/7 durchgeführt (s. Anhang 9.2 auf Blatt 361). Die Firstkontrollbohrungen zeigten bis zur Verfüllung keine neuen Risse oder Schädigungen. Die Begutachtung der ca. 60 m langen Inklinometerbohrung 532017 wurde zuletzt im Februar 2020 durchgeführt. In einer Bohrlochteufe von ca. 10 m ist in einem kleinen Bereich Feuchtigkeit in Form von Ausblühungen zu erkennen (s. Abbildung 4.11a). Ansonsten ist das Bohrloch trocken. Ab einer Bohrlochteufe von ca. 33 m bis zum Bohrlochende ist das Bohrloch stark deformiert, der Bohrlochdurchmesser ist verkleinert und zeigt einen ovalen Querschnitt (s. Abbildung 4.11b).

(a) Feuchtigkeit in Form von Ausblühungen bei ca. 10 m Bohrlochteufe

(b) Deformation des Bohrloches bei einer Bohrlochteufe von ca. 33 m

Abbildung 4.11: Kamerabefahrung der Inklinometerbohrung 532017 vom 06.11.2019

Temperaturmessungen

Die Entwicklung der Temperatur wird seit Juli 2013 in zwei Bohrungen am Süd- und Nordstoß der nördlichen Umfahrung überwacht. Die Messsensoren befinden sich jeweils in 1 m und 3 m Bohrlochteufe (s. Anhang 9.2 auf Blatt 361). In Anhang 9.3 auf Blatt 362 ist der zeitliche Verlauf der Temperatur für beide Messstellen dargestellt. Daraus lässt sich ableiten, dass die Ausgangswerte vor der Verfüllung des Nebenabbaus 6a/532 ca. 30 bis 32 °C betrugen. Infolge der Verfüllung – im August 2013 und von Januar bis März 2014 – wurde eine Temperaturerhöhung von ca. 2 K bis 3 K beobachtet (Maximum im September 2015). Im Anschluss daran konnte bis Mitte 2017 ein leichter Rückgang der Temperatur auf ca. 32 °C und 33 °C beobachtet werden. Im Zeitraum Mitte 2017 bis Beginn 2020 konnten mehrere kurzzeitige Anstiege um max. 3 K gemessen werden, die auf Veränderungen der Bewetterung in diesem Bereich im Zuge von Nachschnittarbeiten, die Erstellung eines Reinigungsplatzes für Fahrzeuge in der Abbaubegleitstrecke sowie vermehrten Laderverkehr zurückzuführen sind.

Im Zuge der Verfüllung der nördlichen Umfahrung wurde ein deutlicher Anstieg der Temperatur beobachtet. Die Messsensoren in 1 m Bohrlochtiefe registrierten einen Anstieg auf max. 53 °C und 59 °C. Die Sensoren in 3 m Bohrlochtiefe zeigen einen geringeren Anstieg auf maximale Temperaturen von ca. 40 °C und 42 °C. Der Anstieg verläuft zudem erwartungsgemäß flacher und ist zeitlich versetzt. Trotz des Ausfalles der Messanlage während der Betonage kann davon ausgegangen werden, dass die maximalen Temperaturen durch den Wärmeeintrag des Sorelbetons auf den Konturbereich der

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Strecke erfasst wurden. Ein Vergleich mit der eingebrachten Sorelbetonmenge für den selben Zeitraum zeigt, dass während des Ausfalls der Messanlage die Verfüllmenge verhältnismäßig gering war, so dass mit keiner weiteren Temperaturerhöhung in der Zeit des Ausfalles zu rechnen ist (s. Anhang 9.3 auf Blatt 362). Für die weitere Beobachtung des Temperaturverlaufes werden die Sensoren auch nach der Verfüllung in Betrieb bleiben.

Mikroseismik

Die Ergebnisse der mikroseismischen Aktivitäten sind in Abschnitt 2.4.4.2 auf Blatt 42 und Anhang 5.8 auf Blatt 304 dargestellt. Die mikroseismischen Ereignisse sind im betrachteten Bereich vor allem auf die Verfüllung in diesem Bereich zurückzuführen. Insgesamt blieb die mikroseismische Aktivität im Berichtszeitraum im erwartenden Rahmen und war in Anbetracht der umfangreichen bergbaulichen Maßnahmen nicht erhöht.

Beschreibung der Situation

Im Jahr 2019 bis zum Berichtsstand wurde die Verfüllung des Bereiches von Osten nach Westen fortgesetzt. Dabei wurden im ersten Bauabschnitt die Bereiche um die Abdichtbauwerke (SB-532-1 bis -4) anforderungsgerecht nachgeschnitten und anschließend betoniert (vgl. Abbildung 4.12 auf Blatt 82).

Im Anschluss wurden zunächst die Nebenabbaue 8a und 8b/532 vollständig verfüllt. Der direkt unterhalb der MAW-Kammer auf der 511-m-Sohle gelegene Nebenabbau 8a/532 (s. Anhang 9.1 auf Blatt 360) wurde Anfang der 1980er Jahre bis auf eine Durchfahrtsstrecke weitgehend verfüllt. Diese Maßnahme der Verfüllung zeigte sich als nicht ausreichend bzw. nicht nachhaltig, da sich in dem Abbau inzwischen wieder ein deutlicher Firstspalt ausgebildet hat oder der Abbau wurde von Beginn an nicht firstbündig verfüllt. Ende 2019 wurde der Firstspalt erneut visuell inspiziert. Er verläuft weiterhin über den gesamten südlichen Bereich des Nebenabbaus 8a/532. Die Höhe nimmt von ca. 0,4 m an der Böschungskante auf ca. 1,0 m in südlicher Richtung zu. Aus der visuellen Begutachtung waren keine Hinweise auf großflächige Löser bzw. Schwebendurchbrüche erkennbar. Die Verfüllung des Firstspaltes erfolgte Ende 2019 in Verbindung mit der Verfüllung des Resthohlraum im Norden des Nebenabbaus 8a/532 mit ca. 1.500 m^3 Sorelbeton.

Aufgrund der unmittelbaren Nähe des Nebenabbaus 8a/532 zur MAW-Kammer wurde im Rahmen des atomrechtlichen Zustimmungsverfahrens zum Sonderbetriebsplan 8/2018 Bedenken bezüglich potentieller thermischer und/oder mechanischer Einwirkungen auf die Schwebe zwischen der 532- und 511-m-Sohle durch die Betonage des Firstspaltes im Nebenabbau 8a/532 auf die Stabilität des Gebindekegels in der MAW-Kammer auf der 511-m-Sohle und daraus resultierenden radiologischen Einwirkungen auf die Kammeratmosphäre geäußert.

In einer Stellungnahme wurde anhand der Temperaturentwicklung während der Betonage des Abbaues 3/511 gezeigt, dass durch die Betonage keine negativen Auswirkungen auf die Integrität der Schwebe zu besorgen ist [45]. Demnach wird sich, insbesondere für die geplante Rückholung aus der MAW-Kammer, die Stützwirkung der unterliegenden Schwebe zur 532-m-Sohle durch die Firstspaltverfüllung im Nebenabbau 8a/532 positiv auf die Stabilität des Bereiches auswirken.

Ab dem 20.12.2019 wurde mit der Verfüllung des Nebenabbaus 7a/532 mit Sorelbeton sowie im Anschluss mit der nördlichen Umfahrung begonnen. Als Nebenbestimmung zur Erstellung einer Umfahrung der Abbaue 6a- und 7a/532 im Rahmen des Sonderbetriebsplans 2/2012 [46] waren messtechnische Maßnahmen umzusetzen die sicherstellen, dass eventuelle Konvergenzen und Temperaturverläufe

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

(a) Kontur nach dem Nachschnitt für die SB-532-1, Stand: 18.10.2019

(b) Beginn der Erstellung der westlichen Schalungsmauer für die SB-532-1, Stand: 04.11.2019

Abbildung 4.12: Fotos während der Erstellung der SB-532-1 im Durchgang zwischen Nebenabbau 7b- und 8a/532

erfasst werden. Somit sollten potentielle Auswirkungen auf den Schachtsicherheitspfeiler beobachtet werden. Daraufhin wurden die Konvergenzmessstelle K019 und zwei Bohrungen mit Temperatursensoren instrumentiert. Die Temperaturaufnahme und Konvergenzmessungen zeigten keine gebirgsmechanisch relevante Auswirkung auf den Schachtsicherheitspfeiler. In der Umfahrung waren keine visuellen Schädigungen in Form von Abschalungen, Lösern oder Rissstrukturen zu beobachten.

Zusätzlich sollte als Nebenbestimmung des Sonderbetriebsplans 10/2018 der Wärmeeintrag in den Schachtsicherheitspfeiler vor Beginn der Verfüllung bewertet werden. In einer Stellungnahme wurde gezeigt, dass sich der Temperatureinfluss und die entstehende Radialspannung der Betonage positiv auf die Stabilität des Schachtsicherheitspfeilers auswirken werden [47]. Im Zeitraum 15.01.2020 bis 03.04.2020 wurde die nördliche Umfahrung mit Sorelbeton verfüllt. Anhand der Temperaturmessungen kann abgeleitet werden, dass der Wärmeeintrag durch die Einbringung des Sorelbetons (ca. 2.400 m^3) nach ca. 3 m im anstehenden Gestein bereits deutlich abgeklungen ist. Weiterführend ist davon auszugehen, dass ein deutlicher Rückgang der Konvergenzrate aufgrund der Verfüllung zu erwarten ist. Ein vorhandener Quelldruck zu Beginn der Abkühlphase des Baustoffes ist belegt und führt zum Aufbau von Radialspannungen [48]. In Verbindung mit dem aufbauenden Gebirgsdruck kann von einer vergleichsweisen schnellen Stützwirkung durch die Sorelbetoneinbringung auf den Schachtsicherheitspfeiler ausgegangen werden.

Insgesamt kann auf Grundlage der Messergebnisse von einem positiven gebirgsmechanischen Effekt der Verfüllung mit Sorelbeton für diesen Bereich ausgegangen werden. Durch die konturschlüssige Verfüllung des Firstspaltes im Nebenabbau 8a/532 ist im Hinblick auf die geplante Rückholung der Gebinde aus der MAW-Kammer von einer ausreichenden Stabilisierung auszugehen. Mit Fertigstellung der horizontalen und teilweise der vertikalen Abdichtbauwerke im Nahbereich der MAW-Kammer auf der 532-m-Sohle ist ein großer Teil der Arbeiten im Sinne der Vorsorgemaßnahmen bereits umgesetzt.

Mit den ca. 29.000 m^3 eingebrachten Sorelbeton ist der Bereich der Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle, der sich im Bereich des Pfeilerstauchungsmaximums des Ostflügels befindet, substantiell stabilisiert. Seit 03.04.2020 werden auch die restlichen Resthohlräume der Abbaubegleitstrecke der 532-m-Sohle verfüllt, so dass dieser Bereich dann vollständig abgeworfen sein wird (s. Abbildung 4.13 auf Blatt 83).

Abbildung 4.13: Blick vom Zugang der Abbaubegleitstrecke auf die Schalungsmauer zur Verfüllung der Abbaubegleitstrecke auf der 532-m-Sohle, 21.02.2020

4.3 Westflügel der 553- und 574-m-Sohle

Einleitung

Die im Westflügel des Baufeldes der Südflanke gelegenen Abbaue 1-4 auf der 553- und der 574-m-Sohle wurden in den Jahren von 1950 bis 1958 aufgefahren. Die Pfeilerbreite zwischen den Abbauen 2–3 und 3–4 beträgt ca. 12 m. Aufgrund der unzureichenden Dimensionierung der Tragelemente und der langen, unverfüllten Standzeit der Abbaue sind starke Verformungen und Auflockerungen der Pfeiler sowie Schwebendurchbrüche eingetreten [31]. Um dieser Verformung des Baufeldes an der Südflanke entgegenzuwirken, wurden die Abbaue von 1995 bis 2004 mit Salzgrus verfüllt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich aufgrund der anhaltenden Schädigungsprozesse, auch nach der Verfüllung mit Salzversatz, die Schwebendurchbrüche vergrößert haben.

Die durch die Konsolidierung entstandenen Firstspalte werden seit 2009 zur weiteren Stabilisierung mit Sorelbeton verfüllt. Im Westflügel sind die Firstspalte bislang nur im oberen Grubengebäude (bis zur 532-m-Sohle) sowie in der Abbaureihe 1 verfüllt. Im Rahmen des 4. Nachtrags des Sonderbetriebsplans 6/2009 wurden im 2. Quartal 2016 die Firstspalte in den Abbauen 2/532, 4/532 sowie 2/553 und 4/553 verfüllt. Die Abbaue 3/553 sowie 2/574 bis 4/574 sind bis zum jetzigen Zeitpunkt nur mit Salzversatz teilverfüllt. Im Vergleich dazu sind im Ostflügel die Firstspalte vollständig verfüllt (s. Anhang 1.2 auf Blatt 213). Erste positive Auswirkungen der Firstspaltverfüllung sind dort bereits erkennbar (Abbau von Spannungsdifferenzen und Verformungsgradienten, insbesondere am oberen Baufeldrand und somit Verringerung von Scherdeformationen) [13].

Aufgrund der verstärkten Lösungsaustritte und Rissbildung im Bereich des Abbaus 3/574 sowie der erhöhten mikroseismischen Aktivität wurde die gebirgsmechanische Situation im westlichen Bereich der 574-m-Sohle im August 2015 bewertet [49]. In einer komplementären Stellungnahme wurde infolge der fortschreitenden Schädigung und der geringen Lösungsaustrittsmengen eine zeitnahe Verfüllung des Firstspaltes im Abbaus 3/553 angeregt [50]. Im Rahmen des fortlaufenden Monitoringprogrammes

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

wurde im Jahr 2017 die gebirgsmechanische Situation im Westflügel für die 553- und die 574-m-Sohle erstmals zusammenhängend bewertet [51]. Die geotechnischen und geophysikalischen Messergebnisse deuteten auf eine fortschreitende Schädigung des Bereiches hin und bei einer erneuten Zunahme der Lösungszutritte sind eine Beschleunigung der Schädigungsprozesse bzw. weitere Schädigungen zu besorgen.

Daraufhin wurden bereits erste vorgezogene Stabilisierungsmaßnahmen im Bereich der Abbaubegleitstrecke der 553-m-Sohle umgesetzt [13] (s. Abbildung 4.14 auf Blatt 86). Der Bereich der Abbaubegleitstrecke vor Abbau 2/553 dient derzeitig noch als Infrastrukturraum für das betriebliche Lösungsmanagement. Mit Abschluss der Verfüllung der noch zugänglichen Resthohlräume in der Wetterstrecke zum Blindschacht 1 auf der 574-m-Sohle, wurde die 574-m-Sohle bis bis auf den Zugangsbereich im Sohlenniveau zum Blindschacht 2 der 553-m-Sohle vollständig verfüllt (s. Abbildung 4.15 auf Blatt 87). Dennoch weisen die Ergebnisse darauf hin, dass die bislang durchgeführten Maßnahmen zur Stabilisierung des Bereiches noch nicht ausreichen.

Zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit der noch zugänglichen Bereiche und Überwachung der Reaktion der Tragelemente auf den Lasteintrag wird der Bereich weiterhin anhand von geotechnischen (Extensometer, Fissurometer, Inklinometer) und geophysikalischen (Mikroseismik) Messungen sowie durch die visuelle Inspektion von betrieblichen Bohrungen, Firstkontrollbohrungen und Rissen überwacht (s. Anhang 10.1 auf Blatt 363 und Anhang 10.2 auf Blatt 364). Die Messergebnisse aus dem Jahr 2019 zeigen sich wie folgt.

Messergebnisse

Querschlägige Extensometermessungen in den Pfeilern

Die Ergebnisse der querschlägigen Extensometermessungen aus dem Jahr 2019 sind detailliert in Abschnitt 2.2.5 ab Blatt 25 beschrieben.

Die Isolinien der Pfeilerstauchungsraten (s. Anhang 3.1 auf Blatt 275) zeigen für das Jahr 2019 weiterhin ein präsentes Maximum von ca. 66 mm/a im Bereich des Pfeilers 3/4 auf der 553-m-Sohle. Im Pfeiler 2/3 auf der 574-m-Sohle liegen die aktuellen Pfeilerstauchungsraten bei ca. 47 mm/a.

Die Zeitreihen der Pfeilerstauchungsraten im Pfeiler 3/4 auf der 553-m-Sohle und im Pfeiler 2/3 auf der 574-m-Sohle sind in (s. Anhang 3.1 auf Blatt 259 und Anhang 3.1 auf Blatt 260) dargestellt. Demnach kann im Jahr 2019 eine degressive Entwicklung der querschlägigen Pfeilerstauchungsrate beobachtet werden. Besonders das Extensometer in dem im Jahr 2019 verfüllten Bereich um den Pfeiler 2/3 auf der 574-m-Sohle zeigt im Jahr 2019 einen deutlichen Rückgang um ca. 8 mm/a (s. Anhang 3.1 auf Blatt 270). Insgesamt kann aus den langjährigen Extensometermessungen eine integrale Gesamtstauchung von ca. 5 m für den Bereich um die Pfeilerreihe 2/3 und ca. 5 m für den Bereich um die Pfeilerreihe 3/4 ermittelt werden.

Die Ergebnisse verdeutlichen den hohen Lasteintrag auf die Tragelemente in diesem Bereich. Zusätzlich kann anhand der Entwicklung der Scherdeformation auf Basis der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten über die Teufenlage für den Westflügel seit 1989 eine Verlagerung des Pfeilerstauchungsmaximums von der 658-m-Sohle in den Bereich der 553-m-Sohle beobachtet werden (s. Abbildung 2.1 auf Blatt 28). Zusätzlich ist der Gradient der Scherdeformation zwischen oberen und zentralen Baufeld aufgrund der noch nicht vollständig abgeschlossenen Firstspaltverfüllung im Westflügel noch deutlich stärker ausgeprägt als im Ostflügel, in dem die Firstspaltverfüllung bereits abgeschlossen ist.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Spannungsmessungen

Die Ergebnisse der Spannungsmessungen für den westlichen Bereich der 553- und 574-m-Sohle sind in Abschnitt 2.1.4.1 ab Blatt 17 beschrieben und detailliert dargestellt. Allgemein deuten die Spannungsmessungen im westlichen Bereich oberhalb der 658-m-Sohle auf hochbeanspruchte und überwiegend entfestigte, aber zumindest im Bereich der einbindenden Schweben noch intakte, Pfeilerkerne hin. Die Maximalspannungen und Minimalspannungen sind gegenüber dem Vorjahr weitgehend unverändert.

Mikroseismik

Die Ergebnisse zur mikroseismischen Überwachung im westlichen Bereich der 574-m-Sohle und des Blindschachts 1 können in Abschnitt 2.4.4.3 auf Blatt 43 sowie in Abschnitt 2.4.4.3 auf Blatt 43 entnommen werden. In den Berichtszeiträumen 2016 und 2017 war die mikroseismische Aktivität in diesem Bereich rückläufig, aber nicht vollständig abgeklungen. Im Jahr 2018 und 2019 wurden nur vereinzelte mikroseismische Ereignisse im Bereich der Abbaureihe 1 und des Abbaus 1/574 lokalisiert. Eine Verlagerung der mikroseismischen Aktivität vom Abbau 1/574 nach Osten kann nicht festgestellt werden.

Rissbeobachtungen

Die Risse am Südstoß der Abbaubegleitstrecke zwischen Abbau 2/553 und 5/553 werden seit 2014 messtechnisch überwacht. Insgesamt sind in diesem Bereich 13 Rissstrukturen kartiert, die sich hauptsächlich auf den südlichen Stoß der Abbaubegleitstrecke konzentrieren und variabel streichende Orientierungen zeigen (s. Anhang 10.1 auf Blatt 363). Im Bereich vom Zugang zur Abbaubegleitstrecke bis zum Abbau 3/553 sind drei Risse an der Firste zu beobachten. Diese streichen in südwestlicher nordöstlicher Richtung und durchziehen zum Teil die gesamte Firste nach Nordosten. Riss 11 zeigt Salzausblühungen und steht in Verbindung mit der Katasterstelle L553007.

Insgesamt können im Jahr 2019 keine gebirgsmechanisch relevanten Veränderungen der Risslängen oder Öffnungsweiten beobachtet werden. Seit 2017 werden zwei Risse mittels Fissurometer überwacht. Die Ergebnisse aus dem Jahr 2019 zeigen auch hier keine gravierenden Veränderungen (s. Anhang 10.3 (Blätter 365–366)).

Visuelle Begutachtung

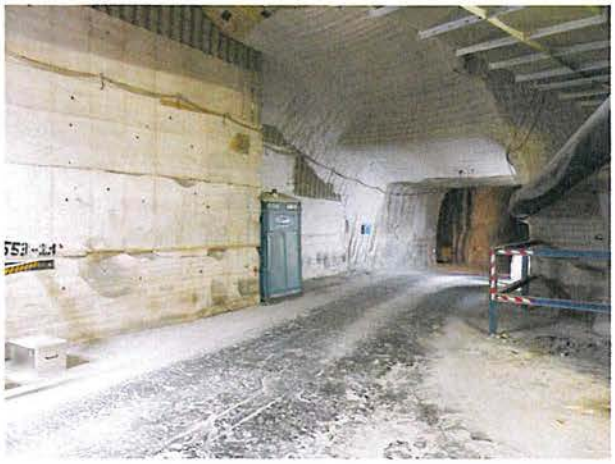
Die visuelle Begutachtung der Pfeiler erfolgt anhand Inklinometerbohrungen im Pfeiler 3/4 und 4/5 sowie der noch über die Richtstrecke erreichbaren Pfeilern auf der 553-m-Sohle. Die Ergebnisse sind in Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 28 beschrieben und in Anhang 3.2, Bild 3 auf Blatt 279 sowie Anhang 3.2, Bild 7 auf Blatt 280 dargestellt. Daraus geht hervor, dass die Bohrlochkonturen elliptische Verformung und stark beanspruchte Bereiche aufzeigen. Die hohe Beanspruchung der Pfeiler konnte bis zur Verfüllung des Bereiches auch in der Inklinometerbohrung im Pfeiler 2/3 auf der 574-m-Sohle sowie in der betrieblichen Bohrung 109 belegt werden [13].

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Salzlösungsmonitoring

Die Fassungsraten der Katasterlokation L553007 im Berichtsjahr 2019 können aus Kapitel 5 ab Blatt 179 entnommen werden.

Aus der Abbildung 5.5 auf Blatt 183 ist zu erkennen, dass die Fassungsraten an den Katasterlokationen L553007 im Jahr 2019 weiterhin auf einem äußerst geringen Niveau liegen. Im Jahr 2019 werden an der Katasterlokation L553007 nur weniger als 0,2 L/d gefasst. Durch die Verfüllung der Abbaubegleitstrecke vor Abbau 3/574 ist die Katasterstelle L574006 nicht mehr zugänglich. Diese Katasterstelle zeigte bis zur Verfüllung ebenfalls sehr geringe Fassungsraten von ca. 0,1 L/d.



(a) Blick nach Westen in die Abbaubegleitstrecke vor Abbau 3/553 auf der 553-m-Sohle, Stand: 23.04.2020

(b) Blick nach Westen in die Abbaubegleitstrecke vor Abbau 3/553 auf der 553-m-Sohle, Stand: 23.04.2020

Abbildung 4.14: Westflügel auf der 553-m-Sohle

Abbildung 4.15: Blick nach Süden in den ehemaligen Zugang zur Wetterstrecke zum Blindschacht 1 auf der 574-m-Sohle, Stand: 23.04.2020

Bewertung der Situation

Die vorgestellten Monitoringergebnisse und die festgestellten Schwebendurchbrüche zeigen nach wie vor, dass sich das Tragsystem im westlichen Bereich der 553- und 574-m-Sohle im Nachbruchbereich befindet. Obwohl schon einige Stabilisierungsmaßnahmen durchgeführt wurden, wurde dennoch bis zum Sommer 2015 in diesem Bereich eine erhöhte mikroseismische Aktivität registriert. Im Jahr 2019 und aktuell ist die mikroseismische Aktivität signifikant zurückgegangen. Im Bereich des Pfeilers 3/4 auf der 553-m-Sohle liegt ein lokales Pfeilerstauchungsmaximum. Zusammen mit den vorliegenden hohen Maximalspannungen, den damit einhergehenden Spannungsdifferenzen sowie den visuellen Beobachtungen belegen die Messungen die aktuell starke gebirgsmechanische Beanspruchung dieses Bereiches.

Die derzeitige Situation mit sehr geringen Fassungsraten begünstigt eine zeitnahe Verfüllung der Firstspalte, um einer erneuten Aktivierung des Trennflächeninventars entgegenzuwirken. Bei der Firstspaltverfüllung der Abbaue werden erfahrungsgemäß nur ca. 4 % des gesamten Abbauvolumens eines Abbaues mit Sorelbeton verfüllt (Firstspaltverfüllung). Das bedeutet, dass ca. 96 % mit Salzversatz nicht mit Sorelbeton verfüllt werden. Untersuchungen der Wechselwirkungen zwischen Sorelbeton A0 und Salzversatz zeigen, dass der Sorelbeton ein sehr geringes Eindringverhalten in den Salzversatz hat (max. Eindringtiefe 1 bis 7 cm) [52], so dass ein übertagbares Ergebnis für einen relevanten Einfluss durch den Sorelbeton A1 innerhalb des Salzversatzes auf die Migrationspfade nicht zu besorgen ist. Demnach wird die vertikale Migration der Salzlösung in der Abbaureihe auch bei einer Verfüllung der Abbaureihe 3 oberhalb der 616-m-Sohle nicht durch die Firstspaltverfüllung relevant beeinflusst.

Die Gebrauchstauglichkeit der Strecken auf der 553-m-Sohle ist derzeitig gegeben. Für den zu betrachtenden Bereich besteht vielmehr das weitaus größere Erfordernis, dass die gebirgsmechanische Stabilisierung in Form der Firstspaltverfüllung zeitnah und vollständig durchgeführt wird. Denn die, insbesondere am oberen Baufeldrand auf der 553-m-Sohle und der 574-m-Sohle, vorherrschenden hohen

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Scherdeformationen kann nur mit einer vollständigen Resthohlraumverfüllung in diesem Grubenbereich entgegengewirkt werden.

Daher empfehlen wir, die Firstspalte im Abbau 3/553 auf der 553-m-Sohle sowie in den Abbaureihen 2–4 auf der 574-m-Sohle sukzessive und schnellstmöglichst zu verfüllen. Im Anschluss kann mit dem Rückzug aus der Abbaubegleitstrecke der 553-m-Sohle begonnen werden und auch dieser Bereich verfüllt werden.

4.4 Gebirgsmechanische Situation im Bereich der Wendelstrecke

Situationsbeschreibung

Die Wendelstrecke stellt als einzige durchgehend befahrbare Verbindung von der 490- zur 850-m-Sohle eine für den Betrieb des Bergwerkes wesentliche Infrastrukturkomponente dar. Ausgehend von der 750-m-Sohle wurde von 03/1970 bis 12/1978 der Wendelstreckenabschnitt zur 800-m-Sohle aufgefahren. Im Zeitraum von 09/1972 bis 01/1975 erfolgte der Streckenvortrieb von der 750- zur 490-m-Sohle. Ab 08/1974 wurde die Wendelstrecke im Gegenortbetrieb, d. h. von der 490-m-Sohle abwärts, aufgefahren. Der Durchschlag wurde im Januar 1975 nördlich des Abbaus 8 auf der 595-m-Sohle erreicht. Im Zeitraum von 09/1983 bis 02/1984 erfolgte die Auffahrung von der 800- zur 850-m-Sohle (Verlauf Wendelstrecke siehe Anhang 11.1 auf Blatt 367).

Von der 490-m-Sohle bis zum Firstniveau der 700-m-Sohle befindet sich die Wendelstrecke in unmittelbarer Nähe der Abbaue im Baufeld an der Südflanke, welches starken gebirgsmechanischen Einwirkungen unterliegt. Ab der 553-m-Sohle verläuft die Wendelstrecke zunehmend im weniger standfesten Carnallitit bzw. im unmittelbaren Grenzbereich dazu. Ab der 700-m-Sohle liegt die Wendelstrecke im Bereich des intensiv durchbauten Baufelds im Sattelkern mit kleinräumig wechselnden Schichtfolgen der Staßfurt-Formation. Bedingt durch die vorliegenden geologischen und gebirgsmechanischen Faktoren sind insbesondere in den Bereichen von der 637- bis zur 775-m-Sohle erhebliche Schädigungen an der Wendelstrecke festzustellen, vor allem an den Stößen [33], [53].

Daher wird seit 2012 im Bereich von der 637- bis zur 775-m-Sohle ein intensives geotechnisches Monitoring, einhergehend mit der Empfehlung und Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen, durchgeführt. Aufgrund dort festgestellter Schäden bzw. Beanspruchungen wurden die unmittelbar an die Wendelstrecke anschließenden bzw. in deren Streckenverlauf einbezogenen Infrastrukturbereiche in das Monitoring mit aufgenommen. Hierzu gehören auf der 750-m-Sohle der Hauptquerschlag nach Süden, sowie die Streckenaufweitung in der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen, von der die Wendelstrecke zur 775-m-Sohle abzweigt. Die Betrachtung der übrigen Wendelstreckenabschnitte erfolgt auf Grundlage regelmäßiger visueller Kontrollen und vorliegender Standortdaten.

Zur detaillierten räumlichen Zuordnung, der im Rahmen des geotechnischen Monitorings betrachteten Wendelstreckenabschnitte von der 490- bis zur 850-m-Sohle (s. Anhang 11.1 auf Blatt 367), erfolgt eine Aufteilung in die folgend aufgeführten Abschnitte - unter Berücksichtigung ihrer jeweils unterschiedlichen Monitoringprogramme bzw. Schadensbilder:

1. Wendelstrecke von der 490-m-Sohle bis oberhalb der Wendelkehre 616-/637-m-Sohle
2. Wendelstrecke von der Wendelkehre 616-/637-m-Sohle bis zum Übergang des Sohlenniveaus der 679-m-Sohle zur 700-m-Sohle

3. Wendelstrecke vom Firstniveau der 700-m-Sohle bis zum Sohlenniveau der 700-m-Sohle (wird in einem separaten Monitoringbericht zur 700-m-Sohle beschrieben und bewertet [26]) und im Jahresbericht entsprechend aktualisiert unter Abschnitt 4.5 auf Blatt 106 aufgeführt
4. Wendelstrecke vom Firstniveau der 725-m-Sohle bis zum Anschluss an die Wendelkehre im Sohlenniveau der 725-m-Sohle
5. Wendelstrecke von der Wendelkehre im Sohlenniveau der 725-m-Sohle bis zum Abzweig der Wendelstrecke von der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle
6. Wendelstrecke vom Abzweig der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle bis zum Temperaturversuchsfeld V (TVF V) im Firstniveau der 775-m-Sohle
7. Wendelstrecke unterhalb des Temperaturversuchsfelds V (TVF V) im Firstniveau der 775-m-Sohle bis zu den Salzgewinnungsstrecken auf der 850-m-Sohle

Bewertung der Messergebnisse, visuellen Beobachtungen und sonstigen Standortdaten

Neben regelmäßigen Dokumentationen visueller Beobachtungen wurden folgende geotechnische Instrumentierungen bzw. Erkundungsmaßnahmen ausgewertet, wobei die Lage der Messstellen u. a. Anhang 1.1 auf Blatt 212 zu entnehmen ist:

- First- und Stoßkontrollbohrungen
- Sohlkontrollbohrungen (Sohlkontrollbohrungen in der Wendelstrecke werden nur im Sohlenniveau der 700-m-Sohle inspiziert und im Abschnitt 4.5 auf Blatt 106 abgehandelt)
- Konvergenzmessungen
- Rissbeobachtungen (Fissurometermessungen, Rissmarken)
- Extensometermessungen
- Georadarmessungen

Wendelstrecke von der 490-m-Sohle bis oberhalb der Wendelkehre 616-/637-m-Sohle

Für die Bewertung der Wendelstreckenabschnitte von der 490- bis zur 616-m-Sohle wird bislang überwiegend auf laufende visuelle Kontrollen und vorliegende Standortdaten zurückgegriffen. Zur Dokumentation der bereichsweise intensiven Schädigung der Wendelstreckenkontur im oberen Grubenbereich (s. a. Anhang 11.1 auf Blatt 367) werden hier exemplarisch drei Streckenabschnitte mit besonders markanten Abschalungen bzw. Rissen an den Stößen aufgeführt, an denen Sanierungsbedarf vorliegt. So zeigt der Südstoß im Bereich zwischen der Zufahrt zur Abbaubegleitstrecke auf der 553-m-Sohle und der Einmündung der Wetterstrecke zum Blindschacht 1 auf der 574-m-Sohle intensive Abschalungen, welche bislang nur partiell händisch beraubt und nicht durch Anker gesichert sind. Auch der Wendelstreckenabschnitt zwischen den Abbauen 7/595 und 8/595 weist signifikant entfestigte Stoßabschnitte ohne Ankerung auf (s. Abbildung 4.16).

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

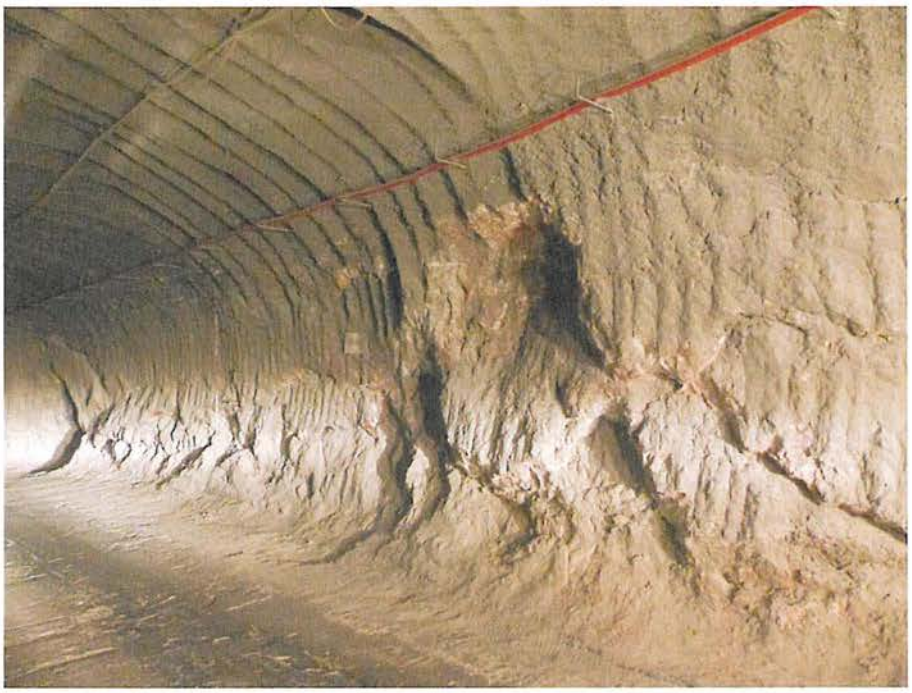


Abbildung 4.16: Signifikant entfestigter Nordstoß der Wendelstrecke auf Höhe zwischen Abbau 7 und Abbau 8 auf der 595-m-Sohle, Blick nach Westen (21.02.2020)

Im weiteren westlichen Verlauf der Wendelstrecke, auf Höhe des Pfeilers zwischen den Abbauen 4 und 5 auf der 616-m-Sohle, wurde jeweils am Nord- und Südstoß ein umfangreiches Rissinventar von vertikalen, diagonalen und horizontalen Rissen detektiert (Anhang 11.2 auf Blatt 368). Dieser Bereich liegt direkt oberhalb des verfüllten Streckenkreuzes vom ursprünglichen Wendelstreckenverlauf auf der 637-m-Sohle. Unmittelbar nördlich des Wendelstreckenabschnitts verläuft im Hangenden die Firststrecke nach Westen, deren Zugänge zu den Abbauen 4/616 und 5/616 mittig bzw. am Rand von der Wendelstrecke unterfahren werden.

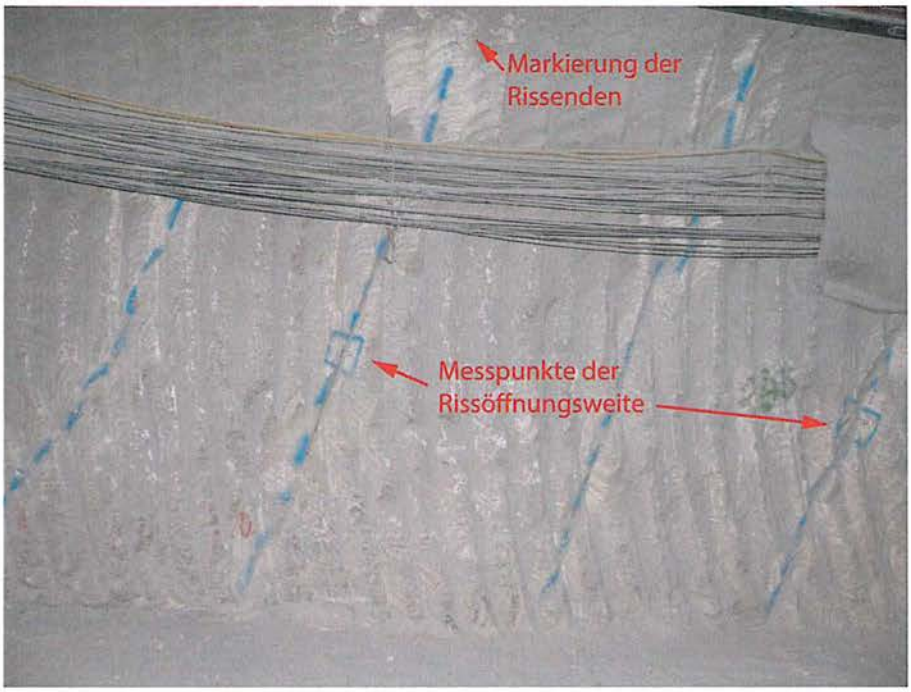


Abbildung 4.17: Diagonale Risse mit Messpunkten der Öffnungsweite und markierten Rissenden am Südstoß im Bereich des Pfeilers 4/5 auf der 616-m-Sohle, Blick nach Südwesten (21.02.2020)

Dort wurden zur Rissüberwachung im August 2019 exemplarisch an 4 Rissen am Nord- sowie an 9 Rissen am Südstoß Messpunkte zur Ermittlung der Öffnungsweiten festgelegt (s. Abbildung 4.17) und die Endpunkte der Risse, soweit möglich, markiert. Für den Nordstoß wurden an den markierten Rissen am 12.02.2020 Öffnungsweiten von 9 bis 17 mm, mit Aufweitungsraten von max. 1,9 mm/a seit dem 01.08.2019, ermittelt. Die maximal gemessene Rissverlängerung liegt in diesem Zeitraum bei etwa 11 cm. An den überwachten Rissen am Südstoß werden am 12.02.2020 Öffnungsweiten von 3,5 bis 32 mm verzeichnet. Die maximale Aufweitungsrate der Rissöffnung seit dem 01.08.2019 liegt bei 3,7 mm/a, die maximale Rissverlängerung beträgt dort etwa 15 cm.

Wendelstrecke von der Wendelstreckenkehre 616/637 bis zum Sohlenniveau der 679-m-Sohle

Aufgrund der zunehmend feuchtigkeitsbedingten Kristallisation von Salz waren die 2013 erstellten Firstkontrollbohrungen FKBrg. 637-18 bis FKBrg. 637-29 weitestgehend nicht mehr inspizierbar und wurden 2018 durch die neuen Firstkontrollbohrungen FKBrg. 637-30 bis FKBrg. 637-34 ersetzt. Die Firstkontrollbohrungen in diesem Wendelstreckenabschnitt weisen Feuchtigkeit in der Bohrlochkontur und teilweise signifikante Salzausblühungen auf, welche auf Zersetzungserscheinungen im Carnallitit durch feuchte Grubenwetter zurückgeführt werden. Anteilig können diese auch auf ausgebildete Schädigungen hinweisen. In der ca. 5 m langen Firstkontrollbohrung FKBrg. 637-34 war bei der Inspektion vom 04.03.2020 aufgrund intensiver Salzausblühungen nur noch eine Befahrung mit der Kamera bis 2,4 m möglich (Anhang 11.4, Bild 73 auf Blatt 370). Ein seit der Erstinspektion in FKBrg-637-30 bei 0,3 m Teufe detektierte Riss, im Bereich der geankerten Wendelstreckenkehre 616/637, zeigt sich unverändert.

Die Konvergenzmessungen innerhalb der 2012/2013 neu erstellten Umfahrungen von abgeworfenen älteren Wendelstreckenabschnitten (s. Anhang 11.1 auf Blatt 367) belegen seit Messbeginn eine überwiegend leicht degressive bzw. zuletzt eher stagnierende Entwicklung der Konvergenzraten (s. Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30).Die Ende Dezember 2018 ermittelten Konvergenzraten zur Vormessung liegen für die oberen Umfahrungsabschnitte (von Wendelstreckenkehre 616/637 bis Wendelstreckenkehre

Sohlenniveau 637 mit K034 und K035) zwischen 2,1 bis 4,1 mm/a (vertikale Messstrecke K035 zuletzt im Juli 2019 mit 6,7 mm/a messbar). In den unteren Umfahrungsabschnitten (von Wendelstreckenkehre Sohlenniveau 637 bis Querschlag zu Abb. 4/637 mit K036 und K037) werden zwischen 7,6 bis 12,0 mm/a erfasst (s. Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30).

Im Vergleich mit den Mittelwerten der 2019 für diesen Grubenbereich ermittelten Verformungsraten von 0,9 ‰/a für die horizontale Messstrecke und 1,5 ‰/a für die vertikale Messstrecke (Vergleichswerte für Südflanke Wendelstrecke, 490- bis 700-m-Sohle, Carnallitit) liegen die Werte der Messstrecken in der oberen Wendelstreckenumfahrung (K034 und K035) unterhalb der Mittelwerte und die der unteren Wendelstreckenumfahrung (K036 und K037) tendenziell oberhalb bzw. gleichauf.

Die weiterhin auf hohem Niveau verlaufenden Pfeilerstauchungsraten führen zu einer fortschreitenden Schädigung im Bereich der 637-m-Sohle. Die dort ermittelten Pfeilerstauchungsraten in den Pfeilern 2/3 bis 4/5 liegen mit Werten zwischen ca. 37 bis 47 mm/a jedoch geringfügig unterhalb der Vorjahreswerte.

Im Bereich der 658-m-und 679-m-Sohle fallen in den Pfeilern 1/2 bis 2/3 die Pfeilerstauchungsraten, welche bei Werten von ca. 7 bis 11 mm/a nahezu stagnieren, deutlich niedriger aus und liegen ebenfalls geringfügig unter den Vorjahreswerten (Anhang 3.1 auf Blatt 258).

An den noch vom ursprünglichen Wendelstreckenverlauf verbliebenen Stößen in der Wendelkehre, im Sohlenniveau der 637-m-Sohle, zeigen sich teilweise Entfestigungserscheinungen. Im Bereich der 2012/2013 als obere und untere Umfahrung aufgefahrenen Streckenabschnitte sind noch keine relevanten Schädigungen erkennbar. Der weitere Verlauf der Wendelstrecke, vom Anschluss der unteren Umfahrung im Sohlenniveau der 637-m-Sohle bis zum Zugang zu Abbau 3 auf der 658-m-Sohle, zeigte sich insbesondere an den Stößen als überwiegend intensiv entfestigt.

Zur Sanierung des geschädigten Südstoßes erfolgte von 2018 bis Dezember 2019 die Erstellung einer mindestens etwa 1 m mächtigen firstbündigen Stützmauer. Diese beginnt östlich des Zugangs zum Abbau 3/658 am Pfeiler der Diagonalstrecke zur 679-m-Sohle (Abbildung 4.18) und zieht sich bis zum westlichen Pfeiler des südwestlich abzweigenden Querschlags zum Abbau 4/637 (Abbildung 4.19). Der Querschlag wurde im August 2019 im nördlichen Abschnitt freigeladen und soll in einer nachfolgenen Maßnahme, einschließlich daran angeschlossener Strecken und Rolllöcher, über einen Sonderbetriebsplan verfüllt werden.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

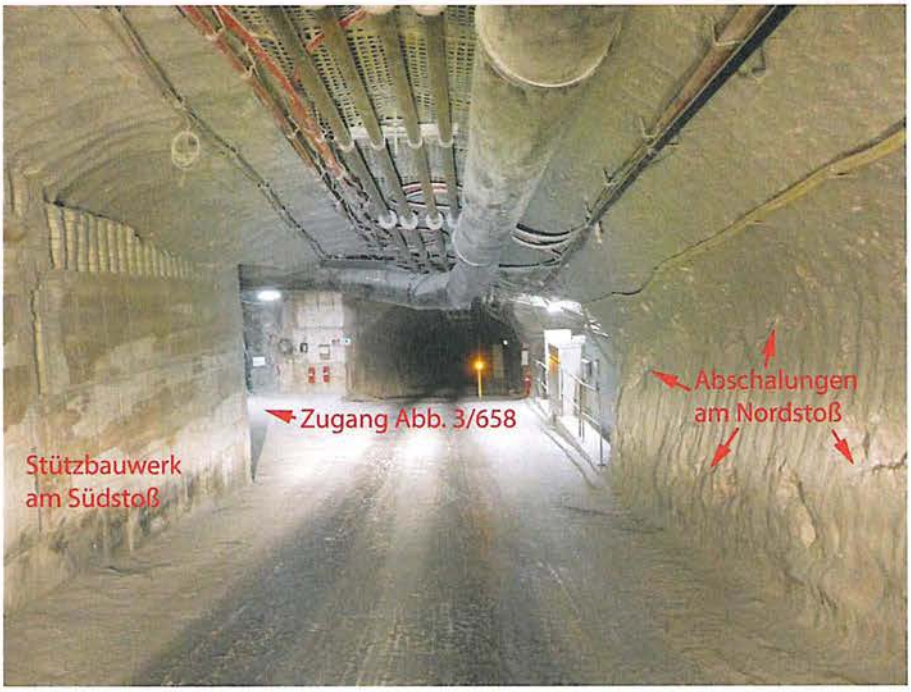


Abbildung 4.18: Östlich und westlich des Zugangs zum Abbau 3/658 am Südstoß erstellte Stützmauerelemente sowie Abschalungen am Nordstoß, Blick nach Westen (21.02.2020)

Im Zuge der Stützmauererstellung erfolgte im Februar 2019 auch die Verfüllung des restlichen Streckenstummels der Diagonalstrecke zur 679-m-Sohle sowie im November 2019 die Erstellung eines unmittelbar westlich des Zugangs von Abbau 3/658 am Südstoß gelegenen kleinräumigen Stützbauwerks (Abbildung 4.18). Der bislang nicht sanierte Nordstoß im Wendelstreckenabschnitt östlich des Zugangs von Abbau 3/658 bis zum Querschlag zum Abbau 4/637 weist lokal zunehmend flache Abschalungen auf (Abbildung 4.18).

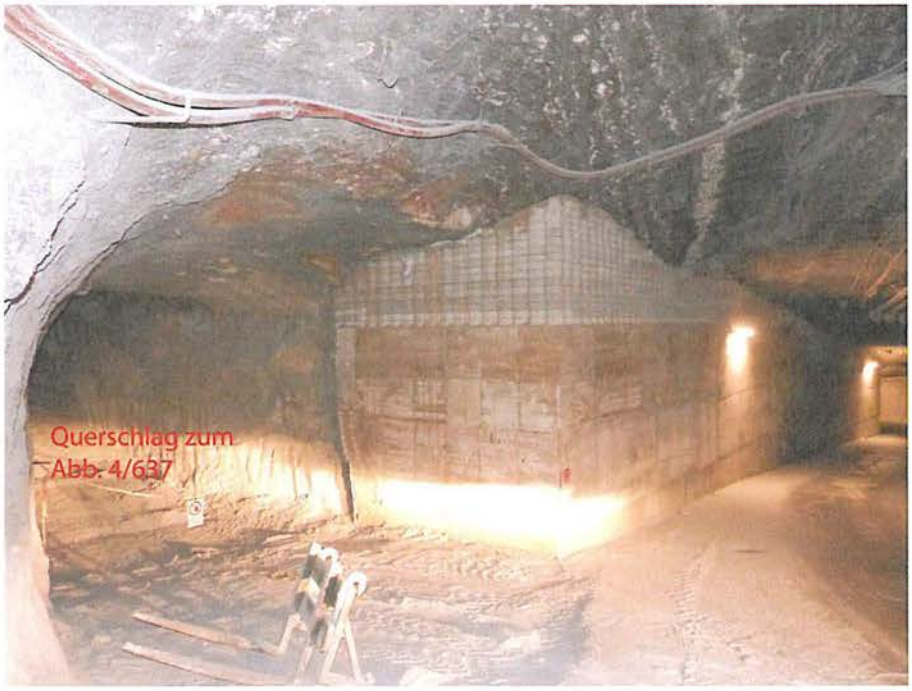


Abbildung 4.19: Südstoß der Wendelstrecke mit bis zum westlichen Pfeiler des teilweise freigeladenen Querschlags zum Abbau 4/637 erstellter Sorelbeton-Stützmauer , Blick nach Südwesten (23.04.2020)

Die auf Höhe der Abbaue 3 und 4/658 eingerichteten Konvergenzmessstrecken K014 und K015 sowie die im weiteren Verlauf der Wendelstrecke auf der 679-m-Sohle gelegenen Konvergenzmessstrecken K016 und K017 zeigen 2019 einen uneinheitlichen Verlauf der Konvergenzraten (Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30).Für die östlichen Messstrecken im Umfeld von Abbau 4 ist eine deutliche Zunahme der horizontalen Verformungs- bzw. Konvergenzraten zu verzeichnen, wohingegen für die westlich davon gelegene Messtelle K016 deutlich abnehmende Raten verzeichnet werden. Die Verformungsraten der mittig der Abbaureihe 3 installierten westlichen Messstrecken K014 und K016 liegen unterhalb und die der weiter östlich, näher an Abbaureihe 4 installierten Messstrecken K015 und K017 liegen oberhalb bis gleichauf der in diesem Grubenbereich für 2019 ermittelten Verformungsraten (Vergleichswerte für Südflanke Wendelstrecke, 490- bis 700-m-Sohle, Carnallitit). Die zu Beginn Dezember 2019 ermittelten Konvergenzraten zur Vormessung liegen für die westlichen Messstrecken K014 und K016 zwischen 0,6 bis 6,3 mm/a und für die östlichen Messstrecken K015 und K017 zwischen 10,1 bis 14,4 mm/a (s. Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30), wobei die Werte der horizontalen Messstrecken von K014 und K015 nicht erfasst werden konnten.

Die Stöße der Wendelstrecke von der 658- bis zur 679-m-Sohle weisen beidseitig unterschiedlich stark ausgebildete Abschalungen auf, wobei die Schädigungen augenscheinlich insbesondere von der Wendelkehre der 679-m-Sohle bis zum Firstniveau der 700-m-Sohle zunehmen.

Wendelstrecke vom Firstniveau der 700-m-Sohle bis zum Sohlenniveau der 700-m-Sohle

Ausführungen zum etwa 230 m langen Wendelstreckenabschnitt auf der 700-m-Sohle erfolgen im Abschnitt 4.5 auf Blatt 106.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Wendelstrecke vom Firstniveau der 725-m-Sohle bis zum Anschluss an die Wendelkehre im Sohlenniveau der 725-m-Sohle

Zur Bewertung der Situation in diesem Wendelstreckenabschnitt werden auch die zwei im unteren Sohlenbereich der 700-m-Sohle gelegenen Konvergenzmessstrecken K17 und K021 einbezogen. Im Streckenteil der ersten oberen 35 m, bis etwa zur Konvergenzmessstrecke K021, liegen keine relevanten visuell erkennbaren Schädigungen vor. Die Verformungsraten der beiden östlichen Messtrecken K17 und K021 liegen 2019 unterhalb der Vergleichswerte für diesen Grubenraum (Vergleichswerte für Sattelkern Streckensysteme, 700- bis 775-m-Sohle, Staßfurtsteinsalz mit Verformungsraten von etwa 0,4 ‰/a für die horizontale Messstrecke und 0,8 ‰/a für die vertikale Messstrecke). Während die Verformungsraten der Konvergenzmessstrecke K021 etwa auf dem Niveau von 2018 liegen, ist bei der vertikalen Messstrecke K17 ein deutlicher Rückgang zum Vorjahr erkennbar. Die Ende Dezember 2019 ermittelten Konvergenzraten zur Vormessung liegen für die Messstrecken K17 und K021 zwischen 1,3 bis 4,2 mm/a, etwa im Rahmen der seit 2015 ermittelten Werte (s. Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30).

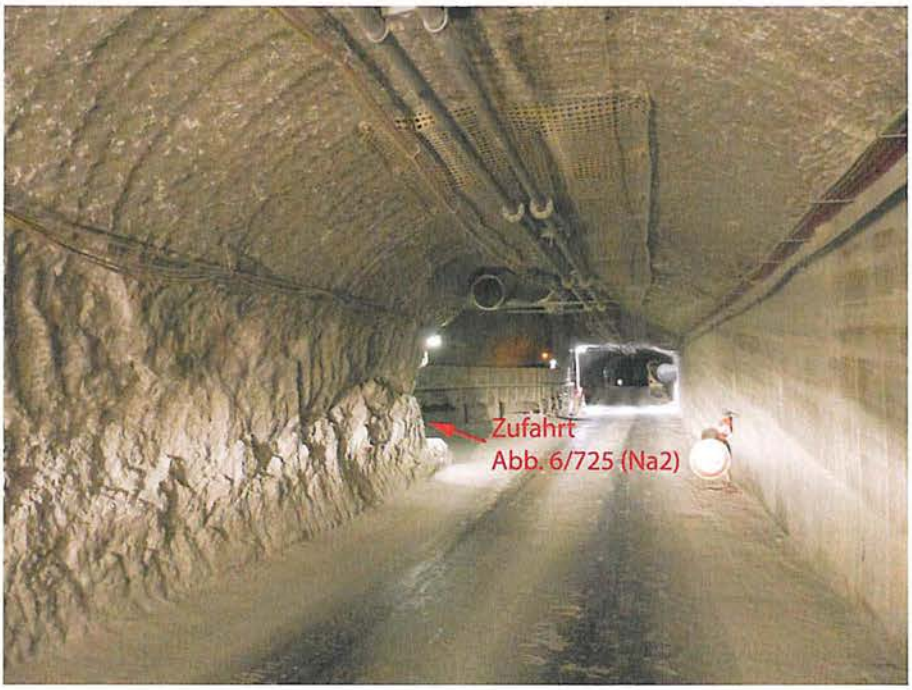


Abbildung 4.20: Östlich des Zugangs von Abbau 6/725 (Na2) intensiv entfestigter Südstoß sowie bis unterhalb des Querschlags zum Hauptgesenk I westl. mit einer Stützmauer sanierter Nordstoß im Wendelstreckenabschnitt von der 700- zur 725-m-Sohle, Blick nach Nordwesten (26.03.2020)

Weiter westlich sind an Nord- und Südstoß zunehmend Abschalungen ausgebildet, wobei dort 2016 und 2017 zwei bis westlich des Querschlags zum Hauptgesenk I westl. reichende Abschnitte des intensiv geschädigten Nordstoßes mit einer Sorelbetonmauer stabilisiert wurden (Abbildung 4.20). Diese Stützmauer am Nordstoß wurde im November 2019 im Rahmen der Auffahrung einer zur 700-m-Sohle verlaufenden Fluchtstrecke, gegenüber des verfüllten östlichen Zugangs zur ELK 7/725, durchörtert. Dabei zeigte sich zunächst ein überwiegend guter Verbund zwischen Betonmauer und anstehendem Salz, wobei seitdem zunehmend lokale Rissbildungen geringer Öffnungsweite im unmittelbaren Kontaktbereich erkennbar sind. Der Südstoß weist im östlichen Teil des betrachteten Streckenabschnitts, unterhalb der oberen 35 m, ebenfalls deutliche Abschalungen bis zum Zugang zu Abbau 6/725 (Na2) auf. Weiter unterhalb, bis zum westlichen Zugang der ELK 7/725, zeigt sich der Südstoß weniger entfestigt.

Im unteren (westlichen) Teil des Wendelstreckenabschnitts vom Firstniveau bis zum Sohlenniveau

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

der 725-m-Sohle zeigen sich an Nord- und Südstoß intensive Abschalungen, welche durch eine Systemankerung gesichert sind. Die Wendelstrecke verläuft dort im verformungsaktiveren Carnallitit, einzelne Ankerplatten der erkennbar beanspruchten Sicherung sind abgerissen. Die in diesem Abschnitt auf Höhe mittig von Abbau 8/725 (Na2) gelegene Konvergenzmessstrecke K022 weist 2019 mit mittleren Verformungsraten von 0,7 ‰/a für die horizontale Messstrecke und 1,5 ‰/a für die vertikale Messstrecke, im Vergleich zu den beiden östlichen Messstellen, deutlich höhere Verformungsraten auf. Diese liegen aber unterhalb der in diesem Grubenbereich für 2019 ermittelten mittleren Verformungsraten (0,9 ‰/a für die horizontale Messstrecke und 1,8 ‰/a für die vertikale Messstrecke). Die Anfang Dezember 2019 zur Vormessung ermittelte horizontale Konvergenzrate liegt für K022 bei 4,1 mm/a, die vertikale Konvergenzrate bei 7,9 mm/a (s. Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30).

Die Firstkontrollbohrungen in diesem Wendelstreckenabschnitt zeigen Salzausblühungen als Hinweis auf Feuchtigkeit in der Bohrlochkontur, aber keine geöffneten Risse bzw. relevanten Konturausbrüche (Anhang 11.4, Bild 74 auf Blatt 370).

Wendelstrecke von der Wendelkehre im Sohlenniveau der 725-m-Sohle bis zum Abzweig der Wendelumfahrung von der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle

Der westliche Teil dieses Wendelstreckenabschnitts ist durch die 2015 durchgeführte Stabilisierung der östlichen Wendelstreckenkehre im Sohlenniveau der 725-m-Sohle und die 2015/2016 erfolgte Erstellung von Sorelbeton-Stützmauern entlang der nachgeschnittenen Stöße aktuell als ausreichend stabilisiert anzusehen.

Im Bereich der Wendelstreckenkehre im Sohlenniveau der 725-m-Sohle werden seit März 2018 Risse in den inneren und äußeren Sorelbeton-Stabilisierungsbauwerken vermessen. An den markierten Rissen wurden zuletzt am 20.05.2019 Öffnungsweiten von 0,4 bis 12 mm, mit stark differierenden Aufweitungsraten von −1,8 bis 13 mm/a zur Vormessung vom 24.10.2018, ermittelt.

Auch in den Sorelbeton-Stützmauern an den Stößen des westlichen Wendelstreckenabschnitts werden seit März 2018 Risse aufgenommen. An Nord- und Südstoß werden am 20.05.2019 Öffnungsweiten von 0,3 bis 3,5 mm gemessen, die Aufweitungsraten zur Vormessung vom 01.09.2018 verlaufen dort mit unter 1 mm/a auf einem niedrigen Niveau.

Die dort installierte Konvergenzmessstelle K047 weist als Besonderheit zwei horizontale Messstrecken auf, eine verankert im Stützbauwerk (H1) und eine im anstehenden Salz (H2). An K047 werden 2019 Konvergenzraten von 5,6 mm/a für die horizontale Messstrecke H1 und 8,8 mm/a für die vertikale Messstrecke ermittelt, welche geringfügig oberhalb der Werte von 2018 liegen. Die Konvergenz in der im Salz verankerten horizontalen Messstrecke H2 stellt sich 2019 mit Raten von −2,2 mm/a als zunehmend divergierend dar, diese Entwicklung ist zu beobachten bzw. durch Kontrollbohrungen zu hinterfragen. Die Ende Dezember 2019 zur Vormessung ermittelte horizontale Konvergenzrate (im Beton (H1)) liegt für K047 bei 5,6 mm/a, die vertikale Konvergenzrate liegt bei 10,0 mm/a. Die horizontale Konvergenzrate im Salz (H2) liegt demgegenüber bei −2,7 mm/a (Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30).

Die Konvergenzmessstelle K047 weist Verformungsraten von 0,9 ‰/a für die horizontale Messstrecke H1 und 1,7 ‰/a für die vertikale Messstrecke auf und liegen etwa auf dem Niveau der in diesem Bereich für 2019 ermittelten Verformungsraten (0,9 ‰/a für die horizontale Messstrecke und 1,8 ‰/a für die vertikale Messstrecke - Vergleichswerte für Sattelkern Streckensysteme, 700- bis 775-m-Sohle, Carnallitit).

Im östlich anschließenden Wendelstreckenabschnitt, bis zum Hauptquerschlag nach Süden, sind 2015 nach einem Konturnachschnitt steil stehende Risse in der Firste sowie Abschalungen an den Stößen verblieben. Bei anschließenden Georadarbefahrungen wurden im Bereich der Firstrisse diverse

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

konturnahe Reflektoren aufgezeichnet, welche die ausbeißenden Risse kreuzen. Bei einer Überprüfung durch Firstkontrollbohrungen wurden dort in zwei Bohrungen geöffnete Risse bzw. ein Riss von geringer Öffnungsweite festgestellt. Zunehmend deuten sich weitere potentielle Risse bzw. Trennflächen an Schichtgrenzen an (Anhang 11.4, Bild 75 auf Blatt 370), wobei im Vergleich zum Vorjahr keine signifikanten Veränderungen der Risse erkannt wurden. Eine Vernetzung der seigeren Firstrisse mit großräumigen horizontalen Rissstrukturen wurde nicht festgestellt, ist jedoch weiterhin zu besorgen.

Die an den Firstrissen installierten Fissurometer 038F bis 040F zeigen im Anschluss einer bis Oktober 2017 reichenden Stagnationsphase bis zum April 2020 eine vom Jahresgang beeinflusste Entwicklung der Gesamt- bzw. Öffnungsweitenverschiebungen mit regressiven und progressiven Phasen - teilweise von stagnierenden Abschnitten unterbrochen. Nach einer progressiven Phase vom 13.09.2018 bis zum 13.04.2019 mit Raten von 0,5 bis 0,8 mm/a sinkt die Gesamtverschiebung wieder leicht bis zum 27.09.2019 ab. Darauf folgt jeweils ein Wiederanstieg der Gesamtverschiebung bis zum 02.01.2020 mit Raten von 0,9 bis 1,3 mm/a. Die parallel zur Gesamtverschiebung verlaufende Öffnungsweite liegt dabei zum 02.01.2020 zwischen 0,9 bis 1,3 mm, danach sinken die Verschiebungswerte wieder ab. Demgegenüber zeigt sich bei den Verschiebungswerten der Scherung an den drei Fissurometern ein vergleichsweise kontinuierlicher Anstieg, zum 07.04.2020 jeweils auf ca. 0,6 bis 0,7 mm. Die Verschiebungswerte des Höhenversatzes liegen an den betrachteten Fissurometern zum gleichen Zeitpunkt mit max. 0,4 mm deutlich darunter darunter.

An Fissurometer 041F liegt in der ersten Hälfte von 2019 bis zum 14.07.2019 eine relative Stagnation der Gesamtverschiebung (entspricht weitgehend der Öffnungsweite) vor, welche dann von 1,0 mm auf 1,2 mm bis zum 02.01.2020 mit einer Gesamtverschiebungsrate von 0,4 mm/a moderat ansteigt. Darauf folgt bis 03.04.2020 eine leicht degressiv bis stagnierende Phase mit einer Gesamtverschiebung von zuletzt 1,1 mm. Der an den Fissurometern 038F bis 040F zu beobachtenden Jahresgang ist hier nur minimal angedeutet. Die relativ kontinuierlich verlaufenden Verschiebungswerte des Höhenversatzes bzw. der Scherung liegen mit –0,17 mm bzw. 0,32 mm zum 03.04.2020 deutlich unter den Werten der Öffnungsweite.

Für Fissurometer 042F hängt der Verlauf der Gesamtverschiebung überwiegend von den Scherungswerten ab, wobei die Einflüsse der Öffnungsweite und des Höhenversatzes zunehmen. Insgesamt deutet sich seit 2017 ein vom Jahresgang bedingter treppenartiger Verlauf der Verschiebungswerte mit wechselnden stagnierenden und progressiven Phasen an. Nach einer relativen Stagnation der Verschiebungswerte von Mitte November 2018 bis Mitte Mai 2019 mit Raten von etwa 0,1 mm/a zeigt die Gesamtverschiebung bis Anfang April 2020 eine progressive Entwicklung mit Raten von etwa 0,5 mm/a, was etwa dem Vorjahresniveau entspricht. Der maximale Verschiebungswert der Scherung liegt am 11.04.2020 bei 1,6 mm. Der Verlauf der Verschiebungswerte des Höhenversatzes bzw. der Öffnungsweite bewegt sich ähnlich, jedoch mit Verschiebungswerten von insgesamt 1,0 mm bzw. –0,60 mm zum 11.04.2020 auf einem niedrigeren Niveau.

Die im weiteren östlichen Verlauf der Wendelstrecke, bei im Jahr 2015 durchgeführten Georadaruntersuchungen, detektierten Auflockerungen am Nordstoß konnten überwiegend in den Stoßkontrollbohrungen bestätigt werden (Anhang 11.5, Bilder 79 bis 83, auf Blatt 371), wobei sich die Auflockerung des Nordstoßes im Vergleich zum Vorjahr weiterhin deutlich erkennbar vergrößert hat (Abbildung 4.21). In Übereinstimmung mit der zunehmenden Ausbildung der Abschalungen am Nordstoß zeigen sich in den dort angesetzten Stoßkontrollbohrungen mehrfach wachsende Versatzbewegungen an den in der Bohrlochkontur vorhandenen Rissen. Teilweise sind die Bohrungen bereits für eine vollständige Kamerabefahrung zu eng geworden (Anhang 11.5, Bilder 79 bis 82, auf Blatt 371).

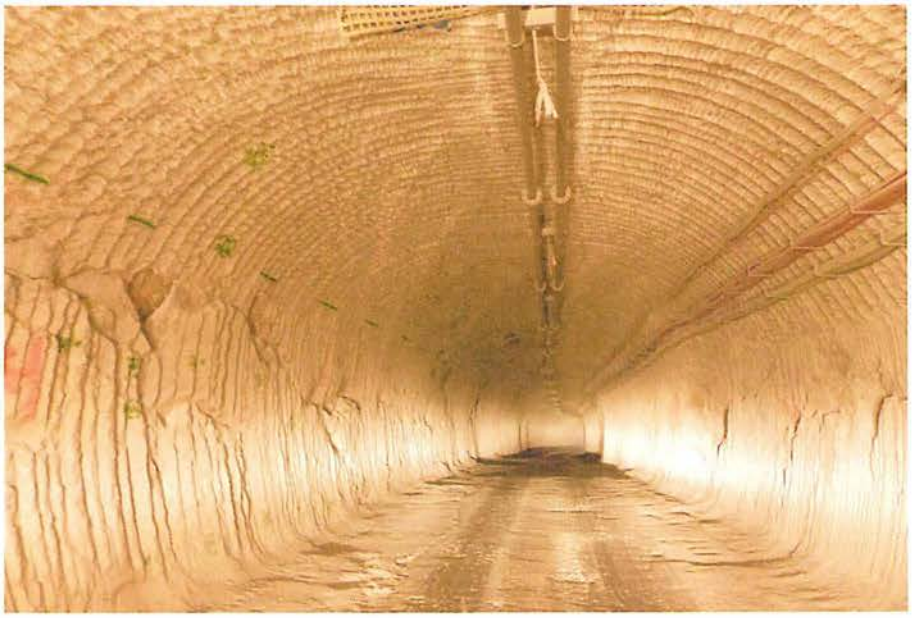


Abbildung 4.21: Östlicher Wendelstreckenabschnitt von der 725-m- zur 750-m-Sohle mit starken, bis in den Übergang zur Firste reichenden Abschalungen am Nord- und Südstoß , Blick nach Südosten (21.03.2019)

Auf Höhe des westlichen Zugangs von Abbau 3/750 (Na2) sind zunehmend, bis in den Übergangsbereich zur Firste verlaufende Risse bzw. Abschalungen am Nordstoß des beidseitig entfestigten Streckenabschnitts ausgebildet (Abbildung 4.22). Lokal kann am Nordstoß im Übergangsbereich zur Firste ein Gliedermaßstab bis etwa 0,8 m tief in die Trennflächen der Abschalungen eingeführt werden. Eine randliche Fortsetzung der Schädigungen des Stoßbereichs bis in die Firste deutet sich auch anhand steil einfallender Risse von geringer Öffnungsweite in den beiden westlichen, nah am Nordstoß gelegenen, Firstkontrollbohrungen an (Anhang 11.4, Bilder 76 bis 77, auf Blatt 370).

Abbildung 4.22: Bis in den Übergangsbereich zur Firste entfestigter Nordstoß des Wendelstreckenabschnitts von der 725-m- zur 750-m-Sohle, westlich des verfüllten Zugangs zum Füllort Schacht 4/750, Blick nach Nordosten (21.02.2020)

Aufgrund der kontinuierlichen Zunahme der bis in den Übergangsbereich zur Firste verlaufenden Schädigungen an den Stößen dieses Streckenabschnitts wurden im Bereich von der Trafostation bis zum Füllort Schacht 4/750 im Dezember 2019 weitere Georadarprofile im Bereich der Stöße und Firste untersucht (s. Anhang 11.3 auf Blatt 369).

Die Georadaruntersuchungen am aufgelockerten Nordstoß belegen unterschiedlich steil nach Norden-Nordwesten einfallende Reflektoren, welche vermutlich überwiegend an den Verlauf der geologischen Schichten gebunden sind. Da die Wendelstrecke nicht exakt parallel zum Schichtenverlauf aufgefahren wurde, beißen die Trennflächen teilweise gestaffelt in der Streckenkontur aus. Es ist nicht erkennbar, an welchen der als Reflektoren vorliegenden Trennflächen sich bereits geöffnete Risse ausgebildet haben.

Generell sind weitere Schädigungen bzw. Rissentwicklungen in Verlängerung der vorhandenen Trennflächen und damit ggf. verbundene Ablösungen zu besorgen. Wenn man die Reflexionen der Schichtungen bzw. der Trennflächen und deren geometrische Lagen, die mit den Auflockerungen am Nordstoß in direktem Zusammenhang stehen, in Richtung Firste und darüber hinaus extrapoliert, so kann der gefährdete Bereich mit einer mindestens 1 m dicken Sorelbetonmauer (gemessen von der derzeitigen Kontur) vollständig unterfangen werden (s. Anhang 11.3 auf Blatt 369).

An der Firste und am Südstoß des Streckenabschnitts erfolgten ebenfalls Georadaruntersuchungen, aber in geringerem Umfang. Die dabei aufgezeichneten Reflexionen lassen keinen dringenden Handlungsbedarf ableiten. Östlich des verfüllten Zugangs zum Füllort Schacht 4/750, bis zur nordwestlich abgehenden westlichen Umfahrung des Füllorts Schacht 2 auf der 750-m-Sohle, sind keine signifikanten Auflockerungen der Stöße und Firste erkennbar. Die im unmittelbaren Umfeld der westlichen Füllortumfahrung in der Wendelstrecke befindlichen Vertikalrisse werden im Monitoringteil des Füllorts Schacht 2 auf der 750-m-Sohle betrachtet.

Die Verformungsraten der im betreffenden Wendelstreckenabschnitt gelegenen Messstrecke K031 entsprechen 2019 mit 0,3 ‰/a für die horizontale Messstrecke und 0,9 ‰/a für die vertikale Messstrecke den Vorjahreswerten und liegen ungefähr auf dem Niveau der in diesem Bereich für 2018 ermittelten

mittleren Verformungsraten (0,4 ‰/a horizontal bzw. 0,9 ‰/a vertikal - Vergleichswerte für Sattelkern Streckensysteme, 700- bis 775-m-Sohle, Steinsalz). Die Ende Dezember 2019 zur Vormessung ermittelte horizontale Konvergenzrate liegt für K031 mit 2,5 mm/a unterhalb und die vertikale Konvergenzrate mit 5,2 mm/a oberhalb der Werte von Ende 2018 (Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30).

In den verbliebenen Bereichen des Hauptquerschlags nach Süden bzw. der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen (ehemalige E-Werkstatt) auf der 750-m-Sohle lassen die Firstkontrollbohrungen keine signifikanten Entfestigungen erkennen, teilweise deutet sich eine Ausbildung potentieller Risse an. Es zeigen sich dort bis Anfang 2020 gegenüber dem Vorjahresbericht keine signifikanten Veränderungen an den Firstkontrollbohrungen.

Die 1. südliche Richtstrecke nach Westen wurde im März 2019 bis auf Höhe des Pfeilers des zur 775-m-Sohle führenden Wendelstreckenabschnitts mit Sorelbeton verfüllt.

Wendelstrecke vom Abzweig der Wendelumfahrung von der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle bis zum Temperaturversuchsfeld V (TVF V) im Firstniveau der 775-m-Sohle

Nach der Verfüllung des östlichen Teils des Wendelstreckenabschnitts von der 750-m-Sohle bis zur 775-m-Sohle wurde dieser 2014 durch eine Neuauffahrung von der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen aus ersetzt. Diese neu aufgefahrene Strecke zeigt seit Anfang 2015 die Ausbildung von Rissen bei gleichzeitig geringfügig erhöhter mikroseismischer Aktivität auf. Insbesondere im Bereich der Abzweigung von der Richtstrecke in die Neuauffahrung, werden an die geologischen Schichten gebundene steil einfallende Risse bzw. Abschalungen durch Fissurometer überwacht. Weiter westlich am Nordstoß ausgebildete steil einfallende Abschalungen geringer Mächtigkeit wurden partiell mit einer Systemankerung gesichert. In den Vorjahren registrierte kleinräumige Feuchtstellen an der Firste auf Höhe der unterfahrenen Y-Strecke sowie im Bereich des südwestlichen Stoßes sind aktuell weitgehend eingetrocknet.

Die Auswertung des Fissurometers 034F zeigte am nordöstlichen Stoß Anfang 2015 hohe Gesamtverschiebungsraten von etwa 18 mm/a, welche sich etwa seit 2017, somit auch im Zeitraum von 2019, auf etwa 6 mm/a verringert haben. Am 11.04.2020 liegt der Betrag der Gesamtverschiebung, welcher sich dort überwiegend aus Verschiebungsbewegungen von Scherung und Höhenversatz zusammensetzt, bei etwa 38,6 mm (Anhang 11.6 auf Blatt 372).

KOM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Abbildung 4.23: Nachgeschnittene Pfeilerspitze am Südstoß im Ostteil der Wendelstreckenumfahrung zur 775-m-Sohle mit Fissurometer 037F an steil einfallenden Trennflächen sowie Schalungswände zur Verfüllung der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen, Blick nach Südwesten (21.02.2020)

Am südwestlichen Stoß ist an Fissurometer 037F die Gesamtverschiebungsrate von etwa 6 mm/a für 2015 bis auf etwa 3 mm/a für das Jahr 2018 zurückgegangen. Im Zeitraum von 2019 ist die Gesamtverschiebungsrate leicht auf knapp 4 mm/a angestiegen. Am 11.04.2020 liegt der Betrag der Gesamtverschiebung, welcher fast vollständig den Verschiebungsbewegungen des Höhenversatzes entspricht, bei etwa 18,6 mm. Augenscheinlich nehmen die Anzahl der erkennbaren Risse sowie deren Verschiebungsbewegungen bzw. Risslängen zuletzt geringfügig zu. Im März 2019 wurde die Spitze des Pfeilers zwischen der Wendelstrecke und der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen nachgeschnitten, die Richtstrecke bis dahin bündig mit einer Schalungsmauer abgetrennt (Abbildung 4.23) und der westlich liegende Streckenabschnitt mit Sorelbeton verfüllt.

Mittels der dort mehrfach durchgeführten Georadaruntersuchungen (zuletzt 2016) wurden markante Reflektoren an den Stößen der Neuauffahrung sowie im Bereich des untersuchten Nordstoßes der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen aufgezeichnet, welche die steil stehenden geologischen Schichten abbilden. Dabei ist eine Verlängerung der Reflexionszonen, entsprechend einer Zunahme der Schädigung, erkennbar. Kontrollbohrungen in den oberen Südstoß sowie in der Firste nahe am Übergang zum Südstoß zeigen weiterhin keine geöffneten Risse, sondern angedeutete potentielle Rissstrukturen bzw. mögliche Trennflächen an Schichtgrenzen sowie geringfügige Salzausblühungen (Anhang 11.4, Bild 78 auf Blatt 370).

Die 2015 durchgeführten Firstradaruntersuchungen weisen einen Bereich mit markanten konturnahen Reflexionsstrukturen im oberen Streckenteil auf, wobei in der dort erstellten Firstkontrollbohrung bislang keine geöffneten Risse zu erkennen sind.

Im November 2018 erfolgten, von dem Wendelstreckenabschnitt östlich der unterfahrenen Y-Strecke aus, Georadaruntersuchungen zur Erkundung eines am Nordstoß der 1. ehemaligen südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle endenden ehemaligen Sandkipplochs. Dieses ist auf der 750-m-Sohle mit Ziegelsteinmauerwerk eingefasst. Bei den Radaruntersuchungen deuteten sich auffällige Reflexionen sowie durchfeuchtete Bereiche relativ nah zur Wendelstrecke an. Diese Auffälligkeiten

wurden durch die Erkundungsbohrungen untersucht, welche ansteigend vom Übergang Südstoß/Firste, etwa 8 m östlich der Y-Strecke, durchschlägig in den Ziegelsteinausbau des Sandkipplochs gestoßen wurden. Die Bohrungen belegen einen relativ geringen Abstand des gemauerten Sandkipplochs zur Firste von minimal 0,7 m, wobei keine Entfestigungen im Bereich des anstehenden Gesteins erkennbar sind. Im unmittelbaren Umfeld der Ansatzpunkte dieser inzwischen verfüllten Erkundungsbohrungen wurde bereits beim Auffahren der Wendelstrecke der Ziegelsteinausbau des Sandkipplochs im Übergang Stoß/Firste in einem dm-großen Bereich angefräst. Dort ist an der Kontur der Wendelstrecke ein bislang guter Verbund zwischen anstehendem Salz und dem Ziegelsteinausbau erkennbar. Sollten sich Schädigungen an der Firstkontur der Wendelstrecke im Bereich des Sandkipplochs ausbilden, ist der Einbau von Sicherungsankern zu empfehlen. Im März 2019 erfolgte die Verfüllung des westlichen Teils der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle bis zur Einmündung der Wendelstrecke in Richtung zur 775-m-Sohle (Abbildung 4.23).

An K045 werden 2019 Verformungsraten von 0,6 ‰/a (2018 0,5 ‰/a) für die horizontale Messstrecke und 1,9 ‰/a (2018 1,8 ‰/a) für die vertikale Messstrecke ermittelt, oberhalb der Mittelwerte für diesen Grubenraum. Die letztmalig Ende Juli 2019 zur Vormessung ermittelte horizontale Konvergenzrate liegt für K045 bei 4,2 mm/a, die vertikale Konvergenzrate zur Vormessung liegt Ende Dezember 2019 bei 8,9 mm/a (Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30), wobei die Werte leicht oberhalb der Vorjahresmessung liegen. Die an der weiter westlich gelegenen Messstrecke K4 für 2019 ermittelte vertikale Verformungsrate liegt mit 0,4 ‰/a liegt oberhalb des Vorjahreswerts mit 0,2 ‰/a aber unterhalb der Mittelwerte für diesen Grubenraum von 0,9 ‰/a (Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30).

Wendelstrecke unterhalb des Temperaturversuchsfelds V (TVF V) im Firstniveau der 775-m-Sohle bis zu den Salzgewinnungsstrecken auf der 850-m-Sohle

Analog zum obersten Wendelstreckenteil wurde zur Bewertung des Wendelstreckenabschnitts vom TVF V auf der 775- bis zur 850-m-Sohle auf laufende visuelle Kontrollen und vorliegende Standortdaten zurückgegriffen. Nachdem zuletzt 2017 Nachschnittarbeiten an der leicht entfestigten Streckenkontur im Abschnitt von der 775- bis zur 800-m-Sohle erfolgten, besteht dort bislang kein weiterer Sanierungsbedarf.

Im Vorfeld der Auffahrung von Kavernenstrecken auf der 825-m-Sohle erfolgte zunächst die Aufwältigung der versetzten Unterfahrung der HAW-Versuchsfelder. Dazu erfolgte Anfang 2020 eine Aufweitung am Nordstoß der Wendelstrecke im Zugangsbereich der Unterfahrung auf der 825-m-Sohle mit partiellem Nachschnitt der Streckenkontur (Abbildung 4.24).

Abbildung 4.24: Aufweitung und teilweiser Nachschnitt der Wendelstreckenkontur im Bereich der 825-m-Sohle an der Zufahrt zur Unterfahrung der HAW-Versuchsfelder, Blick nach Osten (26.03.2020)

Fazit

Zusammenfassend lässt sich die aktuell verbliebene insgesamt etwa 3.630 m lange Wendelstrecke (inklusive der auf einzelnen Sohlen einbezogenen Verbindungsstrecken) in Abhängigkeit von der derzeitig vorgesehenen Nutzungsdauer in drei Abschnitte unterteilen (s. Anhang 11.1 auf Blatt 367):

1. Der Bereich von den Salzgewinnungsstrecken im Firstniveau der 850-m-Sohle bis zur Einbiegung der Wendelstreckenumfahrung in die 1. südliche Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle (etwa 830 m Länge und ca.120 m Verbindungsstrecke auf der 800-m-Sohle):

   Dieser Bereich wird nach derzeitiger Planung bis Ende 2024 abgeworfen und verfüllt sein. Der nur noch relativ kurzen Nutzungsdauer entsprechend sollte hier der Schwerpunkt auf ein Monitoring gelegt werden, zumal größere Streckenteile bereits neu aufgefahren bzw. nachgeschnitten wurden. Aufwändige Sanierungsmaßnahmen sollten auf den konkreten Bedarfsfall beschränkt bleiben.

2. Die Wendelstrecke von der 750- zum Sohlenniveau der 700-m-Sohle (etwa 670 m inklusive der einbezogenen Strecken auf der 750-m-Sohle):
   Dieser Streckenabschnitt soll entsprechend derzeitiger Planung, nach dem Rückzug von der 750-m-Sohle und der Einrichtung des Lösungsmanagements für in den tieferen Sohlen anfallende Salzlösungen auf der 700-m-Sohle, bis Mitte 2027 sukzessive abgeworfen und verfüllt werden. Der Abschnitt weist insbesondere an den Stößen intensive Schädigungen auf und unterliegt einer starken infrastrukturellen Nutzung. Aufgrund der vorgesehenen Nutzungsdauer und der bereits vorliegenden Schädigungen sind hier, neben einem intensiven Monitoring, bedarfsabhängig auch Sanierungsmaßnahmen, wie die Erstellung von Stabilisierungsmauern an entfestigten Stößen, zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit als erforderlich und angemessen anzusehen.

3. Der Bereich der Wendelstrecke von der 700-m-Sohle im Sohlenniveau bis zur 490-m-Sohle (etwa 2.010 m):

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Dieser Teil ist nach derzeitigem Planungsstand für die gesamte Betriebszeit der Schachtanlage, unter Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit, offen und in Betrieb zu halten. Aufgrund der bereits vielfach vorliegenden und der zukünftig zu erwartenden Schädigungen, sind hier kontinuierlich Sanierungs- und Stabilisierungsmaßnahmen vorzunehmen. Sanierungsmaßnahmen, wie die Erstellung ausreichend dimensionierter Sorelbetonmauern, können entsprechend für eine Stabilisierung sorgen. Erforderlichenfalls ist bereichsweise die Neuauffahrung von stabilen und durchgängigen Streckenabschnitten mit etwa 4,7 bis 5,0 m Breite sinnvoll.

Die Auswertung des Monitorings lässt eine fortschreitende Entfestigung der Wendelstrecke erkennen, wenngleich zum Berichtsstand überwiegend keine progressive Entwicklung der Schädigungsgeschwindigkeit konstatiert wird.

In den letzten acht Jahren wurden einzelne intensiv geschädigte Bereiche der Wendelstrecke, in denen die Gebrauchstauglichkeit nicht mehr gewährleistet werden konnte, verfüllt und durch etwa 300 m neu aufgefahrene Strecken umfahren. Weitere Abschnitte, mit ausgeprägten Abschalungen der Stöße, wurden durch die Erstellung von Sorelbetonmauern entlang der nachgeschnittenen Stöße stabilisiert (s. Anhang 11.1 auf Blatt 367). Bis zum Dezember 2019 wurden diese zum Vorberichtsstand etwa 246 m langen Streckenabschnitte durch die Erweiterungung der Stützmauer am Südstoß der 658-m-Sohle bzw. 637-m-Sohle auf zuletzt insgesamt etwa 310 m Länge vergrößert. Darüber hinaus wurden 2019 sukzessive händische Beraubearbeiten an der Wendelstrecke im Bereich von der 490-m-Sohle bis zur 800-m-Sohle durchgeführt.

Der Großteil der insgesamt über 3,5 km langen Wendelstrecke ist weiterhin nicht saniert, unterliegt aber einer fortschreitenden Entfestigung. Dort besteht ein kontinuierlich hoher Bedarf an Monitoring- und Sanierungsmaßnahmen, zumal auch erst vor relativ kurzer Zeit neu aufgefahrene Strecken bereits deutliche Schädigungen aufweisen.

In dem östlichen Wendelstreckenabschnitt im Bereich der 725-750-m-Sohle, welcher bislang nicht durch Stützmauern stabilisiert wurde, sind teilweise deutliche und visuell erkennbar zunehmende Schädigungen an Firste und Stößen nachgewiesen. Insbesondere am Nordstoß, östlich der Trafonische bis westlich des Zugangs zum Füllort Schacht 4/750, sind fortschreitende Entfestigungen erkennbar, welche lokal bis in den Übergang zur Firste reichen. Mittels der durchgeführten Georadaruntersuchungen und der inspizierten Kontrollbohrungen lassen sich die steil nach Norden-Nordwesten einfallenden und nur untergeordnet als Risse ausgebildeten Trennflächen bis in den Übergang zur Firste verfolgen. Um die derzeit noch gegebene Gebrauchstauglichkeit dieses Streckenabschnitts zu erhalten, sind zeitnah Stabilisierungsmaßnahmen durchzuführen. So wird baldmöglichst eine Beraubung des entfestigten Nordstoßes zwischen Trafostation und Zugang zum Füllort Schacht 4/750 mit unmittelbar anschließender Errichtung einer mindestens 1 Meter mächtigen Stützmauer aus Sorelbeton empfohlen - bezogen auf das derzeitige Streckenprofil. Dabei ist die Mindestmächtigkeit der Stützmauer um den ggf. nach Norden beraubten bzw. nachgeschnittenen Bereich zu erweitern, um sicherzustellen, dass die vorhandenen Trennflächen auch vollständig unterfangen werden.

Nachfolgend ist eine Stabilisierung des intensiv geschädigten südlichen Wendelstreckenstoßes westlich des Zugangs zum Blindschacht 2 auf der 700-m-Sohle, unter Erstellung von Stützmauerelementen aus Sorelbeton, vorgesehen. Die dortige Sicherung durch Anker und Maschendrahtverzug ist nicht mehr vollständig intakt.

Der südwestliche Pfeiler im Einmündungsbereich des von der 750-m- zur 775-m-Sohle verlaufenden Wendelstreckenabschnitts in die 1. südliche Richtstrecke nach Westen wurde im März 2019, durch die bündig bis zum Pfeiler erfolgte Verfüllung dieser Richtstrecke, stabilisiert. In einem anschließenden Schritt ist eine Sanierung des durch Scherflächen intensiv entfestigten südwestlichen Pfeilers der zur 775-m-Sohle abgehenden Wendelstrecke vorgesehen. In diesem Zuge sollte ein stabilisierender

Nachschnitt der Firstkontur der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen, westlich der Speicherbecken bis in den Einmündungsbereich zur Wendelstrecke, erfolgen. Dabei sollen die Firstwölbung verstärkt sowie die in der Firste bestehenden Absätze bzw. Überhänge verringert werden.

Bis Dezember 2019 wurde die Erstellung der Stützmauer am Südstoß der Wendelstrecke, vom Sohlenniveau der 658-m-Sohle (östlich des Zugangs Abb. 3/658) bis westlich des teilweise freigeladenen Quersschlags zu Abb. 4/637 im Sohlenniveau der 637-m-Sohle, fertiggestellt. Im Rahmen einer später als separate Maßnahme vorgesehenen Verfüllung des Querschlags zu Abb. 4/637 sollte auch der östlich des Querschlags an die verfüllte Wendelstrecke anschließende geschädigte Südstoßabschnitt durch eine Stützmauer ertüchtigt werden.

Die große Anzahl von Rissen in den Stößen des Wendelstreckenabschnitts auf Höhe des Pfeilers zwischen den Abbauen 4 und 5 auf der 616-m-Sohle bedarf weitergehender Untersuchungen, um darauf basierend geeignete Sanierungsmaßnahmen für den geschädigten Streckenabschnitt festzulegen (s. Anhang 11.1 auf Blatt 367). Durch eine Kontrollbohrung ist zu prüfen, ob bei der 2012/2013 erfolgten Verfüllung des unterlagernden Wendelstreckenkreuzes auf der 637-m-Sohle Hohlräume verblieben sind, welche zur Entfestigung dieses darüberliegenden Wendelstreckenabschnitts geführt haben könnten. Weiterhin sind mögliche Resthohlräume in der versetzten westlichen Firststrecke im Bereich der Abbaue 3 und 4/616 sowie des Pfeilers von Abbau 5/616 auf der 616-m-Sohle zu erkunden, da die Firststrecke unmittelbar nördlich des geschädigten Wendelstreckenabschnitts verläuft bzw. von dieser unterfahren wird. Auf Höhe der Abbaue 5 und 6/616 erfolgte 2015 eine Firstspaltverfüllung im Bereich der Firststrecke. In Zusammenhang mit diesen Untersuchungen sind auch Firstkontrollbohrungen in die, im Hangenden der Wendelstrecke gelegenen, Abbauzugänge der Abbaue 4 und 5/616 zu stoßen. Nach Auswertung der Erkundungsmaßnahmen und weiterer Beobachtung der Rissmessstellen sind Sanierungsmaßnahmen an den geschädigten Wendelstreckenstöße abzustimmen, dabei ist auch eine bereichsweise Erstellung von Sorelbeton-Stützmauern zu diskutieren.

Die Stöße der Wendelstrecke im Bereich von der Wendelkehre 679- bis zum Firstniveau der 700-m-Sohle sind bereits deutlich geschädigt. Dort sind beidseitig zunehmend Abschalungen an den Stößen ausgebildet und bereichsweise, insbesondere im Umfeld der Abbaureihe 3 mit der Hauptfassungsstelle, liegen bereits Durchfeuchtungen vor. Dadurch zeichnet sich bei langfristiger Nutzung auch für diesen Abschnitt der Wendelstrecke ein hoher laufender Sanierungsbedarf ab. Ferner sind aus dem Wendelstreckenabschnitt von der 679- zur 700-m-Sohle Injektionsmaßnahmen unterhalb des Großabbaus 3/679-358 zur Schaffung eines neuen Lösungsfassungssystems vorgesehen. Ebenso ist dort der Ausbau weiterer Einrichtungen zum Monitoring und Management von Lösungen aus tieferen Sohlenbereichen geplant. Daher wird die Neuauffahrung eines "Wendelstrecken-Bypasses"diskutiert, durch welchen der Wendelstreckenabschnitt von der 679- zur 700-m-Sohle entlastet und durch eine Querschnittsverringerung mittels Stützbauwerken stabilisiert werden könnte. Darüber hinaus würden dann die umfangreichen in diesem Wendelstreckenabschnitt geplanten Maßnahmen nicht die notwendige Befahrung der tieferen Sohlen behindern. Der neu aufzufahrende Wendelstreckenabschnitt würde nordöstlich von der Wendelstreckenkehre auf der 679-m-Sohle bis zur nordwestlich des Füllorts Schacht 4/700 abgehenden Strecke auf der 700-m-Sohle verlaufen.

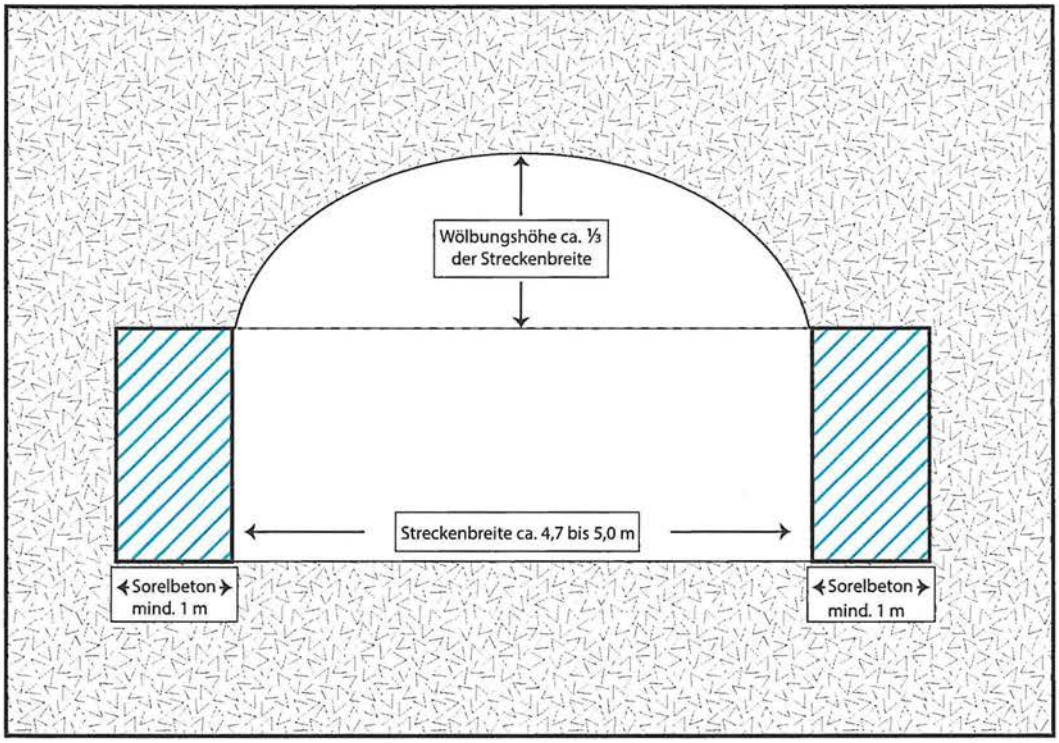


Abbildung 4.25: Querschnitt eines sanierten Wendelstreckenabschnitts mit Sorelbeton-Stabilisierungsmauern an den Stößen und einer stabilen Firstwölbung

In Abhängigkeit von der vorgesehenen Nutzungsdauer und dem Zustand der Wendelstrecke sind zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit zunehmend weitere Stützbauwerke aus Sorelbeton zu errichten (s. Abbildung 4.25), welche ihrerseits durch ein geeignetes Monitoring zu überwachen sind. Bereichsweise sind bei Bedarf auch neue Streckenabschnitte aufzufahren [53]. Aufgrund der Komplexität der Gesamtmaßnahme sind zukünftig Anpassungen der derzeit vorgesehenen Nutzungsdauer sowie Änderungen bezüglich noch benötigter Infrastrukturräume zu erwarten.

Für die Wendelstrecke ist grundsätzlich anzustreben, nicht mehr benötigte Abschnitte sowie offene Grubenräume im Umfeld baldmöglichst abzuwerfen. Die großen Spannweiten in den Streckenkehren sind zu reduzieren und ungenutzte Nischen firstbündig zu verfüllen. Bei Nachschnittarbeiten bzw. Neuauffahrungen ist eine Firstwölbung (Scheitelhöhe) von etwa einem Drittel der Streckenbreite anzustreben.

4.5 Infrastrukturräume auf der 700-m-Sohle

Die Umsetzung der geplanten Vorsorgemaßnahmen zur Minimierung der Konsequenzen eines auslegungsüberschreitenden Lösungszutritts (AÜL) in die Schachtanlage Asse II sieht u. a. eine weitgehende Verfüllung der tieferen Grubenräume einschließlich der 725-m-Sohle und von Teilen der 700-m-Sohle bis etwa 2023 vor. Dafür erfolgt sukzessive ein Rückzug auf die 700-m-Sohle, von der aus sowohl die erforderlichen Verfüllmaßnahmen als auch das Lösungsmanagement der in den tieferen Sohlen, z. B. 725- und 750-m-Sohle, anfallenden Lösungen abgewickelt werden sollen [4]. Des Weiteren werden vom östlichen Bereich der 700-m-Sohle aus Erkundungsbohrungen zur Planung des Rückholbergwerks gestoßen.

Somit stellt die 700-m-Sohle einen wichtigen und zur Umsetzung der Vorsorge- bzw. Notfallmaßnahmen unverzichtbaren Infrastrukturbereich dar, dessen Gebrauchstauglichkeit durch ein umfangreiches

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Monitoring sicherzustellen ist (s. Anhang 12.1 auf Blatt 373). Für eine detailliertere Zuordnung erfolgt eine Aufteilung in die folgend aufgeführten drei Teile (s. Anhang 12.2 auf Blatt 374 und Anhang 12.1 auf Blatt 373).

1. Zentraler Teil der 700-m-Sohle im Sohlenniveau
   mit folgenden Grubenräumen von Norden nach Süden:
   - die Strecke in Richtung Carnallitit-Baufeld mit dem Füllort Schacht 4/700
   - westlich des Füllorts Schacht 4/700 nach Norden abgehende Strecke zur Aufnahme des Lösungsmanagements
   - die Schrägstrecke in Richtung Schacht 2
   - der Wendelstreckenabschnitt im Sohlenniveau
   - der Streckenansatz nach Süden (vormaliger Traforaum)
   - der westliche Teil der Richtstrecke nach Osten (Vahlberger Strecke) von den westlichen Wettertoren bis zum Wettertor östlich der Bunkerstrecken
   - der Querschlag zum Schacht 2
   - die Standorte der Baustoffanlagen 20BA und 50BA (MAT-Behälter-Abfüllstation)
   - Bunkerstrecken
2. Östlicher Teil der 700-m-Sohle im Sohlenniveau und Verbindungsstrecke
   - Östlicher Teil der Vahlberger Strecke mit nördlich abgehenden Nischen
   - Querschlag in Richtung zum Gesenk östlich von Kaliabbau 12-Ost
   - Östliche Verlängerung der Vahlberger Strecke in Richtung Asse 3 mit Bohrörtern
   - Querschlag zum Blindschacht 3
   - Verbindungsstrecke der Vahlberger Strecke zur Richtstrecke nach Osten im Firstniveau
3. Firstniveau der 700-m-Sohle und Wendelstrecke (bis zur Einbindung ins Sohlenniveau)
   - Richtstrecke nach Osten
   - Strecke nach Norden (gegenwärtig Werkstatt und Zugang zu den Zyklonen)

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Zentraler Teil der 700-m-Sohle im Sohlenniveau

Situationsbeschreibung

- *Auffahrung und Lage der betreffenden Grubenräume*
  Die Richtstrecke nach Osten im Sohlenniveau (Vahlberger Strecke) der 700-m-Sohle wurde 1911 als Erkundungsstrecke und Verbindungsstrecke zum damals im Bau befindlichen Schacht Asse 3 aufgefahren (s. Anhang 12.1 auf Blatt 373).

  Die Wendelstrecke wurde Anfang der 1970er Jahre beginnend von der 750-m-Sohle aufwärts aufgefahren und erreichte Mitte 1974 das Niveau der 700-m-Sohle. Der Streckenansatz nach Süden (Trafostation) wurde 2004 aufgefahren, die Auffahrung für den Standort der Baustoffanlage erfolgte 2005.

  Von der Vahlberger Strecke geht auf Höhe des Standorts der Baustoffanlage 20BA unmittelbar ein 2004 und 2015 nachgeschnittener Wetterquerschlag zum Schacht 2 nach Nordosten ab. Dieser schließt, mit einem Gleitbogenausbau und einer Sorelbetonhinterfüllung versehen, an Schacht 2 an. Östlich schließt sich eine über einen Hochbruch verbundene und auf zwei Ebenen verlaufende Wetterstrecke an. Nordöstlich der 20BA gehen noch jeweils zwei Bunkerstrecken und Streckenansätze bzw. Nischen ab.

  Nördlich des Kreuzungspunkts der Wendelstrecke (Sohlenniveau der 700-m-Sohle) mit der Vahlberger Strecke geht von einer zum Schacht 4 verlaufenden Strecke eine 2005 aufgefahrene Schrägstrecke ins Firstniveau nach Osten ab.

  Westlich vom Füllort Schacht 4 wurde 2016, parallel zur versetzten Strecke in Richtung des Carnallitit-Baufelds, eine Strecke zur Aufnahme von Einrichtungen zum Management von auf der 800-m-Sohle gesammelten Lösungen neu aufgefahren. Dabei wurde im Bereich der nordwestlichen Aufweitung im Endabschnitt der Neuauffahrung eine ältere, bereits versetzte Strecke aufgewältigt. Zeitnah ist dort eine Erweiterung der Strecke durch Auffahrung eines Pumpenstandorts in westlicher Richtung geplant, in dem das Lösungsmanagement für die geplanten Kavernenstrecken auf der 825-m-Sohle erfolgen soll. Die Auffahrung einer davon zur Wendelstrecke auf der 725-m-Sohle abgehenden Flucht- und Wetterstrecke ist bereits in Umsetzung.

- *Geologische Situation*
  Der „Zentrale Teil der 700-m-Sohle im Sohlenniveau“ im westlichen Abschnitt der Vahlberger Strecke inklusive Traforaum, der Baustoffanlagen 20BA und 50BA sowie der nördlich davon abgehenden Strecken wurde vollständig in Schichten der Staßfurt-Folge aufgefahren (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375). Überwiegend sind hier Nordwest-Südost streichend Polyhalitbänkchensalz (Na2P), Kieseritisches Übergangssalz (Na2K) und Speisesalz (Na2S) aufgeschlossen. Im Süden der Baustoffanlagen, im östlichen Abschnitt der Vahlberger Strecke sowie an den nördlich gelegenen Strecken, erfolgt zunehmend ein Übergang in den Carnallitit (K2C).

  Die vom Kreuzungspunkt Wendelstrecke/Vahlberger Strecke nach Norden verlaufende Strecke zum Carnallititbaufeld beginnt im Polyhalitbänkchensalz (Na2P), durchstößt bald das geringmächtige kieseritische Übergangssalz (Na2K) und endet im Carnallitit (K2C), ebenso wie die davon ins Firstniveau abgehende Schrägstrecke, welche jedoch überwiegend im Na2P verläuft. Die auf Höhe des Füllorts Schacht 4 nordwestlich abgehende Strecke zur Aufnahme von Einrichtungen des Lösungsmanagements verläuft überwiegend im Carnallit, durchfährt jedoch unmittelbar nördlich der Umbiegung in die nördliche Richtung das Hangende eines schmalen Sattels mit Tonliniensalz (Na2T). Der ebenfalls einbezogene Bereich der Wendelstrecke im Sohlenniveau, oberhalb des Abbaus 6/725(Na2), ist im Na2P gelegen.

- *Gebirgsmechanische Situation*
  Für den Bereich der Baustoffanlagen 20BA und 50BA sowie die Vahlberger Strecke ergibt sich eine Lage im stark beanspruchten Sattelkern oberhalb des Baufeldes im älteren Steinsalz (Na2) (s. Anhang 12.1 auf Blatt 373). Insbesondere im Umfeld der Baustoffanlagen liegt ein hoher Durchbauungsgrad vor, hier kommt es zur Ausbildung vielfältiger Risse. Der Standort der Baustoffanlagen im Sohlenniveau der 700-m-Sohle wird von der Strecke zwischen Abbau 6/725 (Na2) und dem Hauptgesenk II östlich unterfahren, wobei sich hier eine Schwebenmächtigkeit von etwa 20 m ergibt.

  Eine Schwebe von etwa 5,5 m Mächtigkeit zwischen Sohlenniveau der 700- und 725-m-Sohle ergibt sich in dem Bereich, in dem die Wendelstrecke und der westliche Teil der Vahlberger Strecke den Abbau 6/725 (Na2) überfahren. Dort wurden in einem Rollloch horizontale Risse registriert, welche jedoch noch nicht bis in den Fahrbahnbereich der Wendelstrecke reichen.

  Des Weiteren wird die im Sohlenniveau gelegene Baustoffanlage 20BA von der Zyklonstrecke im Firstniveau der 700-m-Sohle mit einer Schwebenmächtigkeit von etwa 6 m überfahren.

  Erste Stabilisierungsmaßnahmen erfolgten im November 2015 und im Dezember 2016 mit der Betonage von Nischen in der Vahlberger Strecke, zunächst zwischen den westlichen Wettertoren und dann gegenüber der Strecke zum Hauptgesenk I östlich. Anschließend erfolgte im Januar 2017 die Erstellung eines Stützbauwerks in dem als Beobachtungsbereich 1 benannten Teilstück am nördlichen Weststoß des Standorts der 20BA. Im Juli 2017 wurde die Kompressorennische am Weststoß des von der Vahlberger Strecke zum Schacht 2 abgehenden Wetterquerschlags durch ein Stützbauwerk aus Sorelbeton verfüllt. Danach wurde im August 2017 zunächst der gebräche Anschluss an die ehemalige Strecke zum Schacht 2 im östlichen Endabschnitt der Schrägstrecke durch ein Sorelbetonbauwerk verfüllt. Anschließend erfolgte im Oktober 2017 die vollständige Verfüllung der Schrägstrecke mit Sorelbeton.

  Aufgrund von Rissen und potentiellen Lösern am Südstoß des westlichen, zwischen den Wettertoren gelegenen Abschnitts der Vahlberger Strecke wurde im September 2017 das westliche Wettertor rückgebaut und der Südstoß mit einer Ankerreihe gesichert. Im November 2017 wurde zur weiteren Sanierung dieses Bereichs ein Konturnachschnitt an Firste und Nordstoß durchgeführt. Darüber hinaus ist ein Konturnachschnitt am Südstoß erfolgt. Die Nische am Südstoß mit dem alten Traforaum wurde geräumt und im August 2018 mit Sorelbeton verfüllt sowie im Anschluss ein neues westliches Wettertor eingebaut.

  Im März 2018 erfolgte die Stabilisierung des südöstlichen Stoßes des Standorts der 20BA durch ein firstbündiges Sorelbetonstützbauwerk (Abbildung 4.27). Dieses schließt östlich der intensiven Vertikalrisse des Beobachtungsbereichs 5 ab (Abbildung 4.31 auf Blatt 114), wobei die Risse nur im oberen Bereich knapp eingebunden wurden. Die sich in der östlichen Ecke des Südstoßes befindliche Fluchtbohrung zur Richtstrecke nach Osten im Firstniveau wurde in das Stützbauwerk mit eingeschlossen und vollständig verfüllt. Der westlich dieses Stützbauwerks anschließende Stoß mit markanten Abschalungen, oberhalb eines ehemaligen Standorts von Schaltschränken, wurde mit Ankern und Maschendrahtverzug gesichert. In Vorbereitung der Verfüllung des entfestigten westlichen Südstoßabschnitts des Standorts der 20BA durch ein weiteres Stützbauwerk erfolgte ein Rückbau der Schaltschränke sowie von Teilen der Baustoffanlage. Nachfolgend wurde von August bis September 2019 zunächst ein firstbündiges Stützbauwerk in der südwestlichen Ecke südlich des Großpfeilers erstellt (Abbildung 4.26).

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Abbildung 4.26: In Erstellung befindliches Stützbauwerk im Bereich des Förderbands zwischen Großpfeiler und Südstoß mit Anbindung an das firstbündige Stützbauwerk am südwestlichen Stoß der 20BA, Blick nach Süden (21.02.2020)

Unmittelbar danach wurde der Abschnitt zwischen den beiden Stützbauwerken südlich des Großpfeilers zunächst flächig durch eine basale Betonlage befestigt (Abbildung 4.27). Darauf aufbauend wurden beidseitig des Förderbands stufenartige Sorelbetonelemente erstellt, welche dem ansteigenden Verlauf des Bands folgen und knapp oberhalb davon abschließen.

Abbildung 4.27: Erstellung eines Stützbauwerks im Bereich des Förderbands zwischen Großpfeiler und Südstoß mit Anbindung an das firstbündige Stützbauwerk am südöstlichen Stoß der 20BA, Blick nach Südwesten (21.02.2020)

Im Anschluss wurde das zwischen den gestuften Stützelementen verlaufende Förderband bis März 2020 mit Stahlplanken abgedeckt um abschließend den hangenden Bereich darüber firstbündig

verfüllen zu können (Abbildung 4.28).

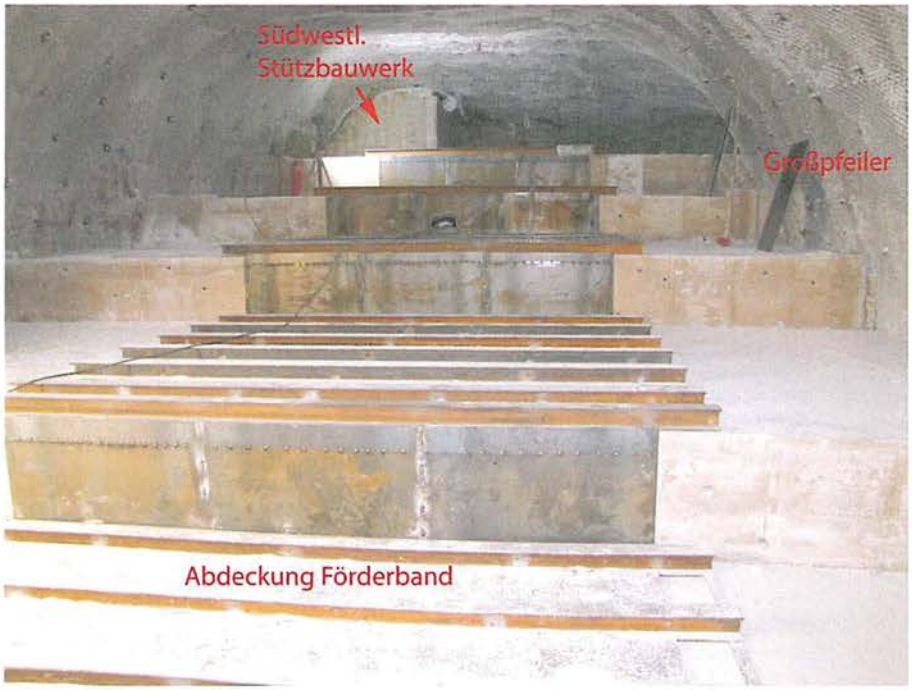


Abbildung 4.28: Abdeckung des zwischen Großpfeiler und Südstoß der 20BA ansteigend verlaufenden Förderbands mit auf den treppenartigen Stützmauerelementen montierten Stahlplanken - in Vorbereitung einer firstbündigen Verfüllung mit Sorelbeton, Blick nach Nordwesten (20.03.2020)

Die Fußfahrung, welche die Bereiche der 20BA und 50BA verbindet, ist durch intensive Rissbildungen geschädigt. Auch der Grubenraum der 50BA, welcher eine große Firsthöhe aufweist, zeigt sich insbesondere am Nordoststoß und im Übergang Südoststoß/Firste durch Abschalungen bzw. Scherflächen entfestigt (Abbildung 4.29). Auch der nördliche Pfeiler zur Wendelstrecke weist beginnende Risse bzw. Scherflächen auf. Die Abschalungen im Übergangsbereich zur Firste sind lokal geankert und werden bedarfsweise beraubt.

KOM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Abbildung 4.29: Baustoffanlage 50BA mit großer Firsthöhe und lokal geankerten Auflockerungen im Übergang Stoß/ Firste, Blick nach Nordosten (23.04.2020)

Der durch starke Abschalungen intensiv entfestigte Oststoß der Strecke zwischen verfüllter Schrägstrecke und dem Füllort Schacht 4 wurde nachgeschnitten und im Mai 2018 durch eine Stützmauer aus Sorelbeton stabilisiert. Daran anschließend erfolgte im Juni 2018 die Erweiterung des Podests von Füllort Schacht 4 durch Erstellung eines bis vor die abgemauerte Strecke zu den Kalibaufeldern reichenden Betonplateaus von etwa 2,3 m Höhe. Anschließend wurde der abgetrennte Füllortbereich unter Einbau zweier Wettertore erweitert sowie der Bereich im Umfeld der Schachtröhre saniert.

Ende 2019 wurde die Sohle im Endabschnitt der nordwestlich vom Füllort Schacht 4 aufgefahrenen Strecke zum Management von auf der 800-m-Sohle gesammelten Lösungen mit Sorelbeton ertüchtigt (Abbildung 4.30).

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

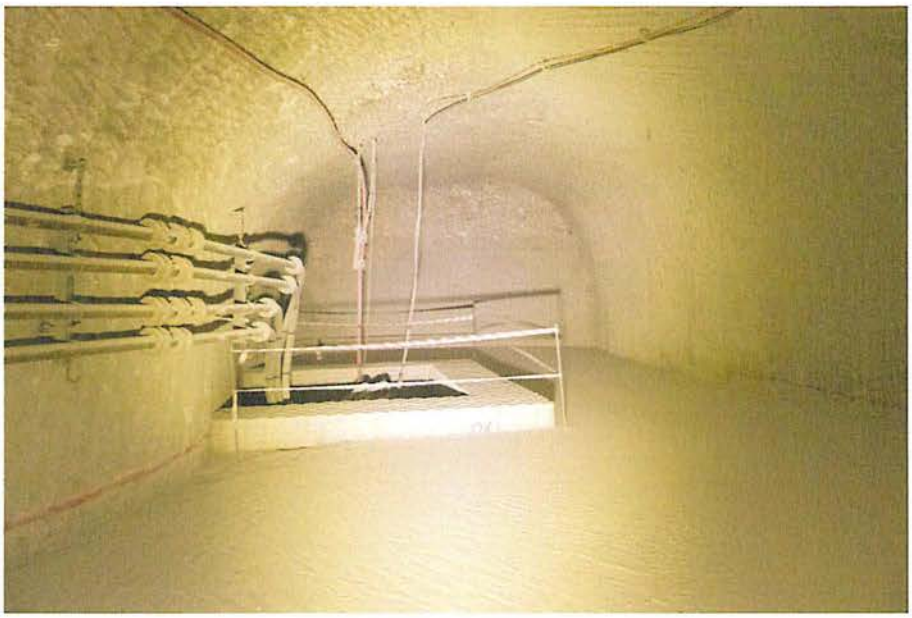


Abbildung 4.30: Mit Sorelbeton befestigte Sohle im Endabschnitt der zum Lösungsmanagement nordwestlich vom Füllort Schacht 4/700 aufgefahrenen Strecke sowie Einfassung der von der 800-m-Sohle eintreffenden Rohrleitungen, Blick nach Nordwesten (21.02.2020)

Messergebnisse

- *Konvergenzmessquerschnitte*
  Im Gleitbogenausbau des nördlich von der Vahlberger Strecke zum Schacht 2 abgehenden Wetterquerschlags ist seit Februar 2016 der Konvergenzmessquerschnitt K046 im Carnallitit eingerichtet (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375). Dort wurde für 2019 eine mittlere horizontale Konvergenzrate von 19,8 mm/a mit einer Verformungsrate von 3,9 ‰/a ermittelt (für 2018 20,9 mm/a bzw. 4,1 ‰/a). Die vertikale Konvergenzrate beträgt 2019 22,3 mm/a mit einer Verformungsrate von 4,8 ‰/a (für 2018 18,2 mm/a bzw. 3,9 ‰/a). Die horizontalen bzw. vertikalen Verformungsraten zur Vormessung von K046 konnten technisch bedingt zuletzt im Juli 2019 mit Verformungsraten zwischen 4,4 bis 8,0 ‰/a gemeinsam gemessen werden, wobei die vertikale Verformungsrate oberhalb der bisher erfassten Werte liegt. Für Januar 2020 liegt nur die horizontale Verformungsrate vor, diese liegt mit 4,2 ‰/a weiterhin auf dem insgesamt hohen Niveau der bislang dort ermittelten Werte (s. Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30).

- *Rissüberwachung*
  Im Bereich zwischen den beiden Wettertoren im westlichen Abschnitt der Vahlberger Strecke sowie an fünf Lokationen im anschließenden südwestlichen Bereich der Baustoffanlage 20BA (s. Abbildung 4.31) erfolgt seit Oktober 2014 die Messung von Rissöffnungsweiten und Längenänderungen der Risse an den Stößen, welche überwiegend vertikal und nur vereinzelt horizontal verlaufen. Seit Januar 2016 werden die Risse in dem Fluchtweg zwischen den Baustoffanlagen 20BA und 50BA als siebte Lokation überwacht. Ab März 2017 werden vertikale Risse geringer Öffnungsweite im Pfeiler zwischen dem westlichen Zugangsbereich der Vahlberger Strecke und der Strecke in Richtung Schacht 4 als achte Lokation beobachtet. Die Beobachtungsbereiche 1, 4 und 5 sind ab 1/2017 bzw. 3/2018 aufgrund der Erstellung von Stützbauwerken nur noch eingeschränkt messbar. Seit Mitte 2019 sind die Risse der Beobachtungsbereiche 4 und 5 nicht mehr zugänglich. Die Risse des Beobachtungsbereichs 6 sind bei Nachschnittarbeiten im März 2018 entfallen, dort sind aktuell keine messbaren Risse vorhanden.

Die zuvor auf das anstehende Gestein beschränkten Beobachtungsbereiche 1 und 8 werden durch die Aufnahme von Rissen in den im Umfeld erstellten Sorelbeton-Stabilisierungsbauwerken ergänzt.

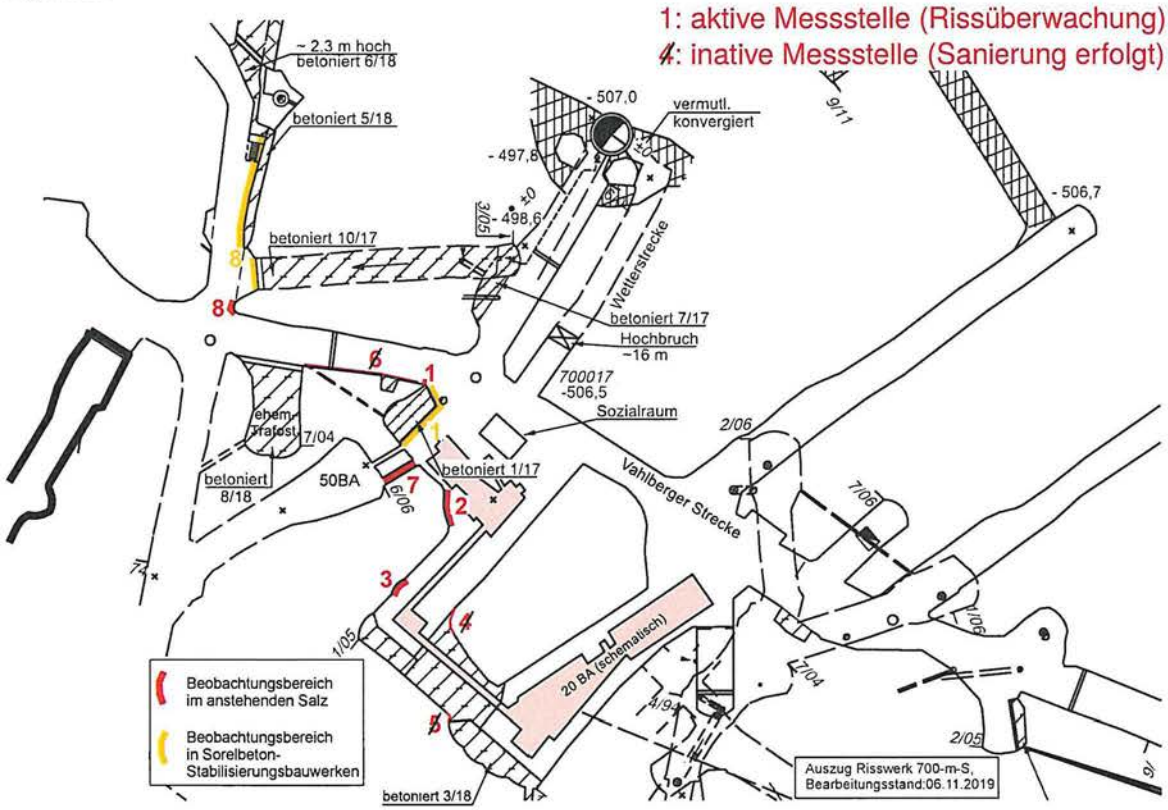


Abbildung 4.31: Lage der Beobachtungsbereiche im Umfeld der Baustoffanlage 20BA auf der 700-m-Sohle

In den acht Beobachtungsbereichen im anstehenden Salz wurden an den zuletzt im Februar 2020 durchgeführten Messungen überwiegend konstante bzw. leicht zunehmende Öffnungsweiten im Vergleich zu den Vormessungen ermittelt. Insbesondere im Beobachtungsbereich 7 zeigen sich an mehreren Rissen Aufweitungen von bis zu 1,5 mm sowie Versatz- bzw. Scherungsbeträge von bis zu 10 mm. Die maximal registrierte Rissverlängerung beträgt 4 cm im Beobachtungsbereich 2.

Vom 23.05.2019 bis 11.02.2020 wurde an der im anstehenden Salz des Beobachtungsbereichs 1 verbliebenen Messstelle eine Zunahme von 0,5 mm verzeichnet, die Risslängen haben sich nicht verändert. Die Aufweitungsrate von 0,7 mm/a liegt oberhalb der Vormessung 2018 und deutlich unterhalb der 2017 erfolgten Messung. Im Beobachtungsbereich 2 beträgt die zusätzliche Aufweitung im Zeitraum vom 07.08.2018 bis 11.02.2020 max. ca. 3,0 mm mit einer Aufweitungsrate von 1,9 mm/a und einer maximalen Rissverlängerung von 4 cm. Im gleichen Zeitraum wurde im Beobachtungsbereich 3 keine Veränderung der Öffnungsweite, aber eine Zunahme am Rissversatz um ca. 4 mm verzeichnet, die Risslängen zeigen sich unverändert.

Die Messtellen der Beobachtungsbereiche 4 und 5 sind 2019 im Rahmen der Betonagen südlich des Großpfeilers der 20BA entfallen, wobei das in dem ehemaligen Beobachtungsbereich 4 am Stoß des südwestlichen Großpfeilers befindliche Fissurometer 045F erhalten werden konnte.

Bei einem Konturnachschnitt wurden die am Südstoß gelegenen Risse des Beobachtungsbereichs 6 entfernt. Die wenigen dort nur angedeuteten Risse sind aktuell nicht messbar.

Im Beobachtungsbereich 7 zeigen sich im Zeitraum vom 23.05.2019 bis 11.02.2020 an mehreren Rissen Aufweitungen von bis zu 1,5 mm sowie Versatz- bzw. Scherungsbeträge von bis zu 10 mm. Die maximal gemessene Rate von 1,4 mm/a liegt auf dem Niveau der Vormessung, aufgrund von Beraubearbeiten sind jedoch einzelne Risse entfallen und insgesamt nur noch eingeschränkte Rissmessungen möglich.

Der Beobachtungsbereich 8 im Pfeiler zwischen Vahlberger Strecke und der verfüllten zum Schacht 2 nordöstlich verlaufenden Schrägstrecke wurde im Mai 2018 angelegt. Der einzige Messpunkt der Öffnungsweite musste im August 2018 erneuert werden und weist zum 01.03.2019 eine Zunahme der Öffnungsweite von ca. 5 mm bei einer Rate von 0,9 mm/a auf, eine Rissverlängerung wurde nicht gemessen. Zum 11.02.2020 zeigt sich der Riss unverändert.

In den Beobachtungsbereichen 1 und 8 wurden auch vorhandene Risse in dort erstellten Sorelbeton-Stabilisierungsbauwerken erfasst. Die Messungen im Beobachtungsbereich 1 zeigen vom 23.05.2019 bis 11.02.2020 überwiegend Zunahmen von max. 1,5 mm und nur wenige Abnahmen der Öffnungsweite von max. 1,0 mm, die Risslängen haben sich maximal um ca. 9 cm erweitert. Die maximale Aufweitungsrate von 2,1 mm/a liegt geringfügig unter dem Vorjahresmaximum. Die festgestellten horizontalen Verschiebungen der einzelnen Betonagelagen vom Stoß weg von max. 15 mm haben sich zur Vormessung überwiegend nicht verändert. Die Risse in den Sorelbetonbauwerken im Umfeld des Beobachtungsbereiches 8 zeigen von März 2019 bis Februar 2020, neben einer Zunahme von 0,3 mm an einem einzelnen Riss, überwiegend eine leichte Abnahme der Öffnungsweiten und keine Rissverlängerungen.

Anfang Februar 2016 wurden die Fissurometer 043F bis 045F sowie Mitte Mai 2018 das Fissurometer 055F eingerichtet (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375). Die im Umfeld des westlichen Zugangsbereichs der Vahlberger Strecke gelegenen Fissurometer 043F und 044F sind im Rahmen von 2018 bzw. 2017 durchgeführten Nachschneidearbeiten entfallen.

An der südwestlichen Ecke des Großpfeilers bei der 20BA wurde das Fissurometer 045F am Stoß instrumentiert. Im Zeitraum vom 06.03.2018 bis zum 19.02.2019 ist eine Gesamtverschiebungsrate von 2,0 mm/a ermittelt worden, was nah an der Verschiebungsrate der Scherung von 1,8 mm/a liegt (s. Anhang 12.6 auf Blatt 378). Vom 19.02.2019 bis zum 14.09.2019 liegen die Gesamtverschiebungsrate mit 2,3 mm/a und die Verschiebungsraten der Scherung mit 2,2 mm/a geringfügig über dem Vorwert. Dem schließt sich eine bis zum 28.11.2019 verlaufende Phase mit deutlich geringeren Verschiebungsraten von jeweils 1,2 mm/a für Gesamtverschiebung und Scherung an der wiederum eine verstärkte Zunahme der Verschiebungsraten auf 2,9 mm/a bzw. 2,6 mm/a zum 18.03.2020 folgt. Die Verschiebungsraten des Höhenversatzes und der Öffnungsweite liegt mit 1 mm/a im gleichen Zeitraum weiterhin auf einem deutlich geringeren Niveau. Die mittlere Gesamtverschiebungsrate für 2019 liegt mit 2,0 mm/a leicht oberhalb der Rate von 2018 mit 1,9 mm/a. Der gestufte Verlauf der Verschiebungsraten deutet dort insgesamt einen Jahresgang an.

Um die Schädigungsentwicklung im von Scherflächen und Abschalungen durchzogenen westlichen Pfeiler zwischen Vahlberger Strecke und dem nördlich abgehenden Querschlag zum Schacht 2 zu erfassen, wurde dort am 14.05.2018 eine als Riss ausgebildete Scherfläche mit dem Fissurometer 055F instrumentiert. Während sich die Öffnungsweite und der Höhenversatz bis zum 11.09.2018 nur um ca. 0,1 mm vergrößert haben, zeigt sich in diesem Zeitraum bereits eine Scherung von 0,8 mm, was einer Scherungsrate von 2,5 mm/a entspricht und auf Höhe der Gesamtverschiebungsrate liegt. Nach einer vergleichsweise stagnierenden Phase bis zum 13.04.2019 mit Raten von jeweils 0,6 mm/a ist bis zum 01.12.2019 wieder ein Anstieg der Raten für die Scherung bzw. Gesamtverschiebung auf 1,2 mm/a zu beobachten. Bis zum 22.03.2020 folgt wieder eine verlangsamte Zunahme der Scherung mit einer Rate von 0,4 mm/a, womit auch

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

hier die Beeinflussung durch einen Jahresgang nahe liegt. Die Entwicklungen von Höhenversatz und Öffnungsweite sind weiterhin zu vernachlässigen. Die mittlere Gesamtverschiebungsrate für 2019 liegt bei 1,0 mm/a.

- *Georadarmessungen*
  Am Südstoß der Baustoffanlage 20BA, unmittelbar südlich des Großpfeilers, ist ein intensiv aufgelockerter Bereich mit vertikalen Rissen ausgebildet, welcher im März 2018 anhand von Georadaruntersuchungen an horizontalen und vertikalen Messprofilen auf einer Breite von etwa 4 m untersucht wurde.

  Dabei wurde festgestellt, dass die Tiefe der gefundenen Reflexionen nach Westen hin zunimmt, wobei der maximal gemessene Konturabstand der Rissstruktur auf etwa 1,8 m abgeschätzt wurde. Anzeichen einer parallel zur steil nach Norden einfallenden Rissstruktur verlaufenden Trennfläche, in Richtung Firste, wurden nicht gefunden.

  Bei 2014 durchgeführten Georadaruntersuchungen waren im Zugangsbereich der Vahlberger Strecke keine Hinweise auf Riss- oder Ablösungsstrukturen in der Firste erkennbar. Auch im Zuge der Untersuchung eines Georadarprofils am Südstoß der Schrägstrecke gefundene Reflektoren wurden nicht auf tatsächliche Rissstrukturen zurückgeführt.

- *Sohlenkontrollbohrungen*
  Im Bereich der Wendelstrecke (Sohlenniveau) der 700-m-Sohle überfährt diese den unterlagernden Abbau 6 (Na2) der 725-m-Sohle. Dort sind in einem ehemals als Fluchtfahrung genutzten Rollloch intensive horizontale Rissbildungen in der ca. 5,5 m mächtigen Schwebe sowie eine deutliche Auflockerung der Sohle unterhalb der Auflagekonstruktion ausgebildet. Zur Erkundung wurden dort 2015 die drei geneigten Sohlkontrollbohrungen SKBrg.700-09 bis SKBrg.700-11 gestoßen (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375).

  Bei der letzten Kamerabefahrung am 29.11.2019 wurde bestätigt, dass sich die im Rollloch ausgebildeten Risse weiterhin nicht bis in die Schwebe unterhalb der Wendelstrecke nachverfolgen lassen und auch keine weiteren relevanten Auflockerungen erkennbar sind. Vor dieser Inspektion wurden die drei Bohrungen zur Verfüllung aufgebohrt, da sie sich vorher zunehmend mit Salzgrus zugesetzt hatten. Bei der Inspektion vom 13.03.2017 wurde letztmals ein in SKBrg.700-09 ausgebildeter Lösungspegel (Katasternummer P700022) beobachtet, welcher sich bis dahin zunehmend abgesenkt hatte und danach nicht mehr vorgefunden wurde. Zur weiteren Erkundung der Schwebe zwischen der Wendelstrecke auf der 700-m-Sohle und dem unterlagernden Abbau 6 (Na2) der 725-m-Sohle wurde die ca. 11,4 m lange und mit 49,4° nach Südwesten einfallende Bohrung SKBrg.700-15 (Durchmesser 86 mm) durchschlägig von der Wendel in den Abbau gestoßen. Aufgrund einer größeren Schwebenmächtigkeit als im Voraus angenommen ist die Bohrung nicht in der Firstmitte des Abbaus 6 (Na2) auf der 725-m-Sohle durchschlägig, sondern erst im Bereich des Südstoßes. In der Bohrung konnten bei der letzten Kamerabefahrung am 20.06.2019, abgesehen von sehr konturnahen Auflockerungen bis ca. 0,3 m von der Stoßkontur des Abbaus, keine geöffneten Risse oder eindeutige Hinweise auf Feuchtigkeit erkannt werden.

  Als weitere Erkundungsbohrung der Schwebe zum unterlagernden Abbau 6 (Na2) der 725-m-Sohle wurde die ca. 9,2 m lange seigere Bohrung SKBrg.700-16 (Durchmesser 42 mm) durchschlägig von der westlichen Vahlberger Strecke, nah am Südstoß vor dem verfüllten Traforaum, bis in den unterlagernden Abbau gestoßen. Abgesehen von einer beanspruchten Bohrlochkontur wurden bei der letzten Inspektion der Bohrung am 20.06.2019 keine eindeutigen Auflockerungen oder Hinweise auf Feuchtigkeit dokumentiert.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Bewertung der Messergebnisse

Im zentralen Teil der 700-m-Sohle im Sohlenniveau zeigen sich weiterhin erhebliche visuell erkennbare Schädigungen der Konturbereiche, wenngleich bereits von 2015 bis 2018 vielfältige Sicherungsmaßnahmen durchgeführt wurden. So wurden vorhandene Risse in der Streckenkontur im betrachteten Bereich der Vahlberger Strecke sukzessive durch diverse Nachschnittarbeiten entfernt. Des Weiteren wurden zwei kleinere Nischen an der Richtstrecke, der weit überwiegende Teil von Beobachtungsbereich 1, die Schrägstrecke in Richtung Schacht 2, die Kompressornische im Wetterquerschlag, der Südoststoß der 20BA, der Oststoß der Strecke in Richtung Schacht 4 inklusive des Füllortpodests sowie der ehemalige Traforaum durch Betonagen verfüllt bzw. stabilisiert. Seit Mitte 2019 erfolgt die firstbündige Verfüllung des Bereichs der 20BA unmittelbar südlich des Großpfeilers mit Sorelbeton, wobei das dort verlaufende Förderband in einer Art Tunnel durch das Stabilisierungsbauwerk geführt wird.

Deutliche und augenscheinlich zunehmende Schädigungen in Form von Rissen, Scherflächen und Abschalungen zeigen sich aktuell insbesondere im Bereich des Wetterquerschlags, im westlichen Umfeld der 20BA sowie am Standort der 50BA. Das am südwestlichen Stoß des Großpfeilers der 20BA angebrachte Fissurometer 045F deutet durch konstant zunehmende Verschiebungsbewegungen, auf eine fortlaufende Entfestigung hin. Dort ist noch kein deutlicher Einfluss der Betonage südlich des Pfeilers erkennbar. Auch der Pfeiler zwischen 50BA und 20BA zeigt sich zunehmend geschädigt. Hier sind aktuell Beraubearbeiten an den Abschalungen am Stoß vorgesehen. Auch an dem am Weststoß im Einmündungsbereich des Wetterquerschlags installierten Fissurometer 055F werden zunehmende Scherbewegungen registriert, jedoch mit rückläufigen Raten. Ebenfalls belegen die weiterhin signifikant hohen Verformungsraten der im Bereich des Sattelkerns gelegenen Messstrecke K046 sowie eine, insbesondere südlich des Wettertores, zunehmende Schädigung der Streckenkontur, eine große gebirgsmechanische Beanspruchung des Bereichs.

In den noch im anstehenden Salz auswertbaren fünf Riss-Beobachtungsbereichen wurde mittels der zuletzt im Februar 2020 durchgeführten Messungen nur an Beobachtungsbereich 2 eine Verlängerung der Risse konstatiert, wobei durch Beraubearbeiten im Beobachtungsbereich 7 keine eindeutige Auswertung der Risslängen möglich ist. Die Öffnungsweiten an den Beobachtungsbereichen haben sich im Vergleich zu den Vormessungen überwiegend leicht erhöht bzw. sind unverändert. Insbesondere am Beobachtungsbereich 7, in der Fluchtbohrung zwischen den Baustoffanlagen 20BA und 50BA, zeigen sich an mehreren Rissen Zunahmen der Öffnungsweiten bzw. von Versatz- oder Scherungsbewegungen.

Der im Beobachtungsbereich 2 zu beobachtenden fortschreitenden Ausbildung von Abschalungen wird durch Beraubearbeiten entgegengewirkt, zumal während der geplanten Verfüllung der 50BA temporär zusätzlicher Druck auf den entsprechenden Stoß ausgewirkt werden könnte.

In den Beobachtungsbereichen 1 und 8 wurden auch vorhandene Risse in dort erstellten Sorelbeton-Stabilisierungsbauwerken erfasst, welche vermutlich überwiegend durch den Abbindeprozess induziert wurden und keinen eindeutigen Entwicklungstrend aufzeigen. Der schwankende Messwertverlauf zwischen den Messzeitpunkten legt insbesondere in Beobachtungsbereich 1 die Beeinflussung durch einen Jahresgang nahe.

An den Sohlkontrollbohrungen von der Wendelstrecke auf der 700-m-Sohle in den unterlagernden Abbau 6/725 (Na2) konnten keine relevanten Entfestigungserscheinungen bzw. Durchfeuchtungen im Bereich der Schwebe erfasst werden. Eine Ausweitung der im ehemaligen Rollloch südlich der Wendelstrecke vorgefundenen horizontalen Risse in den Fahrbahnbereich ist derzeit nicht erkennbar, aber weiterhin zu besorgen.

Östlicher Teil der 700-m-Sohle im Sohlenniveau und Verbindungsstrecke

Situationsbeschreibung

- *Auffahrung und Lage der betreffenden Grubenräume*
  Die 1911 aufgefahrene Richtstrecke nach Osten im Sohlenniveau (Vahlberger Strecke) beginnt im Sohlenniveau der 700-m-Sohle südlich des Schachtes Asse 2 und verläuft von dort auf einer Länge von ca. 375 m nach Osten (s. Anhang 12.1 auf Blatt 373 und Anhang 12.2 auf Blatt 374). Im mittleren Abschnitt wurde im Mai 2014 eine Aufweitung der Strecke für die Baustoffanlage 40BA eingerichtet. Des Weiteren wurden dort im Juli 2017 am Nordstoß zwei mit einem schmalen Durchhieb verbundene Nischen als neuer, vergrößerter Standort des Traforaums aufgefahren. Von diesem Abschnitt der Vahlberger Strecke sind künftig auch Erkundungsbohrungen nach Norden in den Bereich des unterlagernden Carnallititbaufelds geplant. Östlich anschließend folgen, von der Vahlberger Strecke nach Süden abgehend, die Verbindungsstrecke zum Firstniveau und der 1927 erstellte Querschlag zum Blindschacht 3. Im Jahr 1912 wurde weiter östlich ein Querschlag in nordöstlicher Richtung aufgefahren. Von dieser Lokation am östlichen Rand des Carnallititbaufeldes wurde 1916 ein Gesenk östlich von Kaliabbau 12-Ost bzw. westlich von ELK1/750 aufgefahren.

  In Folge des Erbohrens von Lösung wurde im Jahre 1912 ein Bohrlochsicherheitspfeiler um die Bohrung 23/700 verfügt, für den 2018 eine Verkleinerung bewilligt wurde. Das ehemalige Bohrort befindet sich in einer Nische ca. 20 m westlich des Dammjoches (Anhang 12.2 auf Blatt 374).

  Die Verbindungsstrecke vom Sohlen- zum Firstniveau ist von März bis April 2014 erstellt worden.

  Die ursprünglich geplante östliche Verbindung zum Schacht Asse 3 wurde seinerzeit nicht fertiggestellt. Die Strecke endet hier ca. 30 m hinter dem sogenannten Dammjoch, welches 1914 aus 40 Tübbingelementen erstellt und im September 2014 mit Sorelbeton verfüllt wurde. Danach wurde im unmittelbar vorlagernden Streckenteil ein Bohrort für horizontale Erkundungsbohrungen (EBrg. 700-1 und EBrg. 700-2) in östlicher Richtung eingerichtet. Im direkten Anschluss an die Anfang Juli 2018 vollzogene Beraubung dieses Bohrorts erfolgte aus dem Bohrort heraus eine Verlängerung des Streckenabschnitts weiter nach Osten. Dort wurde bis März 2019 in einer ersten Phase ein östlich über das Dammjoch hinausgehender neuer Bohrort aufgefahren in dem zwei Teilbohrörter (2. Phase) zur Durchführung von Erkundungsbohrungen eingerichtet wurden (Abbildung 4.33). Nachdem bis Februar 2020 die Erkundungsbohrungen in östlicher bzw. nordöstlicher Richtung gestoßen wurden, ist eine Aufweitung des südlichen Bohrorts im Rahmen einer dritten Auffahrungsphase vorgesehen, um weitere Erkundungsbohrungen in südwestlicher sowie südöstlicher Richtung zu erstellen (s. Anhang 12.5 auf Blatt 377).

- *Geologische Situation*
  Der östliche Teil der 700-m-Sohle im Sohlenniveau (Vahlberger Strecke) wurde bis auf eine Einschaltung von Polyhalitbänkchensalz (Na2P) nahezu vollständig im Carnallitit (K2C) der Staßfurt-Folge aufgefahren (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375).

  Die Verbindungsstrecke zwischen First- und Sohlenniveau steht ebenfalls im Kaliflöz der Staßfurt-Folge (K2C) an. Auch hier zeigt sich im Bereich der mittigen Umbiegung am Nordstoß ein kleinräumiger Anschnitt des Na2P [54].

  Im östlichen Verlauf der Vahlberger Strecke, zum Dammjoch hin, erfolgt ein Übergang vom K2C hin zum Na3-Steinsalz der Leineserie (Na3β), welches auch als Trennfläche am westlichen Zugangsbereich zum Gesenk östlich des Kaliabbaus 12-Ost sowie im Querschlag zum Blindschacht 3 aufgeschlossen ist. So wurde das zuletzt in der zweiten Phase aufgefahrene Bohrort inklusive Zufahrt überwiegend in den Schichten des Gamma- und Beta-Liniensalz im Na3

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

aufgefahren. Untergeordnet sind Schichten des Ronnenberghorizonts bis Banksalz aufgeschlossen. In der Vorerkundungsbohrung VorEBrg.700-1a.1 wurden Buntsalz und teilweise massige Anhydritlagen durchörtert, welche als Anhydritmittel angesprochen wurden [55]. Die Bohrung wies temporär einen sehr geringen Lösungsaustritt auf (Katasterstelle P700032).

Nach vorläufiger Auswertung der Erkundungsbohrung EBrg.700-1a wurden dort zunächst Schichten der Leineformation angetroffen, welche bis zum Erreichen der geplanten Endteufe von etwa 399,4 m in Kalisalz-führende Schichten der Staßfurtformation übergehen. Die bis zur geplanten Endteufe von etwa 399,4 m abgeteufte Erkundungsbohrung EBrg.700-3 verläuft entsprechend vorläufiger stratigraphischer Einordnung durchgehend bzw. überwiegend in Schichten der Leineformation.

- *Gebirgsmechanische Situation*
  Für den Bereich der Vahlberger Strecke ergibt sich, bis auf den östlich von Blindschacht 3 liegenden Abschnitt, eine Lage im stark beanspruchten Sattelkern oberhalb des Abbaufelds im älteren Steinsalz (Na2).

  Lediglich der Querschlag zum Gesenk östlich Kaliabbau 12-Ost verläuft mit einer Schwebenmächtigkeit von etwa 20 m oberhalb des Kaliabbaus 12-Ost. Dieser intensiv geschädigte Querschlag wurde nachgeschnitten und im Juni 2017 durch die Erstellung einer Strömungsbarriere mit vorgesetztem Widerlager vollständig mit Sorelbeton verfüllt.

  Im östlichen Abschnitt der Richtstrecke nach Osten im Sohlenniveau (Vahlberger Strecke) weisen die überwiegend im Carnallitit gelegenen Stöße bis etwa zur Einmündung der Verbindungsstrecke zum Firstniveau nur leichte bzw. geringfügig angedeutete Abschalungen auf.

Abbildung 4.32: Vahlberger Strecke mit entfestigtem Südstoß unmittelbar westlich der Einmündung des Querschlags zum Blindschacht 3 sowie abgetrenntem Fahrtrum am Nordstoß, Blick nach Westen (05.03.2020)

Die östlich der Verbindungsstrecke deutlicher ausgeprägten Abschalungen an den Stößen sind nur abschnittsweise durch Anker gesichert. So sind die im Einmündungsbereich des Querschlags zum Blindschacht 3 ausgebildeten markanten Scherflächen zu erkennen (Abbildung 4.32).

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Der nachprofilierte Bereich der neu aufgefahrenen Verbindungsstrecke weist eine ausreichende Firstwölbung auf.

An der Zufahrtsstrecke zum neuen Bohrort erfolgte ein Nachschnitt der Stöße, um trotz des anschließend am Nordstoß erstellten Fahrtrums mit Anfahrschutz eine ausreichende Streckenbreite zu gewährleisten. An den Stößen und der Firste des Bohrorts (Auffahrungsphase 2) inkl. der Teilbohrörter wurden bislang keine signifikanten Auflockerungen festgestellt (Abbildung 4.33), allenfalls sind vereinzelt unkritische Abplatzungen im Bereich der Frässpuren ausgebildet. Auch die betonierte Sohle sowie die Bohrkeller zeigen keine relevanten Rissbildungen bzw. Schädigungen. Die Firste der Zufahrtstrecke und der Teilbohrörter weist eine gebirgsmechanisch ausreichende Firstwölbung auf.

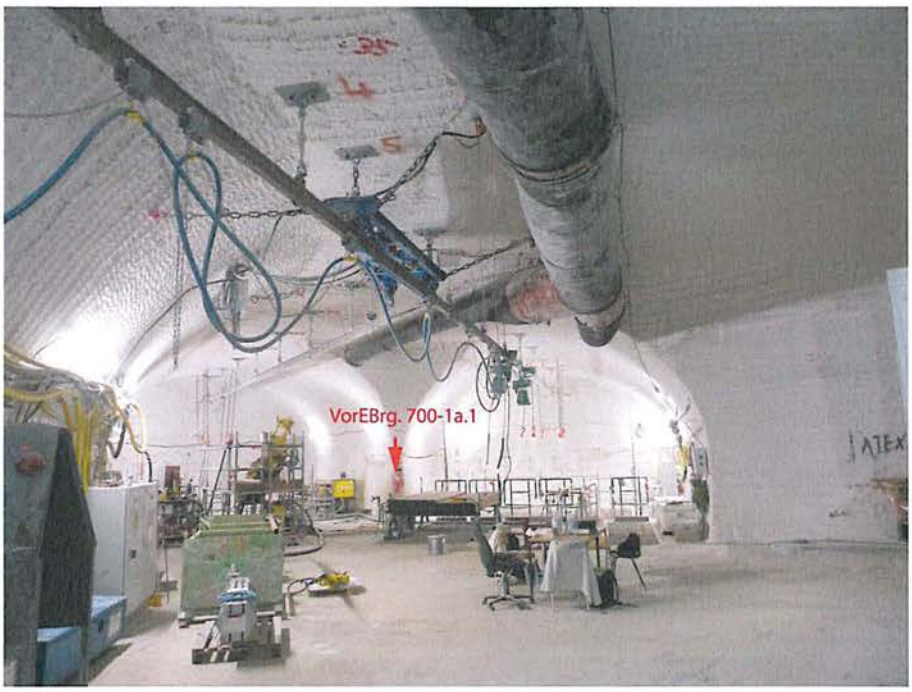


Abbildung 4.33: Zentraler Bohrort mit nordöstlich bzw. östlich abgehenden Teilbohrörtern und Lage der Vorerkundungsbohrung VorEBrg.700-1a.1 in dem Pfeiler dazwischen, Blick nach Osten (05.03.2020)

Der schmale Pfeiler zwischen den beiden Teilbohrörtern, mit der VorEBrg. 700-1a.1 in der Mitte (s. Abbildung 4.33), zeigt im unteren Bereich der westlichen Spitze Feuchtstellen mit Verlaufspuren von auskristallisierter Lösung, welche im Kern noch nicht eingetrocknet sind (s. Abbildung 4.34). Der Pfeiler ist in diesem Bereich, unterhalb der Bohrung, durch die Feuchtigkeit leicht dunkel gefärbt.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Abbildung 4.34: Feuchtstelle mit Verlaufspuren von Lösung im Pfeiler zwischen den beiden Teilbohrörtern - unterhalb VorEBrg. 700-1a.1, Blick nach Südosten (05.03.2020)

Die VorEBrg. 700-1a.1 selbst ist nur bis zu einem Absatz im Übergang zu einem kleineren Bohrdurchmesser mit dem bloßen Auge einsehbar und bis dahin offensichtlich eingetrocknet. Im vorderen Teil der VorEBrg. 700-1a.1 ist die Ausbildung eines vertikalen Risses in der hangenden Bohrungskontur erkennbar, welcher bereits im März 2019 ausgebildet war und sich visuell seitdem geringfügig aufgeweitet hat (s. Abbildung 4.35).

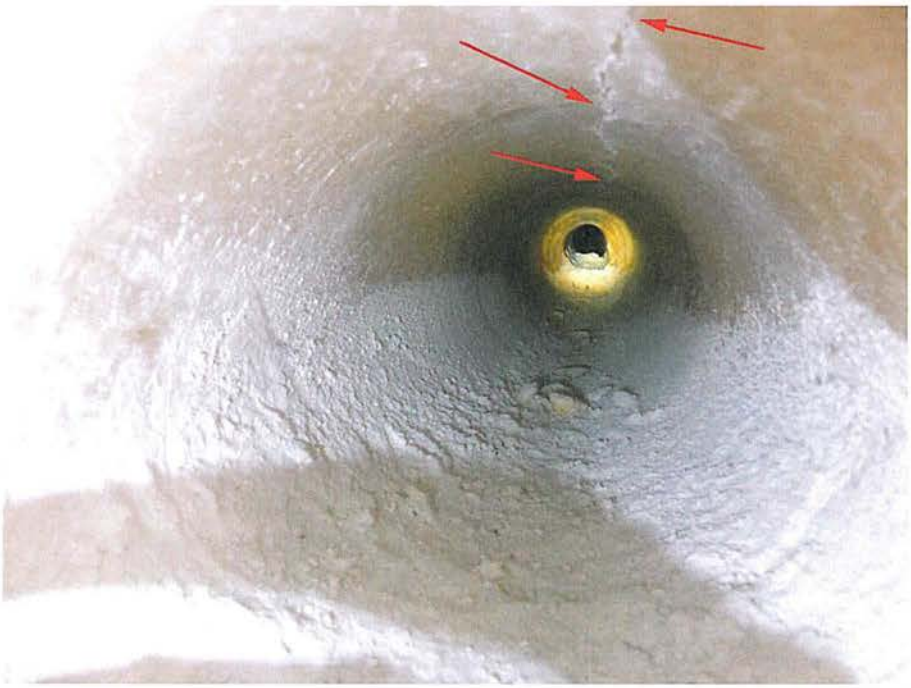


Abbildung 4.35: Riss von geringer Öffnungsweite in der hangenden Bohrungskontur von VorEBrg. 700-1a.1, Blick nach Osten (05.03.2020)

Messergebnisse

- *Konvergenzmessquerschnitte*
  Im mittleren Bereich der Vahlberger Strecke sind seit Juli 2014 die Konvergenzmessquerschnitte K038 und K039 eingerichtet, wobei die Messstelle K038 im Zuge der Auffahrung der Trafonische abgeworfen wurde (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375). Die horizontalen und vertikalen Verformungsraten von K039 bewegen sich zum Januar 2020 mit Verformungsraten zwischen 1,8 bis 0,4 mm/a weiterhin etwa auf dem Niveau der bislang dort ermittelten Werte (s. Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30), wenngleich sich die vertikalen Werte am oberen Rand bewegen. Weiter östlich wurden seit 2004 in dem nach Süden abgehenden Querschlag zum Blindschacht 3 der Messquerschnitt K18 und in der nördlich zum Gesenk östlich Kaliabbau 12-Ost abgehenden Strecke der Messquerschnitt K19 eingerichtet. Letzterer zeigte bis Anfang 2017 relativ hohe Verformungsraten, ist aber durch die Verfüllung der Strecke entfallen (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375). In den 2016 neu instrumentierten Messstrecken von K18 im Querschlag zum Blindschacht 3 liegen die horizontalen und vertikalen Verformungsraten zum Januar 2020 bei 3,1 ‰/a (horizontal) bzw. 4,6 ‰/a (vertikal), wobei die vertikalen Verformungsraten 2019 insgesamt deutlich angestiegen sind (s. Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30). Die Werte nähern sich weiterhin dem hohen Niveau der bereits abgeworfenen vertikalen Messstrecke K19V an. An der im westlichen Bereich der Aufweitung des Bohrorts neu eingerichteten Messstelle K052 (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375) werden seit Mitte 2019 Konvergenzmessungen durchgeführt. Die in der kurzen Messdauer für 2019 gewonnenen Verformungsraten von horizontal ca. 0,6 ‰/a und vertikal ca. 1,0 ‰/a liegen innerhalb der Bandbreite des Instrumentierungsbereichs „Sattelkern (700- bis 775-m-Sohle)", die Werte zur Vormessung liegen zum Januar 2020 mit 1,5 ‰/a (horizontal) bzw. 1,0 ‰/a (vertikal) etwas darüber (s. Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30).

  Ebenfalls seit Juli 2014 sind in der neu aufgefahrenen Verbindungsstrecke zwischen den Richtstrecken die Konvergenzmessquerschnitte K040 und K041 eingerichtet worden (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375). Die horizontalen und vertikalen Konvergenzraten zur Vormessung liegen am 26.01.2020 für K040 bei 0,2 ‰/a (horizontal) bzw. 0,7 ‰/a (vertikal) und für K041 mit 0,0 ‰/a (horizontal) bzw. 0,1 ‰/a (vertikal) darunter (s. Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30). Die Werte liegen innerhalb der Bandbreite der Vormessungen seit Messbeginn.

- *Georadarmessungen*
  Im Vorfeld der Erstellung der in östlicher Richtung geplanten Erkundungsbohrungen EBrg. 700-1a und EBrg. 700-3 wurden Georadaruntersuchungen an der Kontur der über einer verfüllten Strecke im Liegenden verlaufenden Zufahrtsstrecke sowie im Bohrort selbst durchgeführt. Dabei wurden in der Sohle liegende Hohlräume detektiert, welche in daraufhin gestoßenen Kontrollbohrungen als Firstspalte erkannt und verfüllt werden konnten.

  Die am Bohrortstoß in Richtung der geplanten Erkundungssbohrungen durchgeführten Georadaruntersuchungen haben Strukturen erfasst, welche u. a. als Anhydritmittel in etwa 20 m Entfernung vom östlichen Bohrortstoß interpretiert wurden.

- *Erkundungsbohrung zur Radonbohrung 2*
  Der Abstand der Verbindungsstrecke zur betrieblichen Bohrung 473 (Radonbohrung 2) von 4,3 m wurde durch die Erkundungsbohrung SBS-750-30.1 ermittelt (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375).

- *Sohlkontrollbohrungen*
  In der Sohle des in östlicher Verlängerung der Vahlberger Strecke, oberhalb der verfüllten Strecke östlich des Dammjochs, aufgefahrenen Bohrorts, wurde bei Georadaruntersuchungen an drei Lokationen ein Verdacht auf Hohlräume belegt. Dort wurden drei Sohlkontrollbohrungen (SKBrg. 700-12 bis SKBrg. 700-14) mit einem Durchmesser von jeweils 100 mm erstellt (s. Anhang 12.3

auf Blatt 375). Die seigeren Bohrungen wurden, inklusive der jeweils vorgefundenen Firstspalte zur verfüllten unterlagernden Strecke (Spaltbreite max. etwa 8 mm), im September 2018 qualitätsgerecht mit insgesamt etwa 73 L Injektionsmörtel verfüllt. Weitere geöffnete Risse oder Hinweise auf Feuchtigkeit waren nicht erkennbar.

- *Firstkontrollbohrungen*
  Im Bereich des in östlicher Verlängerung der Vahlberger Strecke in der ersten Phase aufgefahrenen Bohrorts wurden zwei Firstkontrollbohrungen gestoßen (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375). Die seigeren Bohrungen haben einen Durchmesser von jeweils 42 mm.

  Die im westlichen Zugangsbereich des Bohrorts gelegene, nach einem Konturnachschnitt ca. 4,96 m lange, Firstkontrollbohrung FKBrg. 700-08 zeigt eine überwiegend leicht raue bis schwach schuppige Bohrlochkontur, mit durch den Bohrvorgang bedingten parallelen Riefen. Geöffnete oder potentielle Risse bzw. Feuchtigkeit sind nicht erkennbar. Zum Bohrlochtiefsten sind schwach gelblich-bräunliche Einschaltungen ausgebildet.

  Im östlichen Bohrort ist die ca. 5,28 m lange Firstkontrollbohrung FKBrg. 700-09 gelegen, diese zeigt eine überwiegend leicht raue Bohrlochkontur, mit durch den Bohrvorgang bedingten parallelen Riefen. Geöffnete oder potentielle Risse bzw. Hinweise auf Feuchtigkeit sind nicht erkennbar. Auch dort liegen zum Bohrlochtiefsten schwach gelblich-bräunliche Einschaltungen vor.

- *Stoßkontrollbohrungen*
  Im Bereich der nordöstlichen Ortsbrust des in der ersten Auffahrungsphase erstellten Bohrorts wurde die mit −28,3° einfallende und ca. 5,2 m lange Stoßkontrollbohrung StKBrg. 700-05 mit einem Durchmesser von 42 mm gestoßen (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375). Bis zum bei ca. 4,2 m Entfernung von der Stoßkontur erfolgten Übergang vom anstehenden Salz in die Sorelbetonverfüllung des unterlagernden, nördlich abgehenden Streckenstummels waren keine geöffneten oder potentiellen Risse bzw. eindeutige Hinweise auf Feuchtigkeit erkennbar. Im Übergang Salz/Sorelbeton sind rissförmige Konturausbrüche, aber kein durchgehender Firstspalt ausgebildet. Die Bohrung wurde im Dezember 2018 qualitätsgerecht mit insgesamt etwa 42 L Injektionsmörtel verfüllt.

- *Vorerkundungsbohrungen im Bohrort*
  Am nordöstlichen Stoß des in der ersten Phase aufgefahrenen Bohrorts in östlicher Verlängerung der Vahlberger Strecke wurde die ca. 20,1 m lange VorEBrg. 700-3.1 mit einem Durchmesser von 42 mm gestoßen, welche in Richtung der geplanten Erkundungsbohrung EBrg. 700-3 verläuft (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375). Die mit −25,2° einfallende Bohrung weist eine überwiegend leicht raue Bohrlochkontur auf. Geöffnete oder potentielle Risse bzw. eindeutige Hinweise auf Feuchtigkeit sind nicht erkennbar, vereinzelt sind geringmächtige sulfatische Lagen angedeutet, welche aber nicht im Anhydritmittelsalz liegen.

  Im Bereich der nördlichen Ortsbrust des Bohrorts wurde die ca. 34,8 m lange und mit ca. 0,5° ansteigende VorEBrg. 700-1a.1 als Kernbohrung gestoßen (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375). Die Bohrung trifft neben dünneren sulfatischen Lagen bei ca. 19,8 m eine ca. 3 cm und bei ca. 23,4 m eine etwa 2,56 m mächtige Anhydritlage an (in [55] den Anhydritmitteln zugeordnet). Bis einschließlich der Anhydritlagen zeigt sich die Bohrlochkontur feucht bis nass. Die Anhydritlagen weisen Trennflächen und verheilte Klüfte auf, an denen ockerfarbene Salzausblühungen auf eine geringe Lösungsmenge hinweisen. Zum Bohrlochtiefsten liegt eine trockene Bohrlochkontur vor.

  Etwa in Stoßmitte der Ortsbrust, südlich der geplanten Erkundungsbohrung EBrg. 700-1a, wurde die ca. 20,0 m lange und mit −24,6° einfallende VorEBrg. 700-4.1 in einem Durchmesser von 98 mm gestoßen (Kernbohrung), welche in Richtung der geplanten Erkundungsbohrung EBrg. 700-3 verläuft (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375). Die Bohrlochkontur zeigt sich bei der ersten Kamerabefahrung überwiegend leicht rau und beansprucht mit diversen dünnen sulfatischen

Lagen. Das Anhydritmittelsalz wurde nicht erbohrt, es gibt keine geöffneten oder potentiellen Risse bzw. Hinweise auf Feuchtigkeit.

- *Erkundungsbohrungen aus den Teilbohrörtern in östlicher bzw. nordöstlicher Richtung*
  Aus dem Bohrkeller des in der zweiten Phase aufgefahrenen nordöstlichen Teilbohrorts wurde bis Anfang Februar 2020 die Erkundungsbohrung EBrg. 700-3.1 mit einem Durchmesser von 98 mm, etwa mit –25,2° nach NE einfallend, bis zur geplanten Endteufe von ca. 399,4 m gestoßen. Die Bohrung ist trocken und verläuft entsprechend der vorläufigen Auswertung in Schichten der Leineformation.

  Ebenfalls aus einem Bohrkeller eines in der zweiten Phase in östlicher Richtung aufgefahrenen Teilbohrorts wurde bis Ende Januar 2020 die Erkundungsbohrung EBrg. 700-1a mit einem Durchmesser von 98 mm, etwa mit –25,2° nach ESE einfallend, bis zur geplanten Endteufe von ca. 399,4 m gestoßen. Die Bohrung ist trocken und geht entsprechend der vorläufigen Auswertung von Schichten der Leineformation zum Bohrlochtiefsten in Schichten der Staßfurtformation über.

  Minimalspannungs- und Permeabilitätsmessungen an ausgewählten Bereichen der beiden Erkundungsbohrungen stehen noch aus.

- *Minimalspannungsmessungen und Permeabilitätsmessungen*
  Im Bereich des Querschlags zum Gesenk östlich Kaliabbau 12-Ost sowie im Umfeld des Dammjochs wurden diverse Erkundungsbohrungen mit anschließender Durchführung von Permeabilitäts- und Minimalspannungsmessungen erstellt [56].

  Erwartungsgemäß zeigt sich bei den Erkundungsbohrungen in den augenscheinlich aufgelockerten Stößen eine Zunahme der minimalen Hauptspannungen und Abnahme der Permeabilitäten je größer der Abstand zur Stoßkontur wird. Die Untersuchungen an den Erkundungsbohrungen im Sohlenbereich belegen eine deutliche Zunahme der Auflockerungen bei Annäherung an das Carnallititbaufeld.

  Mitte 2016 erfolgten im Carnallitit Untersuchungen zur Standorterkundung eines potentiellen Bohrorts für Bohrungen zur Faktenerhebung an der ELK 12/750 [57]. Die Bohrungen wurden in zwei Lokationen an der Vahlberger Strecke gestoßen, in einer Aufweitung westlich der Verbindungsstrecke zur Richtstrecke im Firstniveau und im Einmündungsbereich des Querschlags in Richtung des Gesenks östlich Kaliabbau 12-Ost. Die Untersuchungen der Gebirgsbeschaffenheit weisen auf deutlich geschädigte Bereiche hin, es wurde insgesamt von der Auffahrung eines Bohrorts in diesem Bereich abgeraten.

  Vor Durchführung der zweiten Auffahrungsphase des Bohrorts in östlicher Verlängerung der Vahlberger Strecke, wurden die Vorerkundungsbohrungen VorEBrg. 700-1a.1 (nördlich des Teilbohrorts für EBrg. 700-1a, bis in den Bereich der Anhydritmittel), VorEBrg. 700-3.1 (Bereich des Teilbohrorts für EBrg. 700-3) und VorEBrg. 700-4.1 (südlich des Teilbohrorts für EBrg. 700-1a) gestoßen. An den Vorerkundungsbohrungen sollte die minimale Druckeinspannung und Integrität im Gebirgsbereich im Umfeld von anstehenden Anhydritlagen ermittelt werden, um eine ausreichende Standfestigkeit zur Durchführung der geplanten Erkundungsbohrungen bei ausreichender Abdichtung der Standrohre gewährleisten zu können. Die Vorerkundungsbohrung VorEBrg. 700-1a.1, welche die Anhydritmittel 3 und 4 durchörtert hat und dort nur temporär einen sehr geringen Lösungsaustritt aufwies, dient auch der Verifizierung des bei Georadaruntersuchungen detektierten Anhydritmittels - auch hinsichtlich einer potentiellen Lösungsführung.

  Zunächst wurden die Untersuchungen an der VorEBrg. 700-1a.1 durchgeführt, welche die Anhydritmittel 3 und 4 durchörtert hat und dort nur temporär einen sehr geringen Lösungsaustritt

aufwies. Bei den durch das Institut für Gebirgsmechanik (IfG) durchgeführten Untersuchungen wurden geringe Permeabilitäten und hohe minimale Druckeinspannungen ermittelt.

Anschließend durchgeführte Untersuchungen an den Vorerkundungsbohrungen VorEbrg. 700-3.1 und VorEbrg. 700-4.1 belegen für beide Bohrungen eine weitgehende Dichtigkeit und Integrität des anstehenden Gebirges. Die Permeabilitätsmessungen zeigten auch keine Druckzunahmen, welche auf angeschlossene Fluidreservoire hindeuten.

Aufgrund der Voruntersuchungen ergaben sich keine Indizien, die gegen eine Auffahrung der Bohrörter entsprechend Phase 2 des SBPL 10/2017 sprechen.

Bewertung der Messergebnisse

Die nur geringen Schädigungen der Stöße der Vahlberger Strecke im Bereich westlich des Standorts der 20BA, bis etwa zur Einmündung der Verbindungsstrecke zum Firstniveau, korrelieren mit dort an den Konvergenzmessquerschnitten ermittelten moderaten Verformungsraten, welche sich im Rahmen der durchschnittlichen in diesem Teil des Grubengebäudes vorliegenden Werte bewegen.

Die östlich der Verbindungsstrecke deutlicher ausgeprägten Abschalungen an den Stößen sind teilweise durch Anker gesichert, wobei die im Einmündungsbereich des Querschlags zum Blindschacht 3 ausgebildeten markanten Scherflächen bislang nicht gesichert sind. Dort sind bedarfsweise Beraubungsmaßnahmen bzw. eine Ankerung an den entfestigten Stöße vorzunehmen. Die im Querschlag zum Blindschacht 3 ermittelten Verformungsraten liegen mit ansteigender Tendenz auf dem hohen Niveau der Vorjahre.

In östlicher Verlängerung der Vahlberger Strecke erfolgte, von dem Bohrort der Erkundungsbohrungen EBrg. 700-1/700-2 ausgehend, zunächst in zwei Phasen die Auffahrung des Bohrorts zur Durchführung geplanter Erkundungsbohrungen in östlicher Richtung. Dort wurden nach Fertigstellung der ersten zwei Auffahrungsphasen bislang keine erkennbar aufgelockerten Bereiche in der Streckenkontur angetroffen. Bei Georadaruntersuchungen bzw. Sohlkontrollbohrungen in der Zufahrt zum Bohrort erkundete Firstspalte in der Schwebe zur überfahrenen, mit Sorelbeton verfüllten, Strecke östlich des Dammjochs, wurden mit Mörtel injiziert. Die Kontrollbohrungen in die Firste bzw. in den nordöstlichen Stoß des Bohrorts zeigten keine Auflockerungen bzw. Feuchtigkeit.

Die Vorerkundungsbohrung VorEBrg. 700-1a.1 wurde bis ins Anhydritmittelsalz gestoßen und durchteufte leicht klüftige Anhydritbereiche, welche auch bei zuvor durchgeführten Georadaruntersuchungen detektiert wurden. Insbesondere im Bereich der Anhydritmittel zeigte sich die Bohrung feucht, dort kam es temporär zu einem geringfügigen Lösungsaustritt (Katasterstelle P700032). Die mittig im Pfeiler zwischen den beiden Teilbohrörtern für die Erkundungsbohrungen EBrg. 700-1a/700-3 gelegene Bohrung weist unweit vom jetzigen Bohrlochmund einen augenscheinlich leicht zunehmenden Riss im Bereich der hangenden Bohrungskontur auf, wobei die Ausbildung des Risses vermutlich in Zusammenhang mit der relativ geringen Dimensionierung der Pfeilerspitze sowie dem Einbau eines Standrohres im Rahmen des Bohrvorgangs steht. Die unterhalb der VorEBrg. 700-1a.1 an der Pfeilerspitze ausgebildete Feuchtstelle ist möglicherweise auf eine Migration von im Umfeld der Anhydritmittel vorgefundenen Lösungen zurückzuführen.

Nachdem die an den Vorerkundungsbohrungen durchgeführten Minimalspannungsuntersuchungen und Permeabilitätsmessungen eine zur Durchführung und Abdichtung der geplanten Erkundungsbohrungen ausreichende Gebirgsintegrität belegten, konnten bis Ende Januar bzw. Anfang Februar 2020 die Erkundungsbohrungen EBrg. 700-1a und EBrg. 700-3 bis zur geplanten Endteufe gestoßen werden. Die geologische Schichtenaufnahme der Kernstrecke aus den Erkundungsbohrungen liegt noch nicht

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

abschließend vor, des Weiteren sind noch Permeabilitäts- und Minimalspannungsmessungen an den Bohrungen durchzuführen.

Die Monitoringergebnisse vom bislang in der Kontur der zweiten Auffahrungsphase aufgefahrenen Bohrort lassen aus gebirgsmechanischer Sicht keine Einwände gegen eine südliche Aufweitung des Bohrorts im Rahmen der dritten Auffahrungsphase erkennen. Dabei soll der südliche Bohrortstoß maximal um ca. 5 m erweitert werden um von dort aus weitere Erkundungsbohrungen in südöstlicher (geplante EBrg. 700-4) und südwestlicher (geplante EBrg. 700-5) Richtung zu stoßen.

In der 2014 neu aufgefahrenen Verbindungsstrecke zwischen den Richtstrecken nach Osten vom Sohlen- zum Firstniveau liegen bislang keine signifikanten Entfestigungen vor und die Verformungsraten an den Konvergenzmessstrecken liegen weiterhin auf niedrigem Niveau. Der günstig konturierte Streckenquerschnitt der Verbindungsstrecke unterstützt die geplante langfristige Offenhaltung, wenngleich sich lokal erste geringmächtige Abschalungen am Nordstoß des östlichen Abschnitts andeuten.

Firstniveau der 700-m-Sohle und Wendelstrecke (bis zur Einbindung ins Sohlenniveau)

Situationsbeschreibung

- *Auffahrung und Lage der betreffenden Grubenräume*
  Die Richtstrecke nach Osten im Firstniveau wurde 1994 als Abbaubegleitstrecke zur Verfüllung der Abbaue 11/700 bis 18/700 der Südflanke mit einem Querschnitt von ca. 17,5 m^2 aufgefahren (s. Anhänge 12.1 bis 12.2 (Blätter 373–374)). Die Abbaubegleitstrecke verläuft nördlich der Abbaue der Südflanke im Firstniveau der 700-m-Sohle. Aus der Strecke wurden Zugänge zu den Abbauen 10/700 bis 18/700 aufgefahren. Des Weiteren wurde eine auf Höhe Abbau 12/700 nach Norden abgehende Strecke erstellt, welche als Werkstatt und Standort der Zyklone genutzt wird. Von dort geht auch eine Fluchtbohrung zur westlichen Bunkerstrecke im Sohlenniveau der 700-m-Sohle ab.

  Nordwestlich von Abbau 10/700 (seit August 2015 Standort der mobilen Baustoffanlage 30BA) trifft die Richtstrecke nach Osten im Firstniveau auf die Wendelstrecke auf Höhe des Querschlags zu den Abbauen 9 und 10/700. In den Jahren 1988 – 1996 wurden die Abbaue 10-12/700 mit Eigensalz (durchschnittliche Einbaudichte: 1,46 t/m^3) und die Abbaue 13-18/700 mit Ronnenbergsalz (durchschnittliche Einbaudichte: 1,27 t/m^3) versetzt.

  In den Jahren 1996 bis 1997 wurde die Richtstrecke im Firstniveau auf einer Länge von ca. 190 m – von Abbau 13/700 bis Abbau 18/700 – mit einem Gemisch von Eigensalz und Fremdsalz (Ronnenbergversatz) verfüllt und im Zuge der Firstspaltverfüllung in der Südflanke (06/2009–05/2012) wieder in diesem Bereich aufgewältigt.

  Die Firstspaltverfüllung der Abbaue 6-9/725 und 11-18/700 sowie die Nachverfüllung der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau der 725-m-Sohle erfolgte von Mai 2011 bis Oktober 2013. Die Betonage des östlichen Bereiches der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau der 700-m-Sohle bis zum Einbinden der Verbindungsstrecke zum Sohlenniveau der 700-m-Sohle erfolgte im Februar 2014. Für die Verfüllung aller o. g. Resthohlräume wurden ca. 10.367 m^3 Sorelbeton eingebracht.

  Im Westen mündet die Richtstrecke nach Osten (Firstniveau) in die Wendelstrecke ein, welche Mitte der siebziger Jahre als durchgehende Verbindung zwischen allen Sohlen aufgefahren wurde. Von hier geht auch eine Strecke zum Abbau 12/700 ab. Weiter westlich in der Wendelstrecke im Firstniveau befindet sich der Zugang zum konvergierten bzw. verfüllten Blindschacht 2, der südliche Teil des Zugangs wurde 2018 abgemauert und Anfang 2019 mit Sorelbeton verfüllt.

Abwärts an der nach Norden schwenkenden Wendelstrecke geht nordöstlich der Zugang zum 2006 aufgefahrenen Standort der Baustoffanlage 50BA ab, welche über einen Fluchtweg mit dem Standort der 20BA verbunden ist.

Weiter nördlich im Sohlniveau der 700-m-Sohle ergibt sich ein Kreuzungspunkt, an dem östlich die Vahlberger Strecke einmündet und sich nach Westen die Wendelstrecke in den Bereich oberhalb des Abbaus 6/725 (Na2) fortsetzt.

- *Geologische Situation*
  Sowohl die Vahlberger Strecke, als auch die Richtstrecke nach Osten im Firstniveau, wurden überwiegend im Kaliflöz der Staßfurt-Folge (K2C) aufgefahren, das Einfallen der Schichten variiert zwischen 68 bis 80° nach Südwesten bzw. 80° nach Nordosten (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375). Das Kaliflöz in den beiden Richtstrecken unterscheidet sich dadurch, dass es in der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau augenscheinlich brüchiger als im Sohlenniveau ist.

  Die südlich der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau gelegenen Abbaue 11/700 bis 18/700 wurden im Steinsalz der Leineserie (Na3β) aufgefahren. Die nördlich zu den Zyklonen abgehende Strecke durchläuft mehrfach Wechselfolgen von ins Kalisalz eingeschalteten Na2K- und Na2P-Lagen.

  Die Wendelstrecke quert im betrachteten Bereich von Süden nach Norden sämtliche Schichten der Staßfurt-Folge, beginnend im Firstniveau mit K2C bis zur Na2K-, Na2P- und Na2S-Abfolge im Sohlenniveau auf Höhe der Vahlberger Strecke. Unmittelbar im Einmündungsbereich von der Wendelstrecke in die Zufahrt zum Blindschacht 2 ist der Übergang vom K2C ins Na3-Steinsalz aufgeschlossen.

- *Gebirgsmechanische Situation*
  Die Richtstrecke nach Osten im Firstniveau sowie die Abbaue auf der 700-m-Sohle sind dem Baufeld an der Südflanke zuzuordnen. Im Vergleich zu den anderen Sohlen unterscheiden sich die Abbaue auf der 700-m-Sohle dadurch, dass diese in Streichrichtung nur die halbe Größe aufweisen und somit eine doppelte Anzahl an querschlägigen Pfeilern vorhanden ist.

Abbildung 4.36: Intensive Abschalungen am Nordstoß der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau auf Höhe der Abbaue 12-13, Blick nach Nordwesten (05.03.2020)

Insbesondere im Bereich der Abbaue 11 bis 14 weisen die zunehmend entfestigten Stöße der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau der 700-m-Sohle intensive Abschalungen auf und sind fortlaufend zu berauben (Abbildung 4.36).

Die Wendelstrecke im Firstniveau der 700-m-Sohle befindet sich noch im Bereich der Südflanke, führt dann aber nordwärts in das Baufeld im Sattelkern (Na2). Besonders der Südstoß der Wendelstrecke im Bereich vom Standort der 30BA in Richtung zur 679-m-Sohle, bis auf Höhe von Abbau 8/700, zeigt sich stark entfestigt, der Übergang vom Kalisalz ins Steinsalz des Na3 ist teilweise als Bewegungsfläche ausgebildet (Abbildung 4.37).

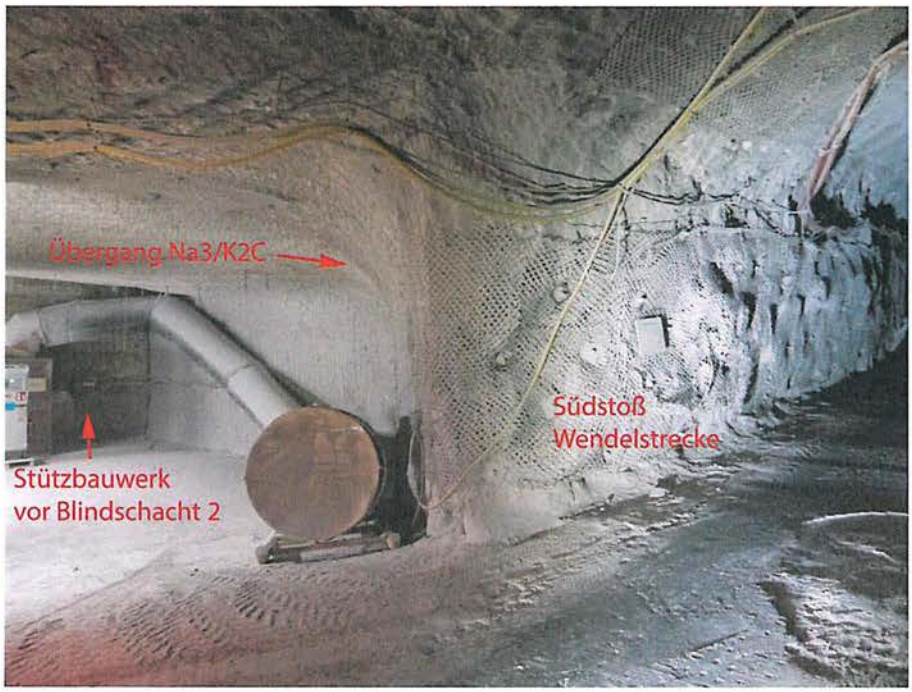


Abbildung 4.37: Entfestigter Südstoß der Wendelstrecke westlich des im südlichen Teil verfüllten Zugangs zum Blindschacht 2, Blick nach Südwesten (26.03.2020)

Im Berichtszeitraum wurden im Monitoringabschnitt „Firstniveau der 700-m-Sohle und Wendelstrecke" keine Verfüllmaßnahmen durchgeführt.

Messergebnisse

- *Konvergenzmessquerschnitte*
  In der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau der 700-m-Sohle existieren vier Konvergenzmessquerschnitte, einer in westlicher Verlängerung zwischen den Abbauen 9/10 (K018) sowie jeweils in den Pfeilern 12/13 (K028, Pfeilerreihe 6/7), 14/15 (K029, Pfeilerreihe 7/8) und 16/17 (K030, Pfeilerreihe 8/9) (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375).

  Die an den vier Messstellen in der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau ermittelten horizontalen Verformungsraten bewegen sich von Mitte 2015 bis Ende 2019 in einer Bandbreite zwischen ca. 0,5 bis 2,3 ‰/a, im Januar 2020 lagen sie zwischen ca. 1,4 bis 0,0 ‰/a, da der Wert an K028 deutlich abgesunken ist.

  In vertikaler Richtung liegen die Verformungsraten der Messstellen im Januar 2020 zwischen den Abbauen 9/10 (K018), im Pfeiler 14/15 (K029) und im Pfeiler 16/17 (K030) bei 1,1 bis 2,7 ‰/a, was für K018 unter und für K029 über dem Vorjahresniveau im Januar 2019 liegt (s. Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30). Der an Messstelle K018 am Abbau 9/10 im Juli 2019 registrierte signifikante Anstieg der vertikalen Verformungsrate auf 8,4 ‰/a ist unmittelbar danach wieder steil auf das Ausgangsniveau abgefallen, dort wurde bereits Anfang 2019 ein kurzzeitiger starker Anstieg verzeichnet. Die Messstelle K028 in der Pfeilerreihe 6/7 weist zum Januar 2020 eine vertikale Verformungsrate von 5,0 ‰/a auf, was dem dort langjährig erhöhten Niveau entspricht. Bei Betrachtung der mittleren Verformungsraten für das gesamte Jahr 2019 ist an allen vier Messstellen ein schwacher bis deutlicher Anstieg der Raten zu erkennen.

  Die ermittelten Verschiebungsvektoren im betrachteten Streckenabschnitt zeigen in Richtung der Abbaue im Baufeld an der Südflanke [58].

- *Extensometer*
  In den Pfeilern 8/9 (Pfeilerreihe 4/5, Extensometer 700005), 11/12 (Abbaureihe 6, Extensometer 700003) und 12/13 (Pfeilerreihe 6/7, Extensometer 700004) ist je ein querschlägiges 4- bzw. 5-fach Extensometer eingebaut (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375).

  Die Anfang 2020 an den östlichen Messstellen auf der 700-m-Sohle ermittelten querschlägigen Pfeilerstauchungsraten sind für die beiden Extensometer 700003 und 700004 geringfügig abgesunken und liegen nur noch wenig oberhalb bzw. knapp unterhalb von 30 mm/a. Nachdem sich bei Betrachtung des bohrlochtiefsten Ankerpunkts die Pfeilerstauchungsraten für das Extensometer 700005 zu Beginn 2019 deutlich erhöht und dem Niveau der Extensometer in den Pfeilerreihen 11/12 und 12/13 mit knapp unterhalb von 30 mm/a angenähert haben, sind die Werte anschließend wieder stark abgesunken und liegen Anfang 2020 nur noch bei etwa 10 mm/a (s. Abschnitt 2.1 auf Blatt 15). An den nah des Extensometerkopfpunkts gelegenen Ankerpunkten überwiegen noch Dehnungsbewegungen durch die Konvergenz der im Kalisalz verlaufenden geschädigten Strecke. Demgegenüber nehmen die Stauchungsbewegungen, welche auf das Auflaufen der Südflanke zurückgeführt werden, zum Bohrlochtiefsten deutlich zu.

- *Inklinometer*

  Im Pfeiler 12/13 auf der 700-m-Sohle befindet sich die Bohrung 700005 für Inklinometermessungen, welche mit einer Temperatur-/Feuchtemesskette bestückt ist (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375).

  Das Bohrloch (700005) neigt sich im Bezugszeitraum 1997 bis 2019 gleichmäßig bis in eine Teufe von etwa 26 m. Im Anschluss daran nimmt das Einfallen zu. Bei einer Teufe von 48 m steigt die Bohrung zunächst wieder an, um dann ab 54 m bis zum Ende der Bohrung bei 60 m auf −784 mm abzufallen. Die maximale Gesamtsenkung im Bezugszeitraum wurde bei 48 m Teufe mit −844 mm gemessen. Auch Hebungen des Bohransatzpunktes gegenüber dem Bohrungstiefsten können an dieser Entwicklung beteiligt sein. Die Ergebnisse der visuellen Begutachtung der Bohrung 700005 lassen sich Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 28 entnehmen.

- *Temperatur-/Feuchtemesskette*
  Im Pfeiler 12/13 befindet sich eine Bohrung für Inklinometermessungen (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375), welche, abgesehen vom Zeitpunkt der Inklinometermessung, mit einer Temperatur-/Feuchtemesskette bestückt ist. Hier liegen die an den einzelnen Sensoren gemessenen relativen Luftfeuchtigkeiten am 05.02.2020 zwischen 25 bis 39 % (05.02.2019 zwischen 25 bis 40 %), die Temperaturen liegen zum gleichen Zeitpunkt bei etwa 34 °C, womit die Werte etwa auf dem Vorjahresniveau liegen.

  Eine weitere Temperatur-/Feuchtemesskette befindet sich im Pfeiler 14/15 (ÜFV 23) (s. Anhang 12.3 auf Blatt 375). Dort zeigen sich an den einzelnen Sensoren am 12.02.2020 relative Luftfeuchtewerte zwischen 33 % und 60 %. Die Temperaturen betragen zwischen 33 °C und 35 °C. Es ergeben sich weiterhin nur marginale Veränderungen der Luftfeuchte- bzw. der Temperaturwerte im Vergleich zum Vorjahr.

Bewertung der Messergebnisse

Die Stöße der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau zeigen sich insgesamt deutlicher geschädigt, als im Sohlenniveau. Grundsätzlich weist der Carnallitit hier eine vergleichsweise geringere Stabilität und die Streckenkontur deutliche Abschalungen auf. Damit in Übereinstimmung liegen die dort ermittelten Verformungsraten, insbesondere in Pfeilerreihe 6/7, im oberen Bereich der insgesamt im Grubengebäude ermittelten Werte. Insgesamt liegen die Verformungsraten in diesem Monitoringabschnitt über den Vorjahreswerten, jedoch in unterschiedlicher Größenordnung.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Die zu Beginn 2019 registrierte deutliche Zunahme der Pfeilerstauchungsraten zwischen den Abbauen 8 und 9/700, welche auch in Zusammenhang mit Betonagetätigkeiten im Bereich der Zufahrt zum Blindschacht 2 gebracht wurde, ist im weiteren Jahresverlauf wieder auf ein Niveau knapp unterhalb des Vorjahres abgesunken. Die am in der Nähe gelegenen Messquerschnitt K018 erfasste vertikale Konvergenzrate zeigt zu Beginn und Mitte 2019 sehr deutliche Anstiege, nach denen sich die Werte jeweils auf ein Niveau unterhalb der in den Vorjahren erfassten Werten verringert haben.

Die nördlich von der Richtstrecke abgehende Zyklonstrecke weist im südlichen Werkstattbereich eine sauber nachgeschnittene Streckenkontur auf. Weiter nördlich in der Strecke sind vereinzelt geringfügige Entfestigungserscheinungen in Form kleinerer Vertikalrisse von geringer Öffnungsweite bzw. dünne Abplatzungen erkennbar.

Die Wendelstrecke zeigt sich insbesondere am Südstoß, im Bereich vom Standort der 30BA, in Richtung zur 679-m-Sohle bis auf Höhe von Abbau 8/700, bis zum Übergang in die Firste zunehmend stark entfestigt, westlich des Zufahrtsbereichs zum Blindschacht 2 zeigt sich die Systemankerung bereits stark beansprucht.

Fazit

Die Monitoringergebnisse zeigen weiterhin eine deutlich fortschreitende Entfestigung der für die Durchführung der Vorsorge- und Erkundungsmaßnahmen notwendigen Infrastrukturräume auf der 700-m-Sohle. Um die benötigten Standzeiten zu realisieren, ist eine sukzessive Fortsetzung der Sanierungs- und Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich. Vordringlich wurden zunächst Verfüllmaßnahmen im zentralen Sohlenniveau im Umfeld der Baustoffanlage 20BA durchgeführt (s. Anhang 12.4 auf Blatt 376), da hier eine zunehmende Entfestigung die Gebrauchstauglichkeit des Grubenraums der noch für eine lange Betriebsdauer benötigten Anlage gefährdet.

Sowohl dort als auch in weiteren Abschnitten der 700-m-Sohle sind noch folgende Sanierungsmaßnahmen umzusetzen:

- Da für die Baustoffanlage 50BA bereits ein Ersatzstandort auf der 490-m-Sohle eingerichtet wurde (neue Containerabfüllanlage 51BA), sollte baldmöglichst eine Verfüllung des Standorts mit Sorelbeton erfolgen.
- Noch nicht konvergierte Bereiche der nördlich von der Vahlberger Strecke abgehenden ehemaligen Wetterstrecke, inklusive des dazwischen liegenden Hochbruchs, sind weiter zu erkunden und anschließend mit Sorelbeton zu verfüllen. Diese Verfüllung trägt auch zur Stabilisierung des unmittelbar westlich gelegenen, bereits geschädigten, Wetterquerschlags zum Schacht 2 auf der 700-m-Sohle bei. Auch der Schacht 2 selbst wird durch diese Maßnahme auf der 700-m-Sohle stabilisiert.
- Der unmittelbar südlich des Gleitbogenausbaus gelegene Teil des Wetterquerschlags zeigt an Stößen und Firste zunehmende Entfestigungserscheinungen. Hier sollte bedarfsweise eine Ertüchtigung der Streckenkontur bzw. Anpassungen am Wettertor vorgesehen werden, da diese Strecke den Hauptwetterweg für die Versorgung der 700-m-Sohle darstellt.
- Die bereits registrierten Schädigungen im Randbereich der Wendelstrecke im Sohlenniveau der 700-m-Sohle, oberhalb von Abbau 6/725 (Na2), lassen weiterhin eine Ausweitung bis in den Fahrbahnbereich bzw. in die Schwebe oberhalb des Abbaus besorgen. Da jedoch in diesem Abschnitt der Wendelstrecke, in Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen, die Erstellung einer Strömungsbarriere vorgesehen ist, sollte hier schnellstmöglich die geplante Teilverfüllung des unterhalb der Fahrbahn gelegenen Abbaus 6/725 (Na2), inklusive des in diesem Bereich verlaufenden Rolllochs,

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

umgesetzt werden. So kann einem Fortschreiten der Schädigung im Bereich der Wendelstrecke entgegengewirkt und die Eignung des Standorts für ein Abdichtbauwerk erhalten werden. Im Vorfeld ist zeitnah die qualitätsgerechte Verfüllung der fünf Sohlkontrollbohrungen im Bereich der Schwebe angedacht.

- Die im Bereich der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau registrierten Verformungsraten sind vergleichsweise hoch und werden zunehmend zu weiteren Schädigungen der Konturbereiche führen. Dies ist zu beobachten, auch im Hinblick auf die zuletzt an K018 registrierten zunehmenden Schwankungen mit signifikant hohen Werten. Bedarfsweise ist das Monitoring anzupassen und bei fortschreitender Entfestigung sind bzw. werden geeignete Sanierungsmaßnahmen geplant.
- Die Wendelstrecke zeigt sich insbesondere am Südstoß im Umfeld der Zufahrt zum Blindschacht 2 bis in den Übergang zur Firste intensiv entfestigt. Hier ist die Erstellung von massiven, bis in die Zufahrtsstrecke reichenden, Stützmauern aus Sorelbeton zu empfehlen.
- Im Bedarsfall sind Beraubearbeiten an den starke Abschalungen und Scherflächen aufweisenden Stößen im Einmündungsbereich des Querschlags zum Blindschacht 3 in die Vahlberger Strecke erfolgen.
- Nach Beendigung der Erkundungsmaßnahmen für das Rückholungsbergwerk sowie nach Erstellung des geplanten Abdichtungsbauwerks im Querschlag zum Blindschacht 3, wird ein Rückzug aus dem, in einem intensiv geschädigten Umfeld gelegenen, östlichen Abschnitt der Vahlberger Strecke, zunächst bis zur Verbindungsstrecke, angeraten.
- Nach Abschluss der im Rahmen der Vorsorgemaßnahmen geplanten Betonagen sollte sukzessive die Verfüllung des Standorts der 20BA bzw. aller nicht mehr benötigten Grubenräume erfolgen, um den restlichen zur längerfristigen Offenhaltung angedachten Infrastrukturraum auf der 700-m-Sohle zu stabilisieren.

4.6 Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle (Gleitbogenausbau)

Einleitung

Die durch den nördlichen Bereich der Abbaue 1 bis 4 im jüngeren Steinsalz verlaufende Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle („Gleitbogenausbaustrecke") dient der Fassung von aus dem Hangenden bzw. aus dem Versatz austretenden Lösungen, welche nicht auf der 658-m-Sohle aufgefangen wurden (Anhang 15.1 auf Blatt 389). Die Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle sowie die unterlagernde Schwebe zur 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle weisen insgesamt intensive Entfestigungserscheinungen auf. So liegen im Bereich der Pfeiler zwischen den Abbauen in der „Gleitbogenausbaustrecke" sowie im davon abgehenden Querschlag nach Norden zunehmende Schädigungen anhand intensiver Abschalungen und Risse vor. Darüber hinaus werden fortlaufend in allen vier Abbauen unterschiedlich stark ausgeprägte Beeinträchtigungen des Gleitbogenausbaus durch die Verschiebungsbewegungen zwischen den Bogensegmenten auf der 725-m-Sohle registriert.

Standortbeschreibung

Bergbauliche Situation

Die in der Südflanke im Jüngeren Steinsalz (Na3) gelegenen Abbaue 1 bis 9 auf der 725-m-Sohle wurden von 1924 bis 1927 aufgefahren. Die Abbaue 1 bis 4 (dargestellt in Anhang 15.1 auf Blatt 389)

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

und die Abbaue 6 bis 9 wurden von 1987 bis 1992 mit Blasversatz verfüllt. Die Schwebe zwischen Abbau 5/725 und den Abbauen 9 und 10/700 wurde 1961-1962 hereingewonnen und es erfolgte später ein Sturzversatz mit Eigensalz. Die Firstspaltbetonage der versetzten Abbaue 1 und 2/725 erfolgte 2016, die der Abbaue 6 bis 9/725 von 2011 bis 2013. Abbau 5/725 ist bis zur 700-m-Sohle versetzt. Die 2. südliche Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle wurde im März 2017 verfüllt.

Um Lösungen, die nicht über die Hauptauffangstelle gefasst werden, auffangen zu können, wurde auf der 725-m-Sohle eine durch die Abbaue 1/725 bis 4/725 verlaufende Strecke aufgefahren (Anhang 15.1 auf Blatt 389). Hierzu ist zunächst von Mitte - Ende 2002 westlich von Abbau 1 ein Querschlag in südwestliche Richtung erstellt worden. Von diesem Querschlag wurde von Anfang 2003 bis Mitte 2006 die Richtstrecke nach Westen bis etwa 10 m östlich des Blindschachts 2 im Sohlenniveau aufgefahren, von der die Abbaue 1 bis 4 am nördlichen Rand durchfahren werden. Von dieser Richtstrecke nach Westen geht auf Höhe des Pfeilers 3/4 der Querschlag nach Norden ab, welcher im Pfeiler zwischen ELK 7/725 (Na2) und Abbau 6/725 (Na2) im Sohlenniveau endet. Dort ist der Querschlag durch eine Fluchtbohrung mit der Zufahrtsstrecke zum Abbau 6/725 (Na2) verbunden.

Aufgrund der geringen Standfestigkeit des Versatzmaterials musste die ca. 280 m lange Richtstrecke nach Westen im Bereich der Abbaue jeweils durch einen Gleitbogenausbau und den Einbau von Flachhaken-Verbundmatten gesichert werden. Hieraus leitet sich die für diese Strecke gebräuchliche Bezeichnung „Gleitbogenausbaustrecke“ ab.

Um die von den überlagernden Sohlen durch den Versatz der Abbaue migrierenden Lösungen aufzufangen, wurde die Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle durch mit Schotter gefüllte Schräme drainiert, welche die Lösungen in Sümpfe ableiten, die im Bereich der Pfeiler 2/3 und 4/5 angeordnet sind (Katasterlokalitäten: P725010, P725004 und P725007). Weitere Probennahmestellen befinden sich im Bereich der Rolllöcher R1 und R2 (Katasterlokalitäten: L725005 und L725006), siehe Anhang 15.1 auf Blatt 389. Im Jahre 2012 erfolgte die Erstellung von am Südstoß der „Gleitbogenausbaustrecke“ in den Pfeilern 2/3 und 3/4 angesetzten Erkundungsbohrungen, in welchen Lösung aus den Sohlbereichen der verfüllten Abbaue 2 bis 4/725 gesammelt wird (Katasterstellen P725019 bis P725021).

Der im Osten der Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle im Pfeiler 4/5 gelegene Blindschacht 2 wurde bereits 2008 von der 800- bis zur 750-m-Sohle und 2018 vom Firstniveau der 700-m-Sohle aus bis zur 750-m-Sohle mit Sorelbeton verfüllt. Eine ehemals im westlichen Abschnitt der „Gleitbogenausbaustrecke“ und davon abgehend im Querschlag nach Norden verlaufende Radonlutte wurde ebenso wie im Querschlag aufgestellte Speicherbecken rückgebaut. Im Zuge der Arbeiten im Pfeiler 4/5 wurde die Katasterstelle P725007 in westlicher Richtung versetzt. Im Februar 2018 wurde dort in einer Nische am Nordstoß eine parallel zum Blindschacht verlaufende Fluchtbohrung zur 700-m-Sohle erstellt (Abbildung 4.46 auf Blatt 144).

Im Hangenden der „Gleitbogenausbaustrecke“, leicht nach Norden versetzt bzw. nördlich der Abbaue, verläuft die bis August 1987 gestoßene und Anfang der 1990er Jahre teilverfüllte Richtstrecke nach Westen im Firstniveau.

Geologische Situation

Die geologische Situation im Monitoringbereich auf der 725-m-Sohle wird durch die Evaporitgesteine der Staßfurt- (Na2) und Leine-Folge (Na3) charakterisiert (Anhang 15.2 auf Blatt 390).

Die Abbaue an der Südflanke sowie die durch diese verlaufende „Gleitbogenausbaustrecke“ (Richtstrecke nach Westen) auf der 725-m-Sohle befinden sich im Liniensalz (Na3β) der Leine-Folge. Südlich der Abbaue steht das Staßfurthauptsalz (Na2β) an, unmittelbar nördlich der Gleitbogenstrecke erfolgt der Übergang zu den Schichten des Kaliflöz Staßfurt (K2C) (s. Anhang 15.2 auf Blatt 390).

So liegt der Einmündungsbereich des Querschlags nach Norden in die „Gleitbogenausbaustrecke" noch im Liniensalz (Na3β). Wenige Meter nördlich ist die lithologische Grenze Na3β/K2C mit einem teilweise deutlichen Versatz (Trennfläche) ausgebildet (s. Abbildung 4.47 auf Blatt 145).

Im weiteren nördlichen Verlauf durchfährt der Querschlag gemäß Risswerk einen ins K2C eingeschalteten schmalen Sattel mit Schichten des Kieseritischen Übergangssalzes (Na2K) und des Polyhalitbänkchensalzes (Na2P), um in einem breiteren Sattel nach Durchfahrung von Na2K und Na2P im Speisesalz (Na2S) zu enden.

Das im Bereich der „Gleitbogenausbaustrecke" anstehende Liniensalz (Na3β) ist, soweit erkennbar, fein- bis mittelkristallin und zeigt eine reinweiße bis hellgraue, lokal auch hellgelbe Farbe. Teilweise ist die Ausbildung geringmächtiger Sulfat-Lagen zu beobachten.

Das im Querschlag nach Norden anstehende Kaliflöz Staßfurt (K2C) ist im direkten Übergang zum Liniensalz (Na3β) zunächst in einem ca. 0,4 m starken Bereich als Kontaktbrekzie mit kräftig rotem Carnallit ausgebildet und geht danach in eine flaserige Ausbildung mit reliktischer Schichtung über, in der rosafarbene und hellgraue Carnallitlagen sowie weißer Kieserit erkennbar sind. Nördlich der Na2K/Na2P-Einschaltung ist das K2C vorwiegend als ungeschichteter „Trümmercarnallitit" mit eher weißlichem bzw. blaßrosafarbenem Carnallit entwickelt [59].

Das Kieseritische Übergangssalz (Na2K) ist kleinräumig zusammen mit dem Polyhalitbänkchensalz (Na2P) aufgeschlossen, wobei teilweise eine interne Faltung vorliegt und die Ausbildungen somit nicht immer eindeutig abgrenzbar sind. Die Schichten des Kieseritischen Übergangssalzes (Na2K) sind dabei von eher gräulicher Farbe und weisen eine weiße kieseritische Bänderung auf. Das Polyhalitbänkchensalz (Na2P) ist überwiegend eher beige und zeigt cremefarbene bis hellbräunliche Polyhalitlagen. Das Speisesalz (Na2S) ist überwiegend weiß bis farblos und grobkristallin ausgebildet, weist aber auch fein- bis mittelkristalline Bereiche auf.

Gebirgsmechanische Situation

Durch die lange offene Standzeit des Grubengebäudes und der damit einhergehenden gebirgsmechanischen Einwirkungen sind diverse Schädigungen in den Pfeilern und im Konturbereich der „Gleitbogenausbaustrecke" auf der 725-m-Sohle, insbesondere zwischen den Pfeilern 2/3 und 3/4, festzustellen. Des Weiteren sind dort durch geotechnische Messungen im Rahmen der Referenzstandorterkundung R4 [60], Georadarmessungen und die registrierte mikroseismische Aktivität in der Schwebe zwischen der 725- und 750-m-Sohle (Abschnitt 2.4.4.6 auf Blatt 45) Auflockerungserscheinungen belegt. Eine verstärkte Ausbildung der Schädigungen in der „Gleitbogenausbaustrecke" ist im Bereich des Südstoßes sowie im Firstbereich der Pfeiler erkennbar, teilweise wurden Bereiche nachgeankert (Pfeiler 2/3) bzw. es erfolgte ein Konturnachschnitt (Pfeiler 3/4). Die Ausweitung der erkundeten Risse und auftretenden Durchfeuchtungen in der „Gleitbogenausbaustrecke" der 725-m-Sohle lassen einen fortschreitenden Integritätsverlust der Pfeiler und Schweben besorgen.

Messungen der Verschiebungen an den Profilsegmenten der einzelnen Gleitbögen zeigen eine fortgesetzte Verschiebung mit Beträgen etwa auf Vorjahresniveau sowie damit einhergehende Verschiebungen bzw. Abrissen von Abstandshaltern. Die Verschiebungen werden auf eine gebirgsmechanische Beanspruchung bzw. den wirkenden Versatzdruck zurückgeführt.

Auch der südliche Abschnitt des Querschlags nach Norden wies vor dem dort erfolgten Nachschnitt intensive Konturabschalungen auf. Ferner ist der Schichtübergang vom Liniensalz (Na3β) zum K2C als Bewegungsfläche ausgebildet. Einzelne sich andeutende Löser im Firstbereich sowie die vorgenannte Bewegungsfläche wurden durch Anker gesichert. Vor dem Nachschnitt zeigte sich der schmale östliche Pfeiler im Einmündungsbereich des Querschlags nach Norden in die „Gleitbogenausbaustrecke" intensiv

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

zerschert und mit Ausbildung eines doppelkegelförmigen Bruchs. Diese Entfestigungserscheinungen wurden im Zuge des 2017 erfolgten Konturnachschnitts im Querschlag und im Pfeiler 3/4 weitgehend entfernt, wobei eine quer durch den Pfeiler gehende Scherfläche weiterhin aktiv ist.

Der Anschlag des Blindschachts 2 am östlichen Ende der „Gleitbogenausbaustrecke" zeigte intensive Abschalungen, welche im Zuge der Vorbereitungen zur Verfüllung des Blindschachts geraubt wurden.

Messergebnisse

Beobachtung der Fissurometer und Rissmessstellen

Seit Anfang 2012 wird die Schädigungsentwicklung im Pfeiler 3/4 an zwei Rissen im Bereich des Südstoßes der Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle („Gleitbogenausbaustrecke"), auf Höhe des abzweigenden Querschlags nach Norden, mittels der Fissurometer 010F und 011F aufgezeichnet (Anhang 15.2 auf Blatt 390).

Das westlich gelegene Fissurometer 010F zeigt seit der Instrumentierung einen relativ kontinuierlichen Verlauf der Verschiebungswerte. Im Zeitraum vom 09.02.2017 bis 10.02.2018 zeigt die Öffnungsweite Verschiebungswerte von 1,2 mm und vom 09.02.2018 bis 10.02.2019 haben sich die Werte um 1,5 mm erhöht. Im letzten Messzeitraum vom 10.02.2019 bis 11.02.2020 haben sich die Verschiebungswerte der Öffnungsweite mit 1,0 mm nur geringfügiger erhöht und liegen weiterhin nahe der Gesamtverschiebung in diesem Zeitraum. Die Zunahme der Verschiebungswerte von Höhenversatz und Scherung im Zeitraum vom 10.02.2019 bis 11.02.2020 liegen mit 0,3 mm bzw. 0,1 mm liegen ebenfalls unter den Vorjahreswerten sowie deutlich unterhalb der Werte für die Öffnungsweite und sind bislang weitgehend zu vernachlässigen. Die Gesamtverschiebungsrate für 2019 liegt mit 0,9 mm/a unterhalb des Vorjahreswerts von 1,1 mm/a.

Für das weiter östlich gelegene Fissurometer 011F stellt sich ein ähnlich kontinuierlicher Verlauf der Verschiebungswerte dar. In den Messzeiträumen vom 09.02.2017 bis 09.02.2018 sowie vom 09.02.2018 bis 09.02.2019 zeigt die Öffnungsweite Verschiebungswerte von jeweils 1,2 mm. Im letzten Messzeitraum vom 10.02.2019 bis 11.02.2020 haben sich die Verschiebungswerte der Öffnungsweite mit 1,0 mm nur geringfügiger erhöht und entsprechen nahezu der Gesamtverschiebung in diesem Zeitraum. Die Verschiebungswerte von Höhenversatz und Scherung nehmen im Zeitraum vom 10.02.2019 bis 11.02.2020 mit −0,2 mm bzw. −0,4 mm sogar ab und nähern sich dem Ausgangswert. Die Gesamtverschiebungsrate für Fissurometer 011F in 2019 liegt mit 0,8 mm/a ebenfalls unterhalb des Vorjahreswerts von 0,9 mm/a.

In der Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle, im Bereich der zwischen den Abbauen gelegenen Pfeiler werden zunehmend Risse in der Firste und an den Stößen detektiert, deren Entwicklung seit Oktober 2014 dokumentiert wird. So wurden in den Pfeilern jeweils ein bzw. in Pfeiler 2/3 vier Beobachtungsbereiche von überwiegend an der Firste gelegenen Risssystemen eingerichtet. An den Rissen werden die Endpunkte markiert sowie eingerichtete Messpunkte etwa jährlich mit einem Risslineal gemessen.

Die zwei im Beobachtungsbereich des Pfeilers 1/2 in der Firste befindlichen Risse weisen im Februar 2020 Öffnungsweiten von maximal 8,5 mm auf. Die maximalen Aufweitungsraten der Öffnungsweite von zuletzt 1,0 mm/a liegen geringfügig oberhalb der Vormessung. Die stetig zu verzeichnende Verlängerung der Risse beträgt von Februar 2019 bis Februar 2020 maximal 5 cm in Richtung zum Hangenden.

Im Pfeiler 2/3 wurden vier Beobachtungsbereiche mit Rissstrukturen angelegt, wobei Beobachtungsbereich 1 im Bereich der westlichen Firste im Februar 2020 sieben Risse in der Firste aufweist,

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

welche Öffnungsweiten von maximal 6,0 mm mit Aufweitungsraten der Öffnungsweite von zuletzt maximal 1,0 mm/a zeigen. Dort zeigen sich, wie bereits im Vorjahr angedeutet, neben zunehmenden Öffnungsweiten auch rückläufige Entwicklungen. Dabei wird überwiegend eine Verlängerung der Risse festgestellt, zuletzt von Februar 2019 bis Februar 2020 um maximal 20 cm in südliche Richtung. Weiter zur Pfeilermitte liegt Beobachtungsbereich 2 in der Firste, wo zuletzt 12 Risse im Februar 2020 gemessen wurden. Dabei wurden Öffnungsweiten von maximal 11,5 mm mit maximalen Aufweitungsraten der Öffnungsweite von zuletzt 0,8 mm/a ermittelt. Die maximale Rissverlängerung von Februar 2019 bis Februar 2020 beträgt 7 cm in Richtung zum Hangenden. Weiter nach Osten wird Beobachtungsbereich 3 in der Firste überwacht. Dort waren bei der letzten Messung im Februar 2020 nur fünf der neun Risse zugänglich und messbar. Diese zeigten Öffnungsweiten von maximal 5,5 mm mit maximalen Aufweitungsraten der Öffnungsweite von zuletzt 1,0 mm/a. Die von Februar 2019 bis Februar 2020 registrierte Rissverlängerung beträgt maximal 50 cm in südliche Richtung. Der Beobachtungsbereich 4 liegt am Südstoß des Pfeilers 2/3. Dort können im Februar 2020 noch an vier der sieben Rissen Öffnungsweiten von maximal 5,5 mm mit durchgehend rückläufigen bzw. stagnierenden Aufweitungsraten von maximal −0,5 mm/a gemessen werden. Die maximale Rissverlängerung von Februar 2019 bis Februar 2020 beträgt dort 6 cm in Richtung zum Hangenden.

Der Beobachtungsbereich in Pfeiler 3/4 umfasst im Februar 2019 nach einem Konturnachschnitt nur noch einen von ursprünglich 10 Rissen im Firstbereich. Dieser Riss konnte letztmalig im Februar 2019 gemessen werden und hat sich von November 2017 bis Februar 2019 um 1,0 mm auf insgesamt 11,0 mm aufgeweitet, mit Aufweitungsraten von 0,8 mm/a und einer Verlängerung um 19 cm in nördliche Richtung. Seit Februar 2019 werden zwei neue Risse am bereits entfestigten Nordstoß des Pfeilers 3/4, westlich des Querschlags nach Norden, verzeichnet. Diese weisen im April 2020 maximale Öffnungsweiten von 10 mm mit maximalen Aufweitungsraten von 3,9 mm/a auf, beide Risse haben sich seit Februar 2019 um 11 cm bzw. 25 cm in hangender Richtung verlängert. In diesem bereits nachgeschnittenem, schmal dimensionierten Pfeilerabschnitt zwischen Querschlag nach Norden und Richtstrecke in Richtung Abbau 4, deutet sich eine zunehmende Schalenbildung am Stoß an.

In Pfeiler 4/5 wurden zuletzt im Oktober 2017 vier Risse an der Firste beobachtet mit einer maximalen Öffnungsweite von 5,5 mm und Aufweitungsraten von maximal 1,1 mm/a. Die Risse sind nach einem Konturnachschnitt entfallen.

In Pfeiler 4/5 werden derzeit nur zwei Risse im hangenden Bereich der in einer Nische am Nordstoß gelegenen Fluchtbohrung zur Wendelstrecke auf der 700-m-Sohle gemessen. Zuletzt wurden dort im Februar 2019 Öffnungsweiten von maximal 1 mm mit Aufweitungsraten von 0,1 mm/a registriert.

Horizontale und vertikale Konvergenzmessstrecken

Im Juli 2011 wurde im Pfeiler 1/2 der Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle an Messstelle K001 zunächst die horizontale Konvergenzmessstrecke und im Mai 2013 die vertikale Konvergenzmessstrecke im Na3-Steinsalz eingerichtet (Anhang 15.2 auf Blatt 390). Weiter östlich im Pfeiler 2/3 wurde an Messstelle K020 im August 2010 die vertikale Konvergenzmessstrecke (nicht mehr aktiv) und im Mai 2013 die horizontale Messstrecke installiert (Na3-Steinsalz). Im nördlich von der Richtstrecke abgehenden Querschlag nach Norden wurden im Februar 2006 an Messstelle K15 eine horizontale und eine vertikale Konvergenzmessstrecke im Carnallitit eingerichtet, wobei die vertikale seit Anfang 2007 nicht mehr aktiv ist (Anhang 15.2 auf Blatt 390).

Die Ende Januar 2020 in Bezug zur Vormessung von Ende Juli 2019 ermittelten Konvergenzraten betragen für K001H 6,8 mm/a und für K001V 10,4 mm/a (Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30). Damit bewegen sich die Werte weiterhin etwa auf dem Niveau der seit 2013 erfassten Konvergenzraten, wobei die vertikalen und horizontalen Konvergenzraten zur Vormessung von Anfang bis Mitte 2019 näher

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

zusammen lagen und zuletzt wieder divergieren. Die Mittelwerte der für 2019 an K001 ermittelten horizontalen Konvergenzraten liegen mit 7,2 mm/a jedoch geringfügig unterhalb des 2018 ermittelten Werts von 8,3 mm/a. Auch die für 2019 ermittelten vertikalen Konvergenzraten liegen mit 9,1 mm/a leicht unterhalb des Vorjahreswerts von 10,4 mm/a. Bereits im Vorjahr waren dort leicht rückläufige Konvergenzraten zu verzeichnen, die Veränderungen der Verformungsraten verlaufen entsprechend.

Für die Konvergenzmessstrecke K020H beträgt die Ende Januar 2020 verzeichnete horizontale Konvergenzrate zur Vormessung von Ende Juli 2019 15,3 mm/a, Ende Dezember 2018 betrug die Konvergenzrate zur Vormessung 16 mm/a. Auch hier bewegen sich die Konvergenzraten seit 2013 in einem ähnlichen Bereich. Die Mittelwerte der für 2019 an K020 ermittelten horizontalen Konvergenzraten liegen mit 15,4 mm/a unterhalb des 2018 ermittelten Werts von 16,0 mm/a und setzen den bereits 2018 vorliegenden leicht abnehmenden Trend fort (Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30).

An Messstelle K15 beträgt die Ende Januar 2020 ermittelte horizontale Konvergenzrate zur Vormessung von Ende Juli 2019 10,4 mm/a Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30). Ende November 2019 lag die Konvergenzrate zur Vormessung mit 13 mm/a noch höher, jedoch liegen auch hier die seit 2013 ermittelten Konvergenzraten auf einem ähnlichen Niveau. Die Mittelwerte der für 2019 an K15 ermittelten horizontalen Konvergenzraten liegen mit 10,5 mm/a leicht unterhalb des 2018 ermittelten Werts von 10,8 mm/a.

Verschiebungen im Gleitbogenausbau

Seit dem Jahr 2010 werden an den mit einem Gleitbogenausbau versehenen Streckenabschnitten im Bereich der Abbaue die einzelnen Ausbaubögen hinsichtlich der Verschiebungen ihrer Ausbau-Profilsegmente beobachtet. Hierzu wurden Markierungen an den ineinander geschobenen vier Bogensegmenten angebracht, um die Verschiebungen der Segmente an den drei Überlappungsbereichen (jeweils an Nordstoß, Firste und Südstoß) erfassen zu können. Der Abstand zwischen den einzelnen Ausbaubögen wird durch, mit Laschen am Ausbauprofil, verschraubte Abstandshalter (Verbolzung) gesichert. Bei starker Lastaufnahme des Gleitbogenausbaus mit einhergehender Verschiebung der Profilsegmente können diese im Überlappungsbereich an die Abstandshalter anstoßen, was zu einer Verlagerung der Verschiebung auf andere Überlappungsbereiche und/oder zum Wegdrücken bzw. Riss des Abstandshalters führen kann.

In Abbau 1 - insbesondere im östlichen Abschnitt - wurden im letzten Beobachtungszeitraum von Februar 2019 bis März 2020 hauptsächlich Verschiebungen an dem südlichen und dem mittleren (Firste) Überlappungsbereich der Profilsegmente erfasst (max. 16 mm), wobei zum Osten auch zunehmend der nördliche Überlappungsbereich Verschiebungen aufweist. Die maximale Gesamtverschiebung an einzelnen Gleitbögen seit 2010 beträgt 157 mm an der Firste. Die Anzahl der Verschiebungen aufweisenden Gleitbögen beträgt unverändert 34, wobei an 6 Gleitbögen in diesem Zeitraum keine Zunahme der Verschiebungen registriert werden. Insgesamt ist im letzten Messzeitraum eine geringfügig abgeschwächte Zunahme der Verschiebungsbewegungen für die Strecke in Abbau 1 zu registrieren, dennoch deutet sich visuell eine leicht zunehmende Schädigung an den Verzugmatten an (Abbildung 4.38 auf Blatt 139).

Für Abbau 2 erhöht sich im Messzeitraum Februar 2019 bis März 2020 im Vergleich zum vorherigen Messzeitraum (Dezember 2017 bis Februar 2019) die Anzahl der Gleitbögen mit vorliegenden Verschiebungen von 11 auf 17, wobei jetzt zusätzlich zum östlichen Abschnitt auch im mittleren Bereich verstärkt Verschiebungen der Segmente erfasst werden. Im betrachteten Beobachtungszeitraum von Februar 2019 bis März 2020 wurden hauptsächlich Verschiebungen am südlichen und mittleren (Firste) Überlappungsbereich erfasst (bis zu 28 mm), wobei die maximale Gesamtverschiebung an einem Gleitbogen seit 2010 mit 59 mm im Firstbereich gemessen wurde. Insgesamt ist in der Gleitbogenstrecke

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

von Abbau 2 eine Zunahme der Verschiebungsbewegungen sowie der Anzahl der davon betroffenen Gleitbögen zu verzeichnen, ebenso ist eine Zunahme der bisher relativ leichten Schädigungen an den Verzugmatten zu beobachten.

In Abbau 3 - insbesondere im östlichen Abschnitt und untergeordnet am Westrand - wurden im letzten Beobachtungszeitraum von Februar 2019 bis März 2020 weiterhin hauptsächlich Verschiebungen an den nördlichen und südlichen Überlappungsbereichen erfasst (bis zu 37 mm an einem Gleitbogen), wobei die maximal erfasste Gesamtverschiebung seit 2010 mit 191 mm an einem Bogen am Südstoß gemessen wurde (ausgenommen eines nicht mehr messbaren Messpunkts, welcher bereits seit 2017 Verschiebungswerte größer 220 mm aufwies). Die Anzahl der Profilsegmente im westlichen und östlichen Rand der Gleitbogenstrecke, an denen diverse Profilsegmente im Überlappungsbereich bereits an den Abstandshaltern anliegen, ist gleich geblieben. Unverändert wird an den östlichsten Gleitbögen ein Abstandshalter durch das anliegende Segment bereits verschoben und an zwei Gleitbögen sind die Abstandshalter gerissen. Die mit dem Riss der Abstandshalter einhergehenden Schädigungen an den zwischen den Gleitbögen eingebauten Verzugmatten, an denen das Material der Hinterfüllung durch das unterlagernde Gewebe drückt, haben augenscheinlich leicht zugenommen (Abbildung 4.42 auf Blatt 142). Die Anzahl der Verschiebungen aufweisenden Gleitbögen hat sich im Zeitraum von Februar 2019 bis März 2020 von 44 auf 45 erhöht, wobei davon an 25 Gleitbögen in diesem Zeitraum keine Zunahmen der Verschiebungen registriert wurden. Insgesamt ist im letzten Messzeitraum eine tendenziell leicht abgeschwächte Zunahme der Verschiebungsbewegungen für die Strecke in Abbau 3 zu registrieren, die bereits vorhandene Schädigung an den Verzugmatten nimmt eher geringfügig zu.

Die im Gleitbogenausbau in Abbau 4 erfassten Verschiebungen der Gleitbogensegmente sind im zentralen Streckenabschnitt am stärksten, wobei seit dem Beobachtungszeitraum von Dezember 2017 bis Februar 2019 auch im westlichen Abschnitt ein erhöhter Schädigungsgrad verzeichnet wird. Dabei wurden im Messzeitraum Dezember 2017 bis Februar 2019 die stärksten Verschiebungen der Profilsegmente überwiegend an dem mittleren (Firste) Überlappungsbereich erfasst (max. 466 mm Gesamtverschiebung an einem Gleitbogen).

Im aktuellen Beobachtungszeitraum von Februar 2019 bis März 2020 konnten aus technischen Gründen nur die Verschiebungen der Gleitbogenelemente am Südstoß des Gleitbogenausbaus in Abbau 4 erfasst werden. Dabei wurden im westlichen Abschnitt mit maximal 60 mm die deutlichste Verschiebungszunahme am südlichen Überlappungsbereich gemessen. Auch die größte im aktuellen Beobachtungszeitraum am Südstoß gemessene maximale Gesamtverschiebung seit 2010 wird mit 313 mm im westlichen Abschnitt verzeichnet. Für die nicht gemessenen Gleitbogenbereiche ist ebenfalls von einer Zunahme der Verschiebungswerte auszugehen (Abbildung 4.45 auf Blatt 144).

An den Gleitbögen in Abbau 4 liegen die Profilsegmente häufig schon an den Abstandshaltern an, bereits im Messzeitraum Dezember 2017 bis Februar 2019 waren bei 28 Gleitbögen die Abstandshalter verschoben und weiterhin an vier Gleitbögen gerissen. Bei der im aktuellen Beobachtungszeitraum erfolgten alleinigen Betrachtung des Südstoßes werden an einem weiteren Gleitbogen Verschiebungen von Abstandshaltern registriert, wobei auch an den bereits vorher erfassten Gleitbögen die Verschiebungen teilweise zunahmen. Neu abgerissene Abstandshalter wurden am Südstoß nicht erkannt. Auch hier ist eine geringfügige Zunahme der lokalen Schädigungen an den Verzugsmatten mit kleinräumig freigelegter Hinterfüllung erkennbar. Insgesamt liegen die im letzten Beobachtungszeitraum in dem Gleitbogenausbau in Abbau 4 gemessenen Verschiebungswerte am Südstoß unterhalb des Niveaus vom vorherigen Beobachtungszeitraum und weiterhin oberhalb der an den anderen Ausbauen ermittelten Werte. Für die Messstellen an der Firste und dem Nordstoß liegen derzeit keine aktuellen Werte vor.

Salzlösungsmonitoring

Vom vierten Quartal 2017 zum Ende des ersten Quartals 2018 war auf der 725-m-Sohle ein kontinuierlicher Anstieg der Fassungsraten von etwa 280 L/d auf knapp 600 L/d zu verzeichnen (Abbildung 5.3 auf Blatt 182). Die absolute mittlere Fassungsrate auf der 725-m-Sohle beträgt für 2019 579 L/d und liegt damit auf dem Vorjahresniveau.

Der weit überwiegende Anteil davon wird an der Katasterstelle P725004 (Abbildung 4.40 auf Blatt 141), am Nordstoß des Pfeilers 2/3, mit einer mittleren Fassungsrate für 2019 von 556 L/d aufgefangen. Die Fassungsraten der übrigen Abbaureihen bzw. Rolllöcher auf der 725-m-Sohle bewegen sich weiterhin auf einem vergleichsweise deutlich niedrigeren Niveau (Abbildung 5.3 auf Blatt 182).

Mikroseismik

Im Bereich der Sohle zwischen Abbau 4/725 und ELK 4/750 bzw. nördlich ELK 4/750 ist seit 2010 eine erhöhte mikroseismische Aktivität festzustellen. Diese sinkt seit dem ersten Quartal 2018 kontinuierlich ab und liegt auch 2019 durchgehend unter dem Niveau von 2018. Eindeutige räumliche Verlagerungen der mikroseismischen Aktivität konnten für 2019 nicht erkannt werden (Abschnitt 2.4.4.6 auf Blatt 45).

Visuelle Kontrolle der Richtstrecke nach Westen und des Querschlags nach Norden auf der 725-m-Sohle

Der Gleitbogenausbau im Bereich des Abbaus 1, welcher unmittelbar von dem nach Süden verlaufenden Querschlag abgeht, zeigt keine Tropfstellen, jedoch sind auch dort zunehmend Schädigungen im Bereich der Verzugmatten zu beobachten (Abbildung 4.38). Im östlich anschließenden Pfeiler 1/2 befindet sich das Rolloch R1 (Katasterstelle L725005), welches Anfang 2018 nachgeschnitten wurde.

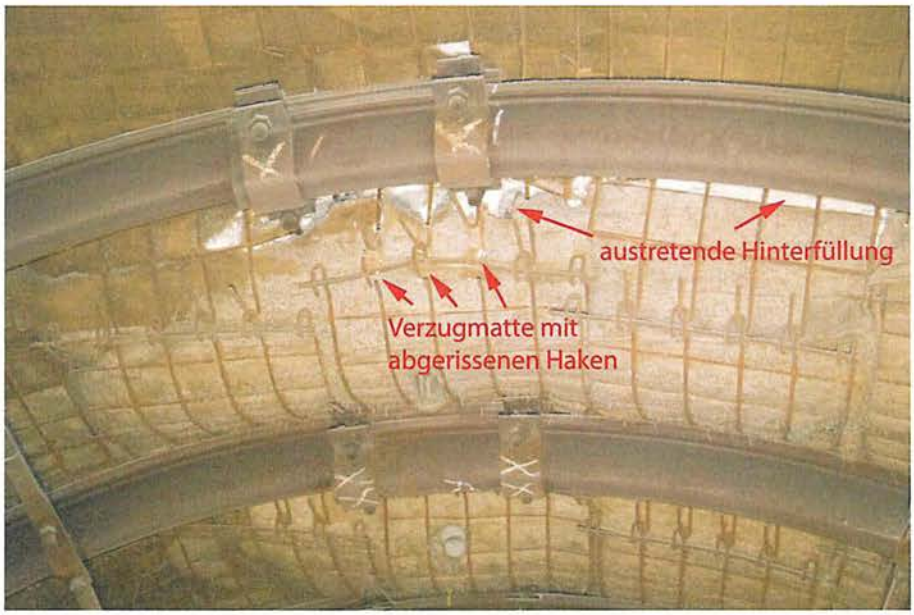


Abbildung 4.38: Schädigungen der Verzugsmatten mit einhergehendem Austritt von Hinterfüllungsmaterial im Firstbereich der Gleitbögen 16 und 17 im Abbau 1/725, Blick nach Osten, 02.03.2020

Im weiteren Streckenverlauf folgt die Gleitbogenausbaustrecke im Abbau 2 mit bislang nur geringen Schädigungen an den Verzugmatten. In dem Ausbau liegen im zentralen Abschnitt Tropfstellen mit überwiegend korallenförmigen bzw. im östlichen Teil stalaktitenförmigen Salzausfällungen vor (Abbildung 4.39), welche aber geringfügig kleiner ausgebildet sind als im Vorjahr. Im Bereich der

Tropfstellen zeigen sich auch auf dem zum Auffangen und Führen der Lösungen im Fahrweg gelegenen schottergefüllten Schram krustige Salzausfällungen.

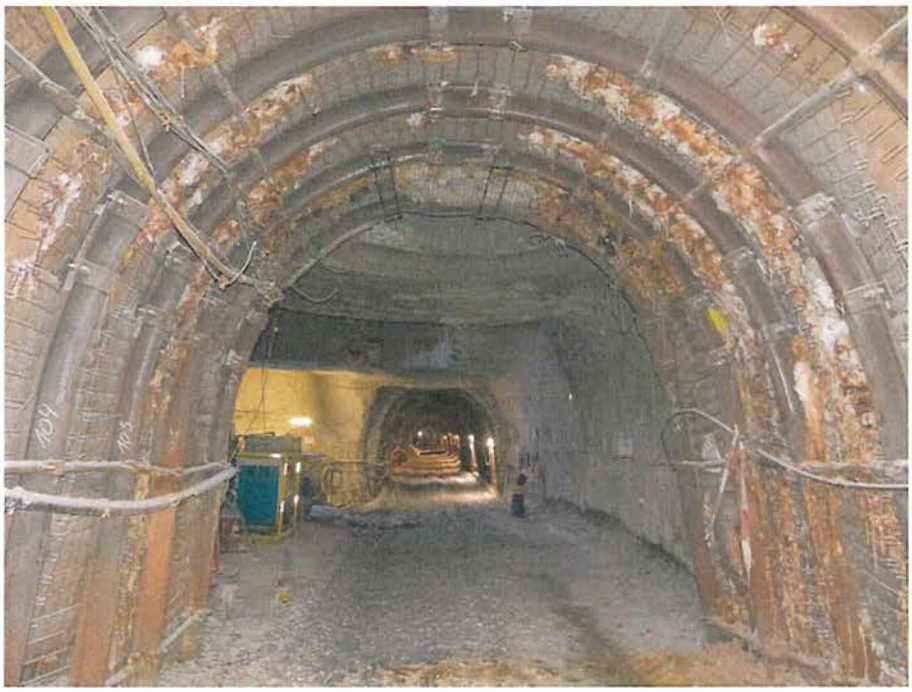


Abbildung 4.39: Gleitbogenausbau in Abbau 2 mit stalaktitenförmigen Salzausfällungen sowie Kristallisat auf der Schottersohle im östlichen Randbereich, Blick nach Osten, 02.03.2020

Weiter östlich, im Bereich des Pfeilers 2/3, wurde ein durch Risse entfestigter Überhang an der Firste durch 14 Anker von 2 m Länge gesichert.

Am Nordstoß, nahe des Schichtübergangs vom Na3-Liniensalz zum K2C, ist die Katasterstelle P725004 gelegen, wobei der Stoß auf Höhe der Katasterstelle (Sumpf) deutliche Abschalungen aufweist, welche visuell nur eine geringe Aufweitung zum letzten Berichtsstand erkennen lassen (Abbildung 4.40).

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Abbildung 4.40: Katasterstelle P725004 in Pfeiler 2/3 mit Abschalungen am Nordstoß, Blick nach Osten, 02.03.2020

Der Gleitbogenausbau in Abbau 3 weist insbesondere im westlichen und zentralen Bereich Tropfstellen mit korallen- und stalaktitenformigen Salzausfällungen auf (Abbildung 4.41).

Abbildung 4.41: Gleitbogenausbau in Abbau 3 mit korallen- und stallaktitenförmigen Salzausfällungen im zentralen Bereich, Blick nach Osten, 02.03.2020

An den Randbereichen dieses Gleitbogenausbaus, insbesondere im östlichen Abschnitt, treten stärkere Verschiebungen und damit einhergehende Schädigungen auf. Dort sind Abstandshalter (Verbolzungen) gerissen und es wird lokal an den verstärkt aufgeplatzten Gewebelagen zunehmend Material der Gleitbogenhinterfüllung freigelegt (Abbildung 4.42).

Abbildung 4.42: Abgerissene Abstandshalter und austretende Hinterfüllung im Firstbereich des Gleitbogenausbaus, Blick nach Norden, 02.03.2020

Der Pfeiler 3/4 weist im Bereich des Südstoßes intensive Vertikalrisse mit Öffnungsweiten bis in den dm-Bereich auf (Pfeilerquerdehnung), dementsprechend ist dieser mit einer Systemankerung und Maschendrahtverzug gesichert (Abbildung 4.43). Im westlichen Abschnitt des Südstoßes sind an zwei Vertikalrissen die Fissurometer 010F und 011F am Pfeiler 3/4 installiert.

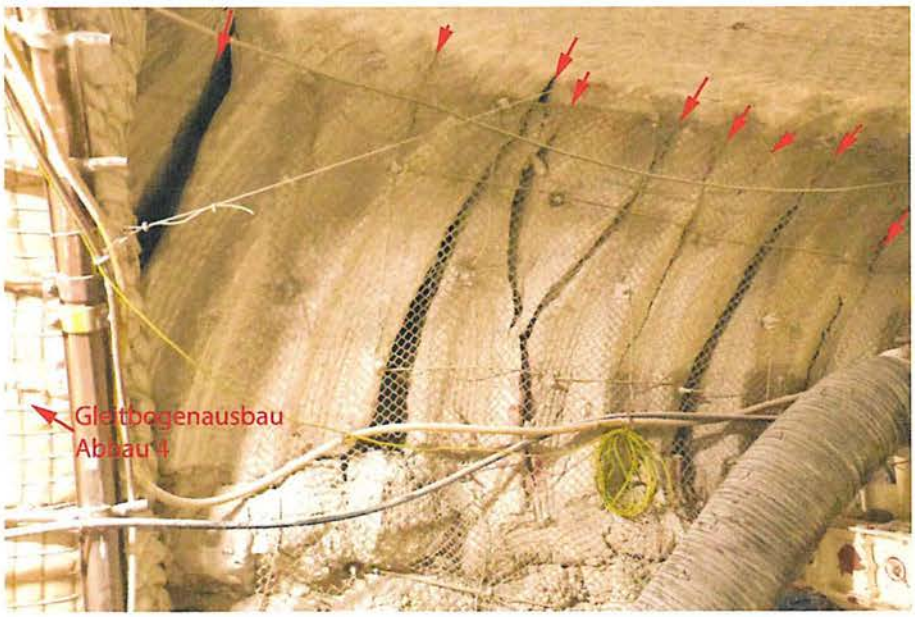


Abbildung 4.43: Signifikant entfestigter Südstoß im Osten des Pfeilers 3/4 mit zunehmend aufgeweiteten Vertikalrissen im Übergang zum Gleitbogenausbau des Abbaus 4/725, Blick nach Süden, 02.03.2020

Ende 2017 wurde dort nach Rückbau der zum Querschlag nach Norden verlaufenden Radonlutte die Firste nachgeschnitten, in diesem Abschnitt sind mehrere Lösungsaustrittsstellen ausgebildet, welche der Katasterstelle des Rolllochs 2 (P725006) zugeordnet werden. Insbesondere im Umfeld der

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

sanierten Fassungsstelle im Bereich des Rolllochs R2 liegen stalaktitenförmige Salzausfällungen vor (Abbildung 4.44). Die bei einem Konturnachschnitt weitgehend entfernten Risse und Abschalungen, im schmalen Pfeiler zwischen dem Querschlag nach Norden und dem Nordstoß der Richtstrecke zum Abbau 4/725, bilden sich aufgrund der weiterhin vorliegenden gebirgsmechanischen Beanspruchungen wieder aus (Abbildung 4.44). Die beim Nachschnitt weitgehend entfernten Risse in der Firste des Pfeilers sind nicht mehr erkennbar.

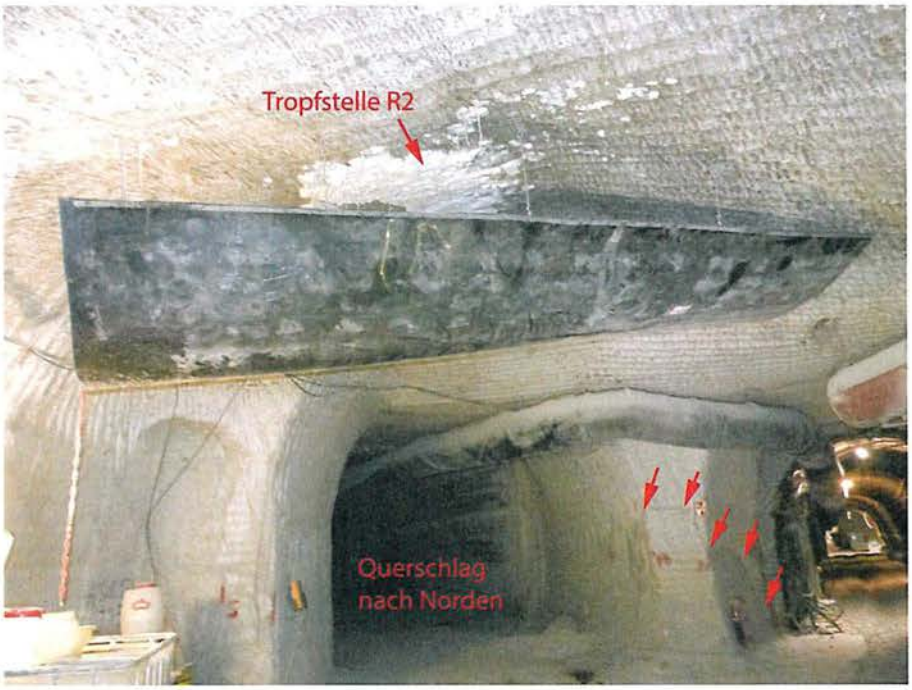


Abbildung 4.44: Nachschnitt nördlich Pfeiler 3/4 mit Tropfstelle am Rollloch R2 und dem fortschreitend entfestigten Pfeiler zwischen Nordstoß der Richtstrecke nach Westen (rechts im Bild) und dem Querschlag nach Norden, Blick nach Nordosten, 02.03.2020

Der Gleitbogenausbau in Abbau 4 zeigt die intensivsten Verschiebungen (Abbildung 4.45) und damit einhergehenden Schädigungen, Tropfstellen sind in diesem Abschnitt nicht erkennbar.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

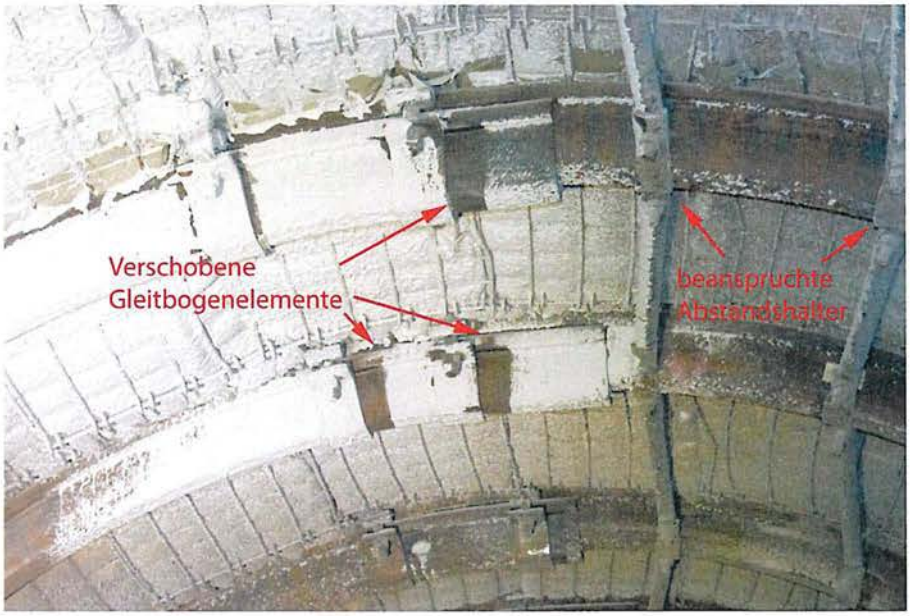


Abbildung 4.45: An Mörtelanhaftungen gut erkennbare Verschiebungen der Gleitbogenelemente im Firstbereich des Gleitbogenausbaus von Abbau 4/725, Blick nach Westen, 02.03.2020

Im Bereich des Pfeilers 4/5 liegt auch der Blindschacht 2, welcher im Vorfeld seiner Verfüllung durch eine L-förmige Schalungsmauer abgemauert wurde (Abbildung 4.46). In einer gegenüber am Nordstoß gelegenen Nische wurde Anfang 2018 eine Fluchtbohrung zur 700-m-Sohle gestoßen. Dort deuten sich an konturnahen Horizontalrissen potentielle Abschalungen an, welche sich augenscheinlich zum letzten Berichtsstand nicht aufgeweitet haben.

Abbildung 4.46: Nachgeschnittener Pfeiler 4/5, östlich des Lösungssumpfs (P725007) mit abgemauertem verfüllten Blindschacht 2 sowie nördlich davon in einer Nische verlaufende Fluchtbohrung zur 700-m-Sohle, Blick nach Osten, 02.03.2019

Der Querschlag nach Norden geht im Pfeiler 3/4 von der Richtstrecke nach Westen ab und verläuft nördlich bis auf Höhe des Pfeilers zwischen Abbau 6/725 (Na2) und ELK 7/725 (Na2). Auch im Querschlag erfolgte im südlichen Abschnitt ein Nachschnitt im Bereich der zuvor durch intensive

Abschalungen entfestigten Streckenkontur sowie ein Rückbau der dort befindlichen Radonlutte und der Einrichtungen des Lösungsmanagements.

Im Einmündungsbereich befindet sich die als Bewegungsfläche ausgebildete Schichtgrenze Na3β/K2C, welche durch Anker gesichert wurde. Auf dieser Höhe befindet sich auch der östlich abgehende und intensiv entfestigte ehemalige Zugang zu Abbau 4/725 im Firstniveau, welcher Anfang 2018 mit Sorelbeton verfüllt wurde (Abbildung 4.47).

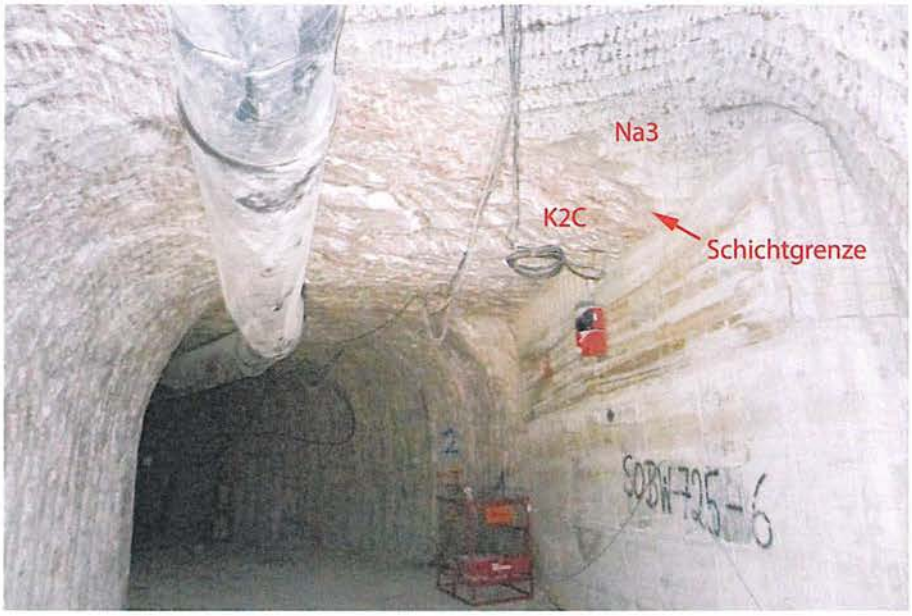


Abbildung 4.47: Geankerte Schichtgrenze Na3β/K2C und verfüllter Zugang zu Abbau 4/725 im südlichen Abschnitt des Querschlags nach Norden, Blick nach Nordosten, 02.03.2019

Im weiter nördlich gelegenen Abschnitt des Querschlags weist die Streckenkontur Abschalungen und Risse an den Stößen auf (Abbildung 4.48).

Abbildung 4.48: Nördlicher Abschnitt des Querschlags nach Norden mit der zur Fluchtbohrung verlaufenden Radonlutte und geschädigtem Weststoß, Blick nach Norden, 02.03.2019

Bewertung

Insgesamt zeigen sich fortschreitende Entfestigungen der Richtstrecke nach Westen und des Querschlags nach Norden auf der 725-m-Sohle, wobei sich 2019 anhand der Rissmessungen, Konvergenzmessungen und Verschiebungen in den Gleitbogenausbauen überwiegend eine stagnierende bis leicht abgeschwächte Zunahme der Schädigungsgeschwindigkeit abzeichnet. Die Fassungsraten der in der „Gleitbogenausbaustrecke" aufgefangenen Lösungen stagniert auf dem seit März 2018 vorliegendem Niveau. Die insgesamt noch erhöhte mikroseismische Aktivität ist weiterhin deutlich rückläufig, was in Zusammenhang mit den 2017 und 2018 umgesetzten Verfüllmaßnahmen im Bereich der unterlagernden 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle stehen kann.

Derzeit ist die Gebrauchstauglichkeit im Bereich der Richtstrecke nach Westen („Gleitbogenausbaustrecke") und des Querschlags nach Norden auf der 725-m-Sohle gegeben. Aufgrund der jedoch weiterhin fortschreitenden Schädigungen wird Folgendes empfohlen:

- Generell sollte eine Sanierung des Fassungssystems in der gesamten Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle erfolgen, um einer Verlagerung der NaCl-dominierten Lösungen (mit hohem Lösungspotential gegenüber dem Kalisalz) zur nördlich liegenden Trennfläche Steinsalz/Carnallitit zu begegnen.
- Im Zuge der Sanierung der Fassungsstellen sollten diese, nach Abbaureihen getrennt, jeweils in den Pfeilern 2/3 und 3/4 so ausgebaut werden, dass nach einer späteren Streckenverfüllung das Lösungsmonitoring von der Wendelstrecke auf dem Niveau der 679-m-Sohle aus erfolgen kann.
- Aufgrund der kontinuierlich zunehmenden Entfestigungen im Bereich der Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle sollte eine zügige Verfüllung dieser Strecke, des Querschlags nach Norden sowie grundsätzlich aller nicht mehr benötigten Gruben- bzw. Resthohlräume im Umfeld erfolgen. Nach der bereits erfolgten Verfüllung der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle würde dies in der Gesamtheit die Stabilisierung dieses Bereichs forcieren und die fortschreitende Schädigung abbremsen. Zudem kann einer weiteren Aktivierung von potentiellen Migrationspfaden in Richtung der ELK entgegengewirkt werden.
- Nach Umsetzung der geplanten Verlagerung des Radonbohrung-1-Systems sowie nach Abschluss aller vom entfestigten Querschlag nach Norden zu erstellenden Erkundungsbohrungen sollte dieser durch die vorgesehene Erstellung einer Strömungsbarriere verfüllt werden.
- Da in der Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle insbesondere die aus dem Hangenden zutretenden Lösungen gefasst werden, sollte die Verbesserung der Lösungsfassung bzw. Lösungskanalisation im Hangenden sowie die Sanierung der Hauptauffangstelle in Abbau 3/658 vorangetrieben werden.
- Zur weiteren Stabilisierung ist auch eine Firstspaltverfüllung von Abbau 3/725 zu empfehlen.

4.7 Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle

Zur Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit des Füllorts Schacht 2 auf der 750-m-Sohle wird seit 2012 ein Monitoringprogramm [61] durchgeführt, welches neben einer visuellen Kontrolle auch die Überwachung von Firstkontrollbohrungen, Rissmessstellen und Konvergenzmessstrecken sowie ein Firstnivellement beinhaltet. Seit 2013 wird der Bereich des Schachts 2 von der Füllortbühne auf der 750-m-Sohle bis zur unterhalb gelegenen Buchtholzbühne in das Monitoring einbezogen. Nachfolgend

wird seit 2015 das nordwestlich anschließende Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle in das Monitoring integriert.

Auf Grundlage der Monitoringergebnisse wurden bereits diverse Verfüll- bzw. Stabilisierungsmaßnahmen durchgeführt. So erfolgten 2013 die Verfüllung einer Nische im östlichen Füllortbereich sowie die Erstellung von östlich und westlich an die nördliche Pfeilerumfahrung anschließenden Stützbauwerken aus Sorelbeton. In 2014 erfolgte die Teilverfüllung des westlichen Füllorts mit Sorelbeton, einschließlich des Bereichs zwischen südöstlichem und südwestlichem Pfeiler unmittelbar am Schacht 2. Anschließend wurde 2015 der vom Füllort Schacht 2 abgehende Hauptquerschlag nach Norden mit Sorelbeton verfüllt.

In 2016 erfolgte ein Nachschnitt des geschädigten Stoßes am südlichen Füllort Schacht 2, welcher vom Einmündungsbereich in den Hauptquerschlag nach Süden bis zur Einmündung in die nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle reicht. Dabei wurden vorhandene Gipsmarken und Risse entfernt und der durch einen ehemaligen Luttenkanal unterschnittene Bereich mittels eingepasster Sorelbeton-Mauerelemente stabilisiert. Der gegenüberliegende Stoß des südöstlichen Pfeilers von Schacht 2, mit den entfestigten Bullflexsäulen, wurde 2016 durch eine firstbündige Sorelbetonstützmauer stabilisiert.

Bis Ende 2017 wurde diese Mauer nach Westen, entlang des geschädigten nördlichen Pfeilerstoßes, bis zu einer durch Vertikalrisse fragmentierten Sorelbetonmauer fortgesetzt. Diese geschädigte und sich vom Pfeiler ablösende Sorelbetonmauer wurde im Anschluss durch Mörtelinjektionsanker gesichert und anteilig durch eine weitere Verlängerung der neuen Stützmauer überdeckt.

Am Füllort von Schacht 4 auf der 750-m-Sohle sind von August 2015 bis Februar 2016 sukzessive umfangreiche Stützbauwerke am West- und Oststoß erstellt worden, welche in die nördliche Richtstrecke nach Westen eingebunden sind. Von November bis Dezember 2019 wurde der an leichten Aufwölbungen gerissene Beton in der Sohle des Zugangs zum Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle entfernt und durch Verbundpflastersteine ersetzt.

Der bis zum Füllort Schacht 4 reichende Übergangsbereich des Füllorts Schacht 2 zur nördlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle, wurde 2018 lokal kleinräumig geankert und wird fortlaufend beraubt.

Messergebnisse

Firstkontrollen mittels Bohrlochkamera

Die aktuell zur Bewertung der Firstsicherheit genutzten Firstkontrollbohrungen FKBrg. 750-1, FKBrg. 750-4, FKBrg. 750-14 und FKBrg. 750-61 in Richtung der östlichen und westlichen Richtstrecken sowie die FKBrg. 750-34 und FKBrg. 750-35 im Bereich des Füllorts Schacht 4 auf der 750-m-Sohle wurden zuletzt am 21.01.2020 inspiziert (s. Anhang 13.1, Bild 85 auf Blatt 379).

An FKBrg. 750-01 und FKBrg. 750-04 im östlichen Füllortbereich wurden bislang keine offenen Risse festgestellt. Die Bohrlochkontur ist teils leicht rau ausgebildet, was auf eine geringfügige gebirgsmechanische Beanspruchung hindeuten kann bzw. abschnittsweise auf Spuren des Bohrvorgangs zurückzuführen ist. In FKBrg. 750-01 deutet sich anhand von partiellen Bohrmehlanhaftungen eine leicht feuchte Bohrlochkontur an (s. Anhang 13.2, Bild 87 auf Blatt 380). Bei FKBrg. 750-04 liegen partielle Salzausblühungen als Hinweis auf Feuchtigkeit vor (s. Anhang 13.2, Bild 88 auf Blatt 380). In der Kontur von FKBrg. 750-61, südöstlich des verfüllten Hauptquerschlags nach Norden, sind keine Entfestigungserscheinungen erkennbar.

Im Übergang zur nördlichen Richtstrecken nach Westen auf der 750-m-Sohle deuten sich in FKBrg. 750-14 im Bereich von 0,2 bis 0,3 m vereinzelte, nicht rundum verlaufende Haarrisse an, welche weiterhin keine Aufweitung zeigen. Diverse kleinere Konturausbrüche ab ca. 2,1 m sind auf den Bohrvorgang zurückzuführen. Zwischen 3,8 bis 5,0 m Bohrlochteufe liegt eine Kalisalzeinschaltung vor, in diesem Bereich mit feuchter Bohrlochkontur zeichnen sich vereinzelt beginnende Salzausblühungen ab (s. Anhang 13.2, Bild 89 auf Blatt 380).

In der aufgelockerten Firste im Zugangsbereich zum Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle, westlich des inneren Wettertores, wurde in der Firstkontrollbohrung FKBrg. 750-34 bis etwa 2,0 m eine deutlich beanspruchte Bohrlochkontur detektiert. Dort sind neben diversen angedeuteten Rissbildungen bei 0,1 m ein rundum laufender Riss mit einer Öffnungsweite von etwa 0,5 bis 3 mm (s. Anhang 13.2, Bild 90 auf Blatt 380) sowie bei 0,4 m und 0,9 m Teufe beginnende Rissöffnungen erkennbar (s. Anhang 13.2, Bild 91 auf Blatt 380).

Weiter westlich im Zugang des Füllorts Schacht 4, unmittelbar vor dem großen geschädigten Überhang zur Schachtröhre, zeigen sich in Firstkontrollbohrung FKBrg. 750-35 diverse Konturausbrüche. Bei etwa 2,2 m Teufe ist ein rissähnlicher Konturausbruch erkennbar (s. Anhang 13.2, Bild 92 auf Blatt 380).

Beobachtung der Rissmessstellen

Bei einem Nachschnitt des südöstlichen Füllortstoßes 2016 wurden die dort vorliegenden Vertikalrisse entfernt. Während sich die im Übergang zur nördlichen Richtstrecke nach Osten gelegenen Risse am südöstlichen Füllortstoß seitdem nicht wieder ausgebildet haben, werden im Übergang zum Hauptquerschlag nach Süden seit Anfang 2017 wieder einzelne Risse am Stoß registriert. Diese Risse ziehen sich vollständig durch die Betonelemente des verfüllten ehemaligen Luttenkanals. Die Risse weisen am 21.05.2019 Öffnungsweiten von 0,4 mm bis zu ca. 2,0 mm und am 06.02.2020 von 0,5 mm bis zu ca. 2,5 mm auf. Demnach zeigt sich eine Fortsetzung der vorherigen leicht progressiven Rissaufweitung auf vergleichbarem Niveau. Die maximale Rissöffnungsrate beträgt am 06.02.2020 0,8 mm/a (am 21.05.2019 1,0 mm/a), die maximalen Rissverlängerungen liegen mit zuletzt 14 cm etwa doppelt so hoch wie die im Mai 2019 gemessenen.

Gegenüberliegend werden am Nordweststoß der östlichen Füllortumfahrung auch Risse im Sorelbeton-Stützbauwerk der westlichen Teilverfüllung des Füllorts Schacht 2 auf der 750-m-Sohle beobachtet. Dort ist am 06.02.2020 eine deutliche Rissaufweitung mit Öffnungsweiten von Haarrissbreite bis zu ca. 8,0 mm zu erkennen. Die maximale Rissöffnungsrate beträgt zu diesem Zeitpunkt 2,1 mm/a, wobei am 21.05.2019 nach vorheriger progressiver Entwicklung eine degressive Phase vorlag. Während am 21.05.2019 zumindest noch eine maximale Rissverlängerung von 1 cm gemessen wurden, war am 06.02.2020 keine Rissverlängerung erkennbar. Jedoch deutet sich die Entwicklung zweier neuer Haarrisse an.

Auch in der Fußfahrung vom Füllort Schacht 2 durch den Wetter- und Fahrungsgang innerhalb des Stützbauwerks der westlichen Teilverfüllung werden seit dem 21.03.2017 Risse aufgenommen, welche teils schon während des Abbindeprozesses vom Sorelbeton aufgetreten sind. Die aufgenommenen Risse weisen am 06.02.2020 Öffnungsweiten von 0,9 mm bis zu ca. 9 mm auf bei insgesamt leicht progressiven Raten von maximal 1,4 mm/a und Rissverlängerungen von 3 bis 4 cm. Die Vormessung am 21.05.2019 zeigte überwiegend stagnierende Werte, nur vereinzelt wurden zunehmende Öffnungsweiten mit Raten von maximal 2,9 mm/a und Rissverlängerung von maximal 10 cm dokumentiert.

Seit September 2017 werden vertikale Risse im Steinsalz des westlichen Pfeilers am Abzweig der westlichen Füllortumfahrung Schacht 2 auf der 750-m-Sohle von der Wendelstrecke gemessen. Die dortigen Risse zeigen am 01.09.2019 Öffnungsweiten von maximal ca. 4 mm und am 06.02.2020 von maximal ca. 5 mm bei zuletzt progressiven Raten von 2,3 mm/a und Rissverlängerungen im Zentimeterbereich.

Südlich davon mündet die von der 725-m-Sohle kommende Wendelstrecke in den Hauptquerschlag nach Süden auf der 750-m-Sohle. Dort werden seit März 2018 Risse in Sorelbetonstützmauern an den Stößen gemessen, deren Entwicklung am 06.02.2020 mit maximal ca. 1,5 mm Öffnungsweite bei Raten von 0,1 mm/a, wie bereits im Mai 2019, stagniert.

Seit März 2017 werden Risse in den zur Stabilisierung des Füllorts Schacht 4 auf der 750-m-Sohle errichteten Stützbauwerken gemessen, welche zu großen Teilen bereits während des Abbindeprozesses vom Sorelbeton aufgetreten sind. Die Öffnungsweiten der Risse betragen am 06.02.2020 0,9 mm bis zu ca. 18 mm. Die Rissöffnungsraten verlaufen insgesamt etwa auf dem Niveau der Vormessung (22.05.2019) und weisen neben stagnierenden Werten auch maximale Raten von bis zu 4,9 mm/a auf. Vereinzelt wurden Versatzbewegungen von bis zu 4,0 mm und Rissverlängerungen im Zentimeterbereich erfasst. In der sich zuletzt leicht aufwölbenden Sohle befindliche Risse sind aufgrund von Sanierungsarbeiten mit dem Einbau von Verbundpflaster entfallen.

Ergänzend erfolgt an den Pfeilern von Schacht 2 seit dem 10.08.2010 eine Rissüberwachung durch Bestimmung des Abstands von diversen beidseitig an den Rissen angebrachten Messpunkten (s. Anhang 13.1, Bild 85 auf Blatt 379 und Anhang 13.3 auf Blatt 381). An diesen Messpunkten wurde überwiegend eine stufenweise Entwicklung der Rissöffnungsweite mit einer Abhängigkeit der Rissentwicklung von einem Jahresgang registriert, wobei die Messpunkte MS1 bis MS3 sowie MS5 bis MS9 sukzessive nach Stabilisierungsmaßnahmen entfallen sind.

Die seit dem 03.09.2013 an der, zunehmend fragmentierten und sich vom Pfeiler ablösenden, Betonwand auf der Nordseite des südöstlichen Pfeilers eingerichtete Messstelle MS4 wird weiterhin gemessen (s. Anhang 13.3 auf Blatt 381), unterliegt aber bislang keinem ausgeprägten Jahresgang. Die entfestigte Sorelbetonmauer wurde bis November 2017 mit Mörtelinjektionsankern und im östlichen Teil zusätzlich durch eine vorgesetzte Stabilisierungsmauer gesichert. Seitdem bewegt sich die dort registrierte Rissöffnungsweite kontinuierlich in einem Bereich zwischen 2,7 bis 3,1 mm über dem Ausgangswert und zeigt keinen darüber hinaus gehenden Anstieg. Am 11.02.2020 beträgt die gemessene Rissöffnungsweite ca. 2,9 mm, was etwa dem Vorjahresniveau entspricht.

An den Vertikalrissen am Stoß des Übergangs Hauptquerschlag nach Süden / Wendelstrecke Richtung 725-m-Sohle, wurde Ende Februar 2016 das Fissurometer 049F eingerichtet (s. Anhang 13.1, Bild 85 auf Blatt 379). Im Zeitraum vom 04.01.2018 bis 02.02.2019 zeigt die Öffnungsweite einen Anstieg der Verschiebungswerte von 1,5 mm auf 2,3 mm mit entsprechenden Raten von 0,7 mm/a, die Gesamtverschiebungsrate liegt bei 1,0 mm/a. Im Jahr 2019 schwankt die Öffnungsweite nur geringfügig und steigt bis zum 02.02.2020 auf 2,7 mm an, bei einer Rate von 0,5 mm/a. Der Höhenversatz und die Scherung weisen im gleichen Zeitraum geringere Verschiebungswerte aber vergleichbare Raten von etwa 0,6 mm/a bzw. 0,4 mm/a auf. Die Gesamtverschiebungsrate liegt zur selben Zeit mit 0,9 mm/a leicht unterhalb des Vorjahres. Die Vertikalrisse zeigten seit 2014 überwiegend jährliche Verlängerungen im Bereich von mehreren Zentimetern bis in den Dezimeterbereich haben sich aber 2019 nur marginal verlängert.

Darüber hinaus wurde im Übergang zur nördlichen Richtstrecke nach Osten am Nordstoß, gegenüber der verfüllten Nische im östlichen Füllortabschnitt, 2016 das Fissuromter 047F an einem Vertikalriss eingerichtet (s. Anhang 13.1, Bild 85 auf Blatt 379). Nach einem Anstieg der Rissöffnungsweite bis Mitte Januar 2019 auf 2,3 mm bei einer Rate von ca. 1,1 mm/a folgt eine Stagnation bis Ende Juni 2019. Vom 25.06.2019 bis zum 25.11.2019 steigt die Öffnungsweite auf etwa 2,8 mm an, wobei die Rate von ca. 1,2 mm/a etwa der Vorjahresentwicklung entspricht. Anschließend folgt bis Anfang Februar 2020 wieder eine eher stagnierende Entwicklung der Öffnungsweite, welche etwa der Gesamtverschiebung entspricht. Der Höhenversatz hat sich im Lauf des Jahres nur geringfügig um etwa 0,2 mm auf −0,5 mm vergrößert. Die Scherung ist um etwa 0,1 mm auf zuletzt −0,3 mm gestiegen, Höhenversatz

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

und Scherung sind somit weiterhin untergeordnet. Die Rissenden der Vertikalrisse, welche seit Beobachtungsbeginn 2014 überwiegend jährliche Verlängerungen im Dezimeterbereich aufwiesen, haben sich in 2019 nur unwesentlich verlängert.

Ende Oktober 2016 wurde im Übergang zur nördlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle, östlich von Füllort Schacht 4/750, das Fissurometer 048F an einem Riss in der Firste instrumentiert (s. Anhang 13.1, Bild 85 auf Blatt 379).

Nach einer Zunahme des Höhenversatz-Verschiebungsbetrags bis zum 02.02.2019 von etwa −0,9 mm auf −1,6 mm bei einer Rate von 0,9 mm/a ist bis Anfang Juni 2019 eher eine stagnierende Entwicklung zu verzeichnen. Aufgrund von technischen Problemen bis Ende September 2019 ist der weitere Verlauf für alle Bewegungsrichtungen schwer zu beurteilen. Zum 03. März 2020 beträgt der Höhenversatz 2,4 mm und liegt nur etwas unterhalb der Gesamtverschiebung im gleichen Zeitraum mit 2,7 mm. Das Fissurometer 048F weist zum 03.03.2020 einen Verschiebungsbetrag der Scherung von 0,7 mm und der Öffnungsweite von 0,9 mm auf.

Im Rahmen der westlichen Teilverfüllung wurde die Gipsmarke GM8/750 in einer Spritzbetonbefestigung am südwestlichen Füllortpfeiler abgeworfen und der überwachte Riss mit Sorelbeton gefüllt. Da sich dieser Riss auch nach Durchführung der Teilverfüllung weiterhin verschiebt, wurde dort Ende August 2017 das Fissurometer 053F installiert (s. Anhang 13.1, Bild 85 auf Blatt 379). Nachdem von November 2018 bis 24. Februar 2019 eher stagnierende Werte für die Rissöffnungsweite und die Scherung von jeweils etwa 5 mm vorlagen, schließt sich dort bis Anfang November 2019 wieder eine progressive Phase an. So steigt die Rissöffnungsweite bis zum 01.11.2019 auf 7,7 mm mit einer Rate von 4,0 mm/a und die Scherung auf 8,7 mm mit einer Rate von 5,3 mm/a, wobei die Scherung erstmals oberhalb der Öffnungsweite liegt. Die Gesamtverschiebungsrate beträgt in dem gleichen Zeitraum 6,7 mm/a und liegt damit unterhalb des Vorjahreswerts von 10,5 mm/a sowie der zuletzt 2014 in der Hauptaufweitungsphase an der benachbarten Messstelle MS2 ermittelte Verschiebungsrate für die Öffnungsweite von 13,5 mm/a. Bis zum 17.02.2020 verändern sich die Verschiebungsbeträge deutlich geringfügiger und liegen mit Raten von max. 0,4 mm/a etwas unterhalb des Niveaus der im Vorjahr erfassten stagnierenden Phase.

Firstnivellement

Um Unterschiede der Firstsenkungen im stark durchbauten Bereich des Füllortes Schacht 2 auf der 750-m-Sohle erfassen zu können, werden die Nivellementpunkte einem in der Firste vermarkten Bezugspunkt außerhalb des Füllortbereiches (hier FN 01/750) gegenübergestellt und bewertet. Ergänzend wurde ein Polygonpunkt in der Sohle unterhalb FN 01/750 eingemessen (s. Anhang 13.1, Bild 86 auf Blatt 379). Die Erfassung der Höhenänderungen erfolgt in Millimetern; die Messgenauigkeit liegt bei 0,3 mm.

Bedingt durch die 2014 im Bereich des Füllorts durchgeführten Verfüllmaßnahmen sind die westlichen Nivellementpunkte FN 02/750 bis FN 04/750 und FN 13/750 sowie der südlich gelegene Messpunkt FN 05/750 entfallen. Seit dem 29.01.2016 wird in der neuen westlichen Umfahrung des Füllorts Schacht 2 der Firstpunkt FN 44/750 in das Nivellement mit einbezogen.

Die Messungen am 18.02.2020 belegen an den seit 2012 erfassten Messpunkten mit Senkungsbeträgen von 67 bis 86 mm eine Fortsetzung der bisherigen Firstabsenkung, wobei an Messpunkt FN 44/750 erst seit Anfang 2016 gemessen wird. Die Raten von 8,9 mm/a bis 11,4 mm/a liegen durchgehend leicht unterhalb dem Vorjahresniveau. Ebenso liegen die Verformungsraten von etwa 1,6 bis 3,3 ‰/a ebenfalls geringfügig unter den im Januar 2019 registrierten Werten. Die Absenkung im östlichen Füllortbereich liegt weiterhin gleichauf mit den Werten des außerhalb gelegenen Vergleichspunkts bzw. an FN 09/750 bis FN 11/750 zunehmend darunter (s. Anhang 13.1, Bild 86 auf Blatt 379). Demgegenüber werden die

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16.

größten Gesamtabsenkungen und Absenkungsdifferenzen zum Vergleichspunkt weiterhin im südlichen Teilbereich des Füllorts an FN 06/750 und FN 07/750 registriert, auch am mittig zwischen den Füllörtern 2 und 4 gelegenen Messpunkt FN 44/750 werden hohe Absenkungsraten ermittelt.

Horizontale Konvergenzmessstrecken

Im Zuge der Verfüllmaßnahmen wurden die Messstrecken K026 und K027 in 2013 bzw. 2015 abgeworfen. Mitte November 2015 wurden im Umfeld des Füllorts Schacht 2 auf der 750-m-Sohle die drei horizontalen Messstrecken K042, K043 und K044 jeweils in der Nähe der Wettertore eingerichtet. Die Messstrecke K042 ist westlich des Wettertors zur nördlichen Richtstrecke nach Osten, Messstrecke K043 ist nordöstlich des Wettertors zum Hauptquerschlag nach Süden und Messstrecke K044 ist in der westlichen Füllortumfahrung nordöstlich des Wettertors zur Wendelstrecke gelegen (s. Anhang 13.1, Bild 85 auf Blatt 379). Als typische Messgenauigkeit für die Erfassung der Konvergenz horizontaler Messstrecken ist von 1 mm auszugehen.

Nachdem die Konvergenzraten zur Vormessung für K042 im Messzeitraum von November 2018 bis Januar 2019 auf 6,8 mm/a abgesunken sind erfolgte bis Juli 2019 ein auf 9,1 mm/a. Dem folgt ein Rückgang auf 7,6 mm/a zum letzten Messzeitraum von November 2019 bis Januar 2020. Der Mittelwert der Verformungsraten für 2019 liegt mit 1,2 ‰/a deutlich unter dem für 2018 mit 1,5 ‰/a. Dem entsprechend zeigt sich auch der Verlauf der Gesamtkonvergenz von 41 mm im Januar 2020 leicht abgeschwächt (s. Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30).

Für die Konvergenzmessstrecke K043 betragen die Konvergenzraten zur Vormessung im Zeitraum November 2018 bis Januar 2019 10,1 mm/a und steigen die Konvergenzraten bis Juli 2019 bis auf 11,4 mm/a an, um bis zum Zeitraum November 2019 bis Januar 2020 wieder auf 9,5 mm/a (Verformungsrate 1,5 ‰/a) abzusinken (s. Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30). Auch hier liegt der Mittelwert der Verformungsraten für 2019 mit 1,5 ‰/a unter dem Vorjahresniveau von 1,7 ‰/a. Für die Gesamtkonvergenz an K044 mit 48 mm im Januar 2020 deutet sich ebenfalls ein abgeflachter Verlauf an (s. Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30).

An Messstelle K044 betragen die Konvergenzraten zur Vormessung im Zeitraum November 2018 bis Januar 2019 11,9 mm/a und steigen bis Juli 2019 auf 15,1 mm/a. Nachfolgend sinken die Konvergenzraten zum Zeitraum November 2019 bis Januar 2020 auf 8,7 mm/a ab. Der Mittelwert der Verformungsraten für 2019 liegt mit 1,9 ‰/a geringfügig unter dem Vorjahreswert von 2,0 ‰/a. Auch im Verlauf der Gesamtkonvergenz an K044 mit 61 mm im Januar 2020 deutet sich eine leicht degressive Entwicklung der Rate an (s. Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30)

Seit August 2018 werden insgesamt 8 vertikale und horizontale Konvergenzmessstellen durch tachymetrische Vermessung von 13 Messpunkten (7507 bis 7519) im östlichen Füllortbereich ausgewertet. Dabei dokumentieren die südlich des südöstlichen Füllortpfeilers gelegenen Messstellen sowohl vertikale als auch horizontale Konvergenzen mit Raten bis maximal 8,0 mm/a. Nördlich des südöstlichen Pfeilers werden im östlichen Füllort neben vertikalen Konvergenzen, mit Raten von maximal 6,0 mm/a, auch geringe horizontale Divergenzen mit Raten bis maximal –2,0 mm/a registriert (s. Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30).

Visuelle Kontrolle Füllort Schacht 2

Im Bereich des Füllorts Schacht 2 auf der 750-m-Sohle wurde 2017 der entfestigte und teilweise mit einer fragmentierten Betonmauer versehene südöstliche Pfeiler durch Mörtelinjektionsanker sowie der partiellen Errichtung neuer Stützmauerelemente gesichert und zeigt seitdem keine zunehmende Entfestigung im Bereich der betonierten Stöße. (s. Abbildung 4.49).

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Abbildung 4.49: Füllort mit durch Stützmauern und Einbau von Mörtelinjektionsankern stabilisiertem südöstlichen Pfeiler sowie vereinzelt geraubten flachen Lösern im Firstbereich, Blick nach Westen (21.02.2020)

Oberhalb der betonierten Stöße, im Übergang zur Firste, zeigt sich der südöstliche Pfeiler durch Risse entfestigt und ist systematisch geankert sowie mit Maschendrahtverzug gesichert. Im unmittelbaren Übergang zur Füllort-Kopfbühne hat die Firste nur eine geringe Mächtigkeit und weist ebenfalls Risse auf. Unmittelbar unterhalb der Kopfschutzbühne wurde 2018 der zunehmend geschädigte Nordoststoß im Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle beraubt und mit Ankern gesichert.

Östlich und westlich des Schachts werden zunehmend leichte Aufwölbungen in der Sohle der Füllortbühne registriert. Der beanspruchte Bereich reicht im Osten bis etwa 6,0 m vom Schacht, dort verläuft ein Riss quer über die Sohle. Ende 2019 mussten die bereits nach oben stehenden Abschlussbleche im Übergang zur östlichen Füllortsohle teilweise abgeschnitten und nach unten gewinkelt neu angebracht werden. Westlich des Schachts wölbt sich die Füllortsohle unmittelbar vor der Fußfahrung im Stützbauwerk zunehmend auf (s. Abbildung 4.50).

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Abbildung 4.50: Füllortbereich westlich des Schachts 2 mit zunehmender Aufwölbung bzw. Schädigung der Sohle. Ein Riss in der nicht firstbündigen Spritzbetonstabilisierung des südöstlichen Pfeilers wird durch Fissurometer 053F überwacht, Blick nach Südwesten (21.02.2020)

Die Entfestigungen am südöstlichen Füllortstoß, im Übergang zum Hauptquerschlag nach Süden, setzen sich weiterhin geringfügig fort, die dortigen vertikalen Risse im Stoß weiten sich zunehmend bis in die Sorelbetonelemente des verfüllten Luttenkanals aus (s. Abbildung 4.51).

Abbildung 4.51: Die Risse im Salz und den Sorelbetonelementen des verfüllten Luttenkanals am südöstlichen Füllortstoß haben sich nur im Zentimeterbereich verlängert, Blick nach Südosten (10.03.2020)

Weitere Risse im Sorelbeton werden am Südweststoß des Stützbauwerks der westlichen Teilverfüllung und im durch dieses verlaufenden Fahrweg registriert. Auch eine von Südwesten nach Nordwesten durch

das Stabilisierungsbauwerk bis zum Schacht 2 verlaufende Bohrung zum Aufspulen des Unterseils zeigt nach 1,05 m vom Südstoß einen querschlägigen Riss geringer Öffnungsweite, wobei sich der dort vorliegende Versatz der Risskanten augenscheinlich leicht vergrößert hat.

Ebenso lassen sich an den im Salzgestein ausgebildeten Vertikalrissen im Umfeld von den Fissurometern 047F und 049F sowie am nördlichen Pfeiler von der Einmündung der westlichen Umfahrung in die Wendelstrecke geringfügige Rissaufweitungen und Verlängerungen erkennen. Auch die Verschiebungen des Fissurometers 053F am vormals durch die Gipsmarke GM8/750 überwachten Riss, im Bereich des mit Spritzbeton stabilisierten südwestlichen Pfeilers, weisen auf gebirgsmechanische Beanspruchungen hin (s. Anhang 13.3 auf Blatt 382 und Abbildung 4.50).

Abbildung 4.52: Intensiv entfestigter südlicher Stoß des nördlichen Füllortpfeilers von Schacht 2/750 mit Rissen und Abschalungen, Blick nach Nordwesten (10.03.2020)

Der im Bereich des hinterfüllten nördlichen Pfeilers bereits intensiv entfestigte und mit reliktischen Mörtelschichten behaftete Nordstoß des Füllorts Schacht 2 weist zunehmend Risse und Abschalungen auf (s. Abbildung 4.52). Auch im östlichen Abschnitt des nördlichen Füllortstoßes zeigen sich zunehmend flache Abschalungen im Bereich hinter dem HFK-Container.

Die Schädigungen des ergänzend in das Monitoringprogramm aufgenommenen Bereichs am Schacht 2 auf der 750-m-Sohle, von der Füllortbühne bis zur Buchtholzbühne, setzen sich kontinuierlich fort (s. Abbildung 4.53 und Abbildung 4.54).

Abbildung 4.53: Intensiv geschädigter Schachtausbau mit Rissen in Beton und Mauerwerk unterhalb der Füllortbühne, Blick nach Westen (10.03.2020)

Im Vergleich zur Befahrung Anfang 2018 haben insbesondere die Entfestigungserscheinungen am Betonring unmittelbar unterhalb der Füllortbühne, verstärkt im Osten und Süden des Schachts, weiterhin zugenommen (s. Abbildung 4.54). Die in diesem Bereich bereits seit längerem dokumentierten Tropfstellen, wie Katasterstelle P750157, sind derzeit nicht erkennbar produktiv.

Abbildung 4.54: Intensiv geschädigter Betonring mit zunehmender Rissbildung im östlichen Auflagebereich der Füllortbühne , Blick nach Nordosten (10.03.2020)

Etwa auf halber Höhe zwischen Füllort- und Buchtholzbühne sind am, lokal durch Feuchtigkeit dunkel verfärbten, Nordweststoß neue stalaktitenförmige Verlaufspuren eingetrockneter Lösung erkennbar, welche aktuell scheinbar trocken sind (s. Abbildung 4.55).

Abbildung 4.55: Eingetrocknete stalaktitenförmige Verlaufspuren von Lösung am Nordweststoß zwischen Füllort- und Buchtholzbühne, Blick nach Norwesten (10.03.2020)

Die auf Höhe der tiefergelegenen Buchtholzbühne ausgebildeten Schädigungen zeigen visuell keine signifikanten Veränderungen. Es wurde jedoch 2019 im Rahmen von Ertüchtigungsarbeiten ein nicht mehr ausreichend ins Gebirge einbindender Träger im Nordosten der Füllortbühne unterfangen und durch oberhalb der Bühne angebrachte Halterungen entlastet (s. Abbildung 4.56). Die in diesem Schachtabschnitt registrierte Tropfstellen sind aktuell ebenfalls trocken gefallen. Das mittlerweile nicht mehr mittig zwischen den Spurlatten verlaufende Unterseil gibt einen Hinweis auf zunehmende Verbiegungen innerhalb der Schachtachse.

Abbildung 4.56: Der unterhalb der Buchtholzbühne unterfangene nordöstliche Stahlträger wird zusätzlich durch oberhalb der Bühne angebrachte Stahlprofile entlastet, Blick nach Nordosten (10.03.2020)

Visuelle Kontrolle Füllort Schacht 4

Unmittelbar nordwestlich des bislang betrachteten Monitoringbereichs um Schacht 2 auf der 750-m-Sohle, im östlichen Teil der nördlichen Richtstrecke nach Westen, schließt sich das Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle an.

In dem, direkt westlich der neuen Umfahrung des Schachts 2 auf der 750-m-Sohle in einem stark durchbauten Bereich gelegenen, Füllort waren umfangreiche Schädigungen ausgebildet.

Zur Stabilisierung der vormals intensiv geschädigten Stöße bzw. des Mauerwerks und zum Unterfangen des großflächigen Überhangs zum Schacht hin, wurden von November 2015 bis Januar 2016 jeweils östlich und westlich im Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle mehrere Stützbauwerke aus Sorelbeton erstellt, welche bis an die nördliche Richtstrecke nach Westen einbinden.

Die Firste zwischen den Stützbauwerken im Zugangsbereich des Füllorts zeigt sich insbesondere im südwestlichen Abschnitt entfestigt, ist jedoch durch eine Systemankerung noch ausreichend gesichert (s. Abbildung 4.57).

Abbildung 4.57: Durch Stützbauwerke stabilisierter Zugang zum Füllort Schacht 4/750 mit Systemankerung an entfestigter Firste und neu verlegtem Verbundsteinpflaster in der Sohle (21.02.2020)

Im Bereich des ehemaligen östlichen Wettertores sind jedoch Risse ausgebildet, welche nicht durch Maschendrahtverzug gesichert sind, dort sind Sicherungsmaßnahmen vorzusehen. Die im Beton der Stützbauwerke registrierten Risse korrespondieren teilweise mit Entfestigungen in der geschädigten Firste und zeigen aktuell überwiegend nur eine geringe Zunahme der Aufweitung. Da sich die zuletzt leicht aufgewölbte und mehrfach gerissene Betonsohle im Zugangsbereich des Füllorts zunehmend entfestigt zeigte, wurde diese Ende 2019 abgetragen und durch Verbundpflastersteine ersetzt (s. Abbildung 4.57).

Die nördliche Richtstrecke nach Westen, zwischen der westlichen Füllortumfahrung Schacht 2 und dem Zugang zu Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle, weist, begünstigt durch einen kleinräumigen Wechsel der geologischen Schichten, zunehmend intensive Abschalungen und Risse an den Stößen auf (s. Abbildung 4.58).

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Abbildung 4.58: Regelmäßig beraubter intensiv geschädigter Norddstoß der nördlichen Richtstrecke nach Westen zwischen westl. Umfahrung und Schacht 4/750, Blick nach Südwesten (12.02.2019)

Wiederholt wurden an beiden geschädigten Stößen die teilweise bis in den Übergang zur Firste reichenden Abschalungen geraubt, am Südweststoß wurde eine Abschalung im Übergang zur Firste geankert (s. Abbildung 4.59).

Abbildung 4.59: Bis zum Übergang Stoß/Firste geschädigter Südstoß der nördlichen Richtstrecke nach Westen zwischen westl. Umfahrung und Schacht 4/750 mit geankerter Schale, Blick nach Südwesten (12.02.2019)

Im westlichen Pfeiler des Einmündungsbereichs der westlichen Umfahrung von Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle in die Wendelstrecke wurden im Oktober 2017 Vertikalrisse mit geringer Öffnungsweite dokumentiert, welche zuletzt eine leicht progressive Entwicklung aufweisen.

Bewertung der Ergebnisse / Fazit

Die in [62] für den durch das Monitoringprogramm überwachten Bereich des Füllorts Schacht 2 auf der 750-m-Sohle vorgesehenen Sanierungsmaßnahmen sind weitestgehend umgesetzt bzw. erweitert worden. Dazu wurden seit 2013 umfangreiche Verfüllmaßnahmen, die Erstellung von Stützbauwerken, der Einbau von Ankern und Konturnachschnitte durchgeführt. Darüber hinaus erfolgten ab 2015 Stabilisierungs- und Sanierungsmaßnahmen im Bereich des später in das Monitoring einbezogenen Füllorts Schacht 4 auf der 750-m-Sohle sowie untergeordnet im zwischen den Füllörtern gelegenen östlichen Abschnitt der nördlichen Richtstrecke nach Westen.

Der Bereich des nördlichen Stoßes am südöstlichen Pfeiler wurde 2017 umfassend durch Injektionsmörtelanker und ein Stützbauwerk aus Sorelbeton stabilisiert, seitdem zeigt die dortige Messstelle MS4 bis zuletzt keine weitere Rissaufweitung.

Die aktuell am benachbarten südwestlichen Pfeiler, im Bereich der ehemaligen Gipsmarke GM8/750, registrierten signifikanten Verschiebungsraten unterliegen weiterhin einem deutlichen Jahresgang, analog der zuvor an den inzwischen entfallenen Messstellen am Pfeiler ermittelten Werte.

Zu Beginn des Monitorings wurde innerhalb des Füllorts Schacht 2 auf der 750-m-Sohle, im Vergleich zum Nivellementpunkt außerhalb des Füllorts, insgesamt eine zunehmend erhöhte Absenkung der Firstnivellementpunkte registriert. Nach Durchführung der Stabilisierungsmaßnahmen hat sich diese zunehmende Absenkung nur an den im südlichen Füllort verbliebenen Nivellementpunkten fortgesetzt. Auch der erst seit einem kürzeren Zeitraum betrachtete in der westlichen Füllortumfahrung gelegene Firstnivellementpunkt weist ähnlich hohe Absenkungsraten auf.

Am östlichen Füllort ist im Vergleich dazu keine erhöhte Absenkung mehr erkennbar. Vielmehr stellt sich dort eine zunehmend niedrigere Absenkung als am Vergleichspunkt außerhalb des Füllorts ein, wobei diese lokal verringerten Absenkungsraten mit den unmittelbar östlich und westlich des Schachts am Füllort zu beobachtenden Aufwölbungen koinzidieren.

Die 2016 bei Nachschnittarbeiten im Übergang zur nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle entfernten Risse am südöstlichen Füllortstoß haben sich bis zum Berichtsstand nicht wieder ausgebildet. Die dort im Bereich des unterschnittenen Luttenkanals, im Übergang zum Hauptquerschlag nach Süden, seit 2017 verzeichneten Risse reichen bis in die Sorelbetonverfüllung des Luttenkanals und weiten sich zunehmend aus. In dem gegenüberliegenden, im Zuge der westlichen Teilverfüllung erstellten Stabilisierungsbauwerk sind im Bereich des Oststoßes sowie im querenden Gang der Fußfahrung ebenfalls Risse mit leicht progressiver Aufweitung dokumentiert. Die Geschwindigkeit der Schädigungsentwicklung nimmt dort jedoch nicht erkennbar zu.

Die an den Fissurometern im Übergang zur nördlichen Richtstrecke nach Osten, in Richtung des Hauptquerschlags nach Süden sowie in der Firste der westlichen Umfahrung erfassten Risse zeigen im Vergleich zum Vorjahr ähnliche bzw. geringfügig abnehmende Verschiebungsraten. An dem in der Spritzbetonstabilisierung am südwestlichen Pfeiler installierten Fissurometer werden einem deutlichen Jahresgang unterliegende Phasen hoher Verschiebungsraten sowie mit stagnierendem Verlauf registriert. Dies entspricht dem Schädigungsverlauf an diesem Pfeiler vor Umsetzung der Stabilisierungsmaßnahmen, wobei jedoch eine geringere und im Vergleich zum Vorjahr etwa um ein Drittel verringerte Entfestigungsgeschwindigkeit vorliegt.

An den Messstrecken im Übergang zur nördlichen Richtstrecke nach Osten, nordöstlich des Wettertors zum Hauptquerschlag nach Süden und in der westlichen Füllortumfahrung werden wie im Vorjahr tendenziell sinkende horizontale Konvergenzraten zur Vormessung ermittelt. Die seit Messbeginn dokumentierten Schwankungen der Messwerte im Jahresverlauf setzen sich fort. Die für 2019 ermittelten Mittelwerte der Verformungsraten liegen insgesamt unterhalb der 2018 erhobenen Mittelwerte,

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

wobei der Rückgang im östlichen Füllort am deutlichsten ausfällt. Dies korrespondiert mit den neu betrachteten tachymetrisch gemessenen horizontalen Messstrecken, welche im östlichen Füllort teilweise leicht divergente Entwicklungen zeigen. Langfristig betrachtet liegen die ermittelten horizontalen Konvergenzen jedoch immer noch auf dem Niveau der bislang aufgezeichneten Raten, daher lässt sich aus den wiederholt rückläufigen Konvergenzen noch keine nachhaltige Stabilisierung ableiten.

Während sich die Abschalungen am nordöstlichen Füllortstoß hinter dem HFK-Container augenscheinlich nicht relevant vergrößert haben, nehmen die im Bereich des nördlichen Füllortpfeilers an Schacht 2 auf der 750-m-Sohle ausgebildeten Risse und Abschalungen weiterhin kontinuierlich zu. Auch die unmittelbar westlich und östlich des Schachts dokumentierten Sohlenaufwölbungen der Füllortbühne belegen eine intensive gebirgsmechanische Beanspruchung in diesem Bereich. Das zeitgleiche Zusammenwirken einer zunehmend verminderten Absenkung der Firste mit wachsenden Aufwölbungen der Sohle und teilweise horizontalen Divergenzen könnte zusätzlich zur Destabilisierung im unmittelbaren Schachtumfeld beitragen. So zeigt sich bei Betrachtung des Ausbaus von Schacht 2 vom Füllort auf der 750-m-Sohle bis zur Buchtholzbühne insbesondere der Betonring des Auflagebereichs der Arbeitsbühne zunehmend geschädigt. Die Entfestigung im tiefergelegenen Umfeld der Buchtholzbühne hat sich erkennbar weniger deutlich vergrößert.

Insgesamt ist derzeit die Gebrauchstauglichkeit für alle durch das vorliegende Monitoring erfassten Grubenbereiche gegeben. Zur Sicherung der Gebrauchstauglichkeit und um der fortlaufenden Entfestigung in den Füllörtern und im Schachtausbau relevant entgegenzuwirken, sind jedoch weitere Maßnahmen erforderlich:

- Am Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle ist der geschädigte Nordpfeiler zu stabilisieren, auch um Druck von der eingespannten Füllortbühne zu nehmen.
- Der entfestigte nordöstliche Stoß des südwestlichen Füllortpfeilers mit der gerissenen Spritzbetonstabilisierung sollte ebenfalls ertüchtigt werden, zumal keine firstbündige Stabilisierung vorliegt.
- Aufgrund der längeren Standzeit des östlichen Abschnitts bis zum planmäßigen Abwerfen des Füllorts, wird die Einrichtung einer Systemankerung mit Maschendraht im Bereich der Firste - zunächst zwischen Schacht 2 auf der 750-m-Sohle und verfülltem Hauptquerschlag nach Norden - empfohlen.
- Zum Erhalt der Sicherheit im Schacht 2, von der Füllortbühne auf der 750-m-Sohle bis zur Buchtholzbühne, sollten Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden (z. B. segmentweises Nachankern).
- Aufgrund der zunehmenden Schädigungen des Schachtausbaus ist eine baldmöglichste Verfüllung des aufgelockerten Schachts mit Sorelbeton, zunächst bis zur Buchtholzbühne, vorgesehen.
- Der Übergangsbereich des Füllorts Schacht 2 auf der 750-m-Sohle zur nördlichen Richtstrecke nach Westen, zwischen westlicher Umfahrung und Schacht 4 auf der 750-m-Sohle, wurde in den letzten Jahren mehrfach beraubt und lokal kleinräumig geankert. Zur Begrenzung der weiterhin zunehmenden Schädigung sollte dieser Streckenabschnitt durch Stützmauern ertüchtigt werden.
- Im Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle sollte der nicht in die Systemankerung einbezogene geschädigte Firstabschnitt mit Maschendrahtverzug gesichert werden.

Im südlichen Füllortbereich von Schacht 2 in Richtung des Hauptquerschlags nach Süden und im westlich anschließenden Übergang zum Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle zeigt sich überwiegend eine konstante bis leicht zunehmende Schädigungsentwicklung. An den Stößen des südwestlichen und nördlichen Pfeilers sowie im Auflagebereich der Arbeitsbühne ist eine deutliche fortlaufende

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Entfestigung zu beobachten. Unmittelbar östlich und westlich des Schachts 2/750 sind zunehmende Sohlenaufwölbungen mit einhergehenden Schädigungen dokumentiert. Im östlichen Füllortbereich deutet sich eher eine stagnierende bis leicht degressive Schädigungsentwicklung an.

In den überwiegenden Bereichen des Monitoringgebiets kann durch die bisher durchgeführten Verfüll- und Sanierungsmaßnahmen von einer Reduzierung der Schädigungsgeschwindigkeit ausgegangen werden, im unmittelbaren Umfeld des Schachts 2/750 sowie im Übergang zur nördlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle ist noch keine wirksame Stabilisierung erkennbar.

4.8 Nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle

Der im Osten der 750-m-Sohle gelegene Monitoringbereich wurde sukzessiv erweitert und umfasst aktuell die nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle bis westlich des Strahlenschutz-Überwachungsbereichs sowie den dort nordwestlich abgehenden Abbau 5/750 (Na2), inklusive eines im Hangenden von Abbau 4/750 (Na2) bis zu einer Fluchtbohrung verlaufenden Streckenabschnitts (s. Anhang 14.5 auf Blatt 388). Der vormals einbezogene Bereich der 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten ist verfüllt [16] und wird nicht detailiert betrachtet.

Der Monitoring-Teilbereich der nördlichen und 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle liegt zwischen dem Carnallititbaufeld im Norden und dem südlich anschließenden, gebirgsmechanisch stark beanspruchten Na2-Baufeld im Sattelkern. Es stehen vorwiegend die Schichten von Speisesalz (Na2S) und Polyhalitbänkchensalz (Na2P) der Staßfurtfolge an. Die Grenzflächen von Na2S und Na2P verlaufen etwa WNW–ESE und queren die NW-SE verlaufenden Richtstrecken. Kieseritisches Übergangssalz (Na2K) tritt östlich des nach Norden abgehenden Querschlags im weiteren südöstlichen Verlauf der nördlichen Richtstrecken nach Osten auf und leitet in den Carnallitit des K2C über. Anschließend verläuft die Richtstrecke bis westlich des Zugangs zum Abbau 5/750 (Na2) im Kalisalz.

Der Teilbereich mit den Abbauen 4/750 (Na2) und 5/750 (Na2) befindet sich im stark beanspruchten Na2-Baufeld im Sattelkern. Die Abbaue 5/750 (Na2) und 4/750 (Na2) wurden im Na2S-Speisesalz aufgefahren, randlich von Schichten des Na2P und Na2K flankiert. Der im Firstbereich 1979 durch Sprengen entfernte Pfeiler zwischen den Abbauen 5a und 5b/750 (Na2) befindet sich demnach im Staßfurt-Hauptsalz (Na2β).

Die nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle wurde etwa 1920 aufgefahren. Eine nördliche Aufweitung im westlichen Streckenabschnitt, mit einhergehender Einrichtung einer Kfz-Werkstatt, erfolgte in zwei Phasen Mitte der siebziger und Mitte der achtziger Jahre des letzten Jahrhunderts. Bis Anfang Oktober 2012 sowie vom zweiten Quartal 2013 bis November 2013 wurde die Aufweitung als temporärer Standort der Misch- und Pumpanlage 30BA und seit Sommer 2014 als Pausenplatz genutzt. Südlich liegen zwei Zugänge zum versetzten Abbau 4a/750 (Na2), ein Zugang zu Abbau 5a/750 (Na2) sowie ein verfülltes ehemaliges Holzlager. Im weiteren östlichen Verlauf der nördlichen Richtstrecke nach Osten, bis zum Absperrgitter des Überwachungsbereichs vor dem Zugang des Blindschachts 3, gehen nördlich der Querschlag zur 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten und in südlicher Richtung die versetzten Zugänge zu Abbau 5a (Na2) bzw. Abbau 5 (Na2) ab.

Im Liegenden beider nördlichen Richtstrecken befinden sich verfüllte Bereiche der 775-m-Sohle, im Westen erstreckt sich im Hangenden die verfüllte A-Sohle des Carnallititbaufeldes im Niveau der 750-m-Sohle.

Westlich des Überwachungsbereichs am Blindschacht 3, geht von der nördlichen Richtstrecke nach Osten der von 1931 bis 1933 aufgefahrene Abbau 5/750 ab. Dieser geht im westlichen Verlauf in die

Abbaue 5a und 5b/750 (Na2) über, welche von 1932 bis 1935 erstellt wurden. Im Juli 1979 wurde der Pfeiler zwischen diesen beiden Abbauen im Bereich des Hangenden mit einer Mächtigkeit von 8 m herausgeschossen und die Abbaue vereint. Das herausgesprengte Material ist überwiegend als Haufwerk im ursprünglichen Bereich des Abbaus 5b/750 (Na2) verblieben. Ende der 1970-er Jahre erfolgte eine Firstsanierung des von 1930 bis 1934 aufgefahrenen und weitgehend versetzten Abbaus 4/750 (Na2). Dort verläuft noch eine Strecke im Firstniveau, welche den westlichen Teil des Abbaus 4/750 (Na2) überfährt und zum Abbau 6/725 (Na2) auf der 725-m-Sohle weiterführt. Der Monitoringbereich endet etwa mittig oberhalb des Abbaus 4/750 (Na2) auf Höhe einer 2001 aufgefahrenen nach Südwesten abgehenden Nische zur Aufnahme von Versatzbohrungen bzw. an einer dortigen Fluchtbohrung zur 700-m-Sohle.

Insgesamt ergibt sich für den infrastrukturell stark genutzten Monitoringabschnitt im westlichen Bereich der nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle die Situation eines hohen Durchbauungsgrads bei einem geringen Anteil an tragfähigen Gebirgsbereichen im Umfeld und einer langen offenen Standzeit. So lag 2012 das Verhältnis von Hohlraum zu Tragelementen für das Umfeld der Streckenaufweitung in der nördlichen Richtstrecke nach Osten noch bei ca. 70:30. Infolge der seitdem durchgeführten Verfüllmaßnahmen wurde dort der absolute Anteil an standfestem Material etwa um den Faktor 2,5 erhöht.

Im weiteren östlichen Verlauf der nördlichen Richtstrecke nach Osten, insbesondere östlich des Querschlags zur 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten, nimmt der Grad der Durchbauung vergleichsweise ab. Dennoch sind dort der Nord- und Südstoß durch tiefreichende Abschalungen bis in den Übergang zur Firste intensiv entfestigt, was überwiegend auf die lange offene Standzeit im gebirgsmechanisch stark beanspruchten Sattelkern und die Lage zwischen zwei Abbaufeldern zurückgeführt werden kann [58].

Auch im Bereich des im oberen Teil vereinten Abbaus 5/750 (Na2) sind deutliche Entfestigungserscheinungen erkennbar. Insbesondere am Südstoß sind vom Pfeiler zum Überwachungsbereich vor Blindschacht 3 bis in den Westen des Abbaus 5b/750 (Na2) massive Abschalungen und Risse zu verzeichnen, welche sich teilweise bis in den Übergang zur Firste ziehen. Im ursprünglichen Abbau 5b/750 (Na2) sind darüber hinaus auch flache Abschalungen an der südlichen Firste ausgebildet.

Der westliche Teil des nördlichen Pfeilerstoßes zwischen den Abbauen 5 und 4/750 (Na2) weist intensive Vertikalrisse auf, welche sich in Richtung des dort nicht firstbündig verfüllten Abbaus 4/750 (Na2) ausgebildet haben (s. Abbildung 4.63 auf Blatt 166). An diesem Abbau ist auch erkennbar, dass sich zumindest entlang des Nordstoßes noch Resthohlräume befinden. Im weiteren westlichen Verlauf der Strecke im Firstniveau des Abbaus 4/750 (Na2) weist der Südstoß, östlich der Nische zur Aufnahme von Versatzbohrungen, intensive Abschalungen auf und ist partiell durch Anker gesichert. Am Nordstoß der Strecke und an den Stößen der Nische sind diverse Vertikalrisse ausgebildet.

Bedingt durch die lange offene Standzeit und den hohen Durchbauungsgrad unterliegt der Monitoringbereich, insbesondere im westlichen Bereich auf Höhe der Streckenaufweitung mit dem Pausenplatz sowie am Querschlag zwischen nördlicher und 2. nördlicher Richtstrecke nach Osten, diversen Entfestigungs- und Bruchprozessen. Dort ist in den Firsten ein System von Rissen mit Öffnungsweiten im mm- bis dm-Bereich ausgebildet, die überwiegend in NW-SE- bis W-E-Richtung verlaufen.

In den Pfeilern und Stößen im Umfeld der Streckenaufweitung waren teils signifikante Auflockerungserscheinungen (Abschalungen, Risse) ausgebildet.

Durch umfangreiche Sanierungsmaßnahmen (s. Anhang 14.5 auf Blatt 388) wurden im westlichen Teil der nördlichen Richtstrecke nach Osten die in der Firste und an den Stößen ausgebildeten Risse nahezu vollständig unterfangen bzw. stabilisiert. Kleinere isolierte Pfeiler verminderter Tragfähigkeit im Umfeld der Streckenaufweitung wurden durch Betonagemaßnahmen ertüchtigt.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Die 2. nördliche Richtstrecke nach Osten und der überwiegende Teil der davon abgehenden Querschläge wurden vollständig mit Sorelbeton verfüllt. Lediglich im Zufahrtsbereich der nördlichen Richtstrecke nach Osten, westlich der Streckenaufweitung, sind noch NW-SE streichende Risse in der Firste erkennbar, welche mit dem Fissurometer 026F bzw. der Gipsmarke GM22 überwacht werden (s. Abbildung 4.60 und Anhang 14.1 auf Blatt 383).

Abbildung 4.60: Zufahrtsbereich mit Stabilisierungsbauwerken an beiden Stößen, unvollständig mit Maschendrahtverzug gesicherten Vertikalrissen sowie Bereich der unterfahrenen A-Sohle, Blick nach Südost (10.03.2020)

Bereits 2013 erfolgte als kurzfristige Sicherungsmaßnahme eine Bandagierung des westlichen Pfeilers zwischen der nördlichen und 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten mit Sorelbetonmauern sowie die Errichtung eines Stützbauwerkes im Durchhieb zwischen den beiden Richtstrecken nach Osten. Nachfolgend wurde 2014 ein Stützbauwerk am geschädigten Südstoß zwischen den Zugängen zu den Abbauen 4a und 5a (Na2) erstellt.

Im Anschluss wurden 2015 der Westteil der 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten und ein Teil des südlich abgehenden Querschlags mit Sorelbeton verfüllt. Ab Oktober 2016 wurde der Südstoß im Umfeld der Streckenaufweitung der nördlichen Richtstrecke nach Osten nachgeschnitten und das bereits vorhandene Stützbauwerk am Südstoß westlich und östlich verlängert. Zeitgleich wurden die östlich anschließenden Zugänge zu den Abbauen 4a (Na2) und 5a (Na2) abgemauert und mit Sorelbeton verfüllt.

Zur Stabilisierung der nördlichen Streckenaufweitung wurde 2016 der westliche Kleinpfeiler ertüchtigt und anschließend die nordwestlich anschließende Hälfte der Streckenaufweitung mit einer Schalungsmauer unterfangen und mit Sorelbeton verfüllt.

Der nordöstliche Teil der Streckenaufweitung wird als Pausenplatz genutzt (Abbildung 4.61).

Weiterhin erfolgte 2016 die Verfüllung des östlichen Teils der 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten bis zu den Kaliabbauen 9/Ost und 10/Ost mit Sorelbeton. Ebenso wurde in einer verfüllten Strecke, welche vom Querschlag zwischen den Richtstrecken nach Osten abgeht, ein an die hangende B-Sohle im Niveau der 750-m-Sohle anschließendes Rollloch betoniert.

Ein im Abbau 4a (Na2) erkundeter Firstspalt wurde 2017 zur weiteren Stabilisierung mit 4.704 m^3 Sorelbeton verfüllt. Im selben Jahr wurden auch die Sohle des Pausenplatzes mit Sorelbeton ertüchtigt und der westliche Abschnitt des Nordstoßes der nördlichen Richtstrecke nach Osten nachgeschnitten.

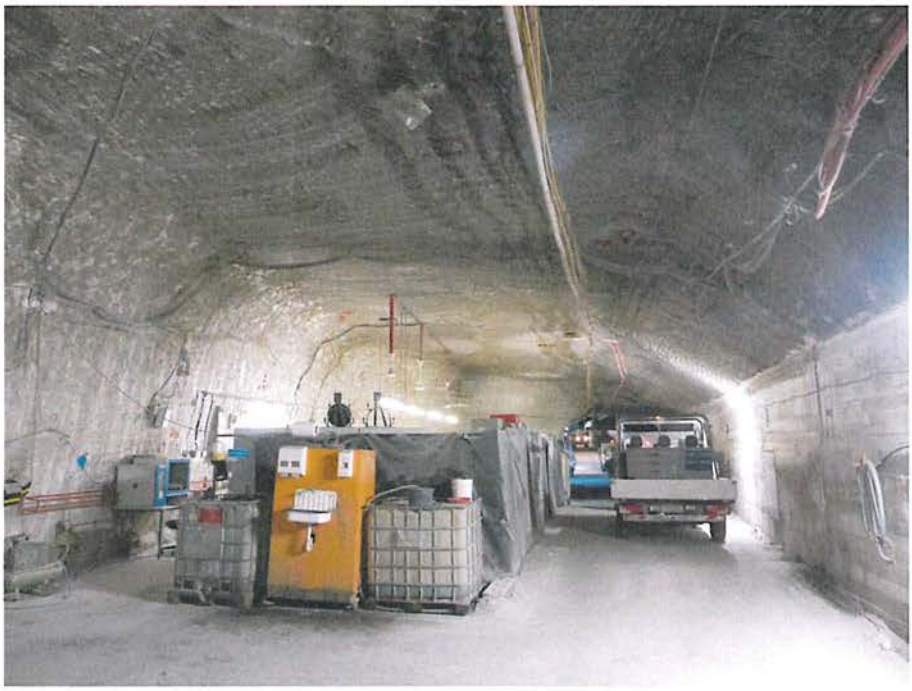


Abbildung 4.61: Pausenplatz in nordöstlicher Streckenaufweitung und mit Stützbauwerken stabilisierter Südstoß, Blick nach Südost (10.03.2020)

Im Abschnitt östlich des Querschlags zwischen den beiden Richtstrecken, bis zum Abzweig des Abbaus 5/750 (Na2), wies die nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle intensive Abschalungen auf. Trotz vorhandener Systemankerung nahm die Entfestigung der Stöße fortlaufend zu und zog sich teilweise bis in den Übergang zur Firste. Diese Abschalungen wurden durch einen von Ende 2019 bis Anfang 2020 durchgeführten Konturnachschnitt weitgehend beseitigt.

Am Südstoß des westlich von der Richtstrecke abgehenden Abbaus 5/750 (Na2) waren, vom Pfeiler zum Überwachungsbereich vor Blindschacht 3 bis in den Westen des Abbaus 5b/750 (Na2), massive und nur lokal geankerte Abschalungen und Risse zu verzeichnen, welche inzwischen durch einen Konturnachschnitt entfernt wurden. Entlang dieses Stoßes verläuft eine Fußfahrung vom Abzweig der nördlichen Richtstrecke nach Osten bis zum Plateau der Faktenerhebung (FE).

Der Übergang des Zufahrtsbereichs in den Abbau 5/750 (Na2) ist systematisch durch Anker gesichert.

Der zwischen Südstoß und dem östlichen Betonfundament des Plateaus der Faktenerhebung ausgebildete Zwickel im Bereich einer verfüllten Wetterbohrung zeigte sich durch Risse und Abschalungen entfestigt und wurde im August 2019 mit Sorelbeton verfüllt.

Auf dem Plateau der Faktenerhebung, im Bereich westlich und östlich des Zugangs zur ELK 7/750, ziehen sich die Entfestigungen am Südstoß teilweise bis in den Übergang zur Firste und waren entsprechend geankert bzw. mit Maschendrahtverzug gesichert. Am Westrand des unteren östlichen Pateaus der FE wurde der geschädigte Südstoß bereits im Mai 2015 lokal durch ein einzelnes vormals nicht firstbündiges Stützmauer-Teilsegment gesichert.

Im weiteren westlichen Verlauf (ursprünglich Abbau 5b/750 (Na2)) ist am entfestigten Südstoß Salzhaufwerk gelagert, von dem 2018 ein Teilstück freigeladen wurde. Dort wurde eine Lager- bzw. Containerstellfläche für die FE hergerichtet und der Südstoß durch eine firstbündige Stützmauer stabilisiert.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Die westlich anschließende Haufwerksböschung wurde durch einen Mauersockel und bis zur Firste reichendem Geotextil gesichert.

Das im Ostteil firstbündige Salzhaufwerk ist im größeren Westteil nur bis ca. 1 m unter der Firste ausgebildet (Abbildung 4.62), hier sind entsprechend Anhang 14.5 auf Blatt 388 Stabilisierungsmaßnahmen vorgesehen.

Abbildung 4.62: Entlang des Südstoßes von Abbau 5b/750 (Na2)gelagertes Salzhaufwerk mit Übergang von firstbündiger Lagerung im Osten zum westlichen Abschnitt mit Firstspalt, Blick nach Nordwesten (10.03.2020)

Im westlich des Haufwerks anschließenden Abbau sind nach einem Nachschnitt einzelne tiefgreifende Risse am Südstoß sowie wenige kleinräumige flache Abschalungen an der Firste verblieben. Letztere wurden teilweise durch Anker gesichert.

Der nördliche Stoß des Pfeilers zwischen den Abbauen 5 und 4/750 (Na2) weist im westlichen Teil intensive Vertikalrisse auf (Abbildung 4.63). Diese ziehen sich in Richtung des am Nordstoß nicht firstbündig verfüllten Abbaus 4/750 (Na2).

Abbildung 4.63: Entfestigter Pfeiler mit Vertikalrissen am Nordstoß zwischen den Abbauen 5 und 4/750 (Na2). Der Abbau 4/750 (Na2) ist im Übergang nicht firstbündig verfüllt und weist zumindest am Nordstoß Hohlräume unbekannter Ausdehnung auf, Blick nach Osten (10.03.2020)

Der Abbau 4/750 (Na2) ist zumindest entlang des Nordstoßes nicht vollständig verfüllt, da sich dort noch Hohlräume zwischen Stoß und Versatzmaterial unbekannter Ausdehnung erkennen lassen. Die Verfüllung der Hohlräume und eine Sicherung des nördlichen Pfeilerstoßes durch ein Stützbauwerk sind in Anhang 14.5 auf Blatt 388 vorgesehen.

Im weiteren westlichen Verlauf der Strecke im Firstniveau des Abbaus 4/750 (Na2) weist der Südstoß, östlich einer Nische zur Aufnahme von Verfüllbohrungen, intensive Abschalungen auf und ist partiell durch Anker gesichert. Am Nordstoß der Strecke und an den Stößen der Nische sind diverse Vertikalrisse mit weitgehend geringer Öffnungsweite im Millimeterbereich ausgebildet.

Seit Anfang 2019 wurden umfangreiche Sanierungsmaßnahmen im Monitoringbereich durchgeführt (s. Anhang 14.5 auf Blatt 388).

Nachdem in den vergangenen Jahren im zunehmend geschädigten östlichen Abschnitt der nördliche Richtstrecke nach Osten nur vereinzelt kleinräumige händische Beraube- bzw. Ankermaßnahmen durchgeführt wurden, erfolgt dort seit November 2019 ein intensiver Nachschnitt der Streckenkontur. Nach Errichtung eines Wetterverschlags westlich des Zugangs zum Abbau 5/750 (Na2) im November 2019 wurde in diesem Streckenabschnitt sukzessive die Systemankerung mit dem Maschendrahtverzug geraubt und zunächst ein maximal ca. 1,8 m tiefer Kanal in den Scheitelpunkt der Firste gefräst. Von dort aus wurde zuerst der Nordstoß in max. etwa 1,0 m Breite nachgeschnitten, wobei der weit überwiegende Teil der Auflockerungen entfernt wurde (Abbildung 4.64). Nachfolgend wurde bis Februar 2020 der Südstoß zunächst bis in den Bereich unterhalb des Übergangs der Firste zum Stoß gefräst.

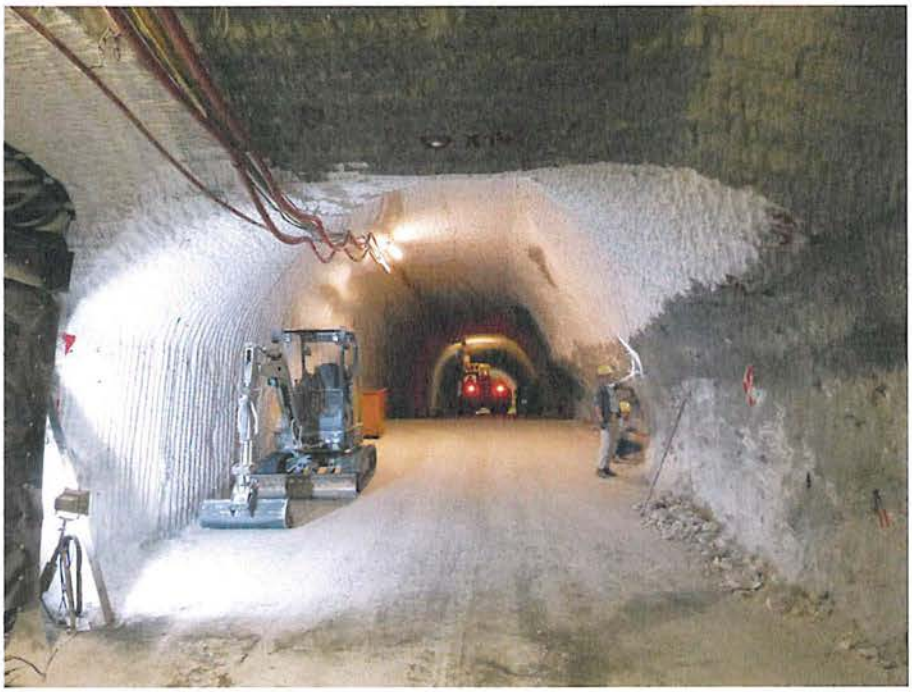


Abbildung 4.64: Nördliche Richtstrecke n. Osten östlich des Querschlags mit Grubenwehrraum am Beginn der Sohlenaufhöhung mit Sorelbeton. Nordstoß und Firste sind nachgeschnitten, der Südstoß wird zum Nachschnitt vorbereitet. Blick nach Südosten (10.03.2020)

Im Anschluss ist ein vollständiger Nachschnitt bis zur Sohle vorgesehen, bevor der Südstoß durch eine vorgesetzten Stabilisierungsmauer stabilisiert wird. Die Sohle selbst wird aktuell bis zum Abzweig des Zugangs zu Abbau 5/750 (Na2) mit einer max. 0,8 m mächtigen Sorelbetonlage ertüchtigt, welche auch zur Stabilisierung der unteren Stoßbereiche beiträgt (Abbildung 4.65). Im Anschluss ist eine Angleichung der zur Faktenerhebung (FE) verlaufenden Rampensohle vorgesehen (Abbildung 4.66).

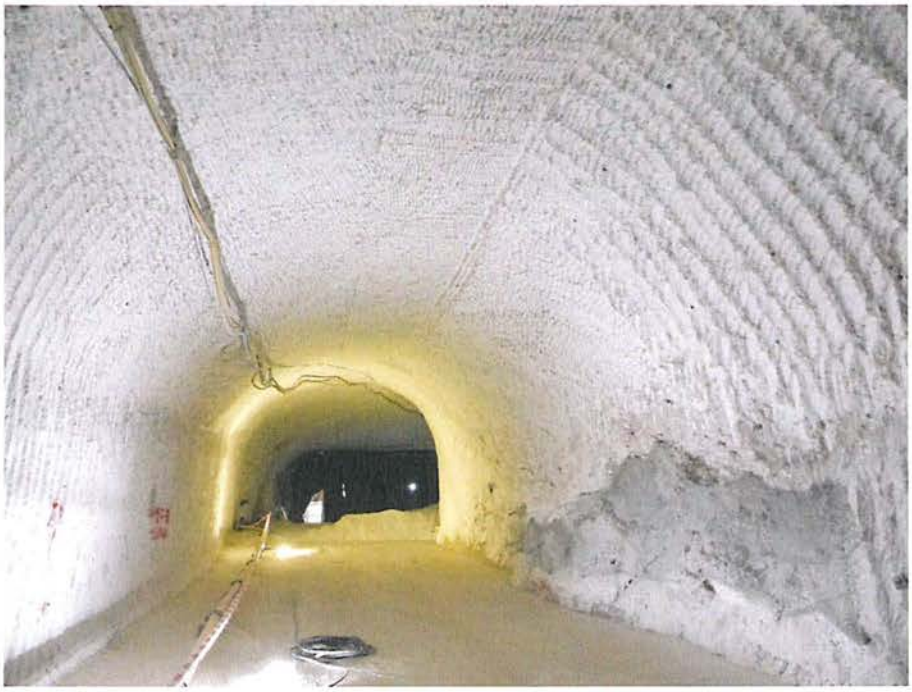


Abbildung 4.65: Nachgeschnittene Nördliche Richtstrecke n. Osten mit bis zum Abzweig des Zugangs zu Abbau 5/750 (Na2) erfolgte Sohlenaufhöhung mit Sorelbeton. Der Südstoß wird noch nachgeschnitten und mit einer Stützmauer stabilisiert. Blick nach Südosten (10.03.2020)

Auch in dem geschädigten Zugangsbereich zu Abbau 5/750 (Na2) werden aktuell umfangreiche Sanierungsmaßnahmen durchgeführt, wobei bis zum Anschluss an das FE-Plateau die Streckenkontur beidseitig nachgeschnitten wurde (Abbildung 4.66).

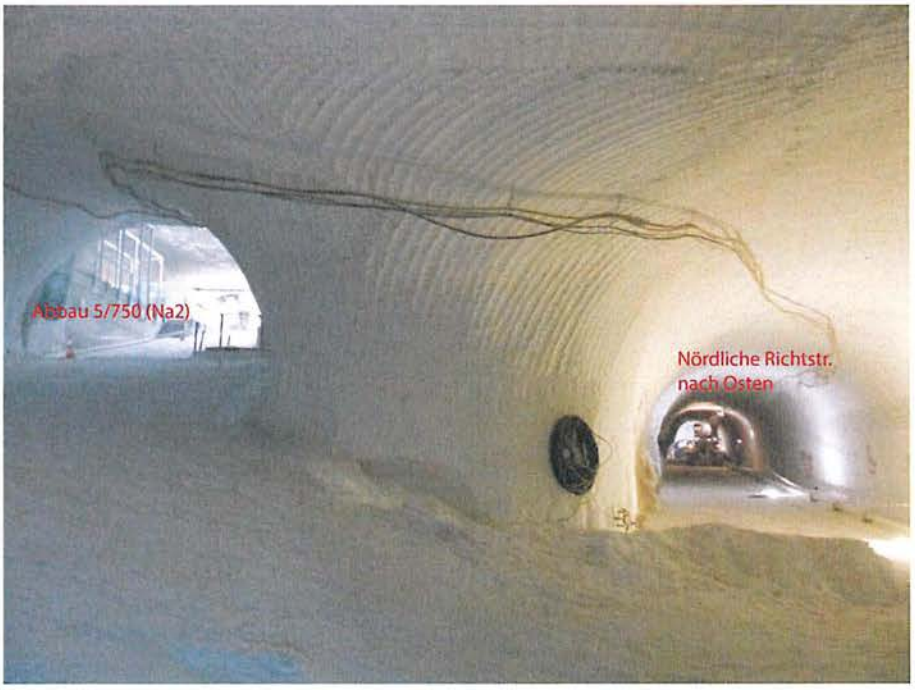


Abbildung 4.66: Pfeiler zwischen nördlicher Richtstrecke n. Osten und ebenfalls beidseitig nachgeschnittenem Zugang zu Abbau 5/750 (Na2). Die Rampe des Zufahrtsbereichs ist noch an die betonierte Sohle der Richtstrecke anzugleichen. Blick nach Westen (10.03.2020)

Dadurch wurden die vorhandenen Schädigungen bis auf einzelne reliktische Risse weitestgehend

entfernt (Abbildung 4.67).

Der zwischen dem Südstoß im Übergang zum Abbau 5/750 (Na2) und dem östlichen Betonfundament des Plateaus der Faktenerhebung (FE) ausgebildete entfestigte Zwickelbereich wurde im August 2019 abgeschalt und mit einem Sorelbetonstützbauwerk stabilisiert. Dieses schließt bündig an das östliche Plateau der Faktenerhebung an (Abbildung 4.67).

Abbildung 4.67: Beim Nachschnitt des entfestigten Südstoßes im Zufahrtsbereich zum Abbau 5/750 (Na2) wurden die Schädigungen bis auf reliktische Risse weitgehend entfernt. Der geschädigte Zwickel im Übergang des Südstoßes zum Sorelbetonplateau des Standorts der Faktenerhebung wurde betoniert. Blick nach Südwesten (10.03.2020)

Nachdem 2015 und 2018 erste Abschnitte des entfestigten Südstoßes im Bereich des Abbaus 5 bzw. 5a/750 (Na2) mit Stützmauersegmenten stabilisiert wurden, erfolgte 2019 eine durchgehende Sicherung des Südstoßabschnitts vom betonierten Zwickel am östlichen FE-Plateau bis zur westlichen Lagerfäche vor dem Salzhaufwerk (Abbildung 4.69). So wurde im Juni 2019 der Lückenschluss zwischen dem älteren Mauersegment am Westteil des unteren FE-Plateaus und der Mauer am höher gelegenen Lagerplatz östlich des Haufwerks hergestellt. In diesem Zuge wurden am Lagerplatz auch Sockel zur Aufnahme von Messcontainern betoniert.

Östlich des Zugangs zur ELK 7/750, am geplanten Erkundungsstandort der ELK 12/750, wurden die entfestigten Süd- und Oststöße nachgeschnitten und mit Sorelbetonstützmauern firstbündig stabilisiert (Abbildung 4.68). Diese schließen am Oststoß an den betonierten Zwickelbereich an und verlaufen ca. 2 m bis in den östlichen Stoß des Zugangs zur ELK 7/750 hinein.

KOM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Abbildung 4.68: Sanierter Standort zur geplanten Erkundung der ELK 12/750 mit firstbündigen Stützmauern am Ost- und Südstoß, Blick nach Südosten (21.02.2020)

Der Südstoß westlich des Zugangs zur ELK 7/750 wurde ohne vorherigen Nachschnitt mit einer Stützmauer gesichert, welche an das bereits westlich vorhandene ältere Mauerelement anschließt. Darüber hinaus wurde letzteres zur Firste hin abgemauert, womit der Südstoß im Bereich der Faktenerhebung (FE) bis zum Salzhaufwerk durchgehend firstbündig stabilisiert wurde (Abbildung 4.69).

Abbildung 4.69: Durchgehend mit firstbündigen Stützmauern stabilisierter Südstoß zwischen dem Zugang zur ELK 7/750 und dem westlich gelagertem Salzhaufwerk. Blick nach Süden (21.02.2020)

Im Anschluss wurde der geplante Erkundungsstandort der ELK 12/750 auf dem östlichen Plateau der FE mit einem speziellen Fußbodenbelag und Einhausungen versehen. Vor Anbringung einer

Bewetterungslutte in diesem Bereich erfolgte eine Überprüfung der Firststabilität durch Einrichtung und Kontrolle einer Firstkontrollbohrung.

Messergebnisse

Gipsmarken

In der nördlichen Richtstrecke nach Osten ist nur die Gipsmarke GM22/750 verblieben (s. Anhang 14.1 auf Blatt 383), welche aktuell weiterhin keine Risse aufweist.

Rissmarkierungen

Seit Anfang 2017 werden die überwiegend bereits während des Abbindeprozesses entstandenen Risse in den Sorelbeton-Stabilisierungsbauwerken im Bereich der nördlichen Richtstrecke nach Osten regelmäßig aufgenommen und überwacht.

An den Stützmauern im Bereich des Südstoßes bzw. Stabilisierungsbauwerken an den davon abgehenden Strecken werden am 07.02.2020 Risse mit Öffnungsweiten von Haarrissbreite bis 7,5 mm gemessen, die überwiegend negativen bis stagnierenden Bewegungsraten liegen maximal bei 1,9 mm/a. Bis auf einen maximalen Versatz der Risskanten von 7,5 mm sind die Versatzbewegungen zu vernachlässigen. Die maximal registrierte Rissverlängerung beträgt 7,5 cm.

An den Stützmauern am Nordstoß im Bereich des ertüchtigten Kleinpfeilers sowie am Stabilisierungsbauwerk in der nordwestlichen Streckenaufweitung werden am 07.02.2020 Risse mit Öffnungsweiten von Haarrissbreite bis 7,0 mm mit Raten bis zu 2,9 mm/a gemessen. Die maximalen Versatzbewegungen liegen bei 3,0 mm, die maximal registrierte Rissverlängerung beträgt 4,0 cm.

Seit dem 24.10.2019 werden im Bereich des geplanten Standorts zur Erkundung der ELK 12/750 am östlichen Plateau der Faktenerhebung im Abbau 5/750 (Na2) Risse in Stützmauern am Ost- und Südstoß sowie im Betonsockel des Plateaus überwacht. Bei der Messung am 08.11.2020 betragen die maximalen Öffnungsweiten an den Stützmauern am Stoß 9,0 mm und im Podestsockel 3,0 mm, wobei keine signifikanten Veränderungen zur Ausgangsmessung registriert wurden.

Fissurometermessungen

Im Monitoringbereich ist nur das Fissurometer 026F im westlichen Zufahrtsbereich der Streckenaufweitung verblieben, welches am 14.12.2012 installiert wurde um dort vorhandene Nordost-Südwest streichende Risse zu überwachen (s. Anhang 14.1 auf Blatt 383 und Abbildung 4.60 auf Blatt 163).

Die Zeitreihe der Fissurometermessungen an 026F zeigt bis zum Beginn der Verfüllmaßnahmen im November 2016 einen vom Jahresgang beeinflussten Messwertverlauf mit einer kontinuierlich anwachsenden maximalen Öffnungsweite von bis zu 1,7 mm. Infolge der Erstellung umfangreicher Betonagen im Umfeld des Fissurometers bis Mitte Dezember 2016 wurde eine Phase mit progressiver Entwicklung der Öffnungsweite unterbrochen und die Öffnungsweite auf 0,6 mm reduziert. Danach steigt die Rissöffnungsweite, deutlich langsamer als zuvor und erreicht nachfolgend in den vom Jahresgang bedingten progressiven Entwicklungsphasen nur noch Werte von 1,0 bis 1,3 mm.

So sinkt die Öffnungsweite vom 06.02.2019 bis zum 01.09.2019 Jahresgang bedingt von 1,3 mm bis auf 0,3 mm über dem Ausgangspunkt ab und steigt bis zum 05.01.2020 wieder auf 1,2 mm an, was einer Rate von 2,7 mm/a entspricht. Die Raten der Scher- und Höhenversatzverschiebungen bewegen sich in diesem Zeitraum mit Werten von 0,8 mm/a bzw. 0,1 mm/a auf einem deutlich niedrigeren Niveau.

Diese Raten für die progressive Entwicklung liegen bislang insgesamt nur geringfügig unterhalb der Vorjahreswerte für den Wiederanstieg. In der regressiven Phase fiel der Rückgang der Öffnungsweite 2019 deutlich geringer aus als in 2018.

Konvergenzmessungen

Im September 2004 wurde in der nördlichen Richtstrecke nach Osten der Konvergenzmessquerschnitt K6 eingerichtet (s. Anhang 14.1 auf Blatt 383). Der Konvergenzmessquerschnitt K5 in der 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten ist 2015 durch die Verfüllung der 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten entfallen.

Die zuletzt an Konvergenzmessquerschnitt K6 am 01.11.2019 bestimmte vertikale Konvergenzrate beträgt 6,8 mm/a und liegt unterhalb der Messung vom 02.11.2018 mit 8,1 mm/a. Die zur Jahresmitte 2019 erhobene Rate (13.08.2019) zeigt sich mit 9,6 mm/a unterhalb des Vorjahreswerts (08.08.2018) mit 11,2 mm/a (s. Abschnitt 2.2.7 auf Blatt 30). Die jährlichen Verformungsraten an K6 (Bezug 01.11.2018-01.11.2019) liegen mit 1,4 ‰/a deutlich unterhalb der für 2018 bzw. 2017 ermittelten Werte von 1,9 bis 2,1 ‰/a.

Firstkontrollbohrungen

Im August 2012 wurden im Bereich der nördlichen Richtstrecke nach Osten drei vertikale Firstkontrollbohrungen (FKBrg. 750-05 bis 750-07) erstellt. Zur Überprüfung der Firste im Bereich unterhalb der A-Sohle wurden 2013 die vertikale Firstkontrollbohrung FKBrg. 750-31 und die mit 30,7° in Richtung Südosten ansteigende FKBrg. 750-32 gestoßen (s. Anhang 14.1 auf Blatt 383). Um die Tragfähigkeit der Firste hinsichtlich der Befestigung des Lüfters im Zugang zur Faktenerhebung (Abbau 5/750 (Na2)) bewerten zu können, wurde 2018 unmittelbar südlich des Lüfters die Firstkontrollbohrung FKBrg. 750-62 erstellt. Im September 2019 wurde die Firstkontrollbohrung FKBrg. 750-64 zur Prüfung der Firststabilität am geplanten Standort zur Erkundung der ELK 12/750, im Bereich des Abbaus 5/750 (Na2), erstellt. Darüber hinaus wird die im Jahre 2004 für Spannungssondierungen erstellte Erkundungsbohrung R7-3 in die Bohrlochkamerainspektion einbezogen.

In den letzten Befahrungen der Firstkontrollbohrungen FKBrg. 750-05, -06, -07 und der Erkundungsbohrung R7-3 vom 20.01.2020 sowie der Firstkontrollbohrungen FKBrg. 750-62 und -64, vom 12.12.2019 bzw. 17.09.2019 zeigen diese Bohrungen beanspruchte Konturen, aber weiterhin keine offenen Risse. Der durchfeuchtete Bereich sowie die Ausbildung von Salzausblühungen in der Bohrung R7-3 haben sich im Vergleich zur letzten Inspektion nicht relevant vergrößert (s. Anhang 14.2, Bild 100 auf Blatt 385).

Die Firstkontrollbohrung FKBrg. 750-31 durchteuft die mit Sorelbeton A 1 verfüllte Strecke auf der A-Sohle im Bereich von 2,4 m bis 4,6 m Bohrlochteufe und endet bei 5,0 m wieder im anstehenden Salz. In den Bohrlochabschnitten mit den Übergängen von Salz/Sorelbeton bzw. Sorelbeton/Salz wurden Auflockerungen in Form von Rissen mit Öffnungsweiten von 2 bis 8 mm festgestellt (s. Anhang 14.2 auf Blatt 384). Seit der Inspektion am 14.09.2018 deutet sich im Sorelbeton zwischen 3,0 bis 3,1 m Teufe die Ausbildung potentieller Vertikalrisse an, welche sich am 09.01.2019 als geöffnete Haarrisse im Abschnitt von 2,8 bis 3,3 m zeigen. Bei der letzten Inspektion am 20.01.2020 hat sich der Rissabschnitt auf 2,7 bis 3,4 m vergrößert, die Öffnungsweite ist auf maximal 1 mm gewachsen.

In der zuletzt am 20.01.2020 inspizierten Firstkontrollbohrung FKBrg. 750-32 befindet sich der Übergang Steinsalz/Sorelbeton bei 4,5 m und der Übergang Sorelbeton/Steinsalz bei 7,2 m Bohrlochteufe. Im nordwestlichen Bereich sind ab 4,1 m Bohrlochteufe bis zum Übergang in den Sorelbeton starke Auflockerungen und Rissbildungen an der Bohrlochkontur erkennbar. Somit besteht kein formschlüssiger Übergang vom Steinsalz zum Sorelbeton (s. Anhang 14.2, Bilder 97 bis 98, auf Blatt 385). Der Übergang

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

vom Sorelbeton zum Steinsalz bei 7,2 m Bohrlochteufe erfolgt nahezu bündig (s. Anhang 14.2, Bild 99 auf Blatt 385). Zwischen 1,9 bis 3,5 m sind vereinzelt kleinräumige Salzausblühungen zu erkennen.

Die zwei in die A-Sohle im westlichen Eingangsbereich des Standorts gestoßenen Firstkontrollbohrungen (FKBrg. 750-31 und FKBrg. 750 32) belegen eine geringe Schwebenmächtigkeit von etwa 2,4 m, wobei die Schwebe ab einem Konturabstand von etwa 2,0 m diverse Risse und Auflockerungen aufweist.

Firstextensometer

Zur detaillierteren Überwachung im Bereich der Streckenaufweitung (Pausenplatz) wurden von Dezember 2012 bis Januar 2013 sechs Zweifach-Extensometer (Ankerpunkte bei 2,0 m und 4,0 m) in der Firste instrumentiert (Anhang 14.1 auf Blatt 383). An den Kopfpunkten der fünf Extensometer FiEx 750-01 bis FiEx 750-05 wird die Temperatur in einer Bohrlochteufe von 0,4 m erfasst (Anhang 14.3 auf Blatt 386). Bei den Extensometermessungen beträgt die Messunsicherheit 0,1 mm und bei den Temperatursensoren 1 K.

Bei vor der Instrumentierung durchgeführten Videoinspektionen zeigten sich nur in der Bohrung FiEXBrg.750-04 deutlich aufgelockerte Bereiche bzw. Risse. Diese durch Extensometer FiEx750-04 sowie Fissurometer 025F überwachten Rissstrukturen wurden Ende Oktober 2016 vollständig durch ein firstbündiges Stützbauwerk aus Sorelbeton unterfangen, wobei die Messfunktionen von FiEx 750-04 erhalten blieben.

An den Firstextensometern FiEx750-01 und FiEx750-02 schwanken die an den 4-m-Ankerpunkten erfassten Gesamtdehnungen nah des Nullpunkts, jedoch seit 2016 mit tendenziell zunehmenden Maximaldehnungen (Anhang 14.3 auf Blatt 386). So werden an FiEx750-01 und FiEx750-02 von September bis Anfang November 2019 maximale Dehnungen von etwa 0,8 mm bzw.1,0 mm registriert, welche jeweils bis Mitte Januar 2020 wieder auf 0,5 mm bzw. 0,6 mm abgesunken sind. Die Werte liegen somit marginal unter den Vorjahreswerten. Die Entwicklung der Dehnungsbewegungen an den 2-m-Ankerpunkten ist bis zum aktuellen Berichtsstand weiterhin vergleichsweise vernachlässigbar.

Seit dem Anfang Dezember 2016 an FiEx750-03 durch Betonagetätigkeiten induzierten sprunghaften Dehnungsanstieg von 4,8 mm auf 5,4 mm am 4-m-Ankerpunkt zeigen sich dort bis Anfang März 2019 mit einer Dehnung von 5,2 mm nur sehr geringfügige Schwankungen der Dehnungsentwicklung (Anhang 14.3 auf Blatt 386). Bis Ende August 2019 steigt die Dehnung leicht auf 5,6 mm an, was einer Rate von 1,0 mm/a entspricht. Seitdem stagniert der Wert bis Anfang Februar 2020. Die Gesamtdehnung am 2-m-Ankerpunkt sinkt seit Messbeginn kontinuierlich auf zuletzt –0,4 mm ab.

Nachdem im Dezember 2016 das FiEx750-04 durch ein massives Sorelbeton-Stützbauwerk direkt unterfangen wurde, stiegen die Werte der Gesamtdehnung an den 2-m bzw. 4-m-Ankerpunkten von 0,2 mm bzw. 2,3 mm auf 1,8 mm bzw. 4,8 mm sprunghaft an (Anhang 14.3 auf Blatt 386). Danach sind die Dehnungswerte kontinuierlich gesunken. Zuletzt von Anfang Januar 2019 mit 0,2 mm am 2-m-Ankerpunkt bzw. 3,8 mm am 4-m-Ankerpunkt sind die Werte bis Anfang Februar 2020 auf den Ausgangswert bzw. 3,6 mm abgesunken, was negativen Raten von –0,3 mm/a bzw. –0,2 mm/a entspricht. Während die Gesamtdehnung am 2-m-Ankerpunkt von FiEx750-04 bis auf den Ausgangswert der Messung von 2013 gesunken ist, liegt die Dehnung am 4-m-Ankerpunkt noch deutlich oberhalb des Niveaus vor der Betonage Ende 2016.

Auch die 2-m- bzw. 4-m-Ankerpunkte des Extensometers FiEx750-05 zeigten Anfang Dezember 2016 einen durch die Betonage bedingten geringfügigen Anstieg der Gesamtdehnung auf 1,6 mm bzw. 5,6 mm. Seitdem sind nur noch sehr geringfügige Veränderungen der Dehnungsbewegungen erkennbar.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Anfang Februar 2020 werden dort 1,5 mm bzw. 5,6 mm Gesamtdehnung verzeichnet (Anhang 14.3 auf Blatt 386).

Am Extensometer FiEx750-06 wurden seit 2013 jahresgangbedingte Anstiege der Gesamtdehnung unterschiedlicher Ausprägung an beiden Ankerpunkten registriert (Anhang 14.3 auf Blatt 386). Am 4-m-Ankerpunkt erfolgte zuletzt im September 2016 ein relevanter Anstieg auf insgesamt 2,2 mm. Bis Anfang Februar 2020 hat sich die Dehnung mit zuletzt 1,9 mm nur geringfügig verändert, unterlag aber Ende 2019 kurzzeitigen Schwankungen bis auf minimal 1,5 mm. An dem 2-m-Ankerpunkt erfolgte im August 2015 ein deutlicher Anstieg der Gesamtdehnung auf insgesamt 0,8 mm. Dort sind seitdem größere jahreszeitliche Schwankungen der Gesamtdehnungswerte zu beobachten, das Maximum liegt 2019 wie im Vorjahr bei 1,3 mm. Vergleichbar zum Vorjahr wurde im Zeitraum vom 14.05.2019 bis 02.08.2019 eine Dehnungsrate von 3,3 mm/a ermittelt. Anfang Februar 2019 beträgt die Gesamtdehnung etwa 0,6 mm.

Firstnivellement

Das Firstnivellement wird seit Januar 2013 an den gesetzten Firstnivellementpunkten FN 750/14, FN 750/15 und FN 750/17, den Kopfplatten der Firstextensometer FiEx750-01 bis FiEx750-06 und an festgelegten Punkten der Fissurometer 025F (FN 750/16) und 026F (FN 750/34) zur Ermittlung erhöhter bzw. ungleichmäßiger Firstsenkungen im stark durchbauten Bereich des ehemaligen Standorts der Misch- und Pumpanlage 30BA durchgeführt (s. Anhang 14.4 auf Blatt 387). Um Unterschiede in den Firstsenkungen erkennen zu können, werden die Nivellementpunkte einem in der Firste vermarkten Bezugspunkt außerhalb des Monitoringbereiches (hier FN 01/750, nordwestlich des Füllorts Schacht 2, 750-m-Sohle (s. Abschnitt 4.7 auf Blatt 146)) gegenübergestellt und bewertet. Die Messungenauigkeit beträgt 0,3 mm. Durch die Betonage des Stabilisierungsbauwerks im nordwestlichen Teil der Streckenaufweitung sind die Nivellementpunkte FiEx750-04 und FN 750/16 seit Oktober 2016 entfallen.

Bis zum 18.02.2020 wurden im Monitoringbereich Gesamtsenkungen in einer Bandbreite von 100 mm (an FN 750/34) bis 109 mm (an FN 750/17) ermittelt. Die zu diesem Zeitpunkt ermittelten durchschnittlichen Absenkungsraten schwanken von minimal 14,5 mm/a an FN 750/34 bis maximal 15,4 mm/a an FN 750/17, FiEx750-01, FiEx750-02 und FiEx750-05 und sind im Vergleich zum 31.01.2019 für alle Messpunkte gesunken.

Kontrolle Messbolzen in Mauersegment

Ein 2015 im westlichen Bereich des östlichen Plateaus der Faktenerhebung erstelltes Stützmauersegment wurde seitdem hinsichtlich von Verschiebungsbewegungen der Mauer insgesamt überwacht. Dazu wurden jeweils zwei Messbolzen im unteren, mittleren und oberen Bereich der Mauer installiert. Die von Juli 2015 bis Mai 2019 durchgeführten Kontrollmessungen der Hochwerte belegen ein geringfügiges Einrücken der Mauer im Sohlbereich um bis zu 24 mm bei zeitgleicher Verschiebung des oberen Mauerteils nach außen um bis zu 38 mm. Die Verschiebungen im Mittelteil sind zu vernachlässigen. Die Messungen der Rechtswerte bzw. der NN Höhen an den einzelnen Messbolzen divergieren deutlich geringer, wobei sich die Messbolzen marginal nach Westen und leicht nacht unten bewegen. Da im Rahmen der geplanten Erkundung von ELK 12/750 Einhausungen vor der Mauer erstellt wurden, sind die Messungen seit Mai 2019 nicht möglich.

Georadarmessungen

Zuletzt wurden im Januar 2014 im Monitoringbereich Georadarmessungen an diversen Firstprofilen in der nördlichen Richtstrecke und der 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten sowie auf dem verbindenden Querschlag auf der 750-m-Sohle durchgeführt [63].

In der nördlichen Richtstrecke nach Osten wurden Reflexionsstrukturen erfasst, die der dort verlaufenden A-Sohle zugeordnet werden. Weitere sichtbare Reflexionsstrukturen erwiesen sich als lokal bzw. lateral nicht lang aushaltend und stellen keine akute Gefährdung dar.

Beobachtung der Mikroseismizität

Erhöhte mikroseismische Aktivitäten, welche auf die Verfüllung bzw. Betonagetätigkeiten in der nördlichen und 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten zurückgeführt werden, waren bereits 2018 weitgehend abgeklungen. Auch die durch die Firstspaltverfüllung des Abbaus 4a/750 (Na2) induzierten erhöhten mikroseismischen Aktivitäten sind 2019 zurückgegangen. Vereinzelte mikroseismische Ereignisse werden aber weiterhin im Umfeld der Stabilisierungsmaßnahmen, so z. B. westlich der Streckenaufweitung in der nördlichen Richtstrecke nach Osten, registriert. Die mikroseismische Gesamtaktivität im Monitoringbereich ist in 2019 im Vergleich zum Vorjahr weiter rückläufig.

Bewertung der Ergebnisse

Die Entfestigungserscheinungen in der nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle, insbesondere in dem westlichen Abschnitt im Umfeld der Streckenaufweitung, resultieren überwiegend aus der langen offenen Standzeit von etwa 100 Jahren, dem hohen Durchbauungsgrad und der Lage zwischen zwei Abbaufeldern.

Durch die weitgehende Umsetzung der u. a. in Anhang 14.5 auf Blatt 388 dargestellten Maßnahmen 1-10 wurde eine Stabilisierung im westlichen Abschnitt der nördlichen Richtstrecke nach Osten erzielt. Die mikroseismischen Aktivitäten sind, bis auf einzelne Ereignisse westlich der Streckenaufweitung, weiterhin rückläufig.

Die im Vergleich zum Vorjahr überwiegend leicht degressiven bis stagnierenden Dehnungsbewegungen an der Firste, im Bereich des Pausenplatzes, weisen insgesamt auf einen stabilisierenden Effekt der durchgeführten Sicherungsmaßnahmen hin. An einzelnen Ankerpunkten, wie am 4-m-Ankerpunkt von FiEx750-03, ist weiterhin eine kontinuierliche Zunahme der Gesamtdehnung auf niedrigem Niveau erkennbar.

In 2019 setzen sich die bereits für 2018 ermittelten degressiven Konvergenz- und Verformungsraten verstärkt fort.

Die Firstnivellement-Absenkungsraten verhalten sich im Vergleich zum Vorjahr durchgehend degressiv. Die zuvor im westlichen Zufahrtsbereich registrierte erhöhte Absenkungsrate ist nicht mehr festzustellen. Vielmehr sind dort, sowie im Umfeld des Pausenplatzes, zuletzt vergleichsweise niedrige Absenkungsraten zu verzeichnen.

In den Firstkontrollbohrungen wurde keine zunehmende Entfestigung im anstehenden Gestein registriert. Jedoch haben sich die seit 2018 in der Sorelbetonverfüllung der A-Sohle beobachteten vertikalen Rissbildungen weiterhin leicht aufgeweitet, wobei die A-Sohle im Firstniveau der 750-m-Sohle durch die nördliche Richtstrecke nach Osten unterfahren wird.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Am westlich der A-Sohle installierten Fissurometer liegt die Entwicklung der Rissöffnungsweite, in der vom Jahresgang abhängigen ansteigenden Phase, Anfang 2019 marginal über dem Vorjahresniveau. Der anschließende Rückgang der Öffnungsweite fällt jedoch deutlich geringer aus als im Jahr 2018. Zu Beginn 2020 sind die Verschiebungsraten der Rissöffnungsweite wieder bis knapp unterhalb des Niveaus von 2019 angestiegen. Somit liegen seit etwa 2017 stagnierende maximale Öffnungsweiten vor, Höhenversatz und Scherung zeigen leicht ansteigende Tendenzen auf niedrigem Niveau. Die westlich des Fissurometers an einem parallelen Firstriss angebrachte Gipsmarke ist bislang unversehrt. Die Entwicklungen der Risse, welche in den Sorelbeton-Stabilisierungsbauwerken im westlichen Abschnitt der nördlichen Richtstrecke ausgebildet sind, lassen weiterhin keine relevante Zunahme der Schädigungen erkennen.

Auch die an den Stößen des östlichen Abschnitts der nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle ausgebildeten Abschalungen und Risse werden auf die lange offene Standzeit und die Lage im beanspruchten Sattelkern zurückgeführt. Im Rahmen der vorgesehenen Stabilisierungsmaßnahmen (s. Anhang 14.5 auf Blatt 388) wurden die Entfestigungen durch einen Nachschnitt der Streckenkontur weitestgehend entfernt. Anschließend erfolgte eine Stabilisierung und Anhebung der Sohle durch Sorelbeton und es ist die Erstellung einer Stützmauer am Südstoß vorgesehen.

Die schon schon Mitte des letzten Jahrhunderts beschriebenen tiefgründigen Abschalungen im Bereich der Abbaue 4/750 (Na2) und 5/750 (Na2) auf der 750-m-Sohle resultieren ebenfalls aus der Lage im gebirgsmechanisch stark beanspruchten Sattelkern und einer mit knapp 90 Jahren relativ langen offenen Standzeit. In dem stark frequentierten und aktuell als Standort der Faktenerhebung bzw. als Lagerfläche genutzten Bereich werden ebenfalls in Anhang 14.5 auf Blatt 388 dargestellte Sanierungsmaßnahmen umgesetzt.

So wurden der Oststoß der Faktenerhebung, am geplanten Standort zur Erkundung der ELK 12/750, und der westlich anschließende Südstoß, bis östlich des in Abbau 5/750 (Na2) gelagerten Haufwerks, sukzessive mit firstbündigen Stützmauerelementen gesichert, um der augenscheinlich zunehmenden Entfestigung entgegen zu wirken. Ein seit 2015 markscheiderisch überwachtes Mauersegment am Südstoß zeigt bis zur letzten Messung im Mai 2019 nur eine geringfügige Neigung, wobei die Mauer im Sohlbereich leicht einrückt und zur Firste leicht nach außen schiebt. Im Bereich des geplanten Standorts zur Erkundung der ELK 12/750, am östlichen Plateau der Faktenerhebung, ist bislang keine Zunahme der Rissbildungen an den Stützmauern bzw. am Betonsockel erkennbar. Diese Risse werden vielmehr auf Abbindungsprozesse im Sorelbeton zurückgeführt.

Am geschädigten Nordpfeiler, zwischen den Abbauen 4 und 5/750 (Na2), wurden die Rissmarkierungen im August 2018 erneuert und lassen seitdem keine relvante Aufweitung bzw. Verlängerung der Risse erkennen.

Zur Überprüfung der Firststabilität im Zugangsbereich von Abbau 5/750 (Na2) sowie am geplanten Standort zur Erkundung der ELK 12/750, im östlichen Bereich des Abbaus 5/750 (Na2), wurden Firstkontrollbohrungen erstellt. Diese geben keine Hinweise auf Entfestigungserscheinungen bzw. Feuchtigkeit in der Bohrlochkontur.

Fazit

Die Umsetzung der für den ursprünglichen Monitoringbereich im westlichen Umfeld der nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle empfohlenen Stabilisierungs- bzw. Sanierungsmaßnahmen (s. Maßnahmen 1-10 in Anhang 14.5 auf Blatt 388) [64] ist weitgehend erfolgt. Dabei wurden die geschädigten Stoß- und Firstabschnitte durch die Erstellung firstbündiger Stützmauern saniert und der zuvor signifikant hohe Durchbauungsgrad durch Verfüllung nicht benötigter Grubenbereiche und Hohlräume

minimiert. Im westlichen Zufahrtsbereich stehen gemäß Anhang 14.5 auf Blatt 388 noch kleinräumige Sicherungsmaßnahmen aus und bei entsprechendem Monitoringverlauf wären optional ergänzende Stabilisierungsmaßnahmen, wie z. B. eine weiterreichende Verfüllung der Streckenaufweitung, vorzusehen.

Bei der Überwachung der vertikalen Firstrisse im Zufahrtsbereich der nördlichen Richtstrecke nach Osten zeigen sich zuletzt eher stagnierende Rissaufweitungen, wobei der vom Jahresgang bedingte Rückgang der Rissöffnungsweite 2019 deutlich geringer ausfiel, als im Vorjahr. Die horizontalen Risse in der geringmächtigen aufgelockerten Schwebe unterhalb der A-Sohle zeigen bislang keine relevante Zunahme der Öffnungsweiten. Die Öffnungsweite und Längen der horizontalen Risse im Sorelbeton der verfüllten A-Sohle haben jedoch leicht zugenommen.

Auch die arbeitstäglich messtechnisch überwachte Schädigungsentwicklung in der Firste der Streckenaufweitung mit dem Pausenplatz zeigt aktuell überwiegend eine stagnierende bzw. vereinzelt auf niedrigem Niveau fortschreitende Entfestigung. Die im Umfeld registrierten mikroseismischen Aktivitäten sind weiterhin tendenziell rückläufig. Das Firstnivellement belegt im Vergleich zum Vorjahr rückläufige Absenkungstendenzen an der Firste im Umfeld des Pausenplatzes.

Aufgrund der im östlich anschließenden Abschnitt der nördlichen Richtstrecke nach Osten sowie in den Abbauen 4 und 5/750 (Na2) auf der 750-m-Sohle vorliegenden erheblichen Entfestigungen, wurde dieser Bereich, mit der Notwendigkeit umfangreicher Stabilisierungsmaßnahmen, nachfolgend in das Monitoring aufgenommen (s. Anhang 14.5 auf Blatt 388).

In Umsetzung dieser Maßnahmen erfolgte bereits bis September 2019 eine vollständig firstbündige Stabilisierung des entfestigten Südstoßes vom östlichen Bereich des Abbaus 5/750 (Na2), mit dem Plateau der Faktenerhebung, bis zu dem im Übergang zum Abbau 5b/750 (Na2) gelagerten Salzhaufwerk. Damit einhergehend wurde der geplante Standort zur Erkundung der ELK12/750 auf dem östlichen Plateau der Faktenerhebung ertüchtigt und eingerichtet. Ab November 2019 wurde ein umfassender Konturnachschnitt im östlichen Teil der nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle, bis zum abgesperrten Bereich westlich des Blindschachts 3 durchgeführt und im Anschluss die Sohle mit Sorelbeton angehoben. Auch im anschließenden Zufahrtsbereichs zum Abbau 5/750 (Na2) erfolgte ein beidseitiger Konturnachschnitt. Unter Berücksichtigung der in Anhang 14.5 auf Blatt 388 aufgeführten Maßnahmen ist nachfolgend die Stabilisierung einzelner Stoßabschnitte mit Stützmauern vorgesehen.

Weitere Sanierungsarbeiten sind westlich des Abbaus 5/750 (Na2) vorzusehen. So ist der nicht firstbündige Teil des im Abbau 5b/750 (Na2) lagernden Salzhaufwerks abzumauern und durch eine Firstspaltverfüllung zu stabilisieren, dadurch erhält es eine den Abbau stützende Funktion. Der geschädigte nördliche Pfeiler zwischen den Abbauen 4 und 5/750 (Na2), einschließlich des nicht durchgehend firstbündig versetzten Übergangs zum Abbau 4/750 (Na2), ist abzumauern und mit Sorelbeton zu verfüllen. In diesem Zuge werden auch die noch in Abbau 4/750 (Na2) erkennbaren Hohlräume entlang des Nordstoßes mit Sorelbeton verfüllt.

Insgesamt belegt das Monitoring 2019 für den westlichen Streckenabschnitt, inklusive der Aufweitung mit dem Pausenplatz, eine überwiegend stagnierende bis sich geringfügig fortsetzende gebirgsmechanische Schädigung. Die übrigen Abschnitte des Monitoringbereichs zeigen ebenfalls keine relevante Zunahme der vorhandenen Schädigungen bzw. werden gerade saniert.

Somit kann zum Berichtsstand, nach Durchführung der bisherigen Sanierungsmaßnahmen, die Gebrauchstauglichkeit der nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle, inklusive der nördlichen Streckenaufweitung mit dem Pausenplatz, gewährleistet werden. Auch für den Zufahrtsbereichs zum Abbau 5/750 (Na2) auf der 750-m-Sohle sowie den westlich anschließenden Standort der Faktenerhebung ist durch die durchgeführten Stabilisierungsmaßnahmen weiterhin von einer Gewährleistung der

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Gebrauchstauglichkeit auszugehen. Im westlich anschließenden Bereich sind weitere Stabilisierungsmaßnahmen durchzuführen, um die Gebrauchstauglichkeit über die erforderliche Offenhaltungsdauer zu erhalten (s. Anhang 14.5 auf Blatt 388).

Alle bereits erfolgten und vorgesehenen Maßnahmen stehen im Einklang mit der Umsetzung der Notfallvorsorge, welche u. a. die sukzessive Stabilisierung der unteren Grubenbereiche mit Sorelbeton und einen damit einhergehenden Rückzug auf die 700-m-Sohle vorsieht.

5 Salzlösungsmonitoring

Auf der Schachtanlage Asse II ist seit 1988 ein Lösungszutritt aus dem Deckgebirge nachgewiesen. Ein Lösungszutritt birgt immer die Gefahr des Ersaufens des Grubengebäudes.

Daher wird das Grubengebäude durch den Grubenbetrieb und die Standortüberwachung engmaschig überwacht und an allen bekannten, relevanten Stellen wird die austretende Lösung gesammelt, mengenmäßig erfasst und hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung untersucht. Hierdurch können Veränderungen der In situ-Eigenschaften, Menge und Lösungszusammensetzung frühzeitig erkannt werden, die auf eine das Grubengebäude gefährdende Entwicklung des Lösungszutritts hindeuten (abnehmende Dichte und Temperatur bzw. Verringerung der gelösten Komponenten). Im Rahmen des Jahresberichtes wird in diesem Kapitel ein Überblick über die wichtigsten, vorliegenden Ereignisse im Jahr 2019 gegeben.

Eine ausführliche Beschreibung mit Darstellungen zu den einzelnen Lösungssammelstellen hinsichtlich Menge und Zusammensetzung der gesammelten Lösungen wird im gesonderten Salzlösungsmonitoringbericht 2019 erstellt.

5.1 Überwachung des Salzlösungszutritts

Die Gefährdung der Schachtanlage Asse II durch zutretende Salzlösungen erfordert ein umfangreiches Monitoring der im Grubengebäude austretenden Salzlösungen. Bei diesem Salzlösungsmonitoring werden Beobachtungen und gewonnene Daten des betrieblichen Lösungsmanagements, der Standortüberwachung und des Strahlenschutzes berücksichtigt. Stellen, an denen Lösungen beobachtet, aufgefangen und/ oder gesammelt werden, sind im Salzlösungskataster und in Berichten der Standortüberwachung dokumentiert.

Es werden hierzu routinemäßig wöchentliche, 14-tägige und monatliche Kontrollbeprobungen und chemische Analysen an für die Überwachung des Lösungszutritts relevanten Lösungssammelstellen durchgeführt. Dabei werden Vor-Ort-Parameter der Lösung (Temperatur, Dichte, Leitfähigkeit, pH-Wert, Redoxspannung und Viskosität) und Umgebungsparameter der Lösungssammelstellen (Lufttemperatur, Luftdruck, relative und absolute Luftfeuchtigkeit sowie Gesteinstemperatur) erfasst und dokumentiert. Die chemischen Analysen erfolgen nach Freigabe der Proben durch den Strahlenschutz.

Im Jahr 2019 wurden im Qualitätssicherungslabor der Schachtanlage Asse II insgesamt 322 Proben (2018: 314 Proben) zur Überwachung und Kontrolle der Lösungszusammensetzung chemisch analysiert. 260 zusätzliche Proben (241 im Vorjahr) wurden im akkreditierten Labor der Fa. K-UTEC, Sondershausen, untersucht. 112 Proben (94 im Jahr 2018) wurden im Labor des Instituts für Endlagerforschung der TU Clausthal analysiert. Zudem gingen 87 Proben zur Qualitätssicherung an das akkreditierte Labor der GRS Braunschweig zur Analyse (57 im Jahr 2018).

An der Hauptfassungsstelle L658008 im Abbau 3/658-m-Sohle wurden am 12.01.2019 und am 02.06.2019 kurzfristige Anstiege (bis 14,1 m^3/d) der Fassungsrate registriert. Im Jahr 2019 lag die mittlere Fassungsrate wie auch 2018 bei 12,5 m^3/d. Bis zum 30.09.2019 gilt die Meldeschwelle von 12,1 m^3/d als überschritten. Mit der Zulassung des neuen Hauptbetriebsplans [65] am 01.10.2019 gelten im 7-Tage-Mittel neue Grenzwerte für die Bandbreite der Fassungsraten der Fassungsstelle L658008 (unterer Grenzwert: 11,75 m^3/d, oberer Grenzwert: 13,25 m^3/d). Die Meldeschwelle wurde im Berichtszeitraum eingehalten.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Die Ergebnisse der chemischen Analysen von der Lösung aus der Hauptauffangstelle im Bereich der 658-m-Sohle (L658008) ergaben trotz leicht abnehmender Fassungsraten bei den Gehalten von Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Chlorid und Sulfat sowie bei den Spurenelementen keine relevanten Veränderungen, welche von den langfristigen Trends abweichen. An der Fassungsstelle P725004 (Abbaue 2–4/725) wurden bis Mitte Juli 2019 gleichbleibende Fassungsraten ermittelt. Ab etwa August 2019 wurde eine leichte stufenweise Abnahme in den Raten registriert (s. Abbildung 5.3 auf Blatt 182). Eine ausführliche Darstellung und Dokumentation dieser Ergebnisse erfolgt mit dem separaten Salzlösungsmonitoringbericht 2019 der Standortüberwachung.

5.2 Aufgefangene Salzlösungsmengen in der Südflanke

In der Schachtanlage Asse II wurden 2019 ca. 4.774 m^3 (2018: 4.559 m^3, 2017: 4.433 m^3) Salzlösungen im Bereich der Südflanke aufgefangen. Die im Bereich der Hauptsammelstelle (L658008) auf der 658-m-Sohle gesammelten Lösungen wurden an einen externen Verwerter abgegeben. Im Jahr 2019 waren dies 4.550 m^3 Lösung (2018: 4.368 m^3, 2017: 4.289 m^3). Damit verbleiben ungefähr 329 m^3 nicht abgabefähiger Lösungen aus den Bereichen unterhalb der 658-m-Sohle für die Verwertung bei der Verfüllung von Hohlräumen mit Sorelbeton A0 oder A1 in der Grube.

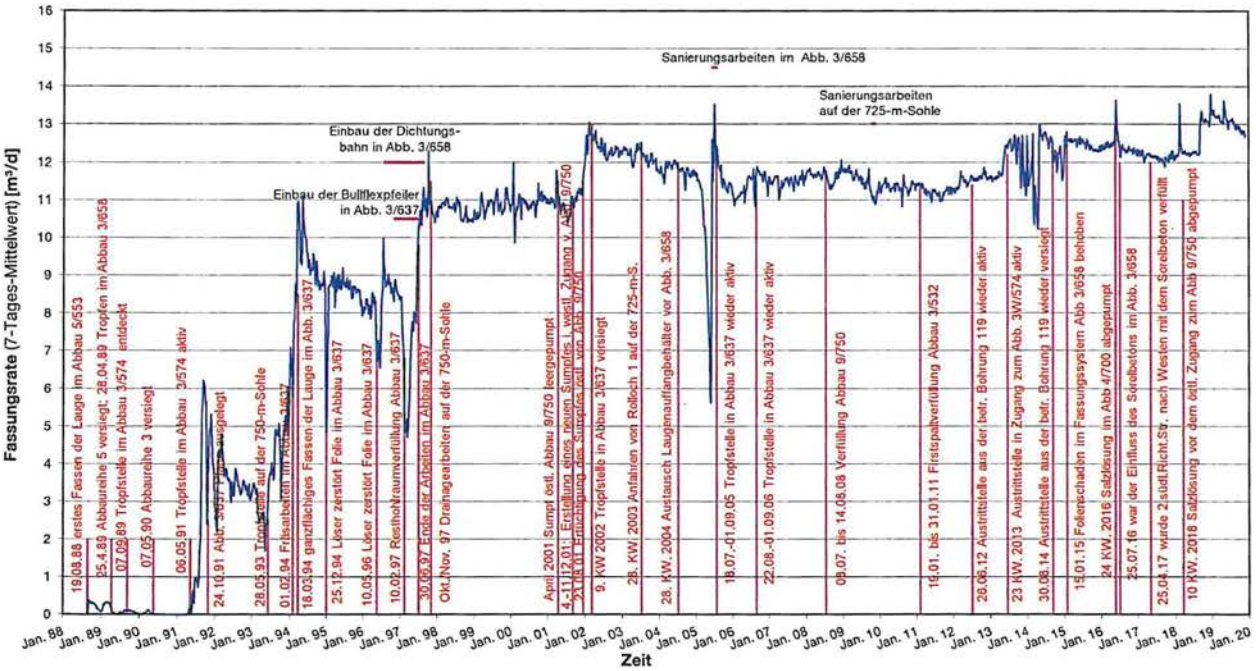


Abbildung 5.1: Fassungsrate im Baufeld der Südflanke (Wochenmittel)

In der Abbildung 5.1 ist die gesamte Entwicklung der im Baufeld an der Südflanke gefassten Salzlösungen seit 1988 dargestellt. Seit August 1988 wurden in den Steinsalzabbauen der Südflanke Salzlösungsaustritte entdeckt, die sich im Laufe der Jahre verlagert haben [66]. Der erste Salzlösungszutritt wurde am 19.08.1988 im Abbau 5/553 festgestellt. Die Aufnahme der ersten Tropfstelle im Abbau 3/658 erfolgte am 28.04.1989. Im Abbau 3/574 wurde am 07.09.1989 eine Austrittsstelle detektiert. Die zugetretenen Salzlösungen sickerten auch in tiefere Grubenbereiche an der Südflanke. Um eine bessere Fassung in der Abbaureihe 3 zu schaffen, wurde im Mai 1991 eine weitere Bohrungen durch die Abbaue 3/637 und 3/658 gestoßen. Bis Ende August 1991 stieg die Fassungsrate auf ca. 6 m^3/d an.

Parallel zur abnehmenden Austrittsrate im Abbau 3/637 konnte ein Anstieg der im Abbau 3/658 aufgefangenen Salzlösung von rund 2,7 m^3/d im Juni 1997 auf 9,8 m^3/d im Dezember 2001 bis hin zu einem Maximalwert von 12,6 m^3/d am 16.02.2002 verzeichnet werden. Im Verlauf, von einigen Schwankungen abgesehen, betrug die Zutrittsrate im Mittel für den Zeitraum August 1997-Februar 2002 ca. 10,4 m^3/d.

1993 wurden erste Tropfen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle zunächst am Rollloch 2 und später auch am Rollloch 1 festgestellt. 2001 wurden im östlichen und westlichen Zugang zum Abbau 9/750 neue Laugensümpfe eingerichtet. Durch das Auffahren der Gleitbogenausbaustrecke am nördlichen Stoß der Abbaue 1 bis 4 auf der 725-m-Sohle gelang es seit November 2003 einen Teil der Lösung bereits auf der 725-m-Sohle zu fassen und so die Migration zur 750-m-Sohle zu reduzieren [66].

Im Zuge der anstehenden und inzwischen zum großen Teil erfolgten Verfüllung der Strecken im Südwesten der 750-m-Sohle wurde sukzessive das Monitoring der Katasterstellen auf der 750-m-Sohle auf Monitoringbohrungen umgestellt, die aus dem Bereich der Wendelstrecke 700-m- bis 679-m-Sohle erstellt wurden.

Im Jahr 2019 wurde eine leichte stufenweise Abnahme der durchschnittlichen Fassungsrate von 13,8 m^3/d auf 12,7 m^3/d registriert. Ab etwa Mitte August 2019 zeigt sich eine Abnahme der Fassungsraten im Bereich der Südflanke insgesamt. Die Entwicklung der Fassungsraten auf den unterschiedlichen Sohlen im Bereich der Südflanke ist Abbildung 5.2 und Abbildung 5.3 zu entnehmen. Im Zeitraum vom Januar bis August 2019 lag die Fassungsrate im Bereich von Abbau 3/658 (L658008) mit geringer Schwankungsbreite im Mittel bei ca. 12,6 m^3/d. Ab Mitte August 2019 nahm die mittlere Fassungsrate von ca.12,6 m^3/d auf ca. 12,1 m^3/d leicht ab (s. Abbildung 5.2).

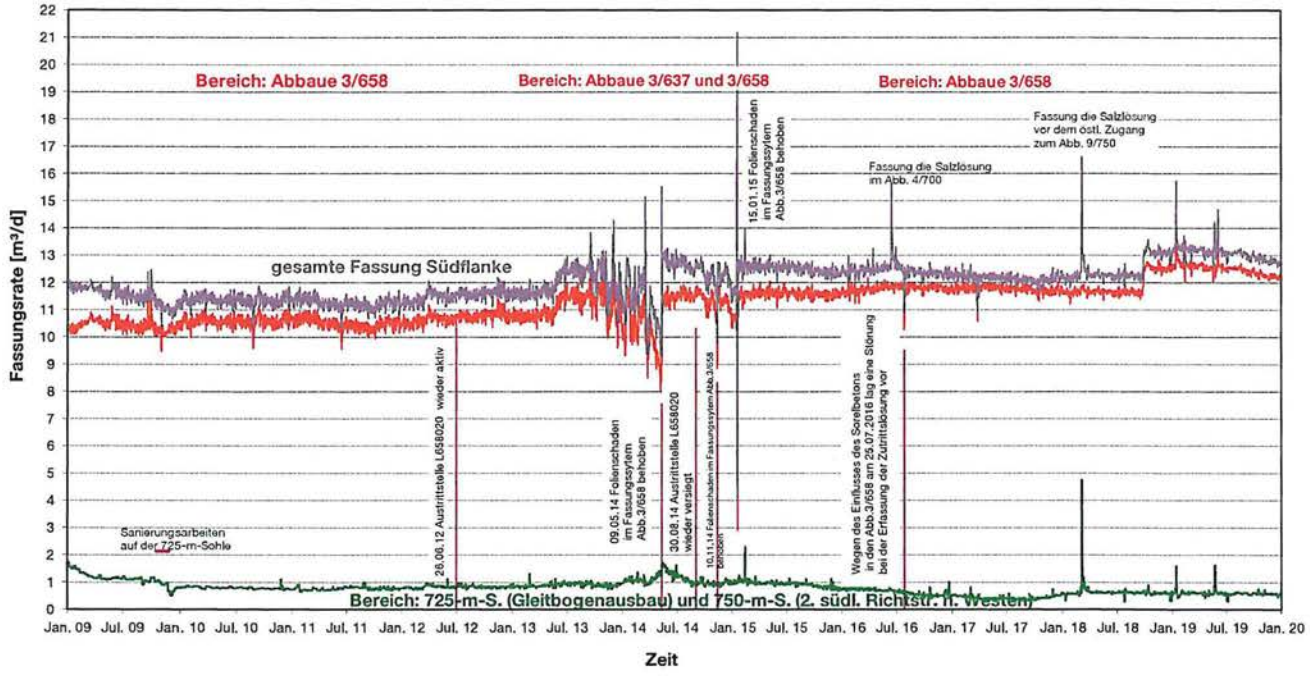


Abbildung 5.2: Tägliche Fassungsrate im Bereich des Baufeldes der Südflanke

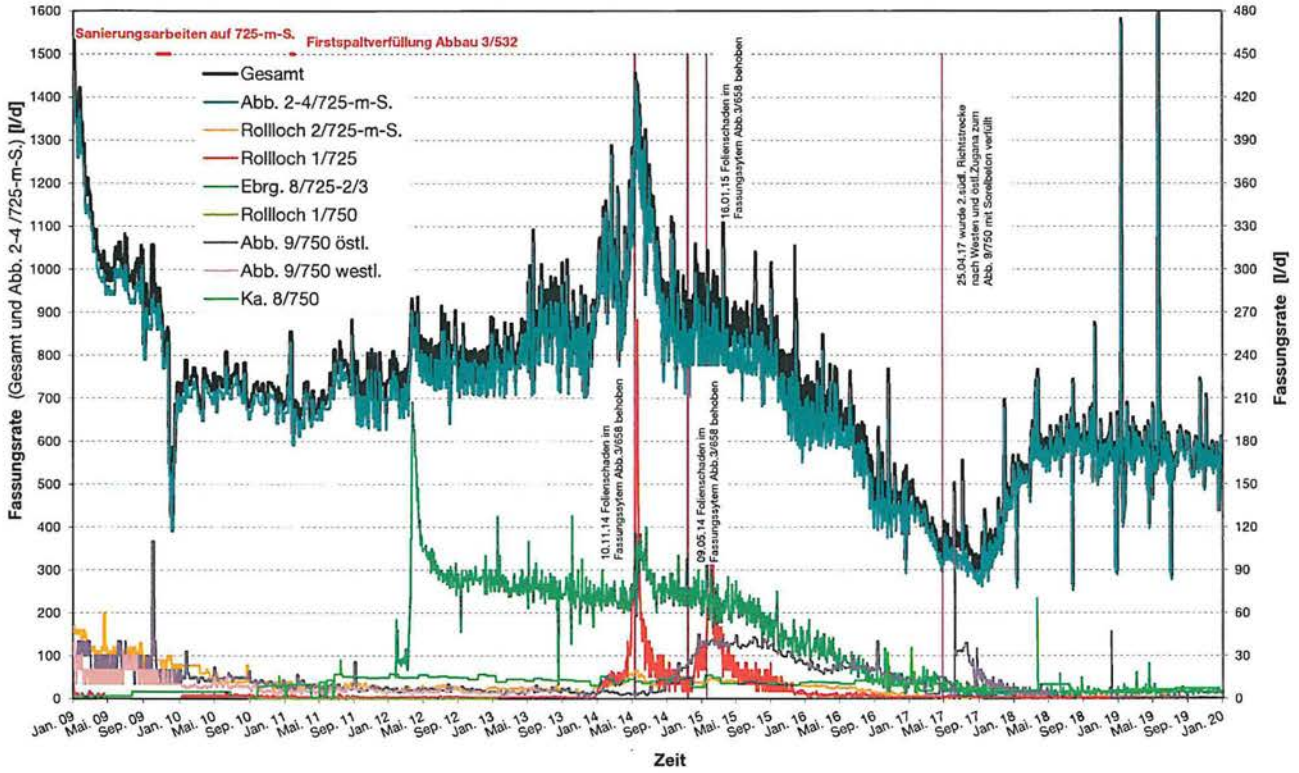
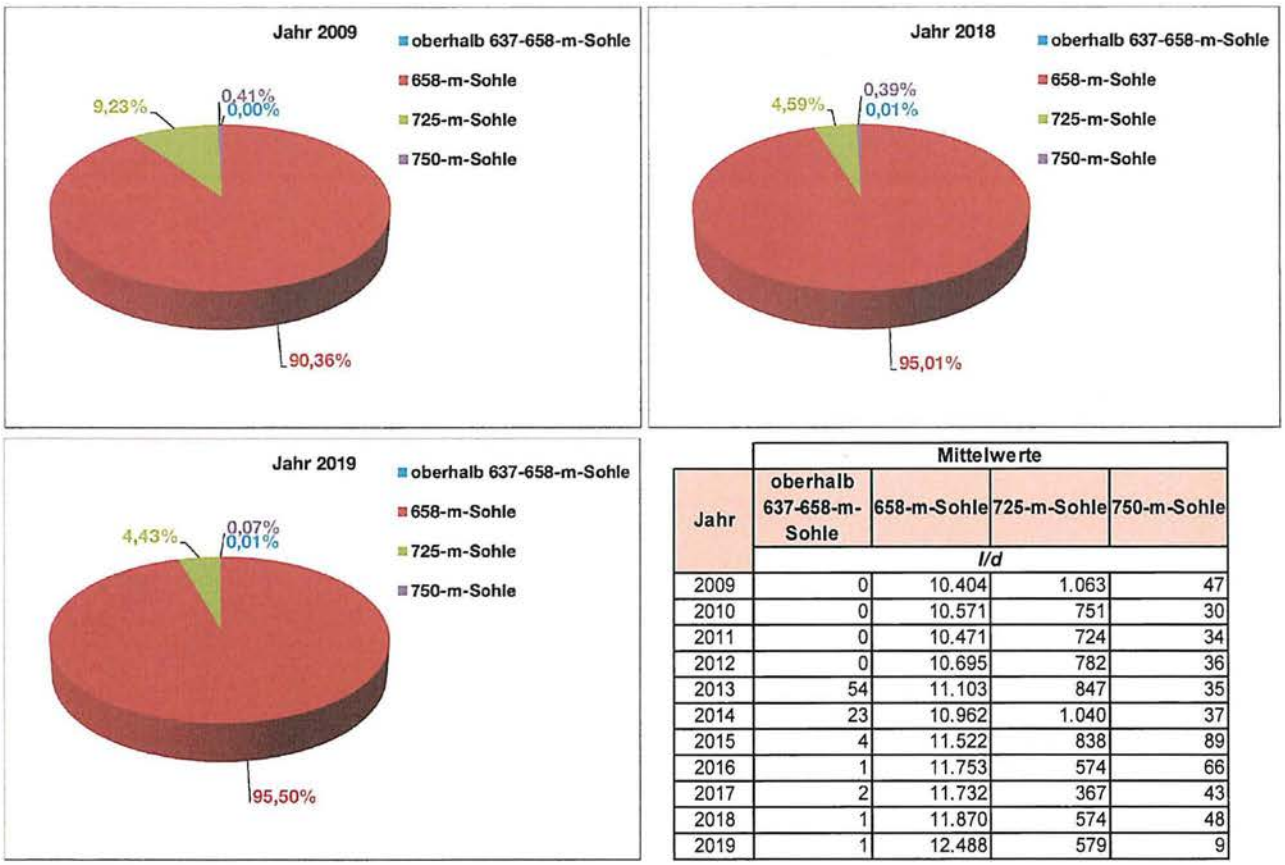


Abbildung 5.3: Fassungsrate im Bereich der Südflanke auf der 725- und 750-m-Sohle



Jahr	Mittelwerte			
	oberhalb 637-658-m-Sohle	658-m-Sohle	725-m-Sohle	750-m-Sohle
	l/d			
2009	0	10.404	1.063	47
2010	0	10.571	751	30
2011	0	10.471	724	34
2012	0	10.695	782	36
2013	54	11.103	847	35
2014	23	10.962	1.040	37
2015	4	11.522	838	89
2016	1	11.753	574	66
2017	2	11.732	367	43
2018	1	11.870	574	48
2019	1	12.488	579	9

Abbildung 5.4: Prozentualer Anteil der täglich gefassten Lösungen auf den einzelnen Sohlen, bezogen auf die täglich gefasste Gesamtmenge in der Südflanke

In Abbildung 5.4 ist die prozentuale Verteilung der täglich gefassten Lösungsmengen in der Südflanke für verschiedene Teufenbereiche dargestellt. Seit Juni 2013 werden auch Lösungen oberhalb der 637- und 658-m-Sohle gefasst, die 2019 jedoch lediglich noch einen Anteil von ca. 0,01 % der täglich im Bereich der Südflanke aufgefangenen Lösungsmengen umfassen. Der größte Anteil der gefassten Lösungen in der Südflanke wird auf der 658-m-Sohle gesammelt (ca. 95,50 %). Auf der 725-m-Sohle werden im Bereich der Südflanke Lösungen gesammelt, die nicht im Bereich der 658-m-Sohle aufgefangen werden. Dieser Anteil hat gegenüber dem Vorjahr, wie in Abbildung 5.4 ersichtlich, leicht abgenommen und liegt für das Jahr 2019 bei ca. 4,43 % (2018: 4,59 %). Die absolute mittlere Fassungsrate von 579 l/d im Jahr 2019 unterscheidet sich kaum von den 574 l/d aus dem Jahr 2018. Diese Lösung stellt aufgrund des Lösungspotentials gegenüber den Kalisalzbereichen weiterhin eine nicht zu unterschätzende Gefahr dar.

Oberhalb der 637- und 658-m-Sohle, d. h. genauer auf der 553-Sohle (s. Abbildung 5.5), sind die Fassungsraten auch 2019 weiter zurück gegangen. Lediglich auf der 490-m-Sohle wurden zusätzliche geringe Mengen von ca. 0,6 l/d gefasst. Vor und nach kurzfristigen Anstiegen (am 12.01.2019 und am 02.06.2019) wurden relativ konstante Fassungsraten registriert. Die gefasste Lösungsmenge im Abbau 3/658 nahm ab Mitte August 2019 von ca. 12,6 m^3/d auf ca. 12,1 m^3/d leicht ab (s. Abbildung 5.6). Starke Schwankungen in den Fassungsraten, wie sie bei den Veränderungen der Fassungsraten 2014 zu beobachten waren, traten hier nicht auf (s. Abbildung 5.2). Bis zum 30.09.2019 gilt die Meldeschwelle von 12,1 m^3/d als überschritten, was in Erfüllung der Nebenbestimmung Nr. 4 zum Hauptbetriebsplan 2017/2019 (s.[67]) zur täglichen Information des LBEG führte. Die mit der Zulassung des neuen Hauptbetriebsplans ab dem 01.10.2019 (s.[65]) geltenden neuen Meldeschwellen für die Fassungsrate an der Hauptfassungsstelle wurden bis zum 31.12.2019 eingehalten.

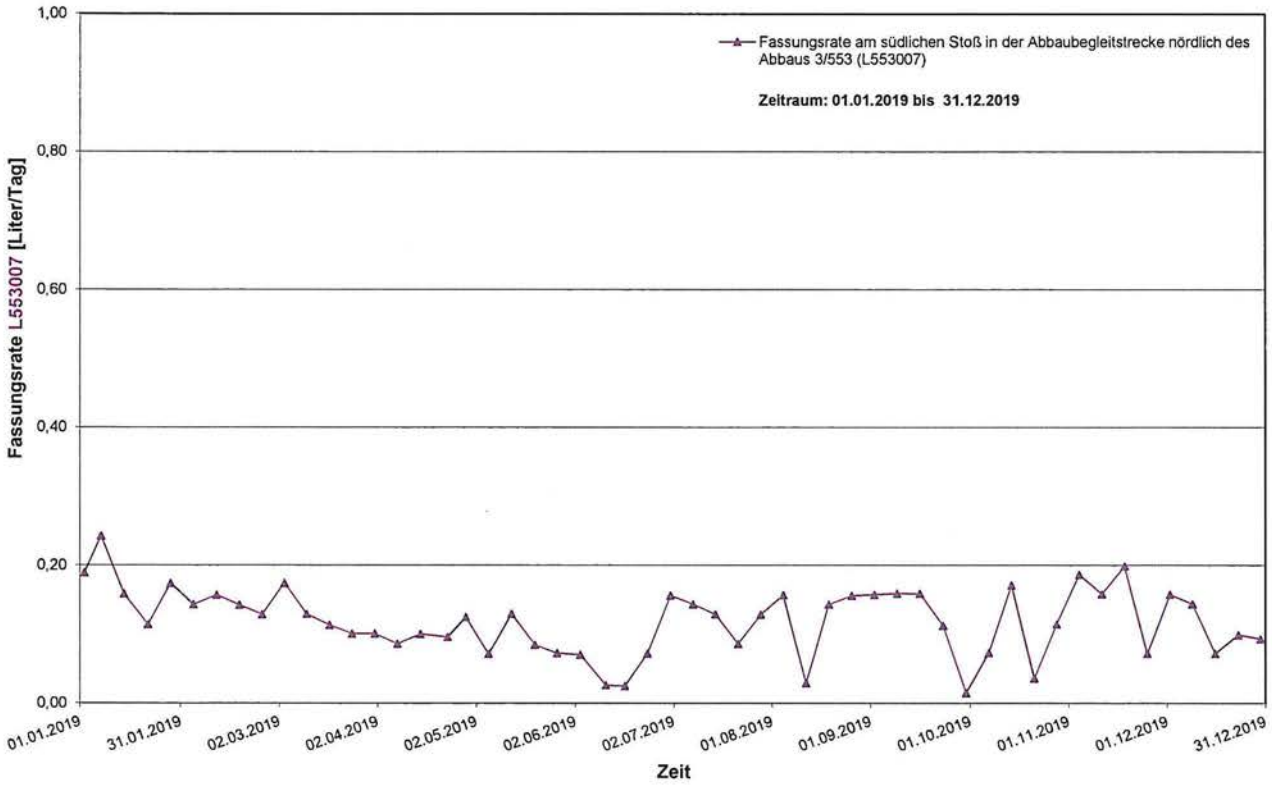


Abbildung 5.5: Fassungsrate aus dem Bereich 553-m-Sohle

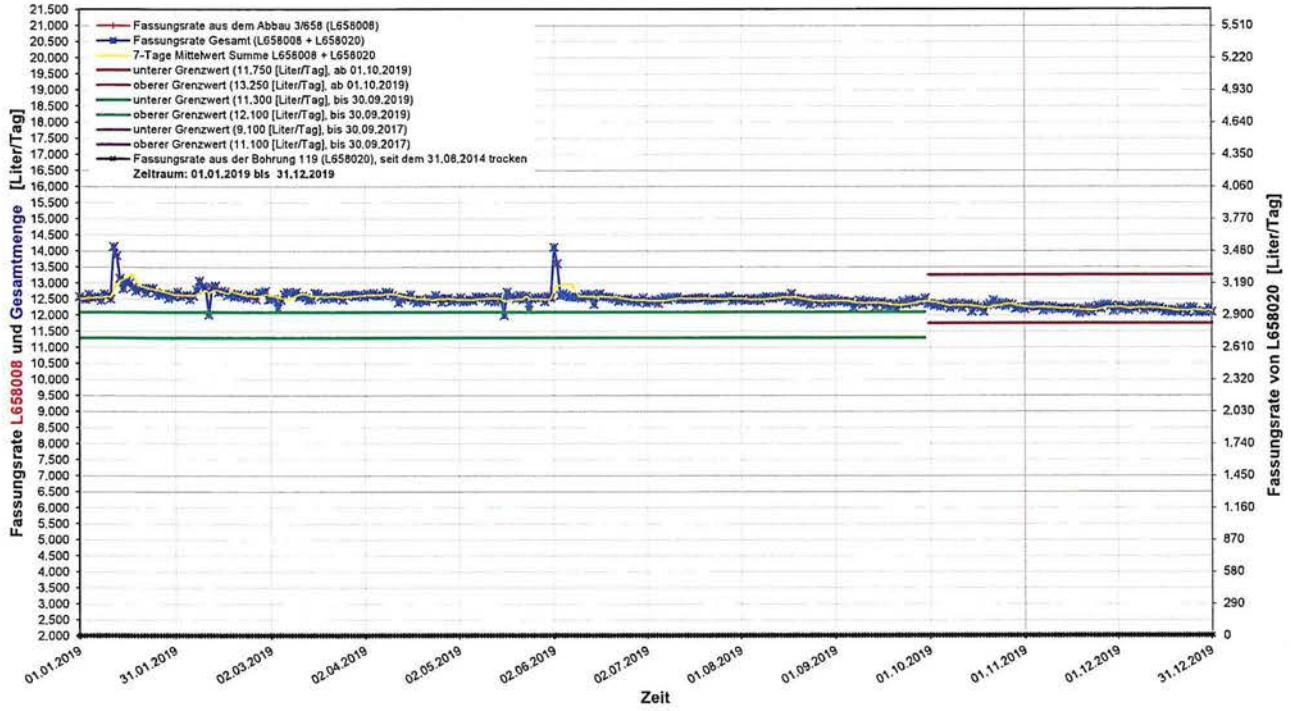


Abbildung 5.6: Fassungsrate aus dem Bereich der 658-m-Sohle

5.3 Lösungen in der Nordflanke

Im Bereich der Nordflanke wurde in der Vergangenheit an mehreren Sammelstellen in Sümpfen und Erkundungsbohrungen Lösung gefasst. Im Jahr 2019 gab es keine technische Veränderung des Fassungssystems. In Abbildung 5.7 ist die Entwicklung der Fassungsrate dargestellt. Die Fassungsmenge im Bereich der Nordflanke lag im Jahr 2019 bei 105 m^3 (2018 rund 157 m^3). Das entspricht einer mittleren Fassungsrate von 0,29 m^3/d für 2019, während in 2018 die Fassungsrate noch 0,43 m^3/d betrug.

Seit 2014 werden in zwei Bohrungen in der Nähe des Blindschachtes 4 (750-m-Sohle) regelmäßig Lösungen abgepumpt. Dort wurden 2019 ca. 6,4 m^3 gefasst (2018: 6,4 m^3, 2017: 3,2 m^3, 2016: 4,7 m^3; 2015: 8,8 m^3 und 2014: 12,1 m^3). Im Nordwesten (Bereich der Reicheltsümpfe) wurden über Bohrungen im Jahr 2019 52,7 m^3 Salzlösung abgepumpt (2018: 87,6 m^3 und 2017: 78,1 m^3). Damit wurde in der Nordflanke 2019 insgesamt rund 59,1 m^3 Salzlösung über Bohrungen gefasst und abgepumpt (56 % der Gesamtmenge der Nordflanke).

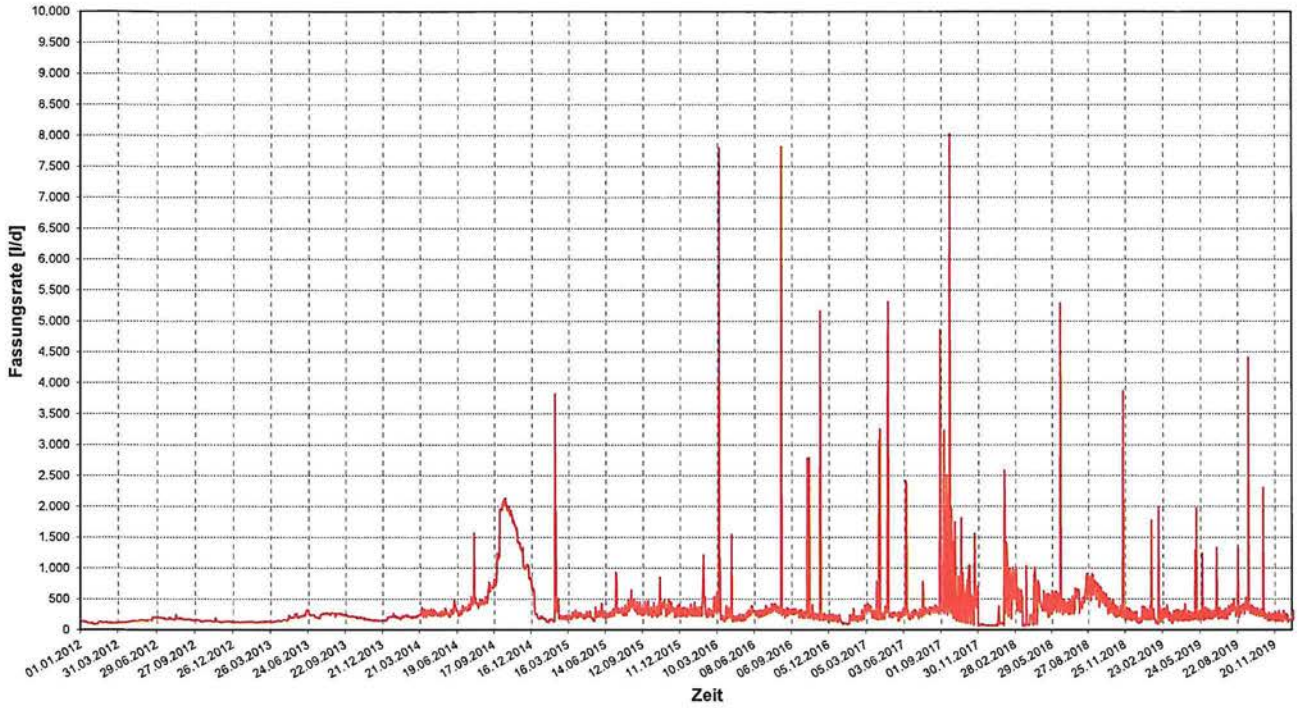


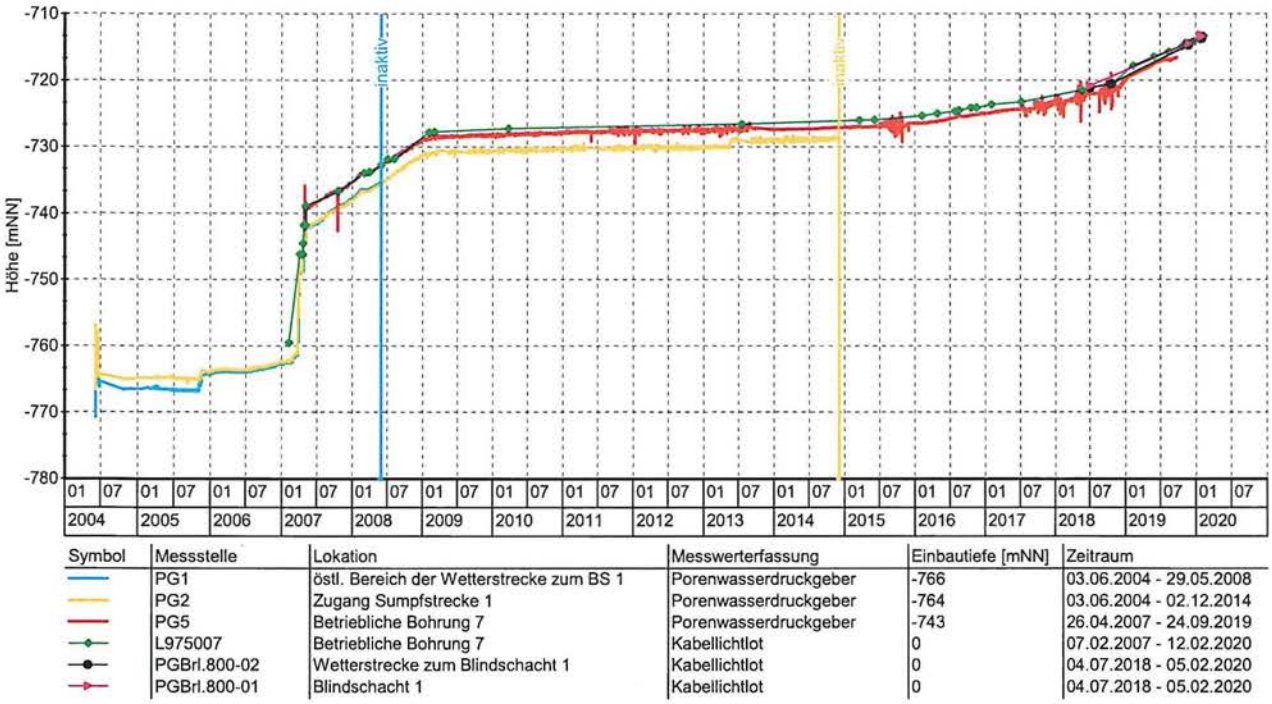
Abbildung 5.7: Tägliche Fassungsrate aus dem Bereich der Nordflanke

5.4 Gefasste Salzlösung im Grubengebäude insgesamt

In Summe wurden im gesamten Grubengebäude im Jahr 2019 ca. 4.879 m^3 Salzlösung gesammelt. Das sind rund 163 m^3 mehr als im Jahr 2018 4.716 m^3. Davon entfallen ca. 105 m^3 (2018: 157 m^3, 2017: 148 m^3) auf den Bereich der Nordflanke (inklusive der auf der 800-m-Sohle aufgefangenen Lösungen von der 750-m-Sohle). Die Fassungssysteme waren im Jahr 2019 intakt.

5.5 Überwachung der Salzlösung im Tiefenaufschluss

Der Bereich unterhalb der 775-m-Sohle (Tiefenaufschluss) ist bereits bis in das Sohlenniveau der 850-m-Sohle vollständig mit ca. 86.000 m^3 Salzversatz, ca. 81.000 m^3 Sorelbeton und ca. 12.000 m^3 Schotter verfüllt. Im Anschluss an die Verfüllung wurde in den Porenraum des Versatzes der 975-m-Sohle ca. 12.000 m^3 $MgCl_2$-dominierte Lösung eingeleitet. Aufgrund der anhaltenden Konvergenz im Tiefenaufschluss kommt es seit Anfang 2007 zu einem Anstieg des Lösungspegels in die darüberliegenden Sohlen. Der Pegelstand der Salzlösung wird seitdem mit Hilfe von Porenwasserdruckgebern und Lichtlotmessungen überwacht. Ende 2019 steht die Lösung im Tiefenaufschluss bei ca. –714 mNN (906 m Teufe, s. Abbildung 5.8). Die Anstiegsrate beträgt für das Jahr 2019 ca. 4 m/a (2018: 2,9 m/a). Der aktuell erhöhte Anstieg ist plausibel, da dieser im Bereich zwischen der 900- und 925-m-Sohle erfolgt und dort im Verhältnis nur wenig Porenraum in der mit Salz versetzten Wendelstrecke zur Verfügung steht.



Symbol	Messstelle	Lokation	Messwerterfassung	Einbautiefe [mNN]	Zeitraum
	PG1	östl. Bereich der Wetterstrecke zum BS 1	Porenwasserdruckgeber	-766	03.06.2004 - 29.05.2008
	PG2	Zugang Sumpfstrecke 1	Porenwasserdruckgeber	-764	03.06.2004 - 02.12.2014
	PG5	Betriebliche Bohrung 7	Porenwasserdruckgeber	-743	26.04.2007 - 24.09.2019
	L975007	Betriebliche Bohrung 7	Kabellichtlot	0	07.02.2007 - 12.02.2020
	PGBrl.800-02	Wetterstrecke zum Blindschacht 1	Kabellichtlot	0	04.07.2018 - 05.02.2020
	PGBrl.800-01	Blindschacht 1	Kabellichtlot	0	04.07.2018 - 05.02.2020

Abbildung 5.8: Verlauf des Pegelstands der Salzlösung im Tiefenaufschluss

5.6 Zusammenfassung

Im Jahr 2019 haben die Fassungsraten insgesamt gegenüber 2018 zugenommen. An der Hauptauffangstelle auf der 658-m-Sohle wurde in den Zeiträumen vom 12.01.2019 bis zum 14.01.2019 und vom 01.06.2019 bis zum 03.06.2019 kurzfristige Anstiege der Fassungsrate mittels kalibrierten Durchflussmengenmessgeräte (Ultraschall und magnetisch-induktiver Durchflusssensor) registriert. Bei diesen temporären Erhöhungen wurden jeweils ca. 3 m^3 Salzlösung zusätzlich gefasst. Die Mengen im Bereich der Nordflanke werden weiter überwiegend aktiv aus Bohrungen abgepumpt und gefasst. Gegenüber 2018 wurde 2019 im Bereich der Nordflanke im Mittel etwas weniger Lösung gefasst (2019: 278 l/d und 2018: 430 l/d).

Die chemischen Analysen der überwachten Lösungen sind nahezu unverändert und zeigen keine relevanten Abweichungen in ihrer Zusammensetzung. Die langfristigen Trends von einer leichten Abnahme der $MgCl_2$- und $MgBr_2$-Gehalte sowie von einer leichten Zunahme der NaCl- und $CaSO_4$-Gehalte in der Salzlösung aus dem Abbau 3/658 werden weiterhin beobachtet. Alle chemischen Analysen, In-situ- und Umgebungsparameter werden ausführlich im Salzlösungsbericht der Standortüberwachung 2019 dokumentiert.

Die Lösungsaustritte im Baufeld an der Südflanke konzentrieren sich hauptsächlich auf die Abbaureihe 3 (2019: 99,88 %, 2018: 99,86 %, 2017: 99,74 %). Dabei wurden 2019 allein rund 95,50 % der Lösung in der Südflanke im Abbau 3/658 gefasst (2018: 95,04 %, 2017: 99,61 %).

Das Salzlösungsmonitoring in Verbindung mit den durchgeführten Probenahmen, Pegelmessungen und chemischen Analysen erlaubt eine differenzierte Bewertung der Katasterstellen und ermöglicht darauf aufbauend eine Einschätzung der Zutrittssituation insgesamt. Die einzelnen Fassungssysteme werden als intakt eingeschätzt.

Aufgrund der gebirgsmechanischen Situation und ggf. geochemischer Lösungsprozesse kann jederzeit eine Verlagerung des Lösungszutritts oder eine progressive Entwicklung der Fassungsraten eintreten. Daher ist eine sichere Prognose zur Entwicklung des Lösungszutritts nicht möglich. Im Fall einer Verlagerung oder eines starken Anstiegs der Fassungsraten kann eine fast vollständige Fassung der Lösungen oberhalb der 750-m-Sohle nicht gewährleistet werden. Daher ist eine schnellstmögliche Herstellung der Notfallbereitschaft, die auch die Stabilisierung des Baufeldes an der Südflanke beinhaltet, weiterhin im Sinne einer Risikominimierung erforderlich. Für die Planung und sichere Durchführung der Rückholung sowie die daran anschließende Stilllegung ist eine laufende Überwachung der Zutrittssituation von wässrigen Lösungen eine wesentliche Voraussetzung.

KOM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

6 Bau- und Versatzstoffe

Auf der Schachtanlage Asse II werden verschiedene Versatzstoffe zur Hohlraumreduzierung und damit zur Stabilisierung des Grubengebäudes sowie zur Abdichtung der Einlagerungsbereiche eingebracht. Alle verwendeten Baustoffe werden bei der Anlieferung und der Weiterverarbeitung überwacht. Dabei werden in der Anlieferung Untersuchungen vom Steinsalz, vom Magnesiumoxid, der Magnesiumchloridsole und an Injektionsmörteln durchgeführt. Bei der Verarbeitung unter Tage werden sowohl die Einzelkomponenten, als auch die Mischungen der Komponenten routinemäßig in Stichproben beprobt und hinsichtlich Zusammensetzung und Mischungsverhältnis untersucht. Auch das bei Nachschnitt- oder Aufwältigungsarbeiten gewonnene grubeneigene Salz wird vor und bei der Weiterverarbeitung zu Sorelbeton beprobt und analysiert.

Alle Komponenten der festen Baustoffe aus der Anlieferung und der Verarbeitung werden hinsichtlich Wassergehalt, Kornverteilung und Korndichte im Qualitätssicherungslabor der Schachtanlage Asse II untersucht und bewertet. Hinzu kommt die Ermittlung der Zitronensäurereaktivität des verwendeten Magnesiumoxids (MgO). Die Ergebnisse sind ein Maß für die Abbindefähigkeit des Materials. Außerdem wird die chemisch-mineralogische Zusammensetzung analysiert und das Mischungsverhältnis vom Vorprodukt des Sorelbetons (Salz und MgO) bestimmt.

Das Fertigprodukt (Sorelbeton) wird extern in der Materialprüfanstalt der TU Braunschweig hinsichtlich der Festigkeitseigenschaften untersucht (Druckfestigkeit). An Sorelbetonproben von Bauwerken mit höheren Ansprüchen bzgl. der Festigkeit und Permeabilität werden zusätzlich noch Untersuchungen beim Institut für Gebirgsmechanik in Leipzig (IfG) und bei der Ingenieurpartnerschaft für Bergbau, Wasser- und Deponietechnik in Freiberg (IBeWa) durchgeführt. Das IfG ermittelt das Ersatzkompaktionsmodul, triaxiale Festigkeitsparameter, die Porosität und den Sättigungsgrad des Porenraumes. Bei der Fa. IBeWa werden die Gas- und Lösungspermeabilitäten sowie der Gaseindringdruck bestimmt.

Die gelieferte Anmischlösung für den Sorelbeton wird vom Lieferanten chemisch untersucht und vor der Einspeisung in die untertägigen Speicherbecken auf der 490-m-Sohle vom Qualitätssicherungslabor der Schachtanlage Asse II nochmals auf die chemische Zusammensetzung und Einhaltung der Anlieferungskriterien hin überprüft. Eine weitere Beprobung der Lösung erfolgt bei der Verarbeitung zum Sorelbeton direkt an den Misch- und Pumpanlagen unter Tage. Des Weiteren wird auch die verwendete Zutrittslösung für die Produktion des Sorelbetons A0 für die Verfüllung im Tiefenaufschluss vor sowie bei der Verarbeitung zum Sorelbeton beprobt und untersucht.

Neben der Beprobung der Einzelkomponenten des Sorelbetons werden baubegleitend Kontrollen der Frischbetoneigenschaften durchgeführt. Dabei werden an den Misch- und Pumpanlagen Sorelbetonsuspensionsproben aus dem Vorlagebehälter entnommen. Es werden dann unmittelbar das Fließrinnenmaß, die Dichte, die Temperatur, die elektrische Leitfähigkeit und der Luftporengehalt der Frischbetonsuspension bestimmt und Proben für die Bestimmung der Festbetoneigenschaften und Beobachtung des Temperaturverlaufs beim Abbinden im Isolierbehälter hergestellt. Dabei werden auch Pumpendruck und eingestellte Leistung, der vorgegebene und eingestellte Lösungsanteil der Suspension sowie Daten zu den verwendeten Salzsorten zum Zeitpunkt der Probenahme dokumentiert.

Der Beprobungsumfang und die Häufigkeit der Beprobung wurde für die Bauwerksarten (Firstspaltverfüllung, Resthohlraumverfüllung, stützender Versatz, Widerlager und Strömungsbarrieren) in separaten QS-Programmen festgelegt und orientiert sich an den funktionalen Anforderungen an die Bauwerke.

6.1 Qualitätssicherung der Bau- und Versatzstoffe

6.1.1 Magnesiumchloridlösung (Anmachflüssigkeit für Sorelbeton)

Für die Herstellung von Sorelbeton wird eine Magnesiumchloridsole (Anmachflüssigkeit) von der Firma Deusa per LKW zur Schachtanlage Asse II geliefert, die vor der Einleitung in die untertägigen Speicherbecken auf der 490-m-Sohle im Lösungslabor der Schachtanlage Asse II übertägig untersucht und zur Verarbeitung freigegeben wird. Im Jahr 2019 wurden 445 LKW-Ladungen mit Magnesiumchloridsole bei der Anlieferung kontrolliert (2018: 515 LKW). Es entsprachen alle Anlieferungen den Anforderungen. Somit konnten im Jahr 2019 die Anforderungen an die Anmachflüssigkeit eingehalten werden. Die bei den Kontrolluntersuchungen ermittelten Gehalte der fiktiven Komponenten und die Dichte sind in Tabelle 6.1 dargestellt:

Tabelle 6.1: Mittlere Zusammensetzung aus 445 LKW-Anlieferungen Anmachflüssigkeit für die Produktion von Sorelbeton im Jahr 2019

Fiktive Komponenten	Einheit	Minimum	Maximum	Mittelwert
$MgCl_2$	g/L	379,11	450,14	407,21
NaCl	g/L	3,74	9,14	5,65
KCl	g/L	0,48	4,85	1,80
$MgSO_4$	g/L	21,50	30,98	27,14
$CaSO_4$	g/L	0,09	0,78	0,21
Dichte (20 °C)	g/cm³	1,306	1,343	1,321
Dichte (30 °C)	g/cm³	1,302	1,340	1,317

Bei der Betonage der einzelnen Bauwerke wurde die Anmachflüssigkeit im Rahmen der Qualitätssicherung baubegleitend nochmals 165 mal beprobt und untersucht. Dabei konnten keine signifikanten Abweichungen zur Anlieferung festgestellt werden.

6.1.2 Magnesiumoxid (MgO; Basismaterial für die Sorelbetonherstellung)

Bei der Herstellung von Sorelbeton A0 und A1 wird als Binder MgO verwendet, welches vom Lieferanten per LKW geliefert wird. Bei der Annahme der LKW-Lieferungen wird eine vom Lieferanten bei der Beladung des LKW genommene Querschnittsprobe der Liefercharge untersucht. Dabei wird die Zitronensäurereaktivität des MgO im Qualitätssicherungslabor der Schachtanlage Asse II ermittelt. Liegt das Ergebnis innerhalb der geforderten Bandbreite von 150 bis 500 Sekunden beim Erreichen von pH 7, werden die LKW zur Entladung in die übertägigen Silos der Baustoffanlagen I und II freigegeben. 2019 wurden 243 LKW-Ladungen kontrolliert (2018: 270 LKW). Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 6.2 dokumentiert. Bei der Entladung in die Silos der Baustoffanlagen I (2019: 115 LKW) und II (2019: 128 LKW) werden in der Anlage nochmals automatisch Durchschnittsproben entnommen, an denen später Korndichte und -verteilung, Wassergehalt und Zitronensäurereaktivität sowie die chemisch-mineralogische Zusammensetzung bestimmt werden. 2019 wurden 242 Proben entnommen. Bei einer Lieferung funktionierte die Probenahmeeinrichtung nicht. Zusätzlich zur Anlieferungskontrolle werden bei der Verarbeitung des MgO unter Tage auch Proben an der Baustoffanlage südlich von Schacht 2 auf der 700-m-Sohle (20BA) entnommen. Die Ergebnisse der Untersuchungen am MgO im Jahr 2019 dokumentieren eine gleichbleibend gute Qualität des gelieferten Materials.

Tabelle 6.2: Zusammenstellung der Laboruntersuchungen am MgO aus der Anlieferungskontrolle und den Qualitätskontrollen bei der Sorelbetonproduktion im Jahr 2019

Material	Anzahl der Untersuchungen	Wassergehalt [%]	Korndichte [g/cm³]	Zitronensäure-reaktivität (pH=7,0) [s]	Zitronensäure-reaktivität (pH=8,6) [s]
		Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert
Basismaterial (MgO)					
Anlieferungsprobe (Normag)	243	–	–	252	291
Eingangskontrolle Asse	242	0,237	3,474	270	310
Unter Tage Proben für Bauwerke	165	0,172	3,477	243	284

Bei der Betonage der einzelnen Bauwerke wurde das MgO im Rahmen der Qualitätssicherung baubegleitend nochmals 165 mal beprobt und untersucht. Dabei ist das MgO unter Tage trockener als bei der Anlieferung. Alle anderen Parameter zeigen dagegen keine signifikanten Abweichungen gegenüber den Ergebnissen der Untersuchungen direkt aus der Anlieferung über Tage.

6.1.3 Steinsalz (Fremdsalz)

Bei der Firstspaltverfüllung und ausgewählten anderen Bauwerken wird für die Sorelbetonherstellung von der Firma Esco angeliefertes Steinsalz (> 98 % Halit) verwendet. Die Anlieferung erfolgt seit 2014 per LKW in das Salzlager in Wendessen. Von dort erfolgt die weitere Anlieferung per LKW zur Schachtanlage Asse II zur LKW-Annahmestelle für Salz. Im Jahr 2019 wurden insgesamt ca. 21.846 t Salz auf die Schachtanlage Asse II geliefert und mit der Baustoffanlage II über Tage mit MgO zum Vorprodukt für den Sorelbeton gemischt und nach unter Tage gefördert (2018: 10.711 t). Vom Lieferanten wird im Vorfeld die von der Eigenkontrolle ermittelte durchschnittliche mineralogische Zusammensetzung und der Wassergehalt übermittelt. Im Lager Wendessen erfolgen stichprobenartige Kontrollen der Anlieferung und regelmäßige Kontrollen des eingelagerten Salz-Schüttgutes. Die gewonnenen Proben werden im Qualitätssicherungslabor der Schachtanlage Asse II untersucht. Bei der Förderung des Salzes über die Blasanlage nach unter Tage zu den Misch- und Pumpanlagen werden ebenfalls Proben entnommen und vom Qualitätssicherungslabor der Schachtanlage Asse II untersucht. Bei den Untersuchungen wird Wassergehalt, Korndichte und -verteilung sowie die chemisch-mineralogische Zusammensetzung bestimmt. Die Mittelwerte der bei der Anlieferungskontrolle bestimmten Analyseergebnisse des Qualitätssicherungslabors der Schachtanlage Asse II sind zur Übersicht in Tabelle 6.3 zusammengestellt. Alle Ergebnisse bewegen sich im Bereich der geforderten Qualitätskriterien. Das gelieferte Fremdsalz wird bei der Firstspaltverfüllung übertägig mit MgO in der Baustoffanlage II gemischt und nach unter Tage zu den Misch- und Pumpanlagen geblasen. Das Fremdsalz wird daher nicht nochmals untertägig beprobt. Bei Bedarf wird das Steinsalz auch für die Sorelbetonproduktion mit der untertägigen Baustoffanlage I, die auf der 700-m-Sohle installiert ist, verwendet, wo das Salz separat beprobt werden kann.

Der Transport des Steinsalzes für die Baustoffanlage südlich von Schacht 2 auf der 700-m-Sohle sowie des Vorproduktes (Salz und MgO) zu den semimobilen Baustoffanlagen unter Tage erfolgt

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

pneumatisch. Da es hierbei zu Veränderungen der Kornverteilung kommt und für die Sorelbetonproduktion die Trockenkomponenten eine vorgegebene Kornverteilung einzuhalten haben, sind zusätzliche Untersuchungen der Kornverteilung erforderlich. Im Jahr 2019 wurden vier Bauwerke mit Fremdsalz erstellt. Das Salz wurde untertägig mit der 20BA verarbeitet. Hierbei wurden produktionsbegleitend 13 Salzproben entnommen und untersucht.

Tabelle 6.3: Zusammenstellung der Laboruntersuchungen am gelieferten Steinsalz aus der Anlieferungskontrolle im Jahr 2019

Material	Einzel-proben	Wasser-gehalt [%]	Korndichte [g/cm³]
		Mittelwert	Mittelwert
Steinsalz (über Tage Anlieferung)	90	0,060	2,180

6.1.4 Eigensalz zur Verwendung bei der Sorelbetonherstellung

Im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II fällt bei Nachschnittarbeiten, Aufwältigung und Auffahrung von Strecken Salz mit unterschiedlicher mineralogischer Zusammensetzung an. Das Salz wurde 2019 dabei 59 mal zur Qualitätssicherung vor der Verwendung beprobt, untersucht und bewertet (2018: 101 Proben). Je nach Zusammensetzung werden die Salzsorten gelagert und – abhängig von den Anforderungen an die zu erstellenden Bauwerke – bei der Herstellung von Sorelbeton verwendet. Dabei kommen folgende Salzsorten zum Einsatz: Steinsalz, carnallitisches Salz und inhomogenes Mischsalz aus Streckenaufwältigungen . Je nach Zusammensetzung, Wassergehalt und Kornverteilung werden diese Salzsorten einzeln oder gemischt verwendet. Bei Bauwerken mit hohen Anforderungen bzw. bei der Firstspaltverfüllung kommt auch Fremdsalz aus der Anlieferung zum Einsatz. Seit dem 04.12.2017 kann auch Eigensalz (von der Baustoffanlage 20BA auf der 700-m-Sohle) über die Misch- und Pumpanlage 31BA für die Betonherstellung verwendet werden. Vorher konnte die 31BA lediglich von über Tage mit Vorprodukt, ausschließlich mit Fremdsalz gemischt, beliefert werden.

Das Salz wird an der Baustoffanlage südlich von Schacht 2 auf der 700-m-Sohle (20BA) gemischt und an der Anlage baubegleitend zu den einzelnen Bauwerken beprobt und im Qualitätssicherungslabor untersucht. Bei einer an der 20BA verarbeiteten Menge von ca. 24.715 t Eigensalz im Jahr 2019 wurden baubegleitend zur Qualitätssicherung 149 Salzproben untersucht (s. Tabelle 6.4 auf Blatt 191).

Tabelle 6.4: Zusammenfassung der Mittelwerte der Laborergebnisse von bei der Sorelbetonproduktion verwendeten grubeneigenen Salzsorten im Jahr 2019

Material	Einzelproben	Wasser-gehalt [%]	Korndichte [g/cm³]
		Mittelwert	Mittelwert
Vorlaufende Beprobung: Steinsalz, Mischsalz, carnallitisches Salz	59	0,044	2,155
Baubegleitende Beprobung: Steinsalz, Mischsalz, carnallitisches Salz	149	0,059	2,160

Mit kleinen Misch- und Pumpanlagen werden im Grubengebäude die Schalungsmauern von Abbauzugängen, kleine Fundamente u. Ä. hergestellt, die nicht extra beprobt werden. Diese kleinen Pumpen

werden mit dem Vorprodukt aus sogenannten MAT-Behältern über die Befüllanlage 50BA, die von der 20BA beschickt wird, versorgt. An der 50BA wurden 2019 mit ca. 2.470 t Vorprodukt insgesamt ca. 2.098 t Salz und ca. 371 t MgO in die MAT-Behälter gefüllt.

6.1.5 Vorprodukt für die Sorelbetonherstellung

Die Mischung aus MgO (Binder) und Salz (Zuschlagsstoff), das sogenannte Vorprodukt für die Sorelbetonherstellung, wird zur Qualitätssicherung routinemäßig in Stichproben an den Misch- und Pumpanlagen unter Tage beprobt und im Qualitätssicherungslabor untersucht. Dabei werden Wassergehalt, Korndichte und -verteilung, Zitronensäurereaktivität sowie die chemisch-mineralogische Zusammensetzung und das Mischungsverhältnis ermittelt. Eine Übersicht über die Mittelwerte der Ergebnisse der Untersuchungen ist in Tabelle 6.5 zusammengefasst.

Tabelle 6.5: Zusammenfassung der Laborergebnisse der untersuchten Vorprodukte für die Sorelbetonproduktion im Jahr 2019

Material	Anzahl der Untersuchungen	Wassergehalt [%]	Korndichte [g/cm³]	Zitronensäurereaktivität (pH=7,0) [s]	Zitronensäurereaktivität (pH=8,6) [s]
		Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert
Vorprodukt A0	15	0,163	2,362	95	225
Vorprodukt A1	395	0,110	2,313	200	569

6.2 Sorelbetonproduktion

6.2.1 Qualitätssicherung der Zusammensetzung des Sorelbetons

Im Jahr 2019 sind mit den Baustoffanlagen I und II im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II etwa 25.913 m³ Sorelbeton zur Hohlraumverfüllung hergestellt und verpumpt worden (2018: 28.335 m³). Alle verbauten Massen der Einzelkomponenten und das sich daraus ergebende Volumen von Sorelbeton wurden in der Qualitätssicherungs- und Mengenerfassungsanlage (QMA) erfasst und dokumentiert. Zusätzlich wurden ca. 1.789 m³ Sorelbeton mit kleinen Misch- und Pumpanlagen bei der Erstellung von Schalmauern, Fundamenten, Bohrlochverfüllungen und anderen kleinvolumigen Verfüllungen hergestellt. Für die unterschiedlichen Anforderungen an die Verfüllungen hinsichtlich der Festigkeitseigenschaften und der Permeabilitäten wurden differenzierte Vorgaben für die Mischungsverhältnisse von Salz (Zuschlagsstoff), Basismaterial (Binder) und Anmachflüssigkeit festgelegt. Anhand der in der QMA erfassten Daten ist eine ständige Kontrolle der Einhaltung festgelegter Bandbreiten für den Sorelbeton gegeben. Die vorgegebenen Rezepturen wurden im Jahr 2019 eingehalten. Die im Jahr 2019 verbauten Massen, Volumina und die durchschnittliche prozentuale Zusammensetzung des Sorelbetons, die über die QMA erfasst wurden, sind in Tabelle 6.6 und Tabelle 6.7 zusammengefasst.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Tabelle 6.6: Übersicht der verbauten Gesamtmassen bei der Sorelbetonproduktion im Jahr 2019

Projekt	Sorel-beton [m³]	Vor-produkt [t]	Salz [t]	Basis-material [t]	Anmach-flüssigkeit [m³]	Zutritts-lösung [m³]
Firstspaltverfüllung	–	–	–	–	–	–
Resthohlraumverfüllung A1	17.236	25.314	21.476	3.838	6.330	–
Resthohlraum mit Sorel A0	862	1.215	968	247	139	204
Stützender Versatz	2.465	3.618	3.070	547	908	–
Widerlager	2.229	3.242	2.750	492	834	–
Strömungsbarrieren	2.905	4.239	3.598	641	1.079	–
Sonstige	217	312	265	47	83	–
Gesamtsumme	25.913	37.939	32.126	5.813	9.373	204

Tabelle 6.7: Durchschnittliche prozentuale Zusammensetzung des Sorelbetons im Jahr 2019

Projekt	Salz	MgO	Anmachflüssigkeit*
Firstspaltverfüllung	–	–	–
Resthohlraumverfüllung mit Sorelbeton A1	63,6 Gew.-%	11,4 Gew.-%	25,0 Gew.-%
Resthohlraumverfüllung mit Sorelbeton A0	58,8 Gew.-%	15,0 Gew.-%	26,2 Gew.-%
Stützender Versatz	63,6 Gew.-%	11,3 Gew.-%	26,1 Gew.-%
Widerlager	63,1 Gew.-%	11,3 Gew.-%	25,6 Gew.-%
Strömungsbarrieren	63,3 Gew.-%	11,3 Gew.-%	25,4 Gew.-%
Sonstiges	62,6 Gew.-%	11,2 Gew.-%	26,2 Gew.-%
Gesamtmittelwert	62,5 Gew.-%	11,9 Gew.-%	25,6 Gew.-%

* Bei Sorelbeton A0, Anmachflüssigkeit und Zutrittslösung

6.2.2 Qualitätssicherung der Frischbetonsuspension und der Einzelkomponenten

Für die Sicherstellung gleichbleibender Qualität und guter Verpumpbarkeit des Sorelbetons werden direkt an den Misch- und Pumpanlagen regelmäßig Proben zur Kontrolle der Suspensionseigenschaften entnommen. Dazu werden aus dem Vorlagebehälter der jeweiligen Anlage Proben zur Untersuchung der Frischbetoneigenschaften entnommen. Es werden folgende Parameter der Frischbetonsuspension bestimmt und in Arbeitsprotokollen dokumentiert: Fließrinnenmaß, Temperatur, Dichte, Luftporengehalt und Leitfähigkeit.

Im Vorfeld der Probenahme der Frischbetonsuspension werden Proben vom verwendeten Salz, Basismaterial und der Anmachflüssigkeit - sowie bei der Sorelbeton-A0-Produktion auch von der Zutrittslösung - genommen und zur Untersuchung ins Qualitätssicherungslabor gebracht.

Vor Ort wird die Temperatur und Dichte der Anmachflüssigkeit und der Zutrittslösung (bei Sorelbeton A0) gemessen. Zusätzlich werden auf den Arbeitsprotokollen auch weitere Angaben zur Baustoffproduktion dokumentiert, wie der Pumpendruck, die eingestellte Rezepturzusammensetzung und die Förderleistung zum Zeitpunkt der Probenahme sowie Hinweise zur verwendeten Salzart. Zur späteren Kontrolle der Festbetoneigenschaften werden Rückstellproben in KG-Rohre gegossen, die in externen

Laboren untersucht werden. Zur Kontrolle des Abbindeverhaltens des Sorelbetons wird der Temperaturverlauf während des Abbindeprozesses an einer Probe in einem Isolierbehälter (quasiadiabatisch) aufgezeichnet und dokumentiert.

Mit der Kontrolle der Frischbetoneigenschaften können frühzeitig evtl. Parameterabweichungen beim Material oder der Misch- und Dosiereinrichtungen der Anlage erkannt werden. Damit wird eine gleichbleibende Qualität des Sorelbetons gewährleistet. Die bei den baubegleitenden Frischbetonuntersuchungen ermittelten durchschnittlichen Parameter zeigt Tabelle 6.8.

Tabelle 6.8: Durchschnittliche Ergebnisse der baubegleitenden Untersuchungen an der Frischbetonsuspension, der Anmachflüssigkeit und der Zutrittslösung im Jahr 2019

	Anzahl der Proben/Untersuchungen	Bestimmte Parameter		
Anmachflüssigkeit	481	Temperatur	[°C]	31,1
	481	Dichte	[g/cm³]	1,316
Zutrittslösung	15	Temperatur	[°C]	32,4
	15	Dichte	[g/cm³]	1,217
Frischbetonsuspension	550	Temperatur	[°C]	32,0
	549	Leitfähigkeit	[mS/cm]	19,8
	550	Dichte	[g/cm³]	1,87
	590	Fließrinnenmaß	[mm]	535
	62	Quasiadiabatische Abbindetemperatur	[°C]	73,7
	480	Luftporengehalt	[%]	2,81

6.3 Sonstige Baustoffuntersuchungen

Im Qualitätssicherungslabor der Schachtanlage Asse II werden neben den beschriebenen Untersuchungen auch Eingangskontrollen für Injektionsmaterialien durchgeführt. Für die Schalwände in den Abbauzugängen werden Rasengittersteine aus Sorelbeton geliefert, die stichprobenartig kontrolliert und bei der MPA Braunschweig untersucht werden. Dazu kommen noch Sonderuntersuchungen verschiedener Materialien. Diese Kontrollen machen jedoch nur einen sehr kleinen Teil der Gesamtuntersuchungen aus, daher wird an dieser Stelle nicht gesondert darauf eingegangen.

7 Monitoring Grundwassermessstellen am Beispiel von Schacht Asse 1

Zum übertägigen hydrogeologischen Messnetz gehören 24 Grundwassermessstellen und die Schächte Asse 1 und Asse 3. Im Jahr 2014 wurden umfangreiche Untersuchungen an diesen Messstellen hinsichtlich ihrer Funktionalität durchgeführt. Im Ergebnis ergibt sich an einigen Grundwassermessstellen ein Sanierungsbedarf. Da dadurch zum einen an einigen Messstellen zunächst keine repräsentativen Daten erhoben werden können und zum anderen die Wasserführung im Schacht Asse 1 für das hydrologische Regime auf dem Asse-Höhenzug sehr bedeutend ist, wird nachfolgend exemplarisch nur auf die Grundwasserganglinie im Schacht Asse 1 eingegangen.

Der Schacht Asse 1 liegt nordöstlich von Wittmar und ca. 1,5 km nordwestlich der Schachtanlage Asse II. Er hat eine Tiefe von 375 m, in denen er Salinarfolgen der Staßfurt- und Leinefolge unter einem ca. 190 m mächtigen Deckgebirge durchfährt. Anfang Juli 1906 kam es durch einen starken Wassereinbruch aus dem Hangenden zum vollständigen Ersaufen des Schachtes [68]. Derzeit ist die Schachtsäule noch bis ca. 115 m Tiefe mit einer Messsonde befahrbar. In diesem Bereich stehen Tone und Sandsteine des Deckgebirges an und der Schacht ist mit Süßwasser verfüllt. Mit Hilfe eines Datenloggers Dipper-PTEC der Fa. Seba wird der Wasserspiegel im Schacht kontinuierlich aufgenommen [68].

Im Beobachtungszeitraum schwankte der Abstich (Höhendifferenz der Geländeoberkante und des Grundwasserspiegels) im Schacht Asse 1 (s. Abbildung 7.1) zwischen −16,3 bis −19,6 m unter dem Messpunkt, das entspricht Wasserständen zwischen 140,85 mNN und 144,15 mNN. Von 23.08.2019 bis 19.09.2019 wurden vom Datenlogger aufgrund eines defekten Batteriefaches keine Daten aufgezeichnet (s. Abbildung 7.1). Anfang des Jahres 2019 sind, analog zu den Beobachtungen der Vorjahre [68], von Januar bis Mitte Mai saisonal bedingt höhere Wasserstände zu erkennen. Starke Niederschläge in der 2. Maihälfte (am 20.05.2019 mit 72 mm in Dettum) ließen den Wasserstand im Schacht innerhalb weniger Tage bis auf den höchsten Wasserstand im Beobachtungszeitraum am 28.05.2019 mit −16,3 m unter dem Messpunkt ansteigen. Danach folgte bis Mitte Dezember ein kontinuierlicher Rückgang des Wasserstandes bis auf −18,5 m unter den Messpunkt. Auf diesem Niveau verharrte der Wasserstand im Schacht bis zum 19.02.2020. Die in diesem Schacht schon häufiger beobachteten abrupten Absenkungen des Wasserspiegels um mehrere Meter wurde im Berichtszeitraum nicht beobachtet.

Die Gesamtfassungsrate der aufgefangenen Salzlösungen (s. Abbildung 7.1 und Kapitel 5[(1)] ab Blatt 179) im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II schwankte im Berichtszeitraum zwischen 12.606 bis 19.326 L/d. Meist lagen die Fassungsrate zwischen 13.000 bis 14.000 L/d. Die hohen Fassungsraten >14.000 L/d sind häufig kurzzeitige Ausreißer von häufig nur einem Tag Dauer. Die Ursache ist häufig das einmalige Leerpumpen eines oder mehrerer Sümpfe, wie z. B. am 17.09.2019. Ab November 2019 ist die Tendenz der Zuflussrate mit teilweise auch unter 13.000 L/d abnehmend. Grundsätzlich sind keine direkten Korrelationen zwischen der Fassungsrate im Grubengebäude und dem Wasserstand im Schacht Asse 1 zu erkennen. Direkte Korrelationen zwischen dem Grundwasser im Deckgebirge und der Fassungsrate der Salzlösungen im Grubengebäude wären ein Hinweis darauf, dass die Zutritte ins Grubengebäude ohne erkennbare drosselnde bzw. stauende Wirkung von zwischengeschalteten Grundwasserhemmern oder Grundwassernichtleitern unmittelbar aus dem Deckgebirge erfolgen würden und ein Absaufen der Grube eine unmittelbare Bedrohung darstellen würde.

(1) In Kapitel 5 ab Blatt 179 werden die Fassungsungsraten vom Baufeld an der Südflanke und dem Carnallititbaufeld getrennt betrachtet.

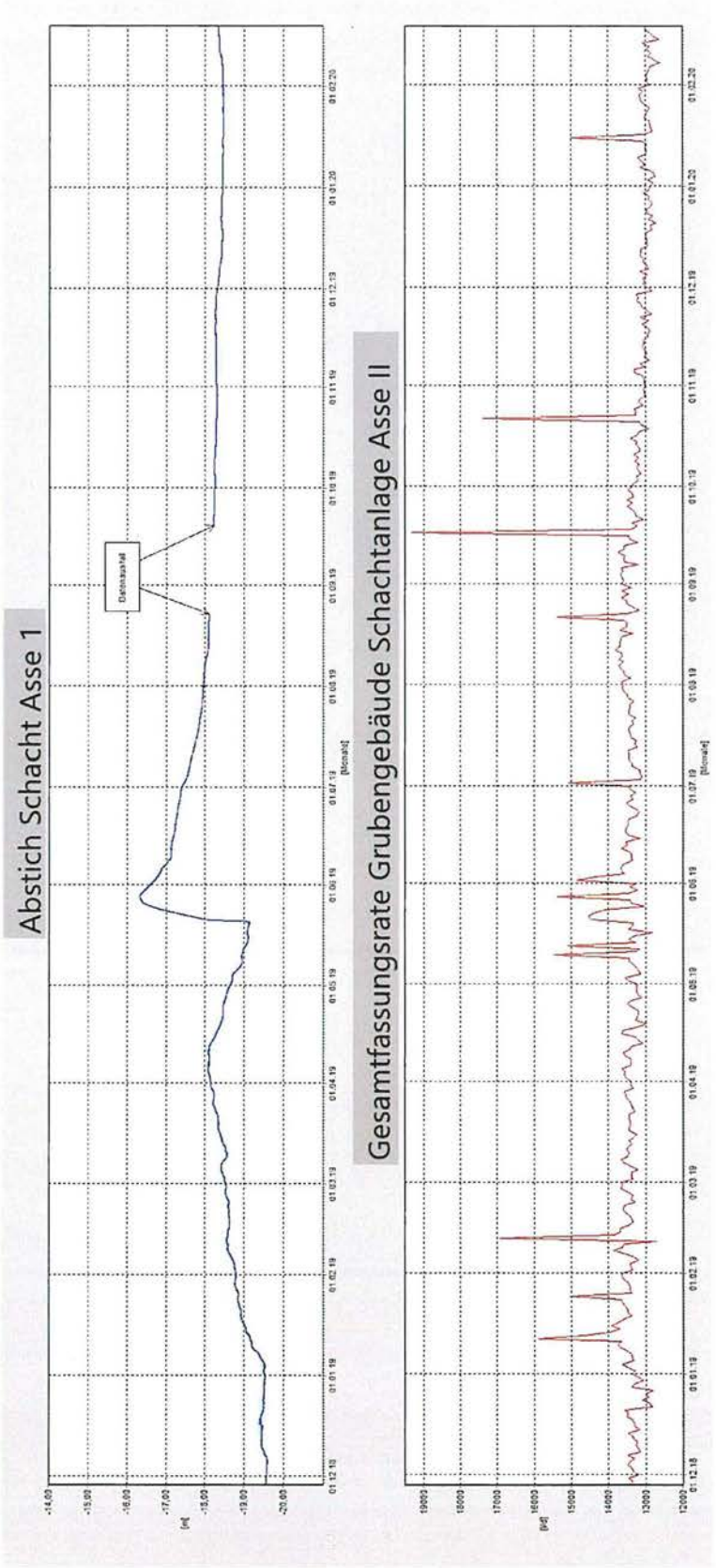


Abbildung 7.1: Abstich Schacht Asse 1 und Gesamtfassungsrate im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II (Zeitraum: 12/2018–02/2020)

8 Gesamtbewertung

Die gebirgsmechanische Situation wird im Folgenden auf Grundlage der insgesamt visuell und messtechnisch erfassten Informationen zum Spannungs- und Verformungszustand des Tragsystems, zum Monitoring der Infrastrukturbereiche, sowie unter Berücksichtigung der durchgeführten bergmännischen Arbeiten und hierbei insbesondere der durchgeführten Stabilisierungsmaßnahmen bewertet. Für das Gesamttragsystem ist die Situation bezogen auf die Baufelder wie folgt zu bewerten:

1. *Baufeld an der Südflanke*
   Das Baufeld an der Südflanke stellt mit ca. 3,0 Mio. m^3 Hohlraumvolumen das mit Abstand größte Baufeld dar [14]. Auf Grund der nicht ausreichend dimensionierten Schweben und Pfeiler kommt es seit den 1980er Jahren zu erheblichen Schädigungen bzw. Bruchprozessen in den Tragelementen und den angrenzenden Deckgebirgsschichten. Einher ging diese Entwicklung mit einem starken Anstieg der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten auf bis zu 218 mm/a sowie zeitlich verzögert mit erhöhten übertägigen Senkungsraten von bis zu 25 mm/a. Messtechnisch kann somit eine hohe Mobilität des südlich vorgelagerten Deckgebirges belegt werden.

   Dies führt seit spätestens 1988 zu einem Integritätsverlust in der Steinsalzbarriere und zum Zutritt von Salzlösungen aus dem Deckgebirge.

   Zur Stabilisierung des Tragsystems wurden die Abbaue bis 2004 überwiegend mit 2,92 Mio. t Salzgrus verfüllt (etwa 2,6 Mio. m^3). Bereits während der Versatzeinbringung war eine beginnende Stabilisierung des Tragsystems (ab ca. 1999) durch sich degressiv entwickelnde querschlägige Pfeilerstauchungsraten erkennbar. Da sich die Verformungsraten trotz der Salzeinbringung noch auf einem hohen Niveau bewegten – 2009 bis ca. 125 mm/a – und sich durch Konsolidierung des Salzversatzes in den Abbauen sogenannte Firstspalte von zum Teil mehreren Metern gebildet hatten, wurde Ende 2009 mit der Verfüllung der Firstspalte und Resthohlräume mit Sorelbeton begonnen. Bisher wurden ca. 200.000 m^3 Sorelbeton in Firstspalte und Resthohlräume im Baufeld an der Südflanke oberhalb der 750-m-Sohle eingebracht.

   Auch im Berichtszeitraum 2019 hat sich der hohe Beanspruchungszustand des Tragsystems nicht signifikant verändert. Die maximalen und die minimalen Spannungen sind im gesamten Baufeld im Jahre 2019 gegenüber 2018 überwiegend gleichbleibend. Jedoch sind in einigen Bereichen geringfügige Anstiege der Minimalspannungen und Rückgänge der Maximalspannungen zu verzeichnen, wodurch sich die Spannungsdifferenzen in einigen Bereichen leicht reduziert haben (vgl. Anhänge 16.1 bis 16.4 (Blätter 391–394)). Die immer noch hohen Spannungsdifferenzen, die detektierten Rissbildungen sowie die in einigen Bereichen deutlich erhöhte mikroseismische und mikroakustische Aktivität weisen auf weiterhin stattfindende Bruch- bzw. Schädigungsprozesse hin. Mit den sich nur langsam und nicht kontinuierlich aufbauenden Versatzdruck und der damit verbundenen seitlichen Stützung der Pfeiler, zum Teil auch durch den Sorelbeton, wird jedoch weiteren Pfeilerentfestigungen entgegengewirkt. Wie aus Anhang 16.1 auf Blatt 391 und Anhang 16.2 auf Blatt 392 zu ersehen ist, liegen die maximal gemessenen Spannungen im Tragsystem mit 33 MPa weiterhin im Bereich des Hauptpfeilers. Da die Minimalspannung im Westflügel bei nur ca. 2 MPa liegt und die Firstspaltverfüllung in diesem Bereich noch nicht vollständig umgesetzt ist, ist mit fortschreitenden Schädigungen der Schweben und Pfeiler zu rechnen. Weitere lokale Spannungsmaxima liegen im östlichen und westlichen Bereich des oberen Baufelds (s. Anhang 16.2 auf Blatt 392). Eine Gegenüberstellung der gemessenen Minimalspannungen aus 2017 (s. Anhang 16.3 auf Blatt 393) und 2018 (s. Anhang 16.4 auf Blatt 394) zeigt in einigen Bereichen einen geringfügigen Anstieg der minimalen Spannungsmesswerte.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Da im Westflügel des Baufeldes an der Südflanke auch insgesamt die Spannungsdifferenzen im Jahr 2018 weiterhin auf einem hohen Niveau liegen, ist in den bereits stark entfestigten Tragelementen mit fortschreitenden Schädigungen zu rechnen. In deren Folge ist auch ein weiterer Integritätsverlust in der hier sehr geringmächtigen Steinsalzbarriere und dem südlich vorgelagerten Deckgebirge zu besorgen. Das lokale Pfeilerstauchungsmaximum liegt mit Werten um 70 mm/a im Westflügel im Bereich der 574- bis 553-m-Sohle in den Abbaureihen 3 bis 5. Der Bereich ist zudem durch Besonderheiten, wie einem linsenförmigen Hauptanhydritvorkommen und einem ca. West/Ost streichenden Risssystem mit Lösungsaustritten und einer Vielzahl von Tropfstellen, gekennzeichnet. Im Berichtszeitraum wurde im Westen der 574- und 595-m-Sohle die Stabilisierungsmaßnahmen in den nördlich der Abbauen verlaufenden Strecken abgeschlossen. Die Firstspaltverfüllung in den Abbaureihen 2 bis 4 unterhalb der 532-m-Sohle steht jedoch noch aus.

Demgegenüber sind im Ostflügel des Baufeldes die Firstspalte bereits verfüllt und eine Stützwirkung ist hier deutlicher erkennbar. Diese äußerte sich in den letzten Jahren mit einem tendenziellen Anstieg der Minimalspannungen und dem hier etwas stärkeren Rückgang der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten auf ebenfalls ca. 70 mm/a. Nach einer temporären Zunahme der Pfeilerstauchungsraten im Jahre 2017 setzte sich der degressive Trend etwa ab dem 2. Quartal 2018 wieder fort. Im Ostflügel erfolgt der Übergang vom oberen Bereich des Pfeilerstauchungsmaximums – welcher sich bis in das Firstniveau der 532-m-Sohle erstreckt – zum Unverritzten oberhalb der 490-m-Sohle auf vergleichsweise kurzer Distanz, d.h. mit einem hohem Gradienten der Pfeilerstauchungsraten. Hierdurch ergeben sich im Umfeld und auch im südlich vorgelagerten Deckgebirge weiterhin hohe Scherbeanspruchungen. Aufgrund der Nähe zur MAW-ELK wurden die Verfüll- und Abdichtmaßnahmen gemäß der Notfallplanung 2019 und 2020 zügig fortgesetzt und sind inzwischen weitgehend abgeschlossen.

Nachdem von etwa Mitte 2017 in großen Teilen des Baufeldes an der Südflanke ein gleichbleibender bis leicht ansteigender Trend bei der Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten zu konstatieren war, hat sich – trotz der weiter ablaufenden Schädigungsprozesse – ab 2018 und im Berichtszeitraum 2019 – die insgesamt leicht degressive Entwicklung der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten wieder fortgesetzt. Zum Berichtsstand liegen die horizontal querschlägigen Pfeilerstauchungsraten im Maximum bei etwa 70 mm/a. Auf Grundlage der insgesamt vorliegenden Messergebnisse kann auf eine querschlägige Gesamtstauchung der Tragelemente von der Auffahrung der Abbaue im Baufeld an der Südflanke bis zum Berichtsstand von etwa 6 m im Westflügel und 7 m im Ostflügel ausgegangen werden. Die damit verbundenen erheblichen Verformungen und Schädigungen in den Tragelementen sind als ursächlich für die Integritätsverluste der südlichen Anbaubank und des südlich vorgelagerten Deckgebirges anzusehen.

Auch 2019 geht die registrierte Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten noch immer nicht mit einem relevanten Anstieg der im Salzversatz erfassten Spannungen einher. Da die weiter ablaufenden Verformungsprozesse auch die Schaffung neuer bzw. die Reaktivierung älterer Migrationspfade aus dem Deckgebirge ermöglichen, ist eine weitere Stabilisierung des im Westflügel liegenden Zutrittsbereiches durch eine zügige Umsetzung der Firstspaltverfüllung sowie die Verfüllung aller nicht mehr benötigten Teile der Abbaubegleitstrecken nach wie vor dringend geboten. Nur so kann dem anhaltenden Integritätsverlust in den Tragelementen und damit auch dem Integritätsverlust im Zutrittsbereich entgegengewirkt werden.

Die mikroseismische Aktivität weist weiterhin ablaufende Schädigungsprozesse, insbesondere nördlich oberhalb der ELK 4/750, im Bereich der ELK 6/750, am oberen Baufeldrand, in den zentral südlichen und westlichen Bereichen der 750-, 725-, und 700-m-Sohle, aus. Auch die visuellen und messtechnischen Befunde in den noch offenen bzw. neu erstellten oder aufgewältigten Strecken

im Bereich der LAW-ELK auf der 750-m-Sohle zeigen einen hohen Beanspruchungsgrad. Die hier in Umsetzung befindlichen Verfüll- und Abdichtmaßnahmen sind daher möglichst zügig fortzusetzen. Insbesondere auf der 725-m-Sohle weist die sogenannte Gleitbogenausbaustrecke in den nicht ausgebauten Pfeilerbereichen erhebliche Entfestigungen auf. Da sich hier wichtige Fassungsstellen für Zutrittslösungen befinden, ist bei dem geplanten Rückzug aus diesem Bereich eine Anpassung des Lösungsmonitorings vorgesehen.

Aufgrund des bestehenden Lösungszutritts und der permanenten Gefahr seiner Veränderung und/oder Verlagerung, die sich mit den fortschreitenden Schädigungsprozessen weiter erhöht, sind weitere Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich. Hierbei kommt der messtechnischen Überwachung der Situation eine wichtige Bedeutung für das Monitoring und die Steuerung des weiteren Bauablaufes zu.

2. *Steinsalzbaufeld im Sattelkern*
   Das Baufeld im Sattelkern weist ein Hohlraumvolumen von etwa 425.000 m^3 auf und ist zu etwa 71 % mit Salz und 18 % mit Sorelbeton versetzt (Stand 10/2018; [14]). Da der Nahbereich dieser Abbaue durch nachträglich aufgefahrene Strecken (z. B. Wendelstrecke, nördliche Richtstrecken nach Osten) zum Teil stark durchbaut wurde und in den Abbauen zum Teil noch relevante Resthohlräume vorhanden sind, kommt es lokal zu erheblichen Schädigungen in den Konturbereichen der infrastrukturell genutzten Strecken und Abbauteile.

   Zur Überwachung der Schädigungsprozesse wurden seit 2012 lokale Monitoringprogramme initiiert. Dies betrifft die Wendelstrecke insgesamt (s. Abschnitt 4.4 auf Blatt 88), den Füllortbereich Schacht 2 auf der 750-m-Sohle (s. Abschnitt 4.7 auf Blatt 146), die nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle und die daran angeschlossenen Infrastrukturräume im Osten der 750-m-Sohle (s. Abschnitt 4.8 auf Blatt 161) sowie die Infrastrukturräume auf der 700-m-Sohle (s. Abschnitt 4.5 auf Blatt 106). Zur Stabilisierung dieser Bereiche wurden in den Jahren 2012 und 2013 die Abbaue auf der 775-m-Sohle mit Sorelbeton nachverfüllt. Im Jahre 2018 wurden im Westen der 750-m-Sohle die geplanten Verfüllmaßnahmen weitgehend umgesetzt. Im Osten der 750-m-Sohle befinden sich insbesondere im Bereich der Faktenerhebung im Abbau 5/750 Na2 noch erhebliche Resthohlräume. Im Rahmen der Vorbereitungen zur Erkundung der ELK 12/750 wurde ein umfassendes Sanierungsprogramm konzipiert, dass auch Verfüllmaßnahmen zur Stabilisierung des Bereiches beinhaltet.

3. *Carnallititbaufeld*
   Das in den 1920er Jahren aufgefahrene Carnallititbaufeld wurde bereits im Zuge der Gewinnung weitgehend mit Rückständen aus der Kaliaufbereitung verfüllt. 2018 wurde das Volumen des Baufeldes mit ca. 947.000 m^3 bilanziert. Geotechnische Untersuchungen belegen eine erhebliche Schädigung der Pfeiler, Auflockerungen in den Konturbereichen, insbesondere in der Firste des Abbaufeldes sowie eine konvergenzbedingt bereits stark fortgeschrittene Kompaktion des Versatzes. In 2015 und 2016 wurden im mittleren und östlichen Bereich Erkundungsbohrungen in den Firstbereich der Abbaue gestoßen. Dabei wurden zum Teil relevante Firstspalte festgestellt, die inzwischen verfüllt wurden. Aus den Ergebnissen des Tagesnivellements ist eine Beeinflussung des Senkungsgeschehens durch das Carnallititbaufeld weiterhin abzuleiten und eine entsprechende Beanspruchung des Deckgebirges zu besorgen (s. Abschnitt 2.2.1 auf Blatt 20). Um dem entgegenzuwirken, ist eine systematische Erkundung und Nachverfüllung der Resthohlräume in allen Abbauen vorgesehen. Insbesondere für den nordwestlichen Teil des Carnallititbaufeldes gibt es Hinweise auf relevante Resthohlräume in den Zugangsstrecken und im Firstbereich der Abbaue. Hier wurden entsprechende Erkundungs- und Verfüllmaßnahmen vorbereitet.

4. *Tiefenaufschluss*
   Der sogenannte Tiefenaufschluss (unterhalb der 775-m-Sohle) besteht aus Strecken und einer Kaverne, welche im Wesentlichen zu Forschungszwecken und zur Speicherung von ins Bergwerk eingedrungener Lösungen aufgefahren wurden. Das Hohlraumvolumen des Tiefenaufschlusses beträgt ca. 247.000 m^3. Ab 2004 wurde mit der Verfüllung des Tiefenaufschlusses auf der 975-m-Sohle mit Salzversatz und zum Teil mit Schotter (Kaverne unterhalb Schacht 4 und Blindschacht 1) begonnen. Der Porenraum im unteren Bereich des Tiefenaufschlusses wurde mit einer gesättigten $MgCl_2$-Lösung aufgefüllt. Das Lösungsniveau liegt zum Berichtsstand bei 905 m Teufe. Ab der 875-m-Sohle erfolgt seit 2009 die Resthohlraumverfüllung mit Sorelbeton. Im Jahre 2014 wurde die Verfüllung der 850-m-Sohle weitgehend abgeschlossen. Im Westen der 800-m-Sohle wurden im Jahr 2012 Strecken zur Speicherung von Salzlösungen – sogenannte Sumpfstrecken – aufgefahren. Auf Grund der geringen Größe und des niedrigen Durchbauungsgrades hat der Tiefenaufschluss nur eine geringe Bedeutung für das Gesamttragsystem sowie für die Bewertung der Gebrauchstauglichkeit der längerfristig noch zu nutzenden Infrastrukturbereiche. Seit 2015 werden auf der 850-m-Sohle Strecken zur Gewinnung von Steinsalz aufgefahren. Diese Strecken werden sukzessive mit Sorelbeton unter Verwendung von carnallititischem Eigensalz und/oder kontaminierten Lösungen verfüllt.

Ab 2012 wurden sukzessive für alle relevanten Infrastrukturbereiche eine intensivere Beobachtung der Schädigungsprozesse in Form von Monitoringprogrammen initiiert und auf deren Grundlage vorgezogene Verfüllmaßnahmen empfohlen und umgesetzt. Mit diesen Maßnahmen soll eine Bewertung der Gebrauchstauglichkeit dieser Bereiche für den noch geplanten Nutzungszeitraum ermöglicht und durch die vorgezogenen Verfüllmaßnahmen der Schädigungsprozess verlangsamt werden.

Für die Monitoringbereiche auf der 750-m-Sohle im Bereich um den Füllort Schacht 2, der nördlichen Richtstrecke nach Osten und der südlichen Richtstrecken nach Westen wurde bereits der größte Teil der hier vorgesehenen Stabilisierungsmaßnahmen durchgeführt. Dennoch zeigen die noch in Nutzung befindlichen Bereiche der 750-m-Sohle weiterhin einen zum Teil hohen Sanierungsbedarf bzw. Integritätsverlust. Insbesondere der Monitoringbereich der nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle wurde Ende 2018 um den Bereich der Faktenerhebung erweitert und umfasst nun den gesamten östlichen Teil des Baufeldes im Sattelkern auf der 750-m-Sohle. Auf Grund der erheblichen Schädigungen in diesem intensiv genutzten Infrastrukturbereich wurde ein entsprechendes Sanierungsprogramm aufgestellt und in wesentlichen Teilen bereits umgesetzt.

Im Jahre 2015 ergab sich auch für den Infrastrukturbereich auf der 700-m-Sohle die Notwendigkeit einer deutlichen Erweiterung des lokalen Monitoringprogramms. Auf Grund der zunehmenden Schädigungen und Entfestigungen im Bereich der Baustoffanlage 20BA wurden auch hier umfangreiche Stabilisierungsmaßnahmen geplant, um die Gebrauchstauglichkeit für den geplanten Nutzungszeitraum (derzeit bis 2026) zu erhalten. Im Berichtszeitraum 2019 wurde die Umsetzung der Maßnahmen, insbesondere im südlichen Bereich der Baustoffanlage 20BA, fortgesetzt.

Eine weitere wichtige Infrastrukturkomponente stellt die Wendelstrecke dar. Hier wurde im Januar 2012 der Bereich der 637-m-Sohle gesperrt, da die Schwebe zwischen zwei Wendelstreckenabschnitten vollständig entfestigt war. Hier waren umfassende Sanierungen in Verbindung mit der Neuauffahrung von zwei Wendelabschnitten notwendig [69]. Bei einem weiteren Abschnitt der Wendelstrecke, zwischen der 750- und 775-m-Sohle, war ebenfalls eine Neuauffahrung erforderlich, die 2014 umgesetzt wurde. Weitere Wendelabschnitte, insbesondere von der 725- zur 750-m-Sohle, wurden in den Jahren 2015 und 2016 saniert. In der Wendelstrecke ist jedoch generell von einem anhaltend hohen Sanierungsaufwand auszugehen. Daher wurde für die Wendelstrecke ein angepasstes Beobachtungs- und Sanierungskonzept erarbeitet, welches sukzessive umgesetzt wird (s. Abbildung 4.25 auf Blatt 106).

Für die geplante Rückholung der Abfälle stellt der Erhalt der Gebrauchstauglichkeit der Wendelstrecke eine grundlegende Planungsrandbedingung dar. Dies setzt langfristig eine anhaltende Sanierung der Wendelstrecke oberhalb der 700-m-Sohle voraus, die bei der Planung der Rückholungsmaßnahmen zu berücksichtigen ist.

In folgenden Bereichen wurden in besonderem Maße Schädigungsprozesse detektiert:

1. Die Rissentwicklung in der Abbaubegleitstrecke nach Osten auf der 511-m-Sohle sowie die im Firstbereich des Abbaus 6a/532 durchgeführten EMR-Messungen und Erkundungsbohrungen weisen auf eine streichende Scherbeanspruchung der Schwebe zu den Nebenabbauen 6a/532, 7a/532 und 7b/532 hin. Die bereits fortgeschrittene Rissbildung in der Schwebe oberhalb des Abbaus 6a/532 führte zur Sperrung des Abbaus. Nach Herstellung der nördlichen Umfahrung dieses Abbaus und seiner vollständigen Verfüllung wurde eine entsprechende Bewertung auch für die Gebrauchstauglichkeit der östlich gelegenen Nebenabbaue erstellt. Hierbei ergab sich auch für die Abbaue 7a und 7b/532, dass die hangenden Schweben stark geschädigt sind. Der Abbau 7a/532 ist inzwischen abgeworfen und vollständig verfüllt. Im Abbau 7b/532 wurde der südliche und mittlere Teil ebenfalls im Jahre 2015 verfüllt. Im Jahre 2018 wurden die Abbaue 9a/532 und 9b/532 vollständig verfüllt. Zur Begrenzung der Schädigungsentwicklung im Nahbereich der MAW-Kammer wurde eine vollständige Verfüllung der Nebenabbaue bis Anfang 2020 umgesetzt. Die Maßnahmen auf der 532-m-Sohle werden in 2020 mit der Verfüllung der Abbaubegleitstrecke im Firstniveau weitgehend abgeschlossen.

2. Im Bereich des Pfeilers 3/4 auf der 725-m-Sohle sowie im Bereich der Querschläge zwischen der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle und der Schwebe oberhalb der ELK 4/750 liegen Indizien für einen fortschreitenden Integritätsverlust vor. In diesem Bereich wurden im Jahr 2018 bis März 2019 die Stabilisierungsmaßnahmen mit der Verfüllung der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen fortgesetzt und Strömungsbarrieren in den Querschlägen zwischen 1. und 2. südlicher Richtstrecke errichtet. Damit wird einer Migration von Salzlösungen aus den Einlagerungskammern 4/750, 8/750 und 10/750 und damit dem Austrag von Kontaminationen in nördliche Richtung und Zersetzungsprozessen im hier anstehenden Carnallitit entgegengewirkt .

Insgesamt hat die Stabilisierung des Tragsystems vor allem im Baufeld an der Südflanke und im Sattelkern zu einem weiteren, sich im Berichtszeitraum wie oben angeführt abgeschwächten Rückgang der Verformungsraten geführt. Jedoch führen die damit verbundenen Spannungsumlagerungen lokal in bereits stark geschädigten Bereichen und den Baufeldrändern zu weiteren Bruchvorgängen. Dies wird zunehmend die Gebrauchstauglichkeit von in solchen Bereichen angeordneten Infrastrukturkomponenten beeinträchtigen. Dies gilt insbesondere für die Abbaue und Abbaubegleitstrecken in der Südflanke, der Wendelstrecke (511- bis 679-m-Sohle und 725- bis 775-m-Sohle) sowie die zentralen Bereiche der 700- und 750-m-Sohle. Zur weiteren Bewertung der Nutzungsfähigkeit insbesondere im Hinblick auf die in Planung befindlichen Rückholmaßnahmen ist daher die Fortführung der Monitoringprogramme und bei Bedarf die Initiierung weiterer angepasster Stabilisierungsmaßnahmen unabdingbar.

Die mikroseismischen Ereignisraten sind im Berichtszeitraum 2019 insgesamt zurückgegangen, liegen aber langfristig betrachtet noch immer auf einem hohen Niveau. Der Rückgang basiert wesentlich auf einem Rückgang der Aktivität im Bereich der ELK 4/750 nach Umsetzung von zahlreichen Stabilisierungsmaßnahmen in diesem Bereich. Außerhalb des Grubengebäudes fällt weiterhin die relativ hohe Aktivität im Bereich des oberen und östlichen Baufeldrandes auf. Innerhalb des Grubengebäudes konzentriert sich die mikroseismische Aktivität zunehmend auf den südlichen und zentralen Bereich unterhalb der 679-m-Sohle.

Weiterhin sind südöstlich des Grubengebäudes im Bereich der 700-m-Sohle und darunter relativ starke mikroseismische Ereignisse im Salinar und im Übergangsbereich vom Salinar zum oberen Buntsandstein detektiert worden. Die ansteigende Anzahl starker Ereignisse in diesem Bereich hat maßgeblich zu einem steileren Anstieg der kumulativen Energie in 2019 beigetragen. Da sich dieser Bereich relativ weit außerhalb des Grubengebäudes befindet, ist eine alleinige, mit dem Grubengebäude in Verbindung stehende, gebirgsmechanische Ursache für diese Aktivität nicht plausibel.

Die Lösungsfassung wies im Baufeld an der Südflanke bis September 2018 eine Stabilisierung des Lösungszutritts aus dem Deckgebirge auf einem Niveau von ca. 12,1 m^3/d aus. Im September 2018 erhöhte sich die Fassungsrate im Abbau 3/658 sprunghaft auf ca. 12,6 m^3/d. Hierbei haben die Fassungssysteme auf der 658- und 725-m-Sohle weiterhin den größten Anteil der Lösungen oberhalb der 750-m-Sohle gefasst (ca. 99 %). Auch der Anteil der Fassung in der Abbaureihe 3 lag 2018 bei 99 %. Insgesamt werden derzeit im Baufeld an der Südflanke 13,1 m^3/d gefasst. Es ist anzunehmen, dass dies auch in etwa dem Salzlösungszutritt im Baufeld an der Südflanke entspricht.

Da im Abbau 3/658 ab dem 29.09.2018 der gleitende 7-Tagesmittelwert der Fassungsrate mit durchschnittlich 12,6 m^3/d dauerhaft oberhalb der im Hauptbetriebsplan 10/2017 – 09/2019 in Nebenbestimmung 4 festgelegten Meldeschwelle von 12,1 m^3/d lag, erfolgten entsprechende Meldungen an das LBEG. Weiterhin wurde mit dem LBEG ein intensiviertes Monitoring vereinbart und in den monatlichen Jours fixes entsprechend berichtet. Im Gegensatz zu den Veränderungen der Fassungsraten 2013/2014 gab es jedoch im Berichtszeitraum keine relevanten Veränderungen an anderen Katasterstellen. Auch das Monitoring insgesamt zeigt mit Ausnahme der Veränderungen der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten keine Auffälligkeiten, die mit der veränderten Zutrittsrate in Zusammenhang gebracht werden können. Da sich die Ursachen für die Veränderungen der Zutrittsrate und der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten aus den weiteren Monitoringergebnissen nicht direkt ableiten lassen, lässt sich hier bisher kein Kausalzusammenhang herstellen.

Im Jahr 2017 wurden die aktiven Katasterstellen in der 2. südlichen Richtstrecke auf der 750-m-Sohle nach Westen saniert und über von der 679-m-Sohle erstellte Monitoringbohrungen angeschlossen. Seit der Verfüllung der 2. südlichen Richtstrecke erfolgt das Lösungsmonitoring für diese Katasterstellen von der 679-m-Sohle aus.

Sollte es im Zuge der weiterhin ablaufenden gebirgsmechanischen Schädigungsprozesse zu stärkeren Veränderungen des Lösungszutritts kommen, ist ein Versagen der Fassungssysteme durch Umläufigkeiten zu besorgen. Eine unmittelbare Folge wäre eine zunehmende Durchfeuchtung von Tragelementen und ein dadurch forcierter Entfestigungsprozess, das verstärkte Eindringen von Lösungen in die ELK und der Austrag von Kontaminationen. Eine wesentliche Aufgabe des Geomonitorings ist daher weiterhin, solche Veränderungen frühzeitig zu erkennen, so dass gegebenenfalls notwendige Maßnahmen rechtzeitig initiiert werden können.

Im Bereich der Nordflanke wurden im Jahre 2019 durchschnittlich 0,29 m^3/d $MgCl_2$-dominierte-Lösung gefasst (2018: 0,43 m^3/d). Dieser gegenüber 2018 reduzierte Wert hängt damit zusammen, dass 2019 in einem geringerem Umfang Standlösungen durch neue Bohrungen erschlossen und abgepumpt worden sind. Die für 2019 ermittelte Fassungsrate von 0,29 m^3/d liegt damit geringfügig unter dem 9-Jahres-Durchschnitt (12/2009 bis 12/2018) von 0,31 m^3/d. Weiterhin ist festzustellen, dass der größte Teil der Lösungen im westlichen Teil des Carnallititbaufeldes gefasst wird. Es muss hier davon ausgegangen werden, dass ein Teil der an der Nordflanke gefassten Salzlösung einem außerhalb des Grubengebäude gelegenen Reservoir entstammt [70].

Für die geplante Rückholung der Abfälle aus den ELK ist daher die weitere bestmögliche Stabilisierung der Einlagerungsbereiche und der weiterhin zur Nutzung vorgesehenen Infrastrukturbereiche eine wesentliche Voraussetzung. Insbesondere die immer noch hohe mikroseismische Aktivität zeigt auf,

dass, ohne eine firstbündige und stützende Verfüllung aller Resthohlräume, die laufenden Konvergenzprozesse zu fortschreitenden Entfestigungen führen. Mit einer zunehmenden Auflockerung der Tragelemente und Ausbildung von Scherflächen sind hier bruchhafte Ablösungen zu besorgen. Da sich die mikroseismische Aktivität und die visuell erkennbaren Schädigungen der Konturbereiche insbesondere auf die Wendelstrecke unterhalb der 553-m-Sohle und den zentralen südlichen Bereich der 700- bis 750-m-Sohle konzentrieren, ist hier besonderes Augenmerk auf ein intensives Monitoring und eine zügige Stabilisierung zu legen.

Insgesamt wurde mit den im Berichtszeitraum umgesetzten Stabilisierungsmaßnahmen den Entfestigungsprozessen im Tragsystem weiter entgegengewirkt. Auf Grund des hohen Durchbauungsgrades und der in vielen Bereichen noch vorhandenen Resthohlräume sind diese Maßnahmen jedoch noch nicht ausreichend, um einer weiteren Schädigung der Tragelemente und der Anbaubank zum Deckgebirge entgegenzuwirken. Das Salzlösungsmonitoring belegt zwar die technische Funktionalität der Fassungssysteme, die es erlaubt auch kurzfristige Trendänderungen zu erfassen. Jedoch zeigen die kurzfristigen Änderungen der Fassungsraten sowie die langsamen, wenn auch bisher geringfügigen, Änderungen im Chemismus der gefassten Salzlösungen die insgesamt weiterhin instabile und daher nicht prognosefähige Situation bezüglich der hydrogeologischen Gefährdung der Schachtanlage Asse II.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

9 Literaturverzeichnis

[1] Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 14 des Gesetzes vom 1. April 2015 (BGBl. I S. 434) geändert worden ist.

[2] Asse-GmbH
Notfallplanung zur Minimierung der Konsequenzen eines auslegungsüberschreitenden Lösungszutritts
Stand: 23.02.2010
BfS-KZL: 9A/34000000/EBM/RB/0003/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/23700000/BAU/GH/BZ/0003/00

[3] Bundesamt für Strahlenschutz
Notfallplanung für das Endlager Asse
Stand: 28.02.2010
BfS-KZL: 9A/34000000/EBM/RB/0002/01

[4] Asse-GmbH
Notfallplanung - Statusbericht und geplante Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen
Stand: 22.12.2011
Asse-GmbH-KZL: 9A/44000000/BAU/GH/BZ/0001/01

[5] Asse-GmbH
Hohlraumbilanz für die Schachtanlage Asse II und Abschätzung der Volumina zur Umsetzung der Maßnahmen zur Konsequenzenminimierung (Notfallplanung)
Stand: 31.01.2012
Asse-GmbH-KZL: 9A/64332000/BAU/GH/BZ/0001/00

[6] ARCADIS Deutschland GmbH
Projekt Schachtanlage Asse II, 2. Zwischenbericht zur Fortschreibung der Projektablaufplanung zum Stand 31.03.2013
Stand: 31.03.2013
BfS-KZL: 9A/12200000/BB/KV/0007/01

[7] BGE mbH
Plan zur Rückholung der radioaktiven Anfälle aus der Schachtanlage Ass II – Rückholplan
Stand: 19.02.2020
BGE-Asse-KZL: 9A/23500000/–/–/–/GHB/RZ/0110/00

[8] Asse-GmbH
Zusammenstellung und Bewertung der Salzlösungs- und Gaszutritte im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II
Stand: 21.07.2009
BfS-KZL: 9A/64222100/HG/RB/0002/01
Asse-GmbH-KZL: 9A/-/GEH/EB/BW/0001/01

[9] Bundesamt für Strahlenschutz
Fließwege zutretender Salzlösungen im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II
Stand: 14.02.2012
BfS-KZL: 9A/64222000/HGG/RB/0001/00

[10] Asse-GmbH
Überprüfung der vorhandenen geotechnischen und geophysikalischen Messsysteme im Hinblick auf die zur Notfallvorsorge und Faktenerhebung geplanten Maßnahmen
Stand: 26.10.2012
BfS-KZL: 9A/64300000/GC/RZ/0004/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BZ/0001/00

[11] Asse-GmbH
Tagesnivellement – Begleitungsbericht zum Senkungsnivellement 2012
Stand: 12.12.2012
Asse-GmbH-KZL: 9A/64140000/MAR/GB/BT/0045/00

[12] Asse-GmbH
151. Zwischenbericht zu den Extensometermessungen
Stand: 22.12.2016
Asse-GmbH-KZL: 9A/64140000/MAR/GB/BT/0172/00

[13] BGE mbH
Geotechnisches, geophysikalisches, geochemisches Monitoring und Baustoffuntersuchungen - Jahresbericht 2018 der Standortüberwachung Asse
Stand: 07.05.2019
BGE-Asse-KZL: 9A/64300000/GMÜ/-/-/GC/BT/0018/00

[14] BGE mbH
Hohlraumbilanz 2018 für die Schachtanlage Asse II und Kalkulation der Volumina zur Umsetzung der Maßnahmen zur Konsequenzenminimierung (Notfallplanung)
Stand: 03.04.2019
BGE-Asse-KZL: 9A/64332000/BAU/-/-/GH/BZ/0005/01

[15] BGE mbH
Konvergenzmessungen - Zwischenbericht Nr. 104 aus Juni 2019
Stand: 26.11.2019
BGE-Asse-KZL: 9A/64140000/MAR/-/-/GB/BT/0200/00

[16] BGE mbH
Geotechnisches, geophysikalisches, geochemisches Monitoring und Baustoffuntersuchungen - Jahresbericht 2017 der Standortüberwachung Asse
Stand: 08.05.2018
BGE-SZ-KZL: 9A/64330000/-/-/-/GC/PF/0009/00
BGE-Asse-KZL: 9A/64300000/GMÜ/-/-/GC/BT/0016/00

[17] Asse-GmbH
Geotechnisches, geophysikalisches Monitoringprogramm und Baustoffuntersuchungen - Jahresbericht 2016 des Teilbereiches Standortüberwachung
Stand: 21.04.2017
BfS-KZL: 9A/64330000/GC/PF/0008/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0013/00

[18] Asse-GmbH
Seismische Überwachung der im Oktober und November 2016 durchgeführten Testsprengungen in der Tiefbohrung Remlingen 15 und der Flachbohrung R15-01
Stand: 02.02.2017
Asse-GmbH-KZL: 9A/64223000/GMÜ/HF/BW/0004/00

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

[19] Asse-GmbH
Geotechnisches, geophysikalisches Monitoringprogramm und Baustoffuntersuchungen - Jahresbericht 2015
Stand: 29.04.2016
BfS-KZL: 9A/64330000/GC/PF/0007/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0009/00

[20] BGE mbH
Risswerk der Schachtanlage Asse
Stand: 30.10.2018

[21] Asse-GmbH
Geotechnisches, geophysikalisches Monitoringprogramm und Baustoffuntersuchungen, Jahresbericht 2013 des Teilbereiches Standortüberwachung
Stand: 28.02.2014
BfS-KZL: 9A/64330000/GC/PF/0005/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0005/00

[22] Asse-GmbH
Geotechnisches, geophysikalisches Monitoringprogramm und Baustoffuntersuchungen, Jahresbericht 2014 des Teilbereiches Standortüberwachung
Stand: 11.05.2015
BfS-KZL: 9A/64330000/GC/PF/0006/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0007/01

[23] Helmholtz Zentrum
Ergebnisse der Mikroseismischen Überwachung auf der Schachtanlage Asse - Jahresbericht 2008
Stand: 16.12.2008
HMGU-KZL: 14/77754/GMÜ/HF/BT/0010/00

[24] Asse-GmbH
Geotechnisches, geophysikalisches Monitoringprogramm und Baustoffuntersuchungen, Jahresbericht 2012 des Teilbereiches Standortüberwachung
Stand: 25.11.2013
BfS-KZL: 9A/64330000/GC/PF/0002/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0001/02

[25] GSF
Mikroseismische Überwachung auf der Schachtanlage Asse - Jahresbericht 2006
Stand: 07.02.2007
GSF-KZL: 14/77754/SMÜ/HF/BT/0006/00

[26] Asse-GmbH
01. Monitoringbericht zu den Infrastrukturräumen auf der 700-m-Sohle
Stand: 20.10.2015
BfS-KZL: 9A/64320000/GC/RB/0043/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/64330000/GMÜ/GC/BT/0003/00

[27] Asse-GmbH
05. Zwischenbericht Monitoring 750-m-Sohle – nördliche Richtstrecke nach Osten
Stand: 31.12.2014
BfS-KZL: 9A/64330000/GC/RA/0121/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/64332000/GMÜ/GC/BT/0004/00

[28] Gefahrenabschätzung für die Schachtanlage Asse. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung / Oberbergamt in Clausthal-Zellerfeld / Bergamt Goslar. 1993.

[29] Asse-GmbH
Datenbank des Salzlösungskataster der Schachtanlage Asse II
Stand: 31.03.2017

[30] Asse-GmbH
Messbulletin - Mai 2016 bis Oktober 2016
Stand: 15.02.2017
Asse-GmbH-KZL: 9A/64320000/GMÜ/GC/BB/0042/00

[31] Asse-GmbH
Schwebendurchbrüche im Baufeld an der Südflanke (Na3, Leine-Steinsalz) der Schachtanlage Asse II - Dokumentation
Stand: 25.10.2010
BfS-KZL: 9A/64140000/GB/R/0009/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/64140000/MAR/GB/BZ/0001/00

[32] Asse-GmbH
Messbulletin – April 2012
Stand: 06.06.2012
Asse-GmbH-KZL: 9A/64320000/GMÜ/GC/BB/0029/00

[33] Asse-GmbH
Zusammenstellung potenzieller Gefährdungen im Grubengebäude der Schachtanlage Asse aus bergbausicherheitlicher und radiologischer Sicht
Stand: 30.03.2012
BfS-KZL: 9A/66000000/NB/RE/0002/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/24113000/SB/GH/BZ/0001/00

[34] Institut für Gebirgsmechanik GmbH
Gebirgsmechanische Gefährdungsanalyse der Abbaue 3 und 4 auf der 490-m-Sohle und des Abbaus 2 auf der 511-m-Sohle
Stand: 13.06.2012
BfS-KZL: 9A/64330000/GC/RB/0028/00

[35] Asse-GmbH
Dokumentation und Bewertung der Firstschädigungen oberhalb des Lösungsspeicherbeckens 1 (LSB1) im Westen des Abbaus 3 auf der 490-m-Sohle
Stand: 29.07.2015
BfS-KZL: 9A/64330000/GC/RB/0042/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/64330000/GMÜ/GC/BW/0023/00

[36] Institut für Gebirgsmechanik
Aktualisierte gebirgsmechanische Tragfähigkeits- und Zustandsanalyse der Schachtanlage Asse II in der Betriebsphase inklusive Vorlage einer neuen Prognose des Systemverhaltens
Stand: 17.05.2016
BfS-KZL: 9A/64331000/GC/RB/0046/00

[37] Asse-GmbH
Bo-Ra-tec GmbH: Ergebnisbericht geophysikalischer First-Radar-Messungen zur Ortung von Inhomogenitäten im Firstgesteinsverband des Abbaus 2 der 511-m-Sohle und des Abbaus 3 der 490-m-Sohle im Salzbergwerk ASSE II
Stand: 14.02.2013

BfS-KZL: 9A/64223000/GC/RB/0033/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/64223000/GMÜ/GC/BW/0006/00

[38] Asse-GmbH
Georadarmessungen zur Untersuchung der Schwebe zwischen der Beschickungskammer auf der 490-m-Sohle und der MAW-Kammer auf der 511-m-Sohle
Stand: 02.06.2017
BGE-SZ-KZL: 9A/64320000/GC/RZ/0029/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0010/02

[39] Asse-GmbH
Sachstandsbericht zu den gebirgsmechanischen Reaktionen im Abbau 6a auf der 532-m-Sohle -Arbeitsbericht des Teilbereichs Standortüberwachung Nr. 14/2009-
Stand: 15.10.2009
Asse-GmbH-KZL: 9A/64320000/GMÜ/GC/BW/0003/00

[40] Asse-GmbH
Gebirgsmechanische Bewertung der Firstsituation im Abbau 6a/532-m-Sohle durch GPR-Messungen und Erkundungsbohrungen zur Verifizierung der GPR-Messungen
Stand: 22.03.2010
BfS-KZL: 9A/64332000/GC/RB/0017/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/64221000/GEO/HA/BN/0002/00

[41] Asse-GmbH
Bo-Ra-tec GmbH: Ergebnisbericht geophysikalischer First-Radar-Messungen zur Ortung von Inhomogenitäten im Firstgesteinsverband in den Abbauen 7a, 7b, 8a, 8b, 9a und 9b der 532-m-Sohle sowie Sohlen-Radar-Messungen in der Abbaubegleitstrecke auf der 511-m-Sohle im Salzbergwerk Asse
Stand: 17.10.2013
Asse-GmbH-KZL: 9A/64223000/GMÜ/GC/BW/0008/00

[42] Asse-GmbH
Bewertung der Gebrauchstauglichkeit der Abbaue 7a bis 9b auf der 532-m-Sohle
Stand: 10.06.2014
BfS-KZL: 9A/64330000/GC/PB/0006/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BN/0001/01

[43] Asse-GmbH
Bo-Ra-tec GmbH: Ergänzungsbericht geophysikalischer First-Radar-Messungen zur Ortung von Inhomogenitäten im Firstbereich der Abbaue 7b (Nord) und 8b (Süd) auf der 532-m-Sohle der Schachtanlage ASSE II
Stand: 12.03.2014
Asse-GmbH-KZL: 9A/64223000/GMÜ/GC/BW/0013/00

[44] BGE mbH
Sonderbetriebsplan Nr. 8/2018 „Erstellen von geotechnischen Bauwerken im Nahbereich der MAW-Kammer 8a/511 auf der 532-m-Sohle (SB-532-1 bis SB-532-4) sowie angrenzender Bauwerke“
Stand: 19.06.2018
BGE-Asse-KZL: 9A/13223000/RHV/DB/EP/0022/00

[45] BGE mbH
Erläuterungen und Auswirkungen auf den Nahbereich der MAW-Kammer im Zusammenhang mit der Sorelbetoneinbringung - Erfüllung der Nebenbestimmung 6, Sonderbetriebplan 08/2018

Stand: 25.06.2019
BGE-Asse-KZL: 9A/13223000/BPL/-/-/DB/AB/0001/00

[46] Asse-GmbH
Sonderbetriebsplan Nr. 2/2012 „Erstellung einer Umfahrung nördlich des Abbaus 6a auf der 532-m-Sohle sowie dessen Verfüllung"
Stand: 30.01.2012
Asse-GmbH-KZL: 9A/13223000/-/DB/EP/0100/00

[47] BGE mbH
Auswirkungen der Sorelbetoneinbringung in die nördliche Umfahrung des Nebenabbaus 6a/532 auf der 532-m-Sohle
Stand: 17.10.2019
BGE-Asse-KZL: 9A/64300000/GMÜ/-/-/GC/HB/0001/00

[48] DBE Technology GmbH
Sorelbeton A1 - Zusammenstellung und Bewertung von Quelldruckuntersuchungen
Stand: 06.06.2018
BGE-Asse-KZL: 9A/54216000/BSB/-/-/GH/BZ/0001/00

[49] Asse-GmbH
Monitoringbericht zum westlichen Bereich der 574-m-Sohle
Stand: 21.08.2015
Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BZ/0006/00

[50] Asse-GmbH
Aktennotiz - Stellungnahme zur vorgezogenen Verfüllung des Abbaus 3/553
Stand: 07.08.2015
Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/AA/0017/00

[51] Asse-GmbH
Monitoringbericht zum westlichen Bereich der 553- und 574-m-Sohle für den Zeitraum 21.08.2015 bis 11.05.2017
Stand: 11.05.2017
Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BZ/0010/00

[52] Asse-GmbH
Sorelbeton A0 - Entwicklung einer Sorelbetonrezeptur zur Verfüllung von Hohlräumen unter Verwendung von NaCl-Lösung
Stand: 09.02.2011
Asse-GmbH-KZL: 9A/44216000/BAU/GH/BW/0001/00

[53] Asse-GmbH
Monitoring im Bereich Wendelstrecke von der 490- bis zur 850-m-Sohle
Stand: 20.01.2017
BfS-KZL: 9A/64320000/GC/RZ/0031/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0011/00

[54] Asse-GmbH
Geologische Kartierung der neuen Verbindungsstrecke im Ostfeld der 700-m-Sohle
Stand: 17.09.2015
Asse-GmbH-KZL: 9A/64221000/GEO/HA/BN/0013/00

[55] BGE mbH
Geologische Aufnahme des Bohrortes im Ostfeld der 700-m-Sohle nach Abschluss der 1. Auffahrungsphase
Stand: 29.11.2018
BGE-Asse-KZL: 9A/64221000/GEO/-/-/HA/BN/0017/00

[56] Asse-GmbH
Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen in der Schachtanlage Asse II - Standorterkundungen-Ergebnisse der Kamerabefahrungen und der geotechnischen Messungen in den Erkundungsbohrungen im Bereich der geplanten Bauwerke SB-700-2 und SBS-750-10
Stand: 21.12.2015
Asse-GmbH-KZL: 9A/44214000/BSB/GC/BW/0010/00

[57] Institut für Gebirgsmechanik
Bewertung des Gebirgsbereiches nordöstlich der Richtstrecke nach Osten im Sohlenniveau der 700-m-Sohle im Hinblick auf eine Nutzung als Bohrort zur Faktenerhebung Einlagerungskammer 12/750
Stand: 20.09.2016
Asse-GmbH-KZL: 9A/64330000/GMÜ/GC/BW/0001/00

[58] BGE mbH
Erläuterungsbericht zu den Gebirgsbeobachtungen 2018
Stand: 30.01.2019
BGE-Asse-KZL: 9A/64140000/MAR/-/-/GB/BZ/0020/00

[59] S. Essaid und K. Klarr. „Zum Innenbau der Salzstruktur Asse". In: *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 133 (1982), S. 135–154.

[60] Institut für Gebirgsmechanik
Ergebnisse der Standorterkundungen an dem Referenzstandort R4
Stand: 31.05.2006
GSF-KZL: 10/77725/BSB/CD/BW/0006/00

[61] Asse-GmbH
Gebirgsmechanische Stellungnahme zur Situation im Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle der Schachtanlage Asse II
Stand: 12.07.2012
BfS-KZL: 9A/64330000/GC/BN/0009/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/64330000/GMÜ/GC/BN/0002/00

[62] Asse-GmbH
Mögliche Maßnahmen zur Stützung und Stabilisierung des Füllortes am Schacht 2 im Bereich der 750-m-Sohle
Stand: 27.08.2012
BfS-KZL: 9A/63220000/GJ/RZ/0001/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/63220000/FBA/GJ/LA/0001/00

[63] Asse-GmbH
Bo-Ra-tec GmbH: Anlage zum Ergebnisbericht geophysikalischer Bohrloch- und First-Radar-Messungen zur Ortung von Inhomogenitäten im Firstbereich der nördlichen Richtstrecke nach Osten und der 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle der Schachtanlage ASSE II
Stand: 14.02.2014
Asse-GmbH-KZL: 9A/64223000/GMÜ/GC/RA/0004/00

[64] BGE mbH
07. Zwischenbericht: Monitoring 750-m-Sohle - Nördliche Richtstrecke nach Osten
Stand: 15.02.2019
BGE-Asse-KZL: 9A/64332000/GMÜ/-/-/GC/BT/0006/00

[65] BGE mbH
Hauptbetriebsplan der Schachtanlage Asse II für den Geltungsraum 01.10.2019 bis 30.09.2021
Stand: 20.05.2019
BGE-Asse-KZL: 9A/13222000/BPL/-/-/DB/LA/0012/00

[66] Asse GmbH
Zusammenstellung und Bewertung der Salzlösungs- und Gaszutritte im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II
Stand: 21.07.2009
BfS-KZL: 9A/64222100/HG/RB/0002/01
Asse-GmbH-KZL: 9A/-/GEH/EB/BW/0001/00

[67] Asse-GmbH
Hauptbetriebsplan für die Schachtanlage Asse II für den Geltungszeitraum 01.10.2017 bis 30.09.2019
Stand: 23.05.2017
BGE-SZ-KZL: 9A/13222000/DB/GB/0012/00
Asse-GmbH-KZL: 9A/13222000/BPL/DB/LA/0010/00

[68] BGE mbH
Dokumentation der Daten des übertägigen hydrogeologischen Messnetzes der BGE aus dem Zeitraum 2016–2017
Stand: 28.01.2020
BGE-Asse-KZL: 9A/64212000/HDR/-/-/HG/BN/0006/00

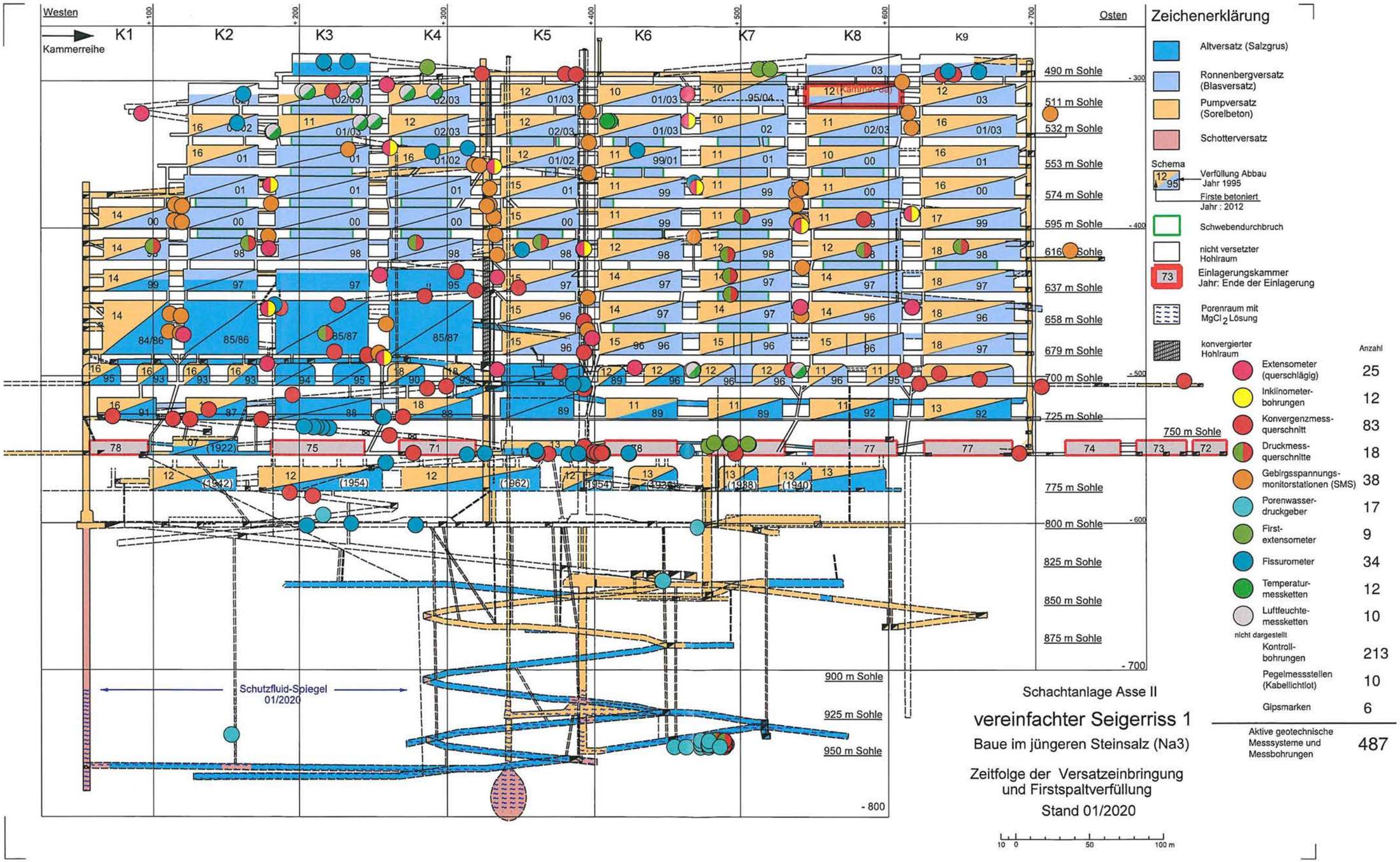
[69] Asse-GmbH
Sonderbetriebsplan Nr. 2/2014 Sanierung der Wendelstrecke zwischen der 750-m-Sohle und der 775-m-Sohle
Stand: 25.02.2014
Asse-GmbH-KZL: 9A/13223000/-/DB/EP/0131/00

[70] Ercosplan
Zusammenstellung aller vorliegenden Daten zu den Reichelt-Sümpfen auf der 750-m-Sohle der Schachtanlage Asse II
Stand: 18.11.2011
BfS-KZL: 9A/64222100/GC/RB/0020/01
Asse-GmbH-KZL: 9A/62220000/-/GD/BW/0001/00

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

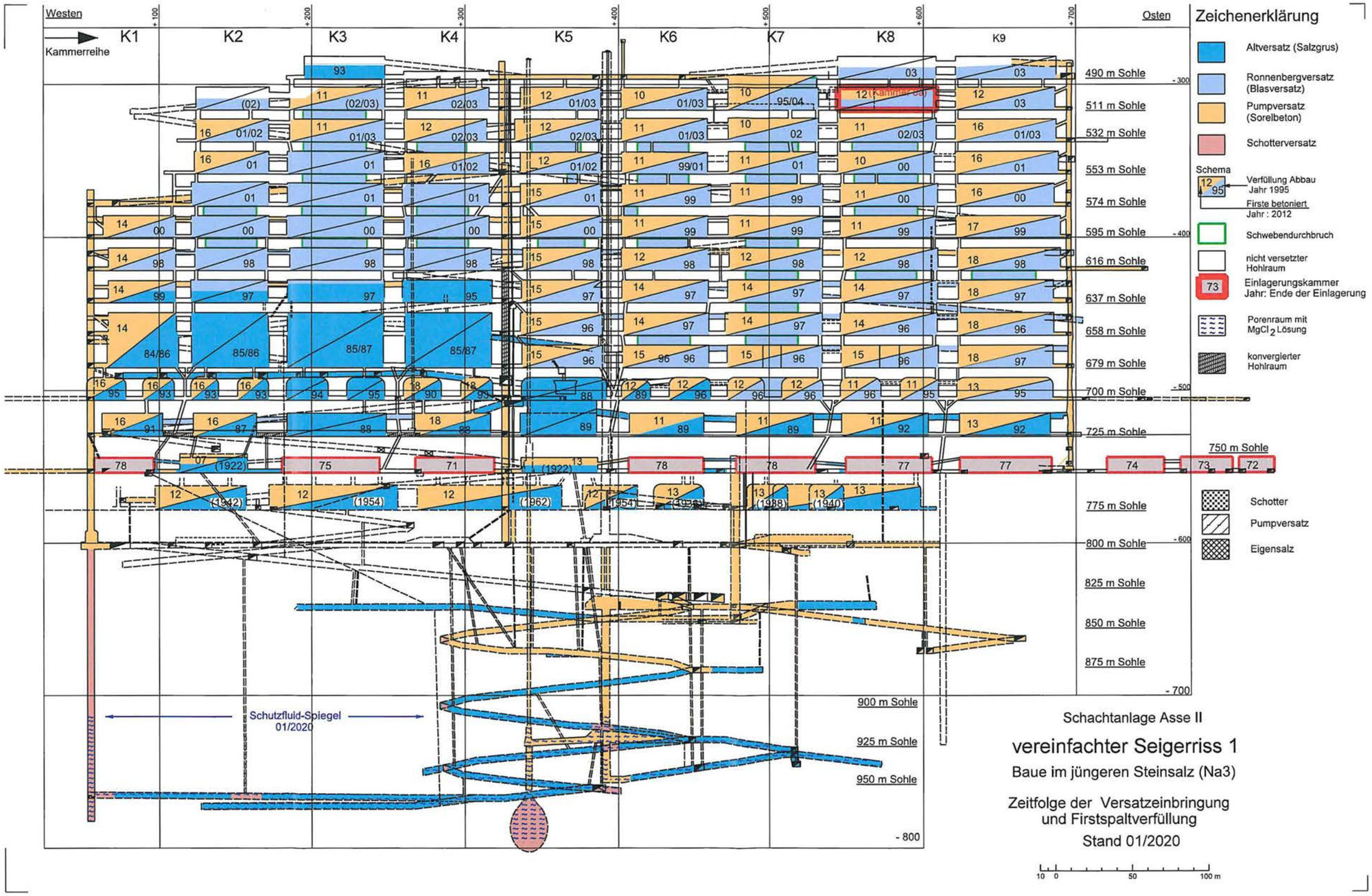
Anhang 1: Allgemeine Darstellungen

Anhang 1.1: Lage der geotechnischen Messstellen



KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Anhang 1.2: Zeitfolge der Versatzeinbringung und Firstspaltverfüllung



Anhang 1.3: Status und Bilanzierung der Einbringung von Versatzmaterialien in das Grubengebäude, Stand 11.03.2020

Versatzanteile aus der Firstspaltverfüllung in den Abbaureihen 1 bis 9 im Baufeld der Südflanke oberhalb der 750-m-Sohle

Zusammenfassung

Bezeichnung	Abbauvolumen [m³]	mit Salz versetztes Volumen [m³]	Firstspalt geschätzt [m³]	Verfüllvolumen mit Sorelbeton [m³]
Summe Westflügel	480.965	470.016	10.922	10.949
Summe Ostflügel	1.393.457	1.333.406	53.295	60.051
Summe	1.874.422	1.803.422	64.217	71.000
Zugänge				6.196
Gesamtsumme				77.196

Westflügel und Ostflügel (nur zum Berichtsstand bereits verfüllte Abbaue)

lfd. Nr.	Abbaubezeichnung [Abbaureihe/Sohle]	Abbauvolumen* [m³]	mit Salz versetztes Volumen [m³]	Firstspalt geschätzt [m³]	Verfüllvolumen mit Sorelbeton** [m³]	Verfüllzeitraum
1	1/595	26.430	26.036	350	394	16.07.14 - 17.07.14
2	1/616	17.841	17.032	369	809	31.07.14 - 06.08.14
3	1/637	13.308	13.049	339	259	22.09.14 - 23.09.14
4	1/658 und 1/679	38.582	38.417	220	165	21.10.14 - 22.10.14
5, 6	1/700 und 2/700	14.333	13.848	650	485	26.11.15 - 02.12.15
	Summe Abbaureihe 1	110.494	108.382	1.928	2.112	
7	2/532	26.966	25.662	1.000	1.304	12.03.12 - 18.07.16
8	2/553	19.751	19.377	482	374	10.05.16 - 12.09.16
9, 10	3/700 und 4/700	11.078	10.960	600	118	14.12.16 - 15.15.16
	Summe Abbaureihe 2	57.795	55.999	2.082	1.796	
11	3/511	33.952	32.670	928	1.282	07.01.11 - 09.02.11
12	3/532	36.597	34.936	743	1.661	18.01.11 - 13.05.11
	Summe Abbaureihe 3	70.549	67.606	1.671	2.943	
13	4/511	37.832	35.583	750	2.249	07.01.11 - 23.02.11
14	4/532	34.532	32.718	1.268	1.814	10.02.12 - 31.05.16
15	4/553	28.375	28.375			
16, 17	7/700 und 8/700	11.408	11.373	140	35	08.12.15 - 05.03.18
	Summe Abbaureihe 4	242.127	238.029	5.241	4.098	
18	5/511	26.570	25.380	1.000	1.190	16.01.12 - 26.01.12
19	5/532	30.250	29.705	672	545	03.02.12 - 24.02.12
20	5/553	24.709	24.292	500	417	10.02.12 - 16.02.12
21	5/574	27.845	27.237	608	608	01.04.15 - 07.04.15
22	5/595	21.763	20.967	500	796	09.03.15 - 08.04.15
23	5/616	18.339	18.162	453	177	19.05.15 - 19.05.15
24	5/637	12.349	12.208	328	141	30.06.15 - 30.06.15
25	5/658	10.606	10.282	600	324	09.04.15 - 10.04.15
26	5/679	20.345	19.371	461	974	13.04.15 - 21.04.15
	Summe Abbaureihe 5	192.776	187.604	5.122	5.172	
27	6/511	28.075	27.421	691	654	17.06.10 - 06.08.10
28	6/532	27.145	25.391	791	1.754	07.12.09 - 28.06.11
29	6/553	28.507	28.010	576	497	20.08.10 - 08.03.11
30	6/574	25.848	25.396	567	452	23.02.11 - 12.03.11
31	6/595	30.506	30.101	645	405	30.06.11 - 04.07.11
32	6/616	23.294	23.188	581	106	02.05.12 - 02.05.12
33	6/637	14.359	14.147	200	212	05.03.14 - 23.06.14
34	6/658	16.392	15.449	200	943	02.06.14 - 05.06.14
35	6/679	16.778	16.658	276	120	25.02.15 - 25.02.15
36, 37	11/700 und 12/700	6.649	5.938	2.752	711	08.07.11 - 06.03.12
38	6/725	14.328	14.089	721	239	30.05.11 - 31.05.11
	Summe Abbaureihe 6	231.881	225.788	8.000	6.093	

Fortsetzung nächstes Blatt

Fortsetzung

lfd. Nr.	Abbaubezeichnung [Abbaureihe/Sohle]	Abbauvolumen* [m³]	mit Salz versetztes Volumen [m³]	Firstspalt geschätzt [m³]	Verfüllvolumen mit Sorelbeton** [m³]	Verfüllzeitraum
39, 40	7/490 und 7/511	20.601	19.213	614	1.388	17.06.10 - 03.08.10
41, 42	7a/511 und 7b/511	2.623	2.292	365	331	22.04.10 - 27.04.10
43	7/532	31.603	29.627	824	1.976	15.03.10 - 21.05.10
44	7/553	26.186	25.768	1.309	418	11.08.10 - 08.03.10
45	7/574	29.253	29.021	777	232	14.03.11 - 14.03.11
46	7/595	30.411	28.804	726	1.607	05.07.11 - 16.08.11
47	7/616	28.718	26.941	6.652	1.777	19.04.12 - 02.05.12
48	7/637	37.334	36.796	300	538	28.02.14 - 25.06.14
49	7/658	28.985	28.848	300	137	27.05.14 - 28.05.14
50	7/679	27.247	24.326	600	2.921	25.02.15 - 25.03.15
51, 52	13/700 und 14/700	35.009	33.899	4.206	1.110	08.09.11 - 06.03.12
53	7/725	16.842	16.335	755	507	08.06.11 - 15.11.11
	Summe Abbaureihe 7	314.812	301.870	17.428	12.942	
54	8/511	32.015	27.965	3.084	4.050	29.11.11 - 13.01.12
55	8/532	32.038	30.037	785	2.001	05.02.10 - 21.06.11
56	8/553	30.009	29.211	534	798	11.08.10 - 19.08.10
57	8/574	31.139	30.493	513	646	14.03.11 - 19.03.11
58	8/595	31.361	31.195	472	166	17.08.11 - 18.08.11
59	8/616	30.633	28.325	730	2.308	19.03.12 - 03.04.12
60	8/637	33.217	32.897	350	320	25.02.14 - 25.06.14
61	8/658	30.109	28.594	400	1.515	19.05.14 - 27.05.14
62	8/679	29.855	27.660	1.250	2.195	02.02.15 - 13.02.15
63, 64	15/700 und 16/700	26.725	24.514	3.478	2.211	15.09.11 - 13.10.11
65	8/725	19.527	19.178	893	349	14.06.11 - 14.11.11
	Summe Abbaureihe 8	326.628	310.069	12.489	16.559	
66	9/511	31.930	30.005	1.879	1.925	24.03.11 - 08.02.12
67	9/532	32.967	32.241	797	726	15.09.16 - 21.09.16
68	9/553	33.424	31.580	1.119	1.844	04.10.16 - 13.10.16
69	9/574	32.942	30.664	877	2.278	07.11.16 - 18.11.16
70	9/595	31.488	30.422	861	1.066	02.01.17 - 09.01.17
71	9/616	34.532	29.089	785	5.443	04.07.17 - 04.01.18
72	9/637	36.258	35.679	686	579	27.03.18 - 18.04.18
73	9/658	28.075	26.918	643	1.157	18.01.18 - 29.01.18
74	9/679	23.622	21.955	691	1.667	14.02.18 - 02.03.18
75, 76	17/700 und 18/700	22.326	20.477	1.000	1.849	19.12.12 - 26.09.13
77	9/725	19.796	19.045	918	751	17.07.13 - 07.10.13
	Summe Abbaureihe 9	327.360	308.075	10.256	19.285	

* unter Berücksichtigung der Konvergenz bis 11.03.2020 kalkuliertes Volumen ** Stand: 03/2020

Versatzanteile aus der Firstspaltverfüllung in den Abbauen im Sattelkern auf der 775-m-Sohle

lfd. Nr.	Abbaubezeichnung [Abbaureihe/Sohle]	Abbauvolumen* [m³]	mit Salz versetztes Volumen [m³]	Firstspalt geschätzt [m³]	Verfüllvolumen mit Sorelbeton** [m³]	Verfüllzeitraum
1	1/775	11.317	10.198	–	1.119	22.10.12 - 13.11.12
2	2/775	24.275	24.040	–	235	18.06.12 - 14.11.12
3	3/775	46.417	42.727	–	3.690	23.05.12 - 18.10.12
4	3a/775	6.665	6.452	–	213	18.10.12 - 19.10.12
5	4/775	12.313	4.715	–	7.598	07.12.07 - 05.06.12
6	5/775	7.466	5.391	–	2.075	07.08.12 - 16.09.12
7	1a/775***	12.687	12.184	–	503	
8	1b/775	17.174	15.832	–	1.342	17.09.13 - 24.09.13
9	1c/775	14.252	13.750	–	502	17.09.13 - 18.09.13
	Summe	152.566	135.289	–	17.277	

* unter Berücksichtigung der Konvergenz bis 11.03.2020 kalkuliertes Volumen ** Stand: 03/2020

*** kein Firstspalt vorhanden, Sorelbetonvolumen ist der Zugang

Versatzeinbringung ausgewählter Strecken und Schächte im Grubengebäude oberhalb der 875-m-Sohle

lfd. Nr.	Sohle	Abbau bzw. Grubenraum	Volumen* [m^3]	mit Salz versetztes Volumen [m^3]	Verfüll-volumen mit Sorelbeton** [m^3]	Verfüllzeitraum
1	490- bis 553-m-Sohle	Blindschacht 2a	829	0	829	28.01.13 - 11.02.13
2	490- bis 750-m-Sohle	Blindschacht 3	5.360	0	5.360	14.03.14 - 19.07.16
3	490-m-Sohle	südliche Richtstrecke	2.643	0	2.643	26.08.15 - 06.10.15
4	490-m-Sohle	Streckenstummel im ehemaligen Auslaugversuchsfeld	195	0	195	04.10.18 - 09.10.18
5	511-m-Sohle	Richtstrecke vor Abbau 7/511	1.588	0	1.588	06.07.15 - 24.07.15
6	532-m-Sohle	Nebenabbaue und Zugänge 6a/532, 7a/532, 7b/532 (Süd), 9a/532 und 9b/532	69.082	54.904	13.543	20.08.15 - 21.09.18
7	532-m-Sohle	Nebenabbaue und Zugänge 8a/532, 8b/532 und 7b/532 (Nord)	47.750	36.846	10.904	24.06.19 - 03.04.20
8	532-m-Sohle	nördliche Umfahrung	2.589	0	2.589	15.01.20 - 03.04.20
9	553- bis 700-m-Sohle	Blindschacht 2	4.404	0	4.404	24.08.11 - 26.08.11
10	553-m-Sohle	Querschlag zum Blindschacht 2	699	0	699	19.08.11 - 31.01.13
11	574- bis 800-m-Sohle	Blindschacht 1	4.556	0	4.556	11.04.13 - 15.07.13
12	574-m-Sohle	Richtstrecke vor Abbau 1/574	4.230	0	4.230	29.08.08 - 27.05.15
13	574-m-Sohle	Richtstrecke vor Abbau 5/574	2.984	0	2.984	12.09.14 - 10.11.14
14	574-m-Sohle	Richtstrecke vor Abbau 3/574 und 4/574	1.639	0	1.639	24.09.18 - 23.11.18
15	574-m-Sohle	Wetterstrecke zum Blindschacht 1	2.720	0	2.720	02.05.19 - 26.08.19
16	595-m-Sohle	Richtstrecke	2.366	0	2.366	17.11.14 - 15.12.14
17	595-m-Sohle	Richtstrecke vor Abbau 1/595	2.366	0	2.366	17.11.14 - 15.12.14
18	595-m-Sohle	Richtstrecke bis Abbau 6/595	5.423	0	5.423	10.05.19 - 03.07.19
19	616-m-Sohle	Richtstrecke nach Westen	6.433	3.583	2.850	18.07.14 - 19.05.15
20	616-m-Sohle	Richtstrecke nach Osten	5.605	1.815	3.790	04.01.18 - 18.07.18
21	637-m-Sohle	Appendix Schacht 2	819	0	819	13.04.17 - 23.01.19
22	637-m-Sohle	Richtstrecke nach Westen	4.337	812	3.525	24.10.13 - 03.12.13
23	637-m-Sohle	alte Wendelstrecke zur 658-m-Sohle	13.281	6.226	6.857	13.02.17 - 18.01.18
24	637-m-Sohle	Richtstrecke nach Osten	6.034	1.534	4.500	12.03.18 - 30.05.18
25	658-m-Sohle	Richtstrecke nach Osten	8.825	5.799	3.026	05.05.14 - 30.01.18
26	658-m-Sohle	Richtstrecke nach Westen	1.023	0	1.023	21.12.14 - 11.02.19
27	658-m-Sohle	Teilstück der Diagonalstrecke	2.640	881	1.759	24.04.14 - 08.02.19
28	679-m-Sohle	Richtstrecke nach Osten im Firstniveau	9.672	7.178	2.366	15.01.15 - 25.03.15
29	700-m-Sohle	Richtstrecke nach Westen im Firstniveau	4.351	3.210	1.141	05.10.15 - 08.12.15
30	700-m-Sohle	Querschlag zum Carnallititbaufeld	746	0	746	27.10.15 - 11.11.15
31	725-m-Sohle	Richtstrecke nach Osten	5.075	3.640	1.435	16.05.11 - 25.04.13
32	725-m-Sohle	Richtstrecke nach Westen	4.137	3.317	699	02.11.16 - 14.12.16
33	750-m-Sohle	2. südliche Richtstrecke nach Westen	2.819	0	2.819	05.03.09 - 25.04.17
34	750-m-Sohle	2. nördliche Richtstrecke nach Osten***	3.161	0	3.161	07.07.15 - 15.02.17
35	750-m-Sohle	3. westlicher Querschlag	5.325	0	5.325	20.09.05 - 21.08.07
36	750-m-Sohle	Testversuchsfeld 4 und PAE-Überfahrung	9.175	3.251	5.924	25.09.06 - 26.06.07
37	750-m-Sohle	Sattelrichtstrecke nach Westen****	2.812	0	2.812	27.03.14 - 02.10.14
38	775- bis 800-m-Sohle	Blindschacht 4	731	0	731	05.06.08
39	775-m-Sohle	südliche Richtstrecke nach Westen	2.786	0	2.786	17.11.10 - 23.03.11
40	775-m-Sohle	2. südliche Richtstrecke nach Westen	3.037	0	3.037	11.04.11 - 10.05.11
41	775-m-Sohle	südliche Richtstrecke nach Osten	3.150	0	3.150	02.10.08 - 04.10.10
42	800-m-Sohle	PAE-Felder	3.667	1.910	214	08.03.17 - 02.11.17
43	800-m-Sohle	PAE- Zufahrtstrecke	4.207	4.012	195	24.04.15 - 23.10.17
44	800-m-Sohle	südliche Richtstrecke, östliche Zufahrt zum Schacht 2; Querschlag zum Blindschacht 4	6.228	0	6.228	18.01.16 - 24.11.16
45	850-m-Sohle	Diagonal Querschlag	3.810	0	3.810	19.06.08 - 09.09.14
46	850-m-Sohle	Strecke A3	2.857	0	2.857	15.04.16 - 23.08.17
47	850-m-Sohle	Strecke A4	2.411	0	2.411	15.12.15 - 21.01.16
48	850-m-Sohle	alte Wendelstrecke	2.077	0	2.077	09.09.14 - 25.10.16
		Summe	292.654	138.918	151.111	

* unter Berücksichtigung der Konvergenz bis 11.03.2020 kalkuliertes Volumen

** Stand: 03/2020

*** hier wird nur der betonierte westliche Bereich aufgeführt

**** Bereich von der nördlichen Richtstrecke n. Westen bis zum 2. westl. Querschlag. Sohle im westlichen Bereich mit Salz aufgefüllt.

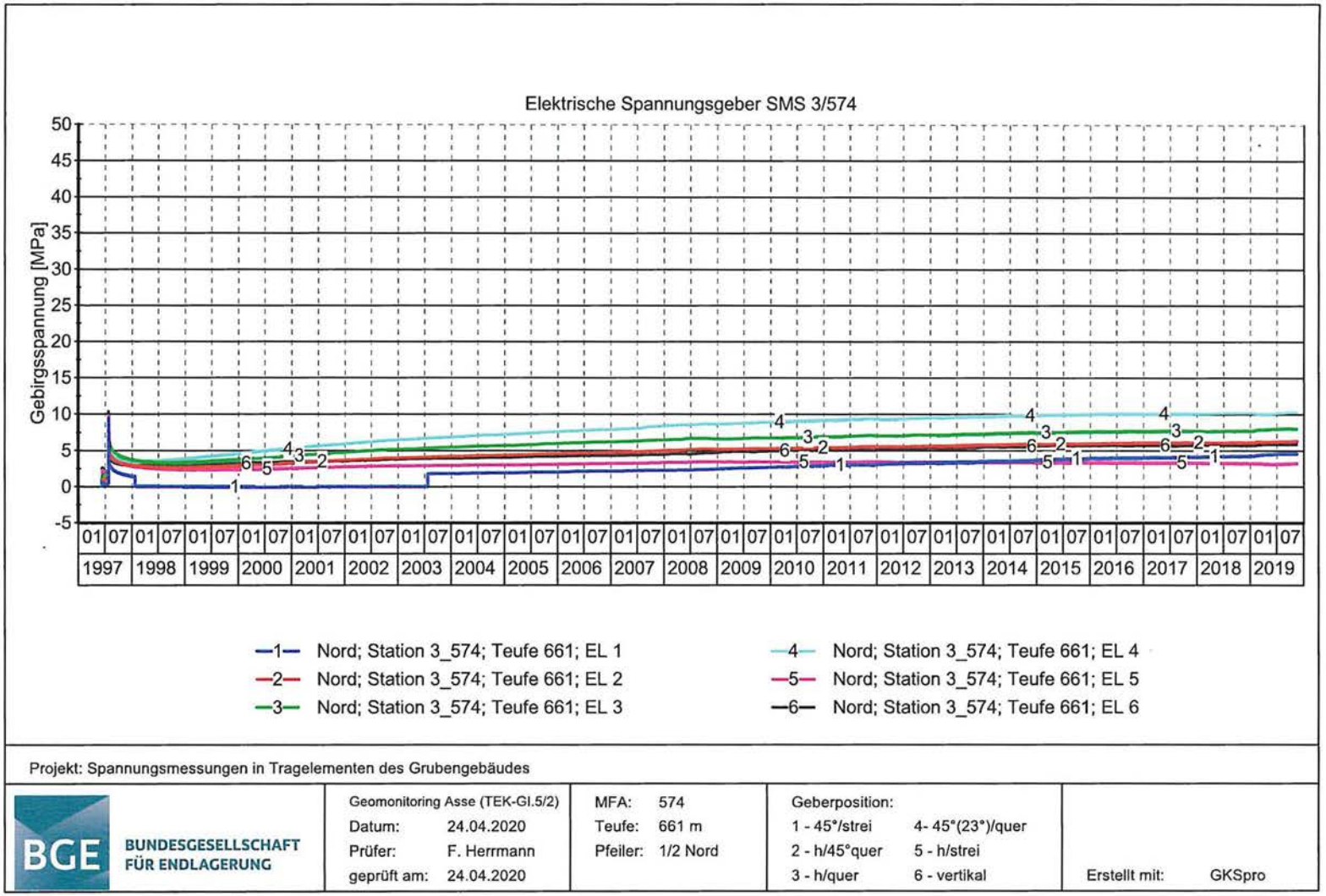
im Jahr 2019 verfüllt

im Jahr 2020 bis zum 03.04.2020 verfüllt

Anhang 2: Gebirgsspannungsmessungen

Anhang 2.1: Westflügel

Messwertdarstellung SMS 3/574, Pfeiler 1/2-Nord, 661 m Teufe



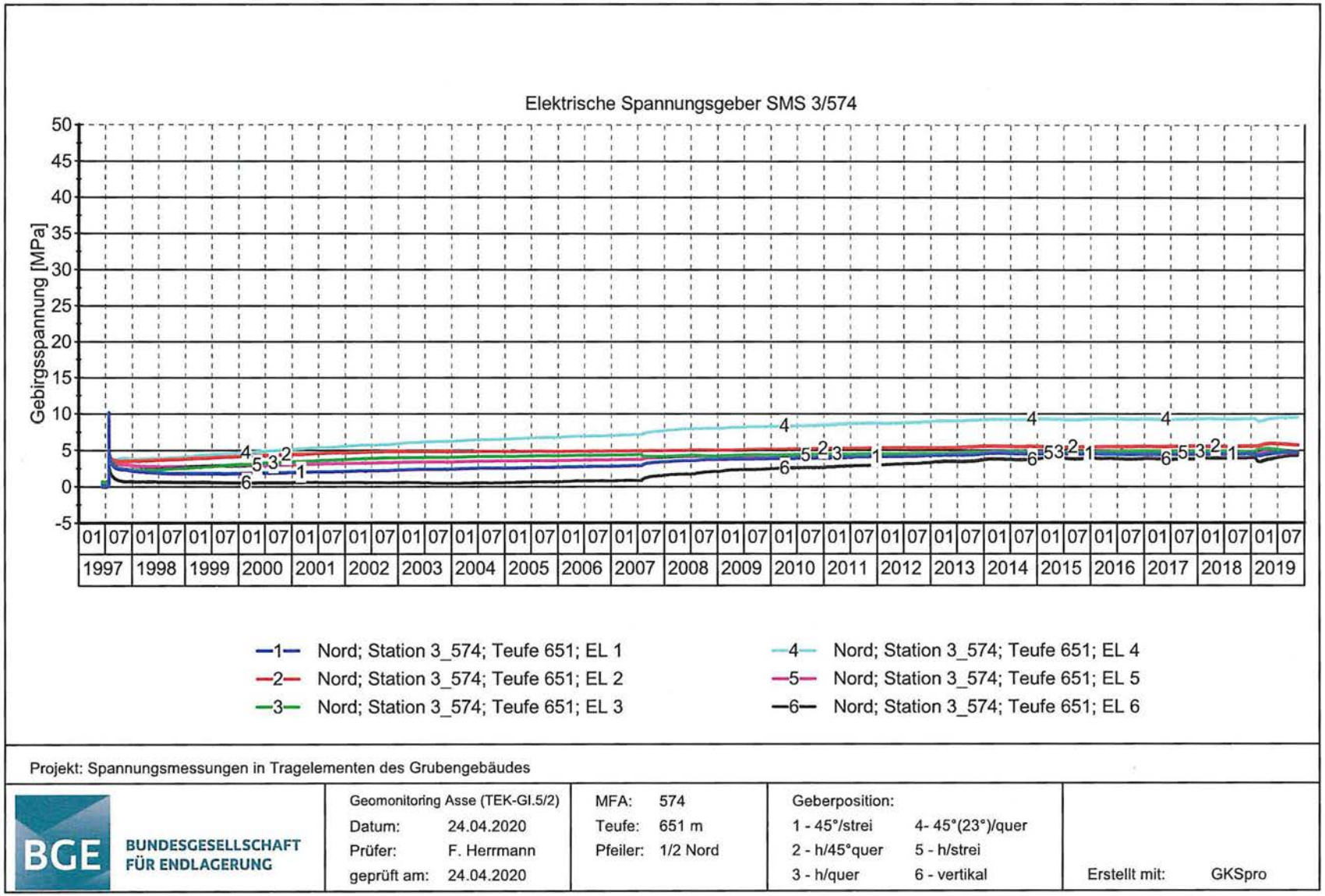
Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA:	574	Geberposition:	
Datum:	24.04.2020	Teufe:	661 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	1/2 Nord	2 - h/45°quer	5 - h/strei
geprüft am:	24.04.2020			3 - h/quer	6 - vertikal

Erstellt mit: GKSpro

Messwertdarstellung SMS 3/574, Pfeiler 1/2-Nord, 651 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA: 574	Geberposition:		
Datum:	24.04.2020	Teufe: 651 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer	
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler: 1/2 Nord	2 - h/45°quer	5 - h/strei	
geprüft am:	24.04.2020		3 - h/quer	6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

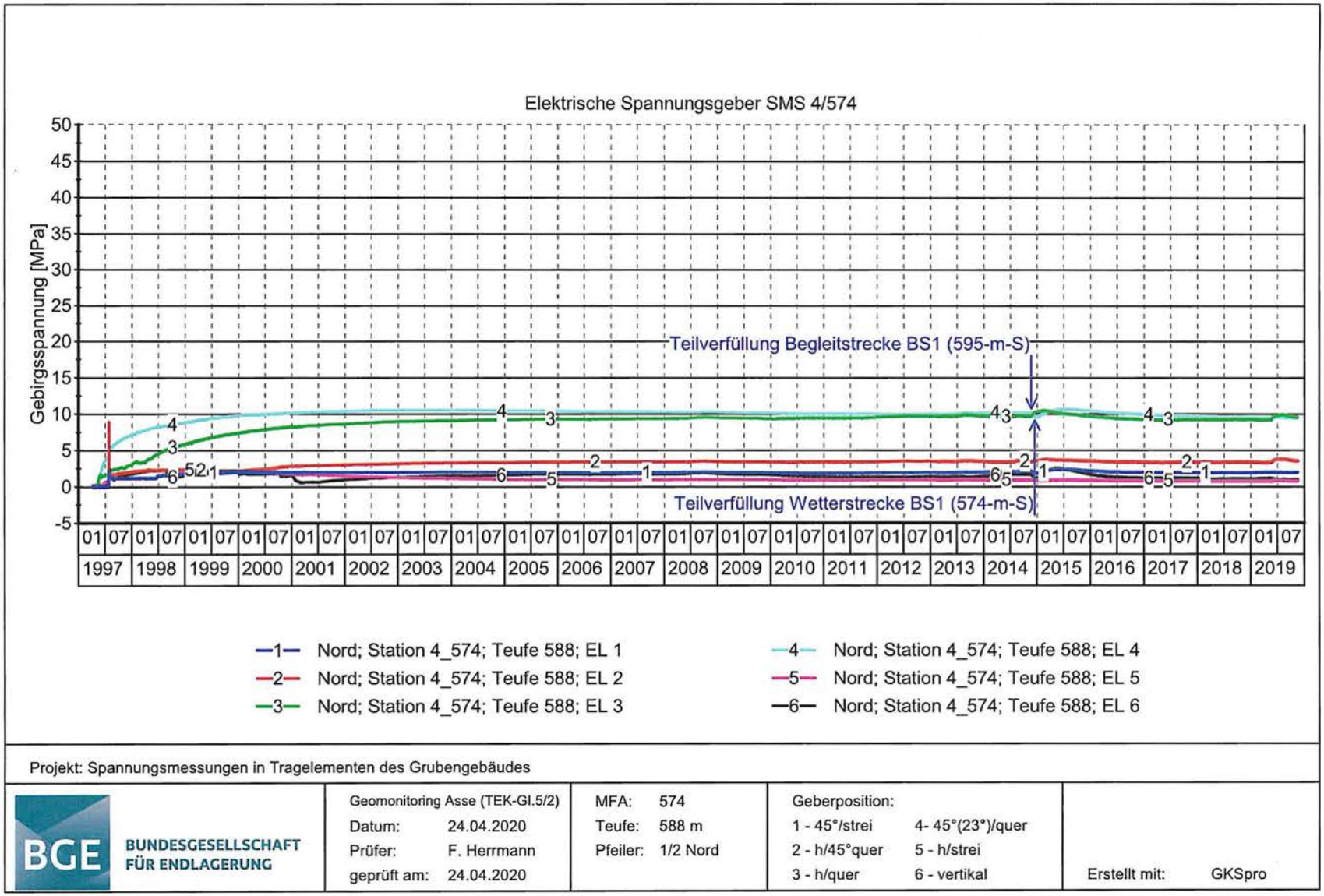
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Ltd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 218

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 4/574, Pfeiler 1/2-Nord, 588 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA:	574	Geberposition:	
Datum:	24.04.2020	Teufe:	588 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	1/2 Nord	2 - h/45°quer	5 - h/strei
geprüft am:	24.04.2020			3 - h/quer	6 - vertikal
				Erstellt mit:	GKSpro

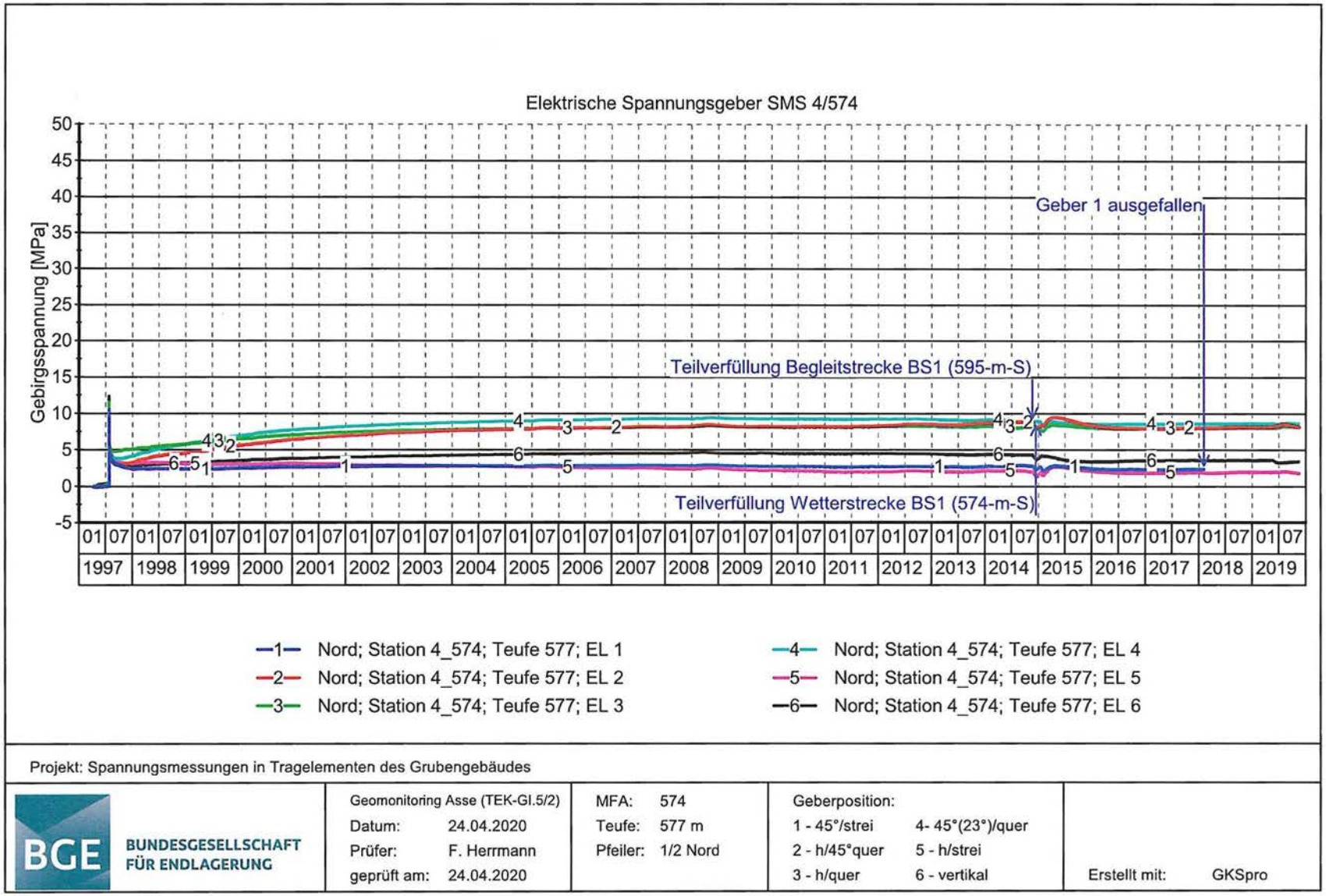
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 219

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 4/574, Pfeiler 1/2-Nord, 577 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA: 574	Geberposition:		
Datum:	24.04.2020	Teufe: 577 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer	
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler: 1/2 Nord	2 - h/45°quer	5 - h/strei	
geprüft am:	24.04.2020		3 - h/quer	6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

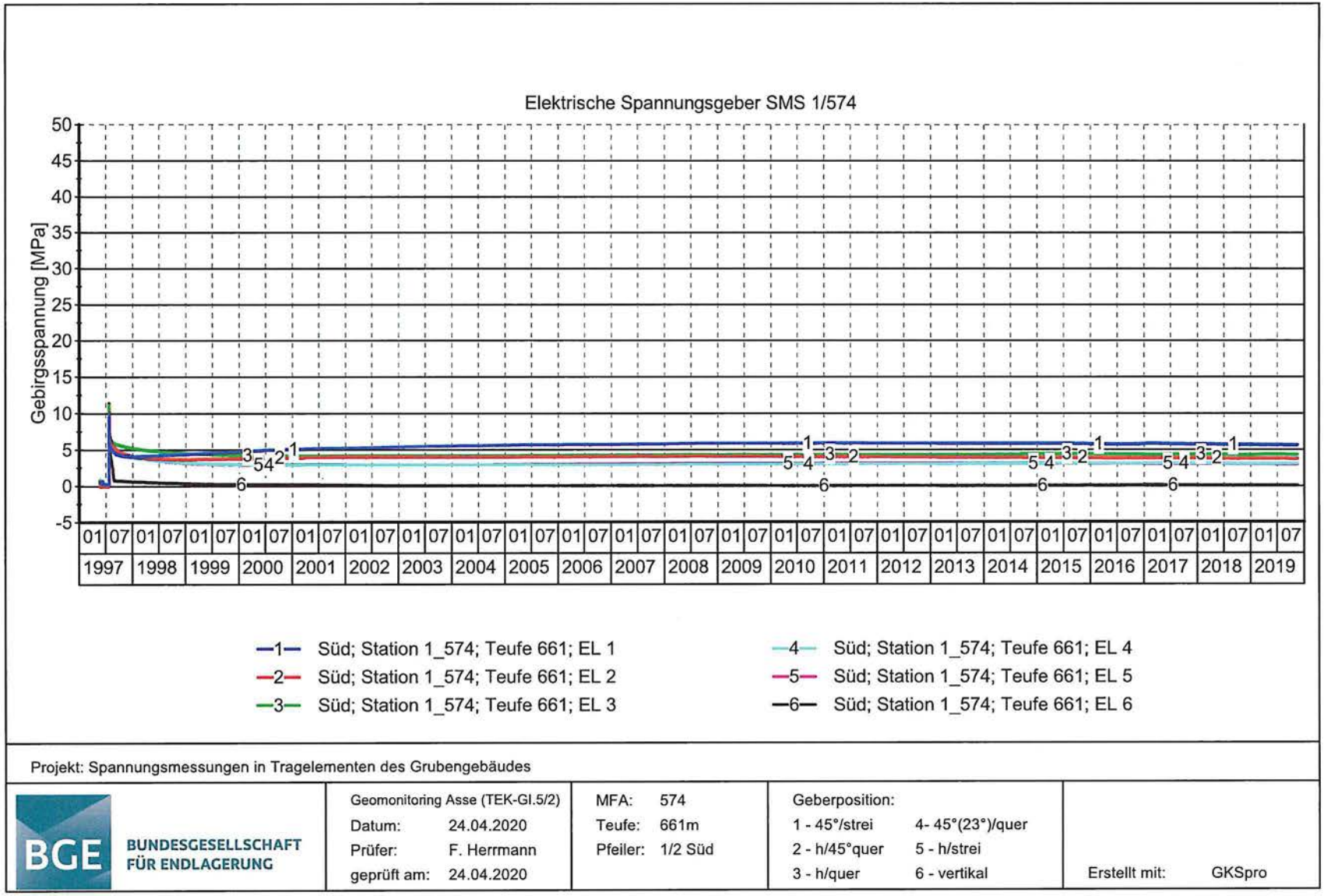
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Ltd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 220

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 1/574, Pfeiler 1/2-Süd, 661 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG	Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2) Datum: 24.04.2020 Prüfer: F. Herrmann geprüft am: 24.04.2020	MFA: 574 Teufe: 661m Pfeiler: 1/2 Süd	Geberposition: 1 - 45°/strei 4- 45°(23°)/quer 2 - h/45°quer 5 - h/strei 3 - h/quer 6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

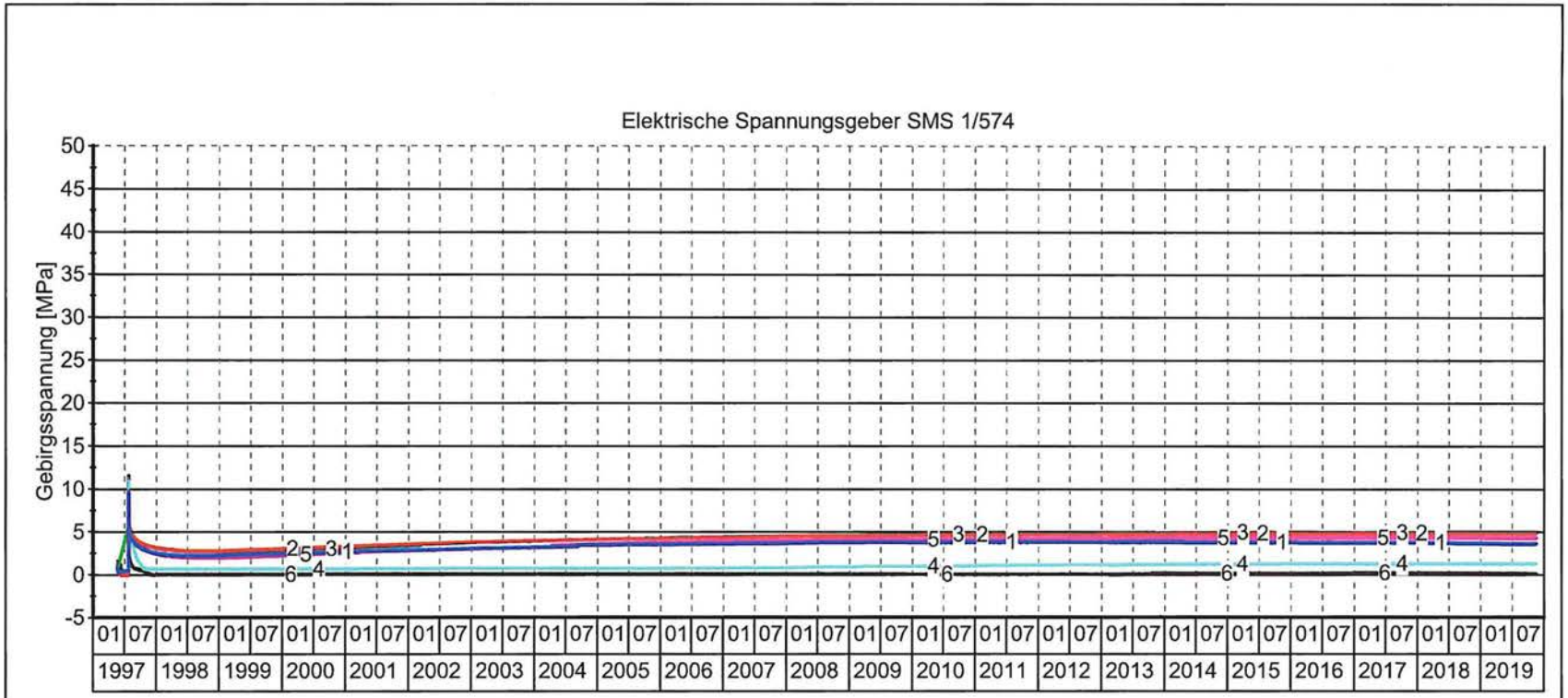
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 221

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 1/574, Pfeiler 1/2-Süd, 651 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

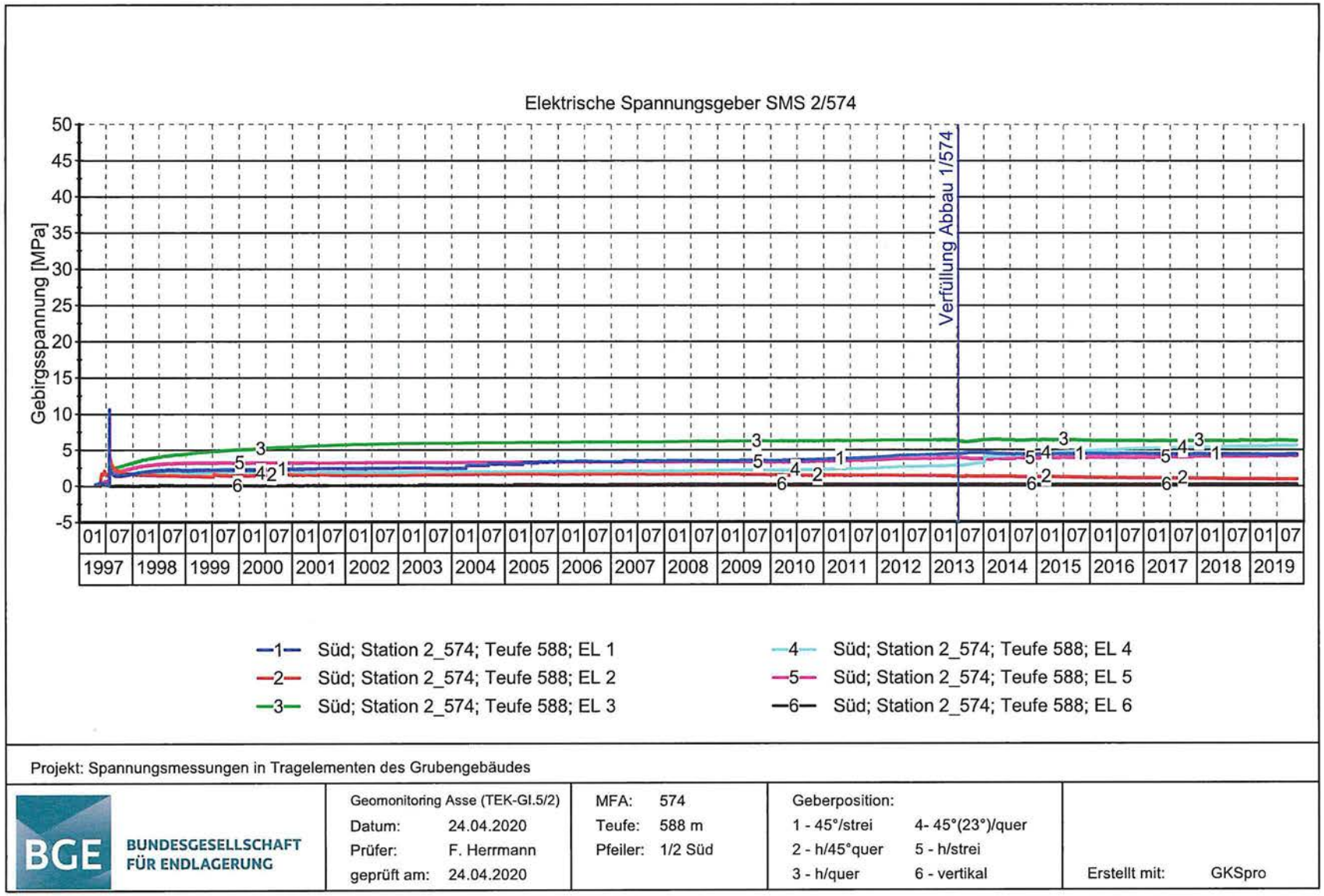
Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA:	574	Geberposition:	
Datum:	24.04.2020	Teufe:	651 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	1/2 Süd	2 - h/45°quer	5 - h/strei
geprüft am:	24.04.2020			3 - h/quer	6 - vertikal
				Erstellt mit:	GKSpro

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 2/574, Pfeiler 1/2-Süd, 588 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA: 574	Geberposition:		
Datum:	24.04.2020	Teufe: 588 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer	
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler: 1/2 Süd	2 - h/45°quer	5 - h/strei	
geprüft am:	24.04.2020		3 - h/quer	6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

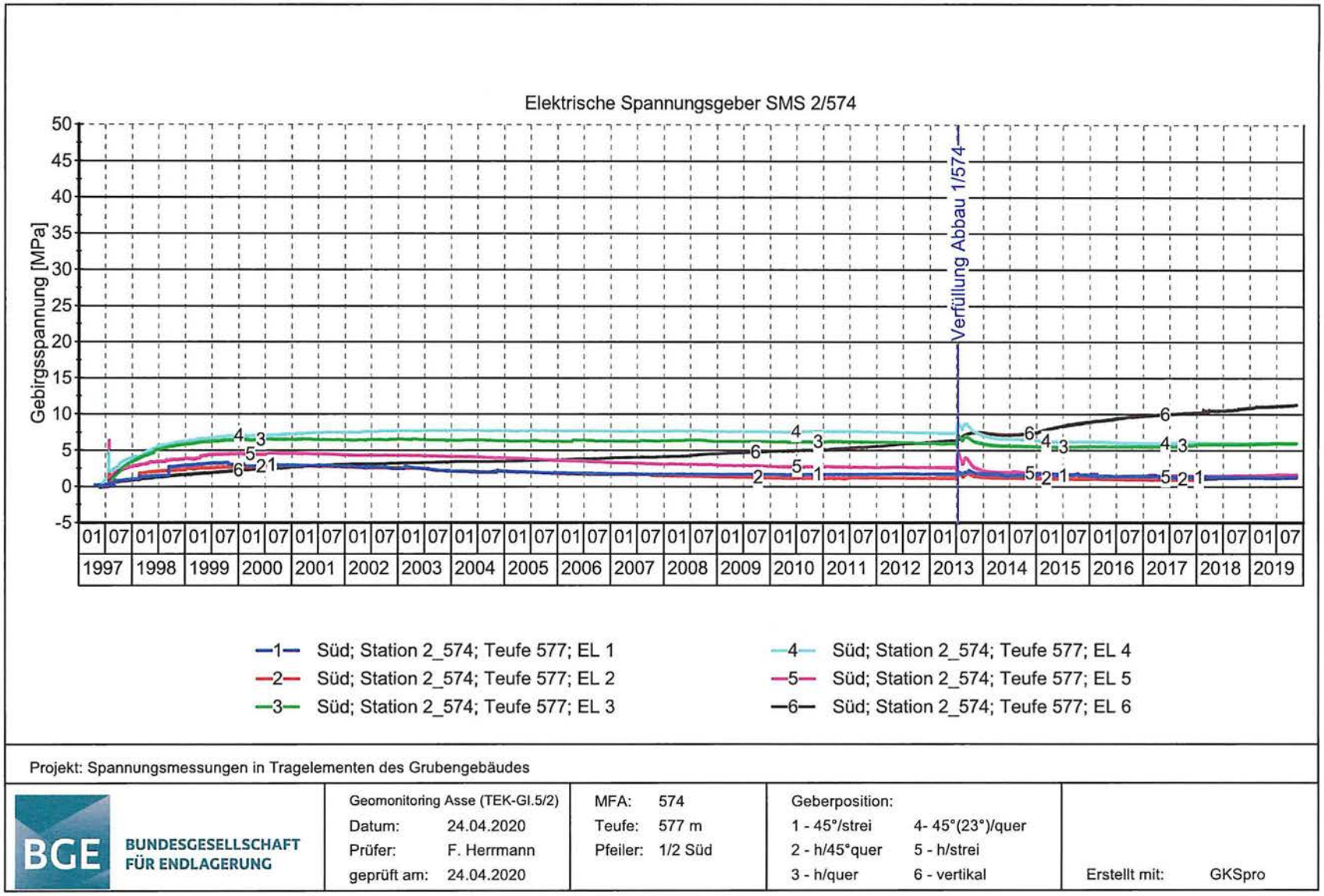
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 223

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 2/574, Pfeiler 1/2-Süd, 577 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)	MFA: 574	Geberposition:		
Datum: 24.04.2020	Teufe: 577 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer	
Prüfer: F. Herrmann	Pfeiler: 1/2 Süd	2 - h/45°quer	5 - h/strei	
geprüft am: 24.04.2020		3 - h/quer	6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

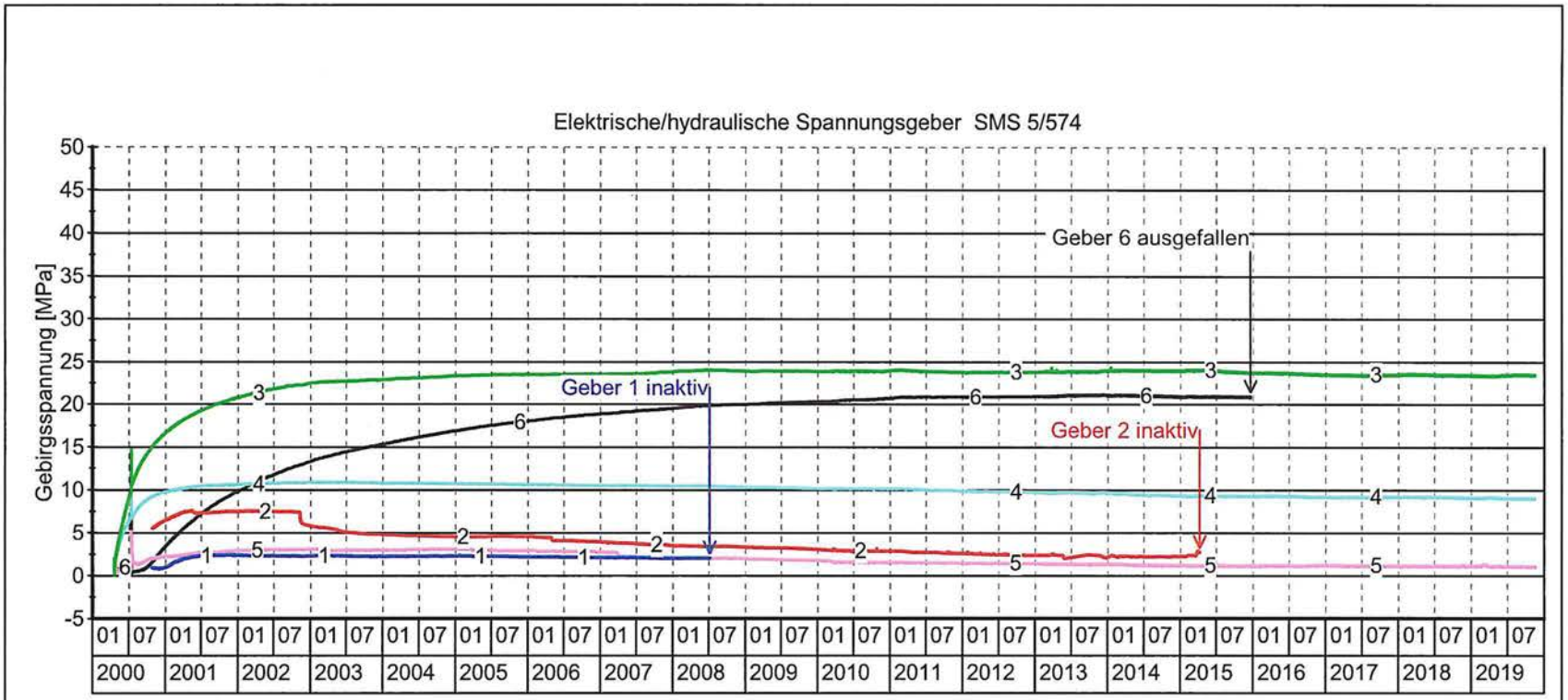
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 224

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 5/574, Pfeiler 2/3-Mitte, 598 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA:	574	Geberposition:	
Datum:	24.04.2020	Teufe:	598 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	2/3 Pfeilermitte	2 - h/45°quer	5 - h/strei
geprüft am:	24.04.2020			3 - h/quer	6 - vertikal
				Erstellt mit:	GKSpro

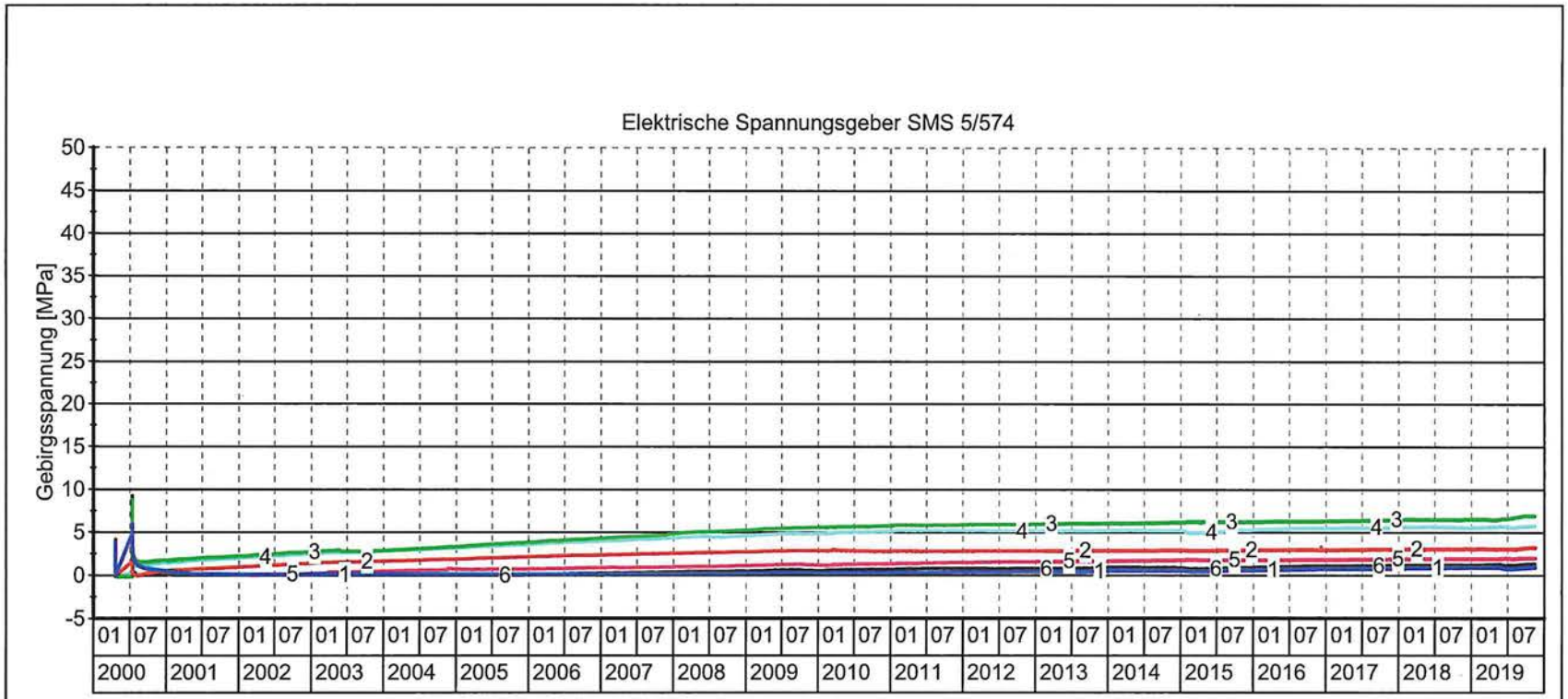
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 225

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 5/574, Pfeiler 2/3-Nord, 577 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA:	574	Geberposition:	
Datum:	24.04.2020	Teufe:	577 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	2/3 Nord	2 - h/45°quer	5 - h/strei
geprüft am:	24.04.2020			3 - h/quer	6 - vertikal
				Erstellt mit:	GKSpro

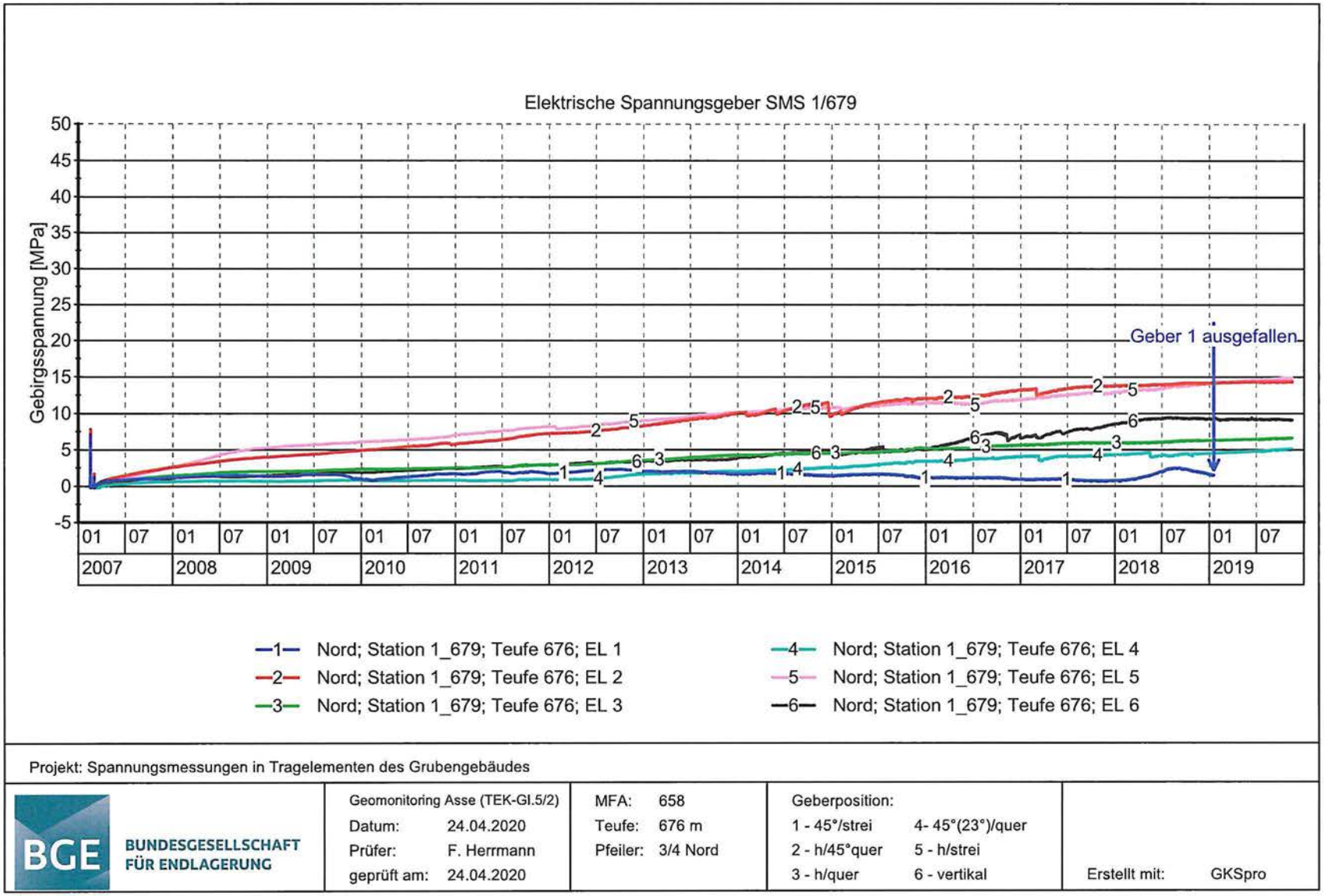
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 226

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 1/679, Pfeiler 3/4-Nord, 676 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA:	658	Geberposition:	
Datum:	24.04.2020	Teufe:	676 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	3/4 Nord	2 - h/45°quer	5 - h/strei
geprüft am:	24.04.2020			3 - h/quer	6 - vertikal
				Erstellt mit:	GKSpro

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 227

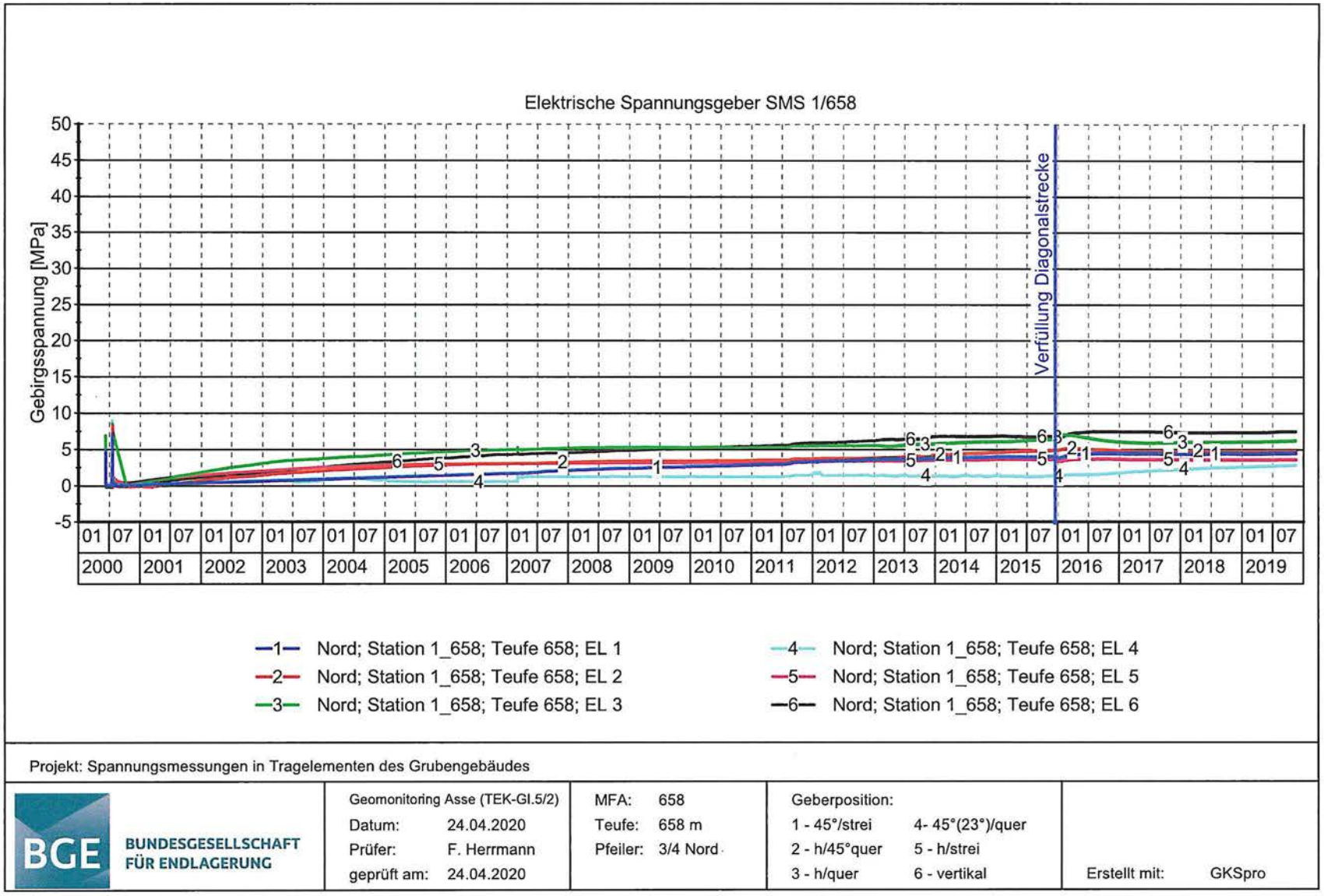
BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 1/658, Pfeiler 3/4-Nord, 658 m Teufe

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 228



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

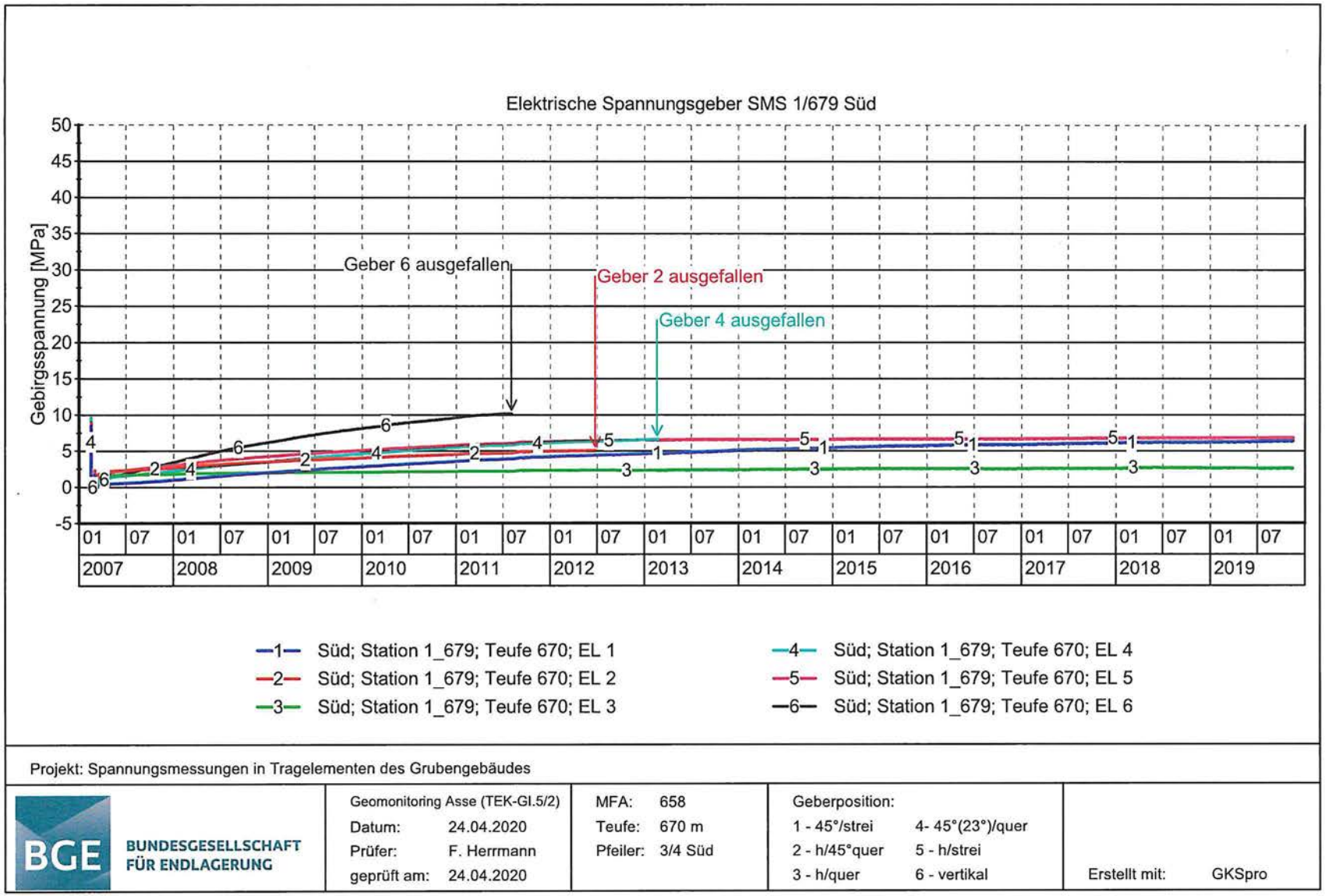
Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)
Datum: 24.04.2020
Prüfer: F. Herrmann
geprüft am: 24.04.2020

MFA: 658
Teufe: 658 m
Pfeiler: 3/4 Nord

Geberposition:
1 - 45°/strei
2 - h/45°quer
3 - h/quer
4- 45°(23°)/quer
5 - h/strei
6 - vertikal

Erstellt mit: GKSpro

Messwertdarstellung SMS 1/679, Pfeiler 3/4-Süd, 670 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)	MFA: 658	Geberposition:		
Datum: 24.04.2020	Teufe: 670 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer	
Prüfer: F. Herrmann	Pfeiler: 3/4 Süd	2 - h/45°quer	5 - h/strei	
geprüft am: 24.04.2020		3 - h/quer	6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

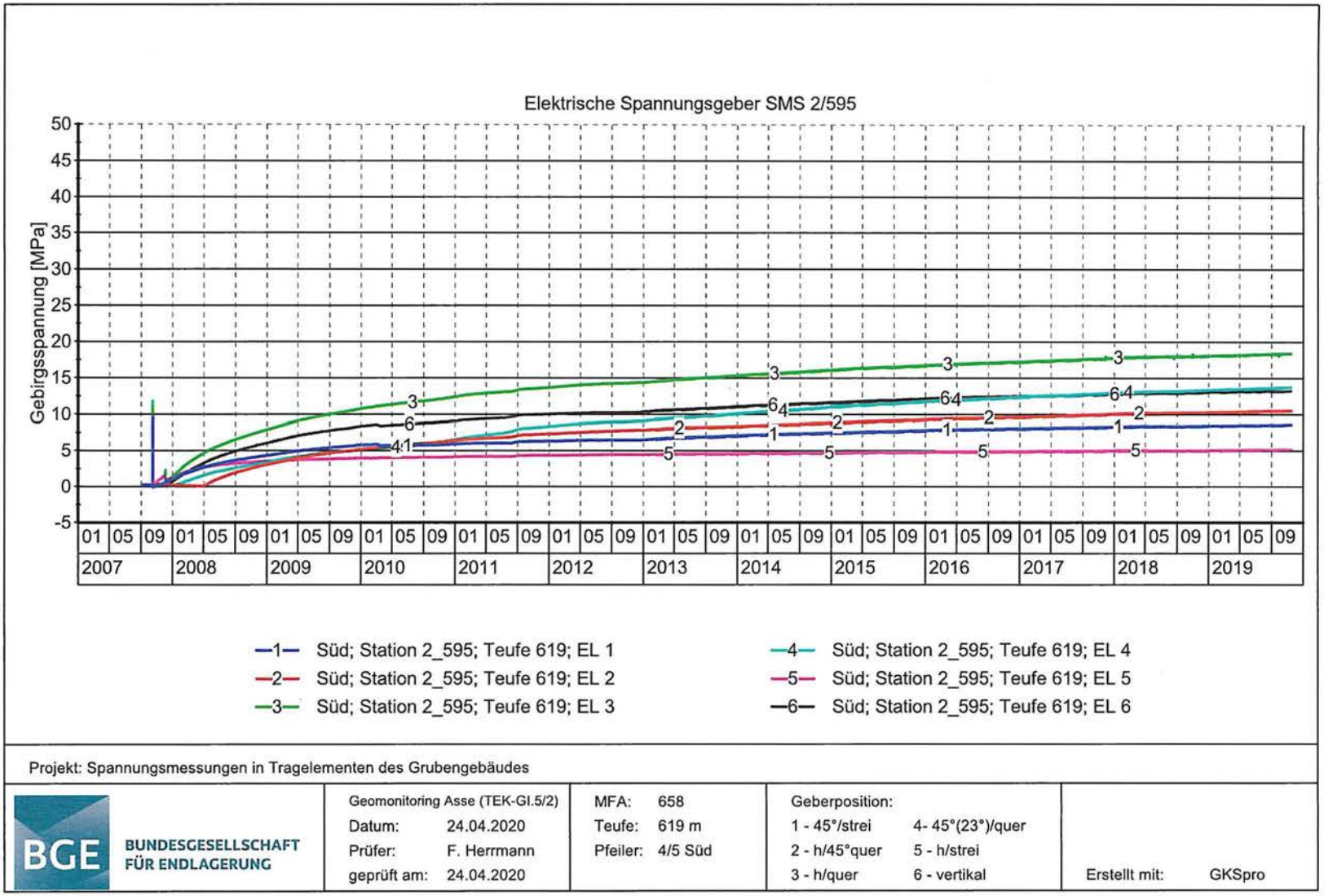
Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 229

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Anhang 2.2: Bereich des Hauptpfeilers 4/5

Messwertdarstellung SMS 2/595, Pfeiler 4/5-Süd, 619 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA: 658	Geberposition:		
Datum:	24.04.2020	Teufe: 619 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer	
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler: 4/5 Süd	2 - h/45°quer	5 - h/strei	
geprüft am:	24.04.2020		3 - h/quer	6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

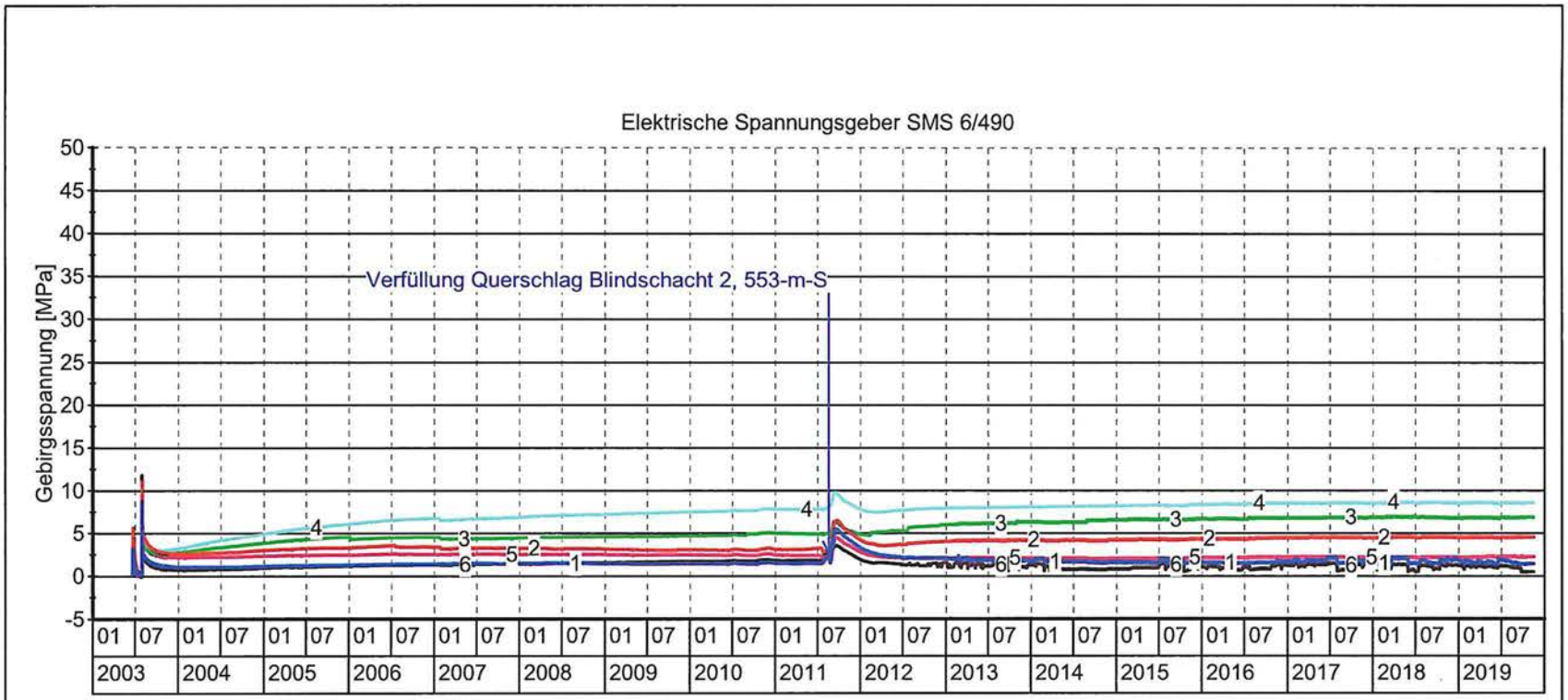
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 230

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 6/490, Pfeiler 4/5-Süd, 553 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA:	490	Geberposition:	
Datum:	24.04.2020	Teufe:	553 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	4/5 Süd	2 - h/45°quer	5 - h/strei
geprüft am:	24.04.2020			3 - h/quer	6 - vertikal
				Erstellt mit:	GKSpro

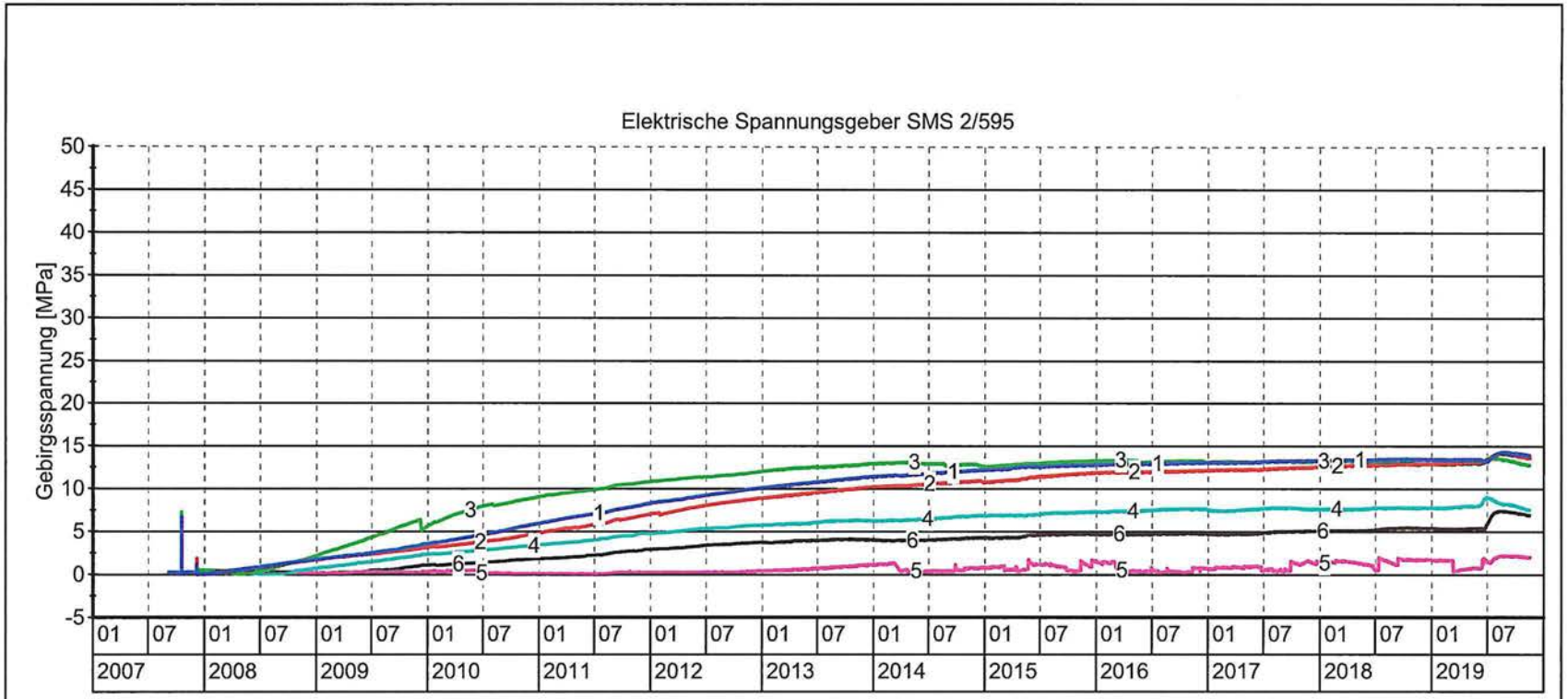
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 231

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 2/595, Pfeiler 4/5-Nord, 599 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA: 658	Geberposition:		
Datum:	24.04.2020	Teufe: 599 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer	
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler: 4/5 Nord	2 - h/45°quer	5 - h/strei	
geprüft am:	24.04.2020		3 - h/quer	6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

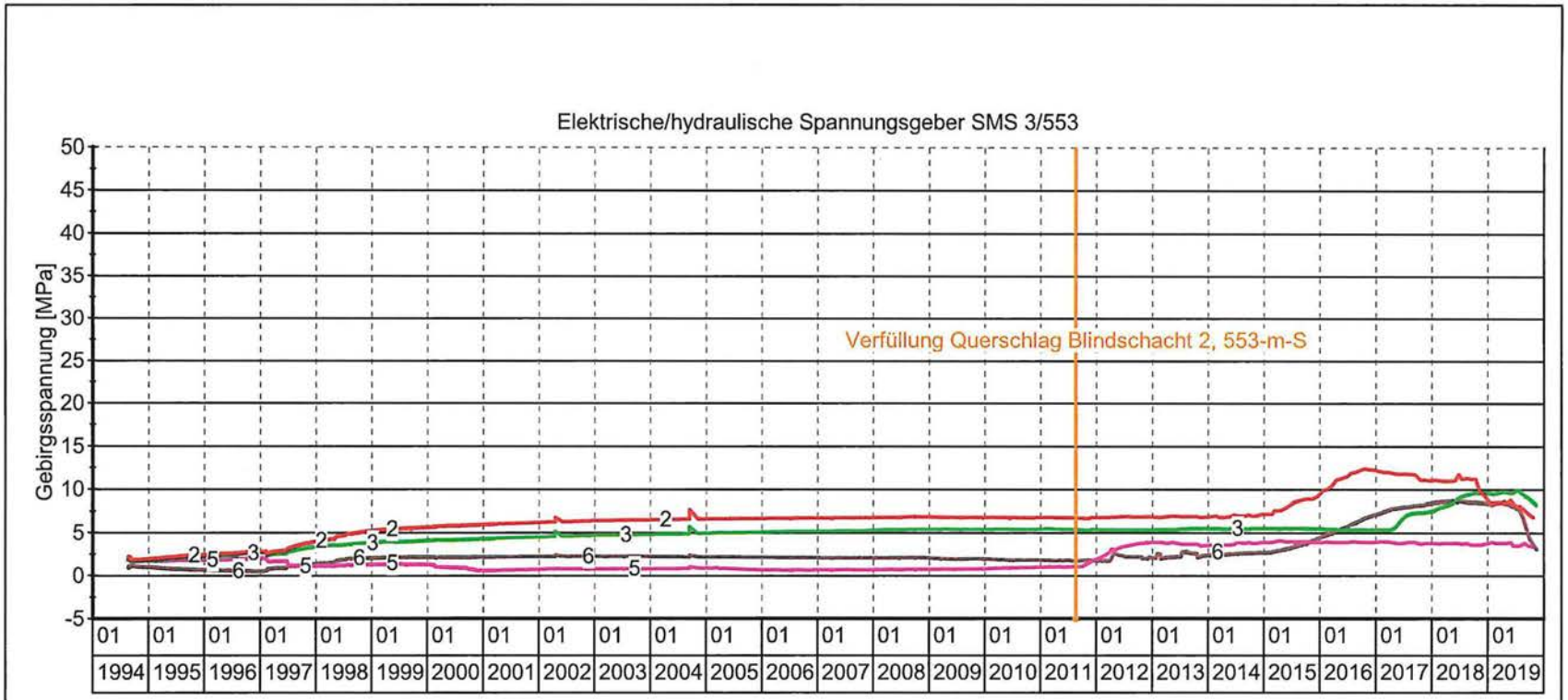
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 232

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 3/553, Pfeiler 4/5-Nord, 577 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)	
Datum:	27.04.2020
Prüfer:	F. Herrmann
geprüft am:	27.04.2020

MFA:	553
Teufe:	577 m
Pfeiler:	4/5 Nord

Geberposition:

1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
2 - h/45°quer	5 - h/strei
3 - h/quer	6 - vertikal

Erstellt mit: GKSpro

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

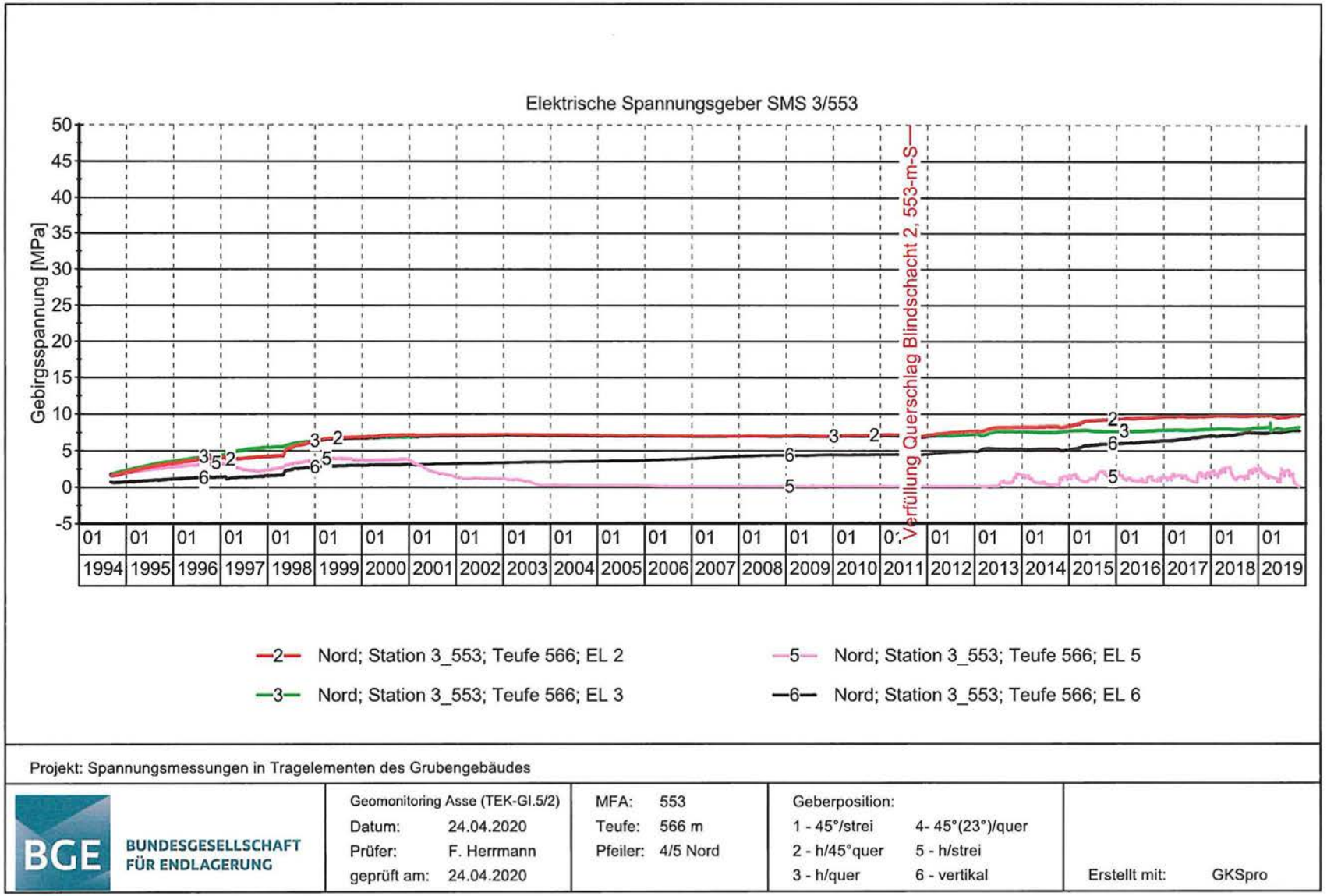
Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 233

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Messwertdarstellung SMS 3/553, Pfeiler 4/5-Nord, 566 m Teufe

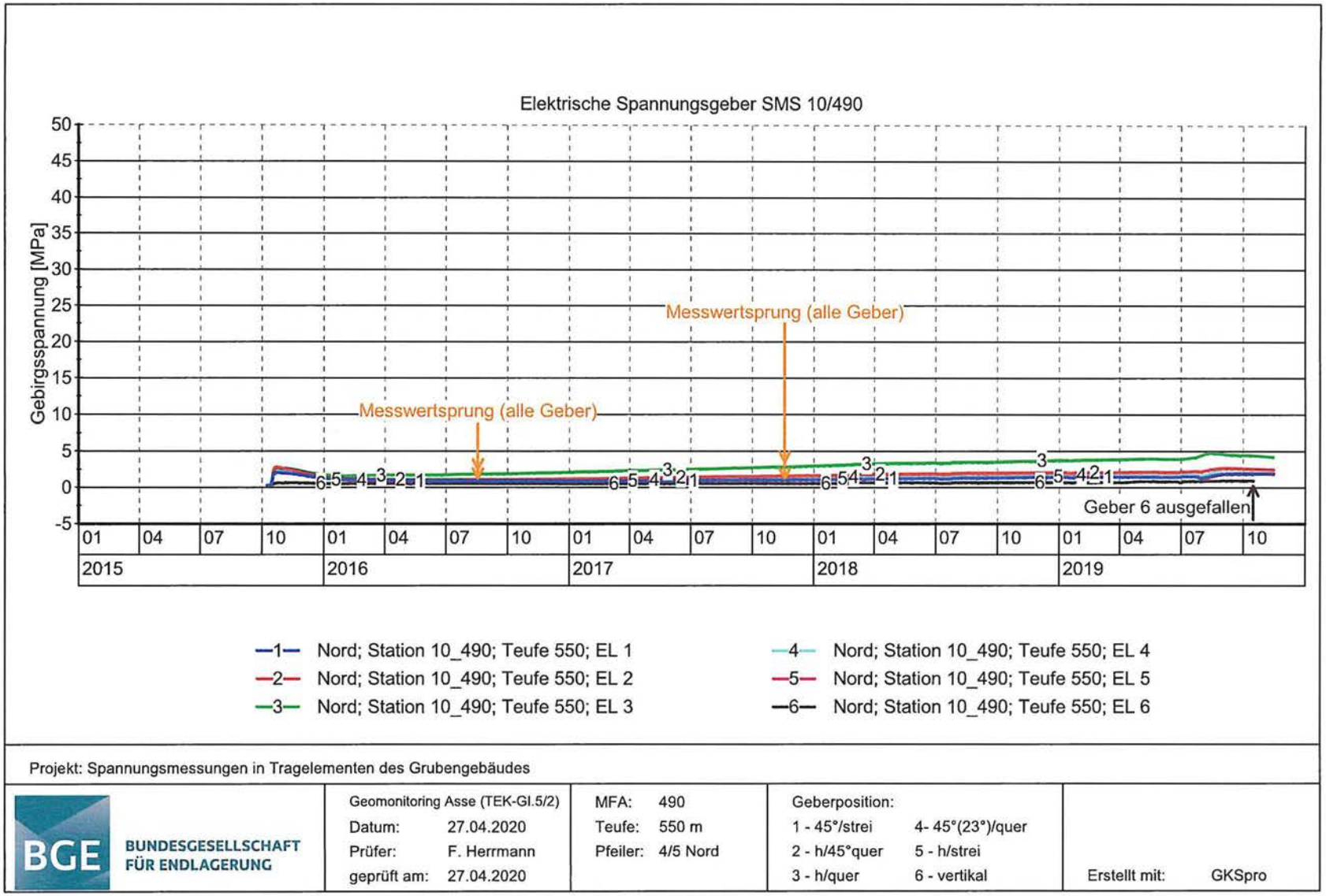


Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA: 553	Geberposition:		
Datum:	24.04.2020	Teufe: 566 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer	
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler: 4/5 Nord	2 - h/45°quer	5 - h/strei	
geprüft am:	24.04.2020		3 - h/quer	6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

Messwertdarstellung SMS 10/490, Pfeiler 4/5-Nord, 550 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA:	490	Geberposition:	
Datum:	27.04.2020	Teufe:	550 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	4/5 Nord	2 - h/45°quer	5 - h/strei
geprüft am:	27.04.2020			3 - h/quer	6 - vertikal

Erstellt mit: GKSpro

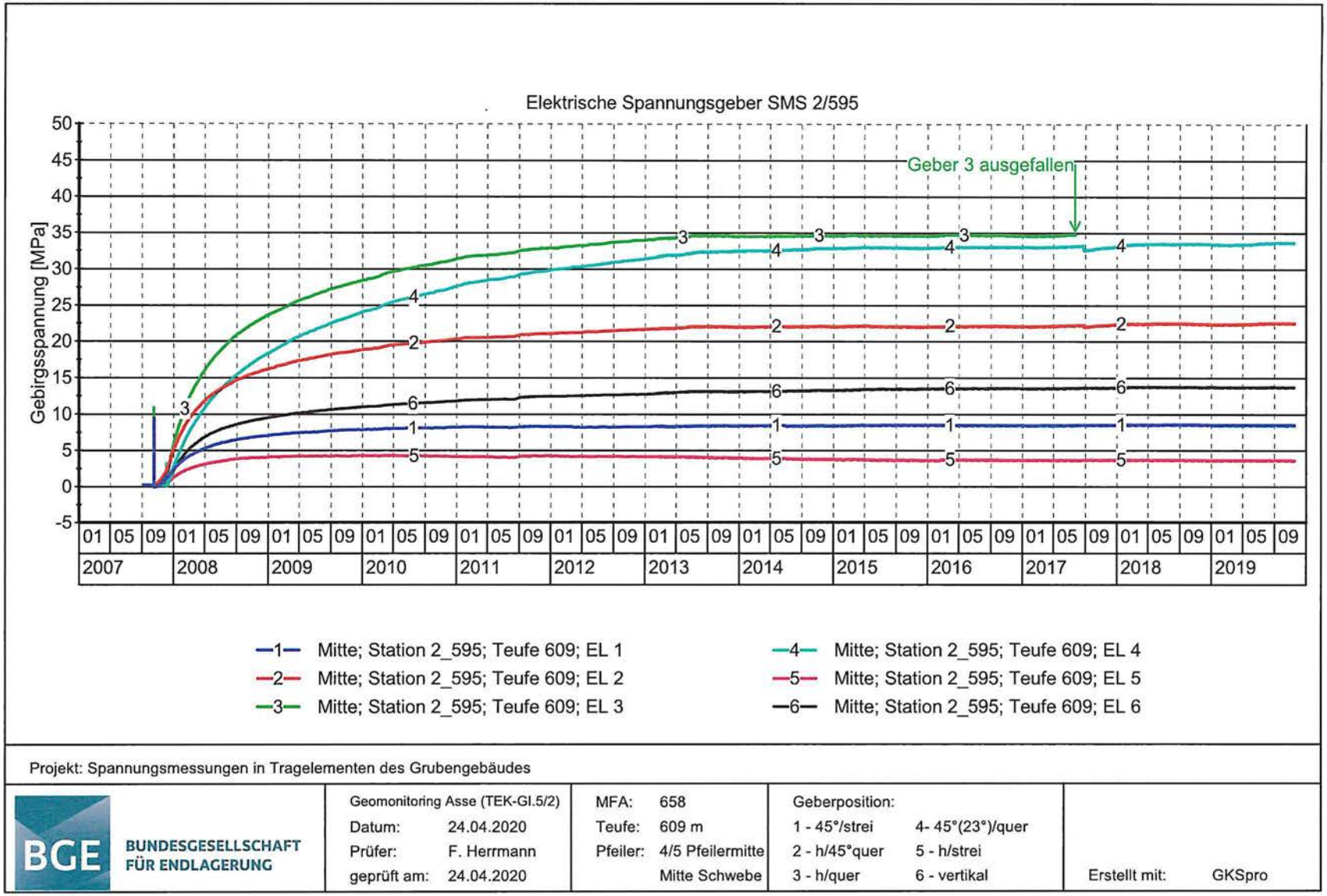
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Ltd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 235

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 2/595, Pfeiler 4/5-Mitte, 609 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG	Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)	MFA: 658	Geberposition:		
	Datum: 24.04.2020	Teufe: 609 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer	
	Prüfer: F. Herrmann	Pfeiler: 4/5 Pfeilermitte	2 - h/45°quer	5 - h/strei	
	geprüft am: 24.04.2020	Mitte Schwebe	3 - h/quer	6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

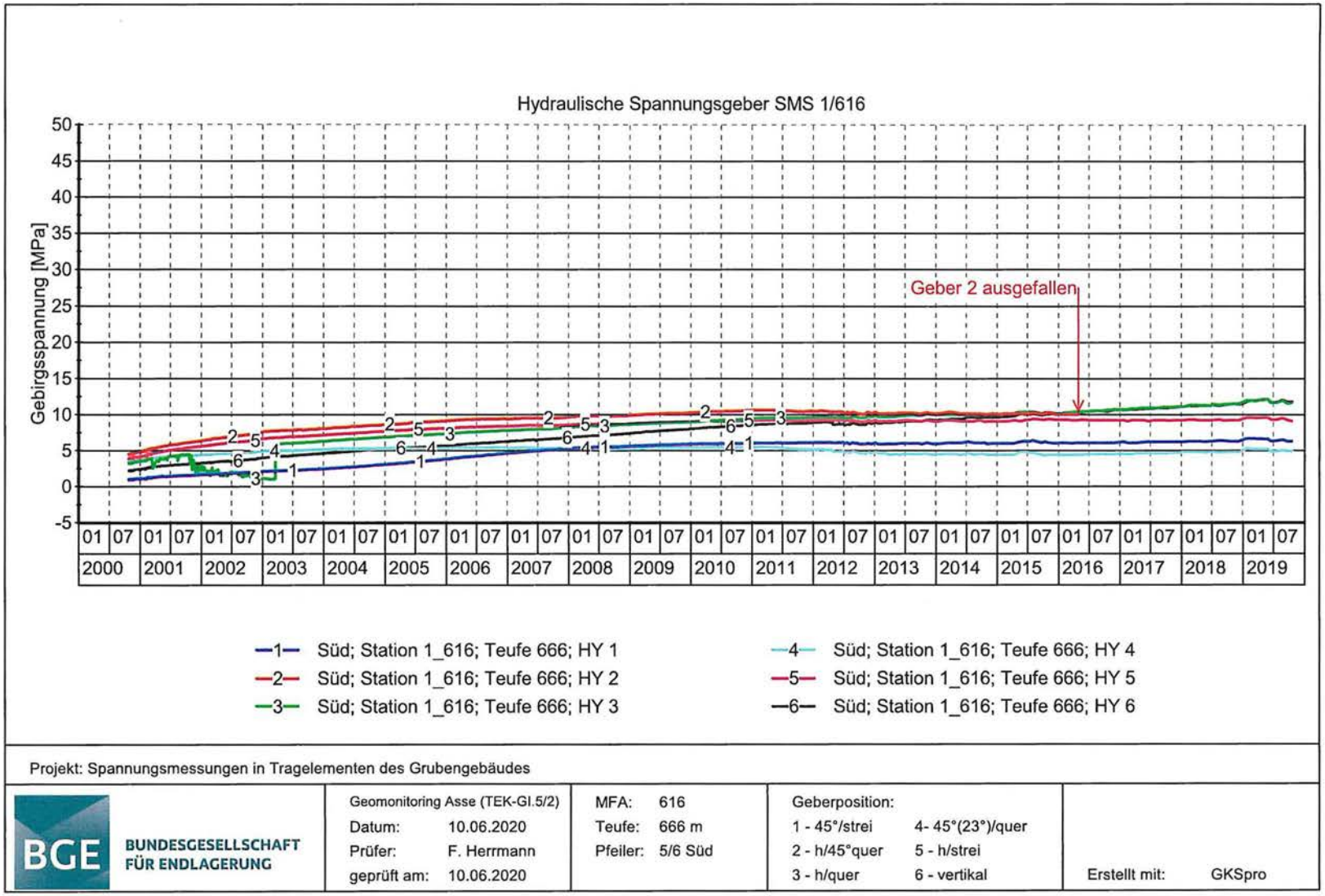
Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 236

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Anhang 2.3: Ostflügel

Messwertdarstellung SMS 1/616, Pfeiler 5/6-Süd, 666 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG	Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2) Datum: 10.06.2020 Prüfer: F. Herrmann geprüft am: 10.06.2020	MFA: 616 Teufe: 666 m Pfeiler: 5/6 Süd	Geberposition: 1 - 45°/strei 4- 45°(23°)/quer 2 - h/45°quer 5 - h/strei 3 - h/quer 6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

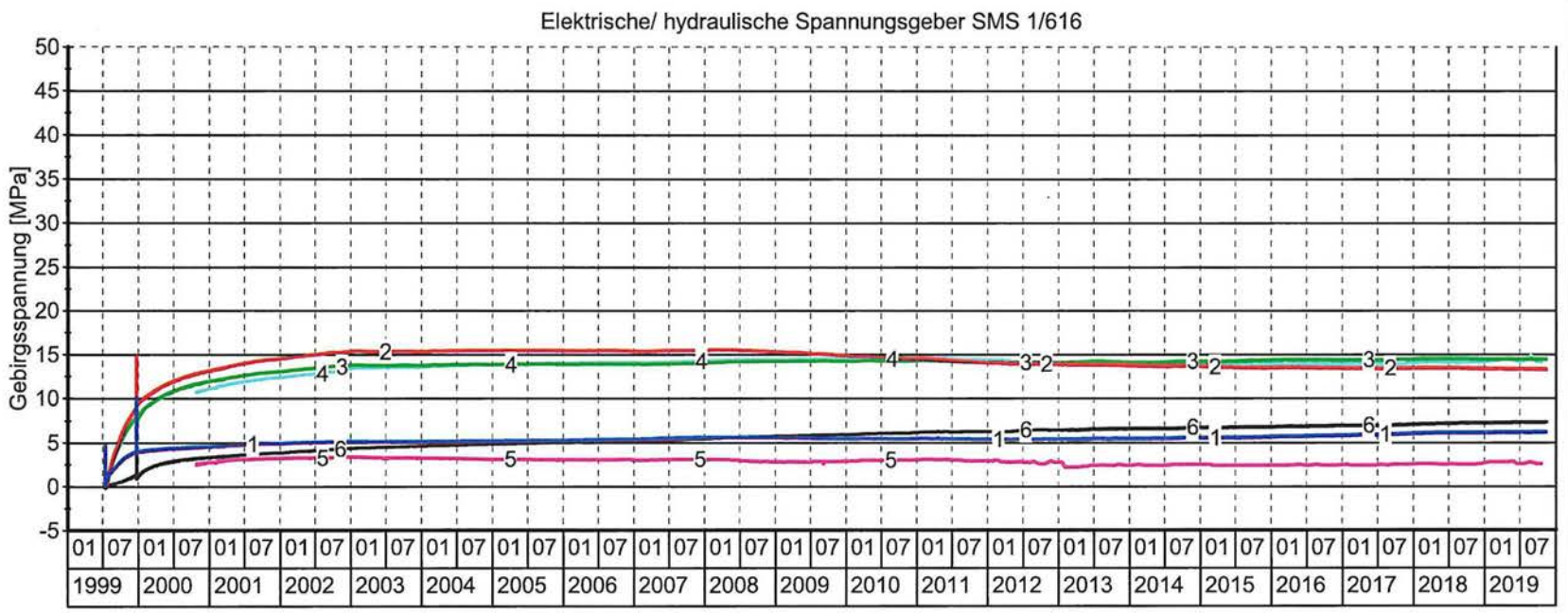
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Messwertdarstellung SMS 1/616, Pfeiler 5/6-Nord, 640 m Teufe

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 238



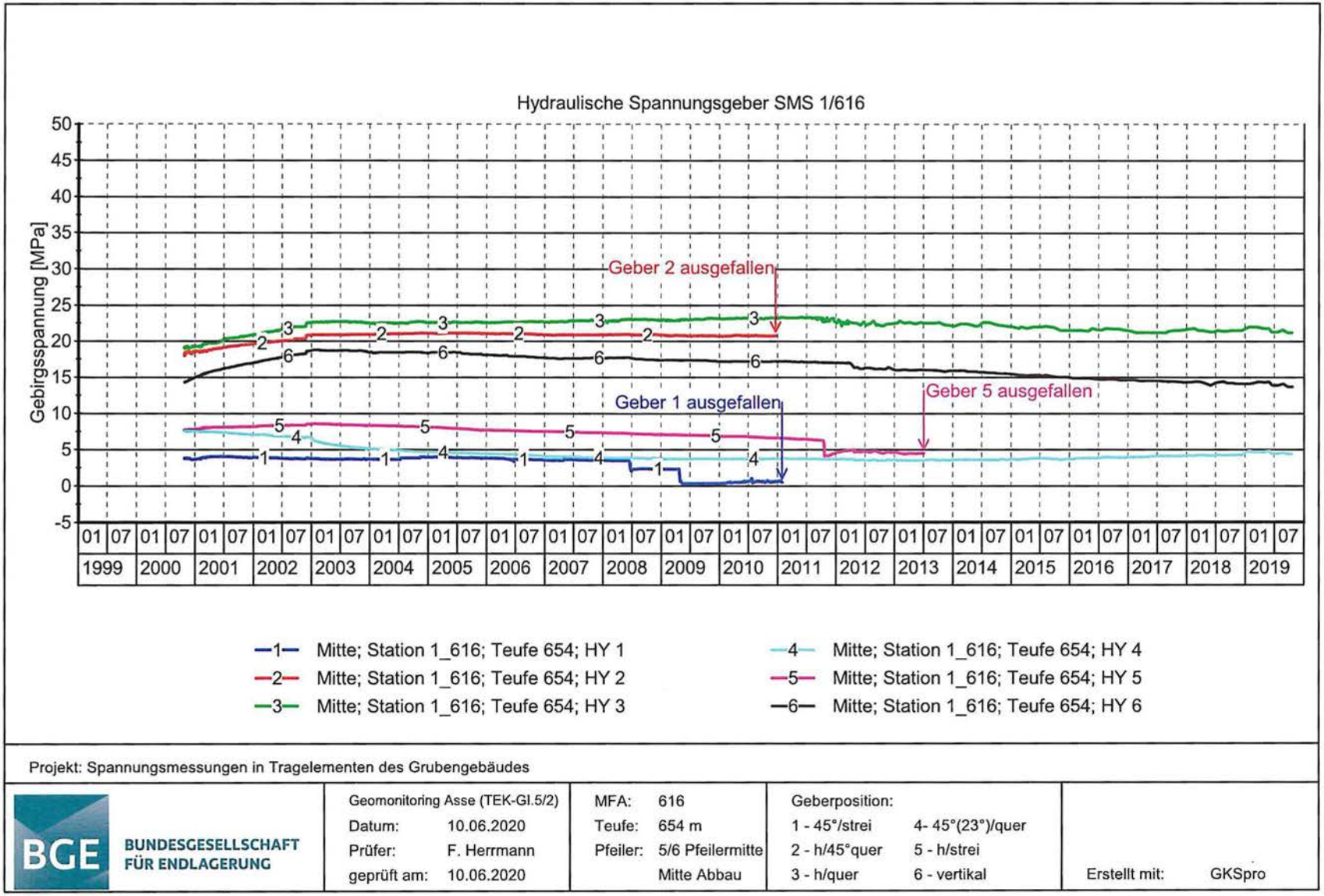
Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA:	616	Geberposition:	
Datum:	10.06.2020	Teufe:	640 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	5/6 Nord	2 - h/45°quer	5 - h/strei
geprüft am:	10.06.2020			3 - h/quer	6 - vertikal

Erstellt mit: GKSpro

Messwertdarstellung SMS 1/616, Pfeiler 5/6-Mitte (Mitte Abbau), 654 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA:	616	Geberposition:	
Datum:	10.06.2020	Teufe:	654 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	5/6 Pfeilermitte	2 - h/45°quer	5 - h/strei
geprüft am:	10.06.2020		Mitte Abbau	3 - h/quer	6 - vertikal

Erstellt mit: GKSpro

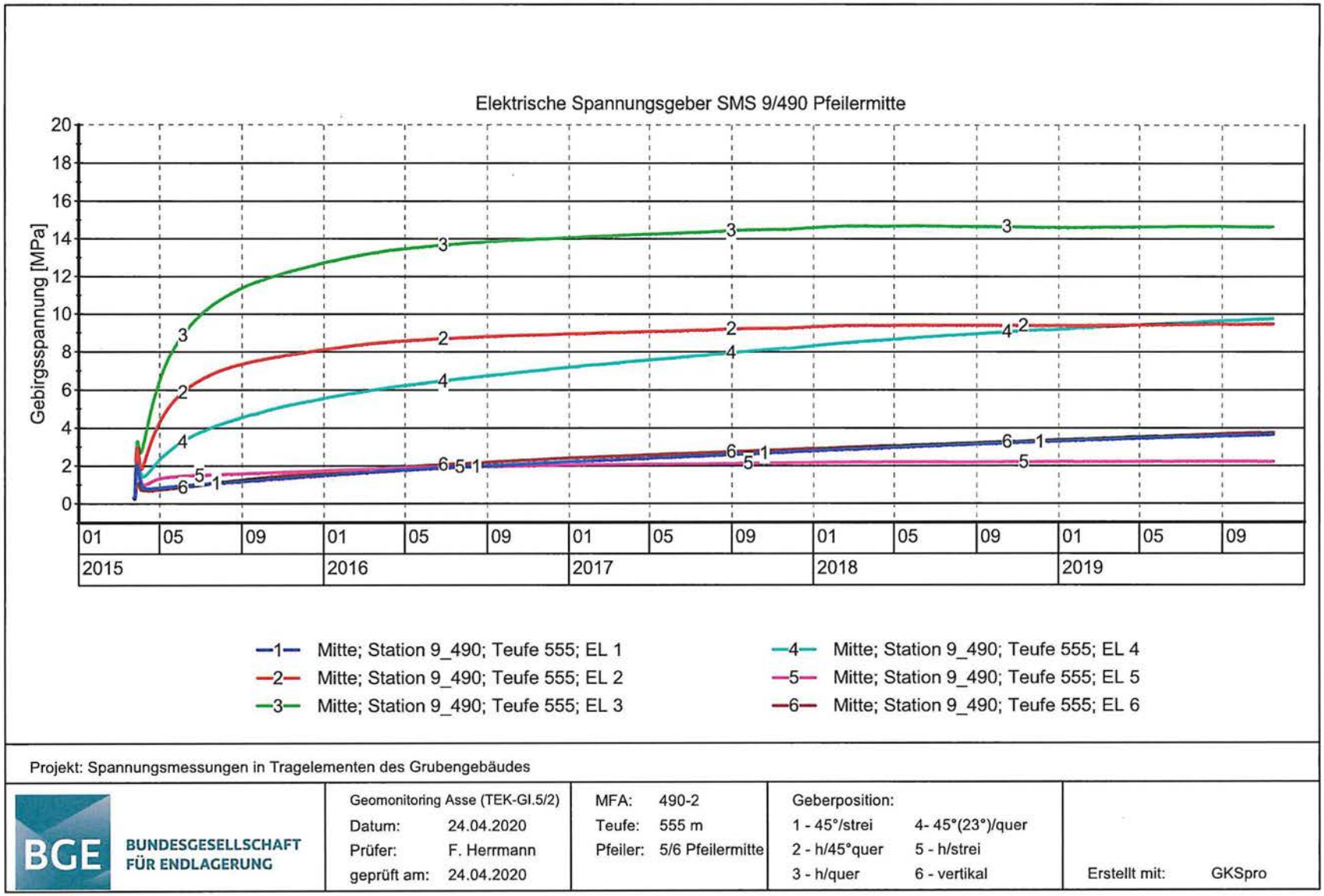
Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Blatt: 239

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 9/490, Pfeiler 5/6-Mitte, 555 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA:	490-2	Geberposition:	
Datum:	24.04.2020	Teufe:	555 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	5/6 Pfeilermitte	2 - h/45°quer	5 - h/strei
geprüft am:	24.04.2020			3 - h/quer	6 - vertikal
				Erstellt mit:	GKSpro

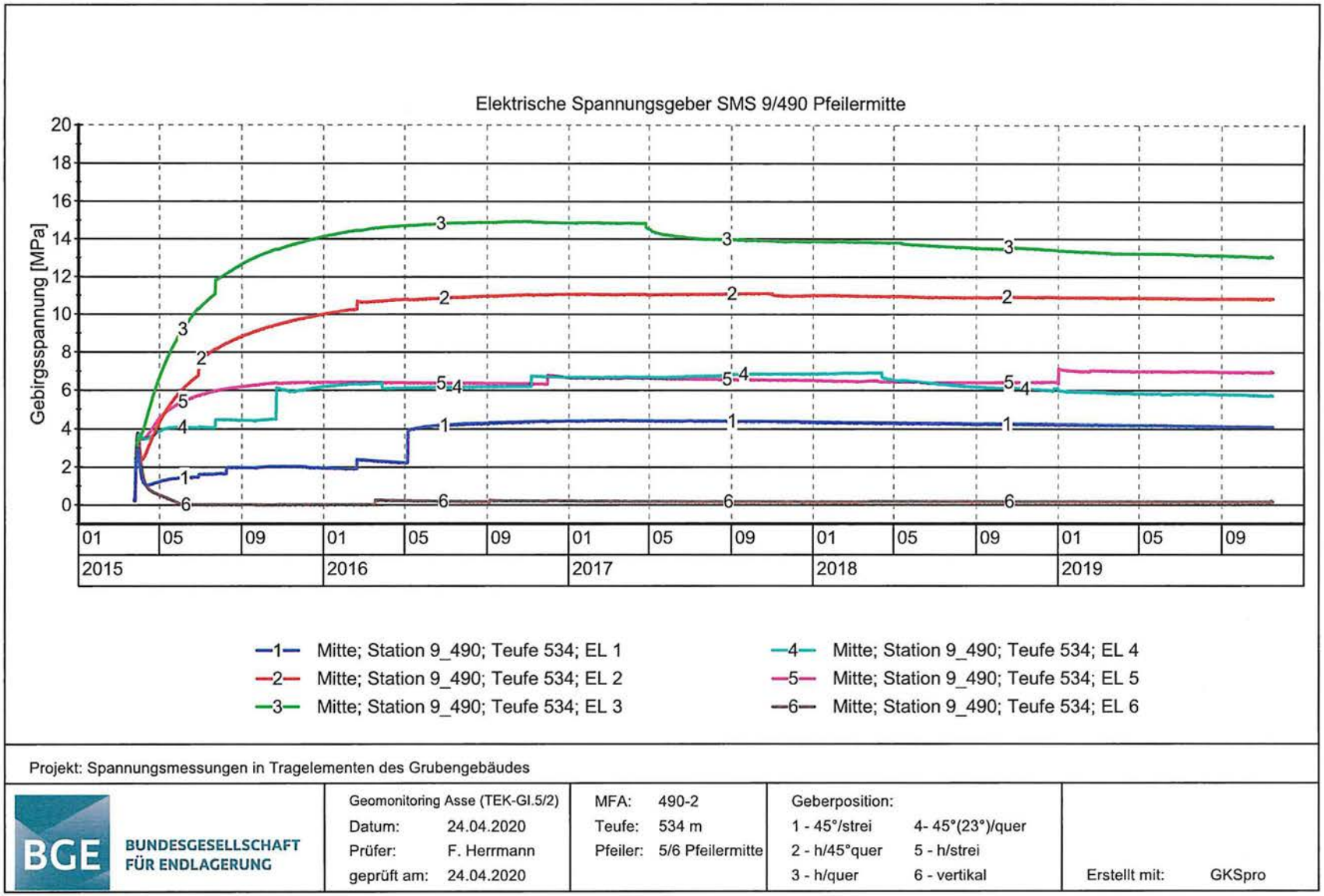
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 240

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 9/490, Pfeiler 5/6-Mitte, 534 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA:	490-2	Geberposition:	
Datum:	24.04.2020	Teufe:	534 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	5/6 Pfeilermitte	2 - h/45°quer	5 - h/strei
geprüft am:	24.04.2020			3 - h/quer	6 - vertikal
				Erstellt mit:	GKSpro

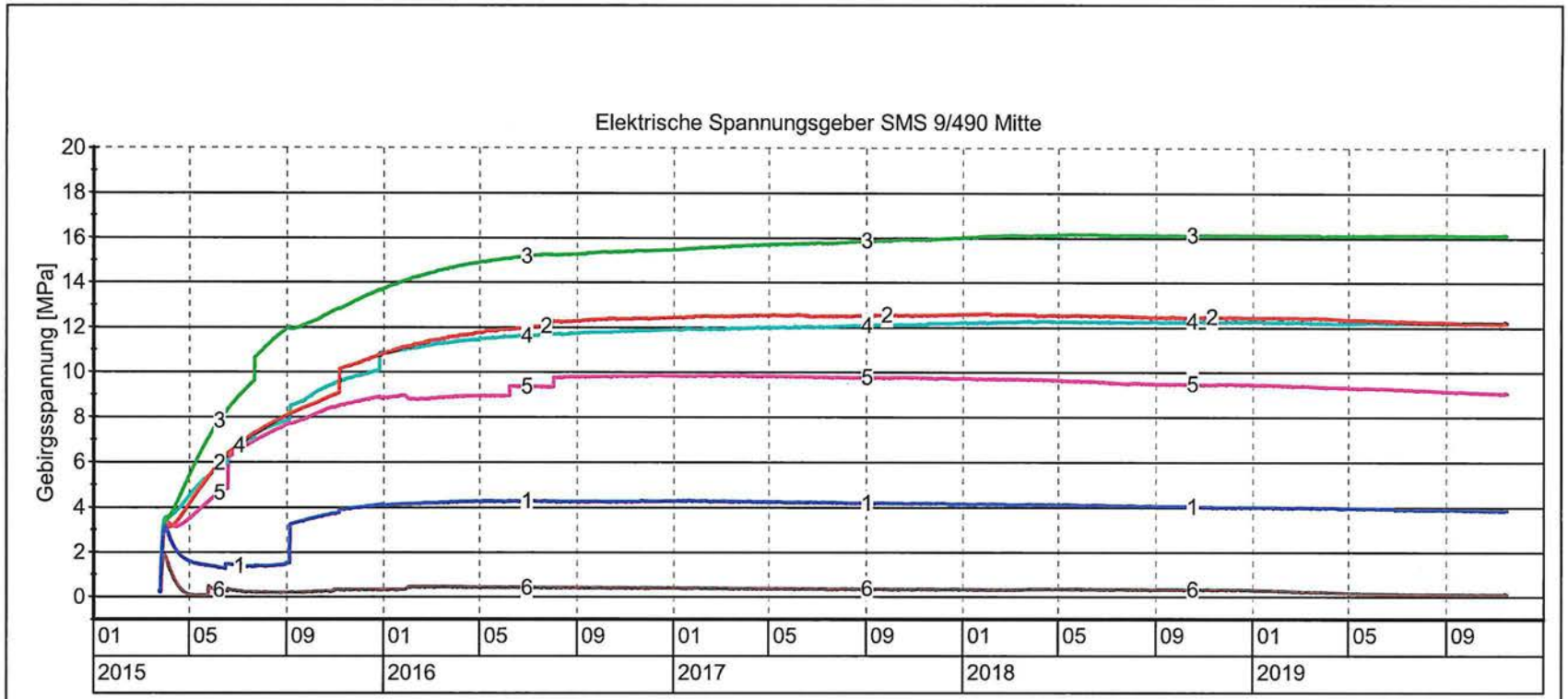
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 241

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 9/490, Pfeiler 5/6-Mitte, 513 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA:	490-2	Geberposition:	
Datum:	24.04.2020	Teufe:	513 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	5/6 Pfeilermitte	2 - h/45°quer	5 - h/strei
geprüft am:	24.04.2020			3 - h/quer	6 - vertikal

Erstellt mit: GKSpro

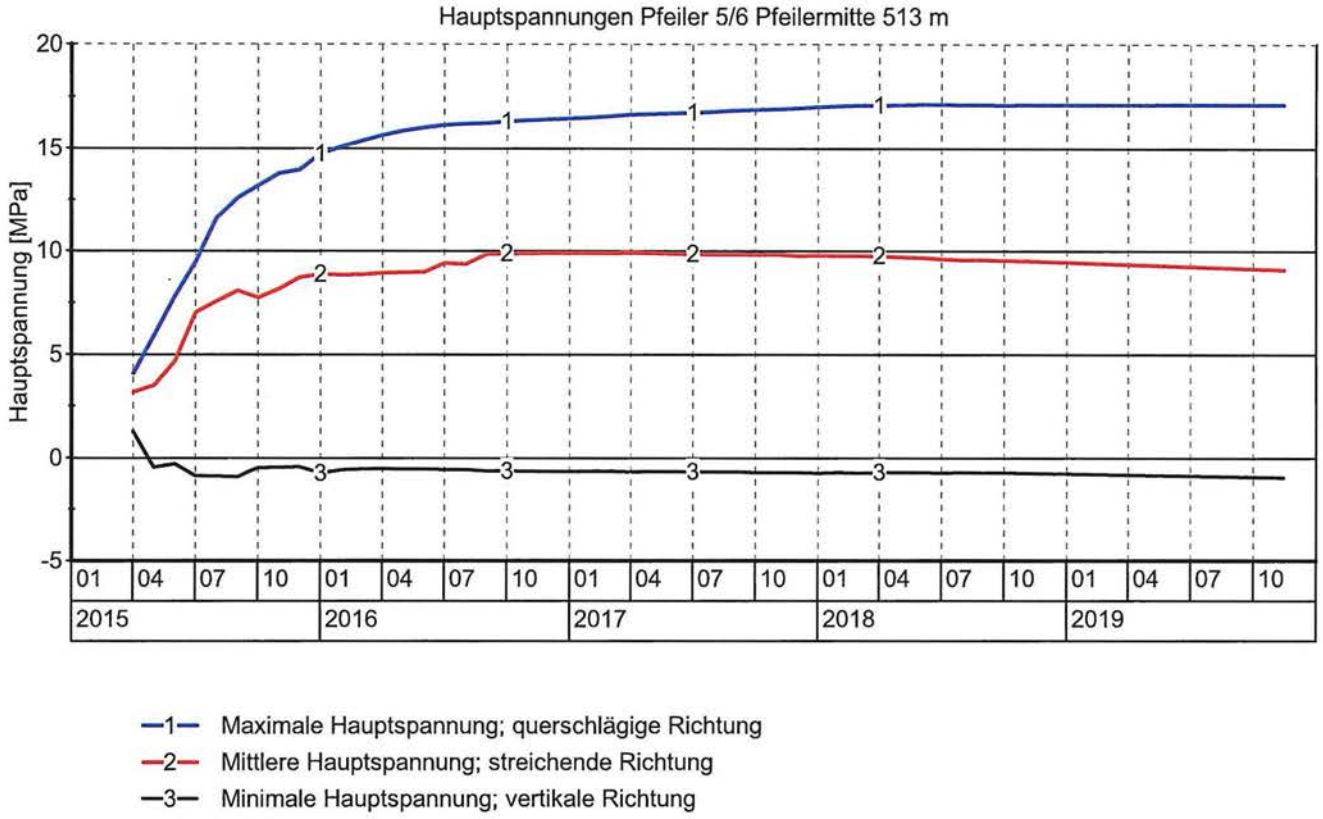
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 242

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Hauptspannungen SMS 9/490, Pfeiler 5/6-Mitte, 513 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Schachtanlage Asse II	MFA:	490-2	
Datum:	22.04.2020	Teufe:	513
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	5/6 Pfeilermitte
geprüft am:	22.04.2020		

Erstellt mit: GKSpro

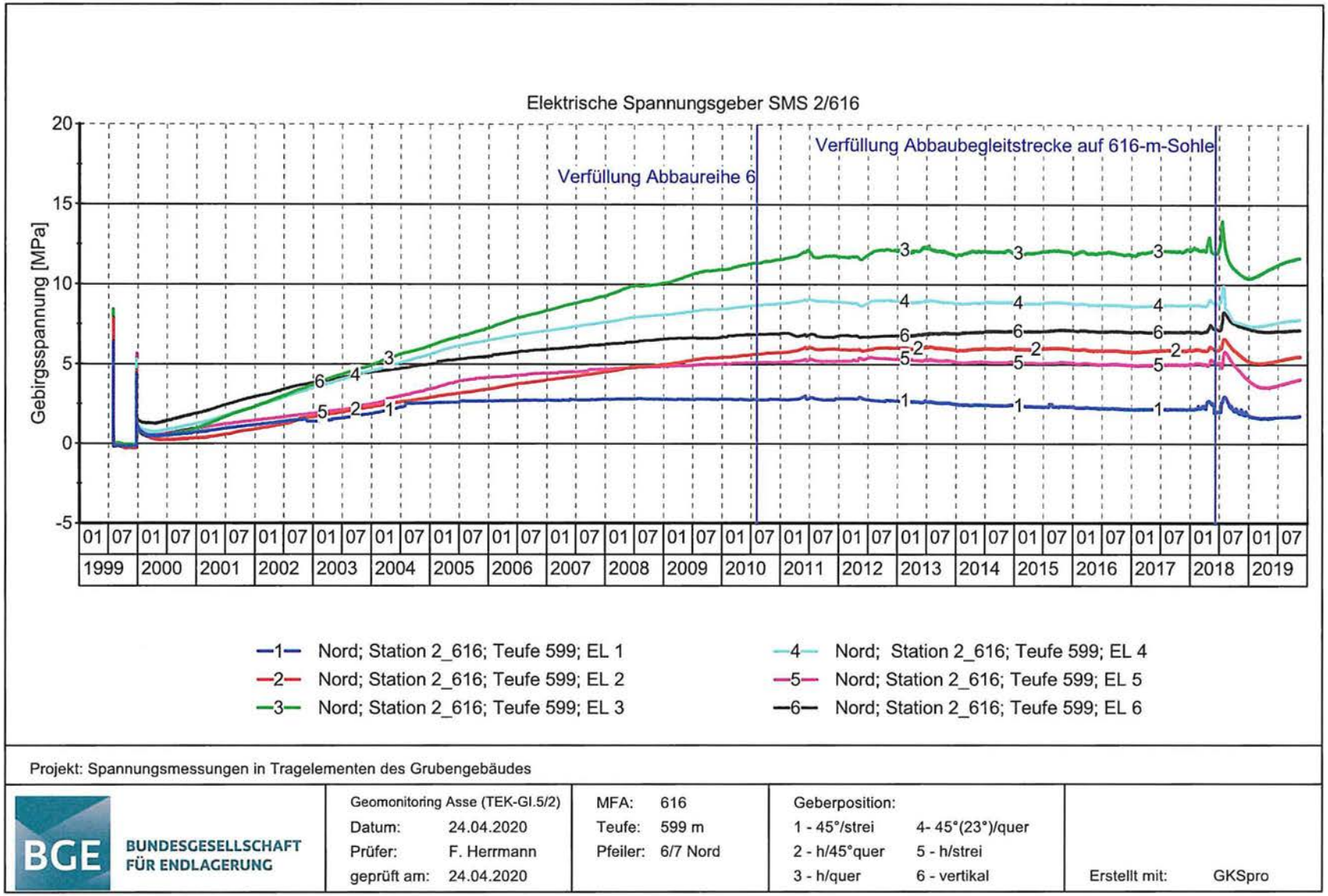
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 243

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 2/616, Pfeiler 6/7-Nord, 599 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG	Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2) Datum: 24.04.2020 Prüfer: F. Herrmann geprüft am: 24.04.2020	MFA: 616 Teufe: 599 m Pfeiler: 6/7 Nord	Geberposition: 1 - 45°/strei 4- 45°(23°)/quer 2 - h/45°quer 5 - h/strei 3 - h/quer 6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

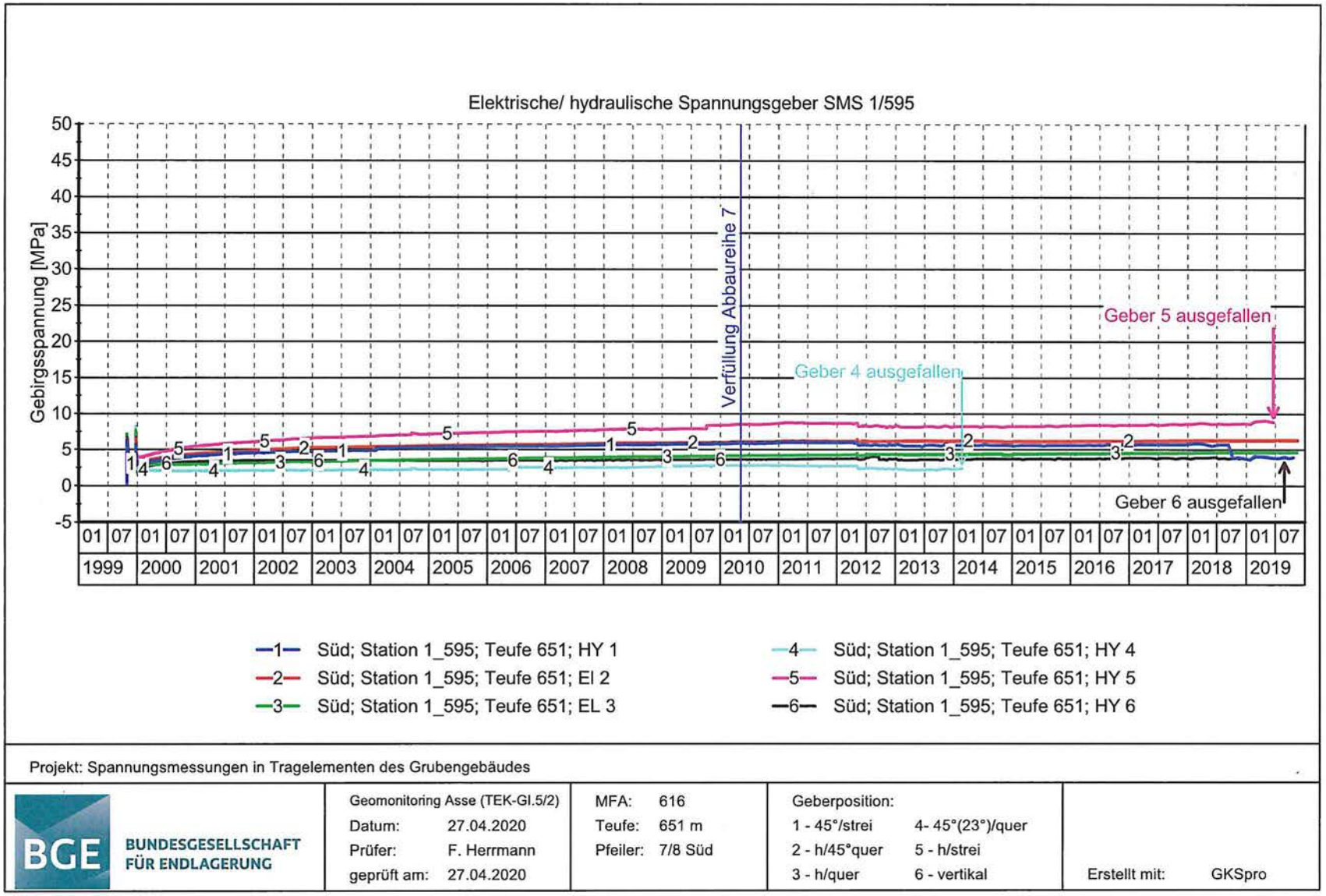
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 244

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 1/595, Pfeiler 7/8-Süd, 651 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG	Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2) Datum: 27.04.2020 Prüfer: F. Herrmann geprüft am: 27.04.2020	MFA: 616 Teufe: 651 m Pfeiler: 7/8 Süd	Geberposition: 1 - 45°/strei 4- 45°(23°)/quer 2 - h/45°quer 5 - h/strei 3 - h/quer 6 - vertikal
			Erstellt mit: GKSpro

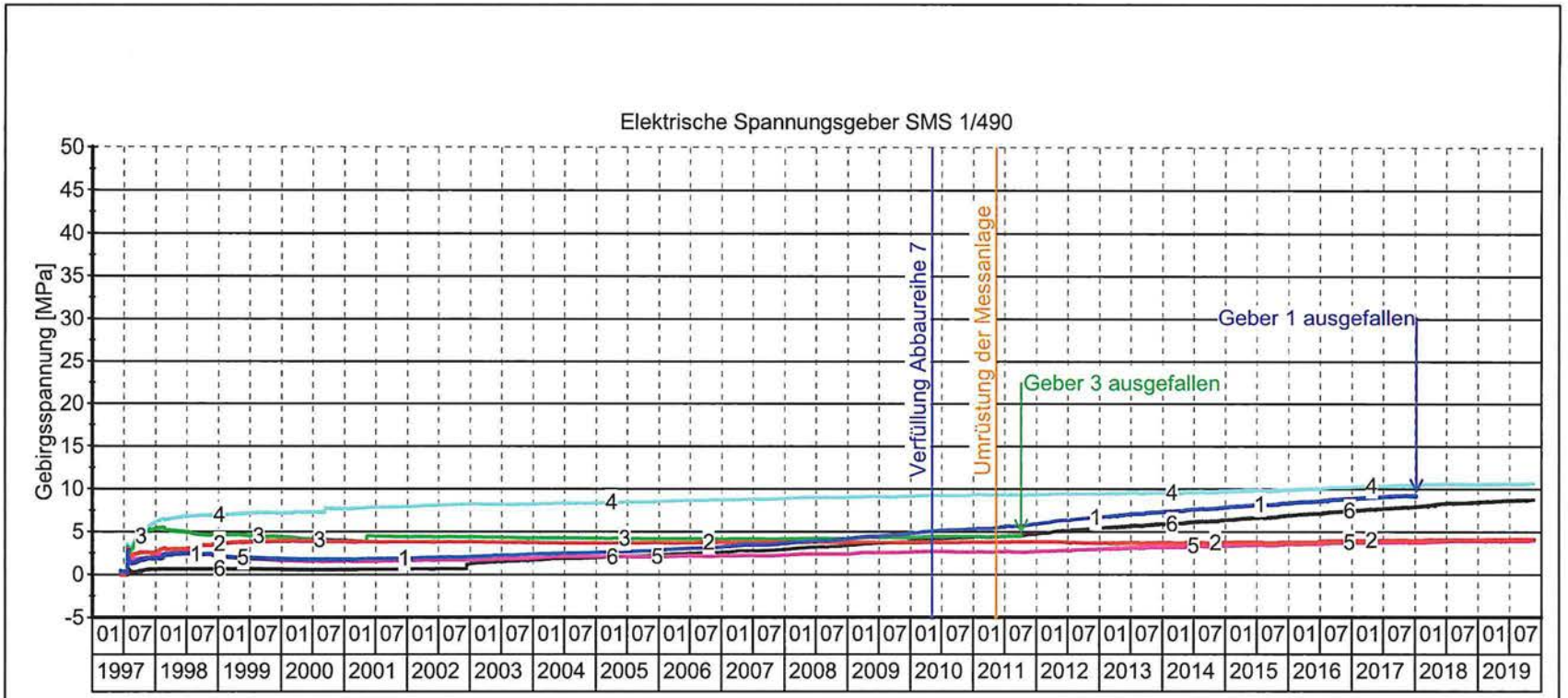
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 245

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 1/490, Pfeiler 7/8-Süd, 566 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

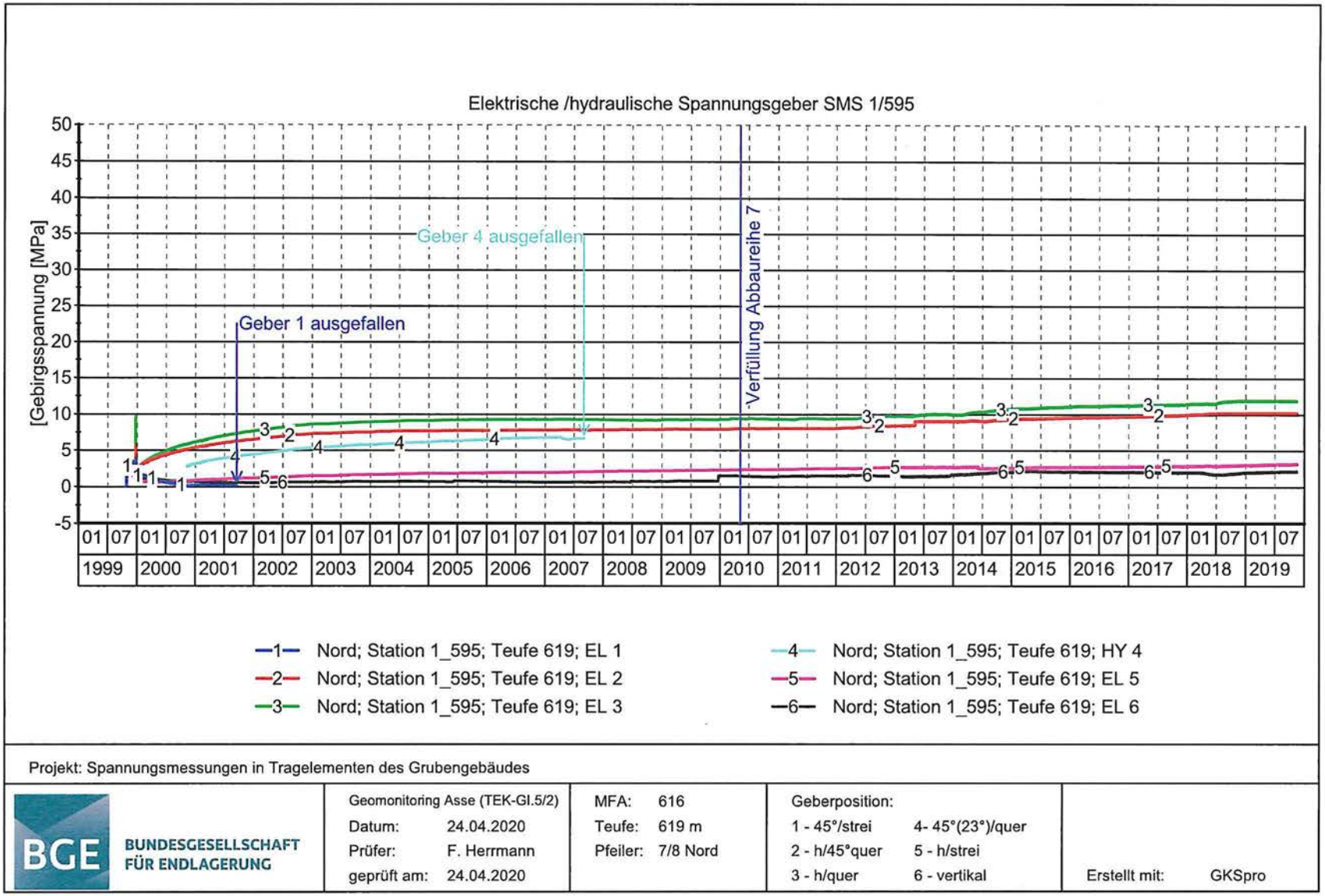
BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG	Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2) Datum: 27.04.2020 Prüfer: F. Herrmann geprüft am: 27.04.2020	MFA: 490 Teufe: 566 m Pfeiler: 7/8 Süd	Geberposition: 1 - 45°/strei 4- 45°(23°)/quer 2 - h/45°quer 5 - h/strei 3 - h/quer 6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 1/595, Pfeiler 7/8-Nord, 619 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG	Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)	MFA: 616	Geberposition:	
	Datum: 24.04.2020	Teufe: 619 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
	Prüfer: F. Herrmann	Pfeiler: 7/8 Nord	2 - h/45°quer	5 - h/strei
	geprüft am: 24.04.2020		3 - h/quer	6 - vertikal
			Erstellt mit:	GKSpro

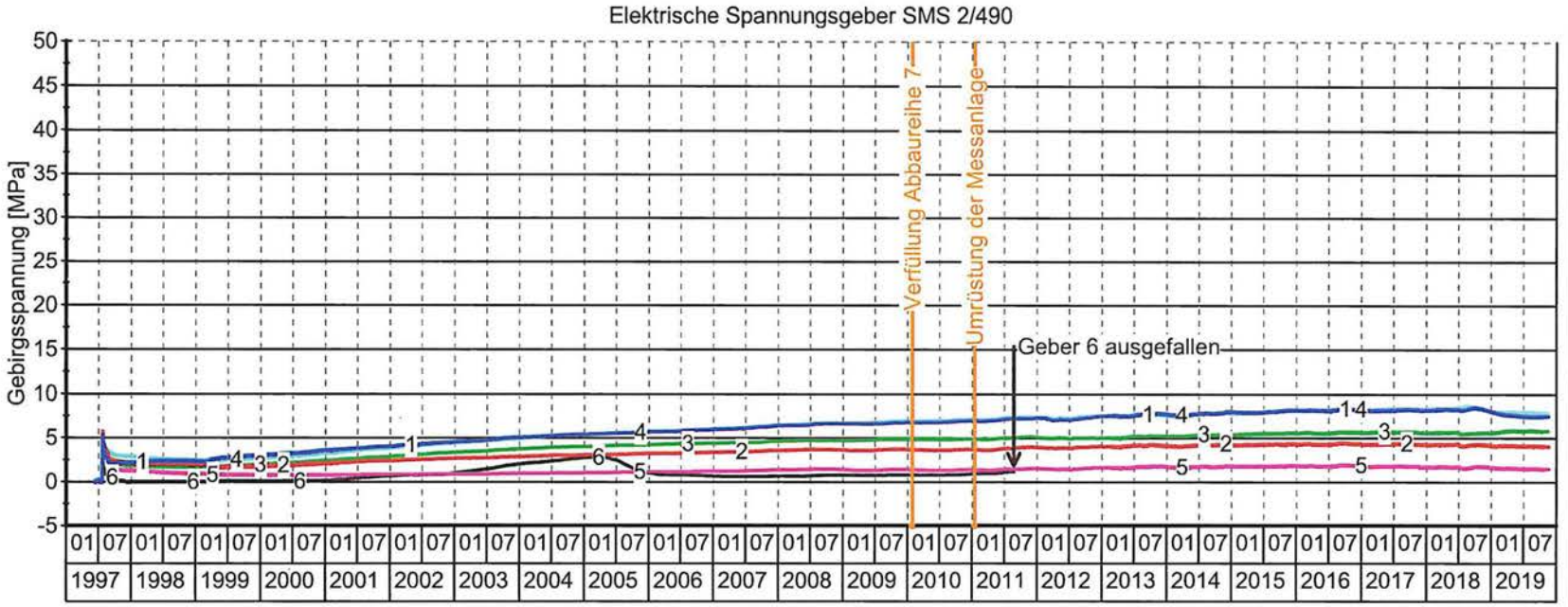
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Ltd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 247

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 2/490, Pfeiler 7/8-Nord, 588 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA: 490	Geberposition:		
Datum:	24.04.2020	Teufe: 588 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer	
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler: 7/8 Nord	2 - h/45°quer	5 - h/strei	
geprüft am:	24.04.2020		3 - h/quer	6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

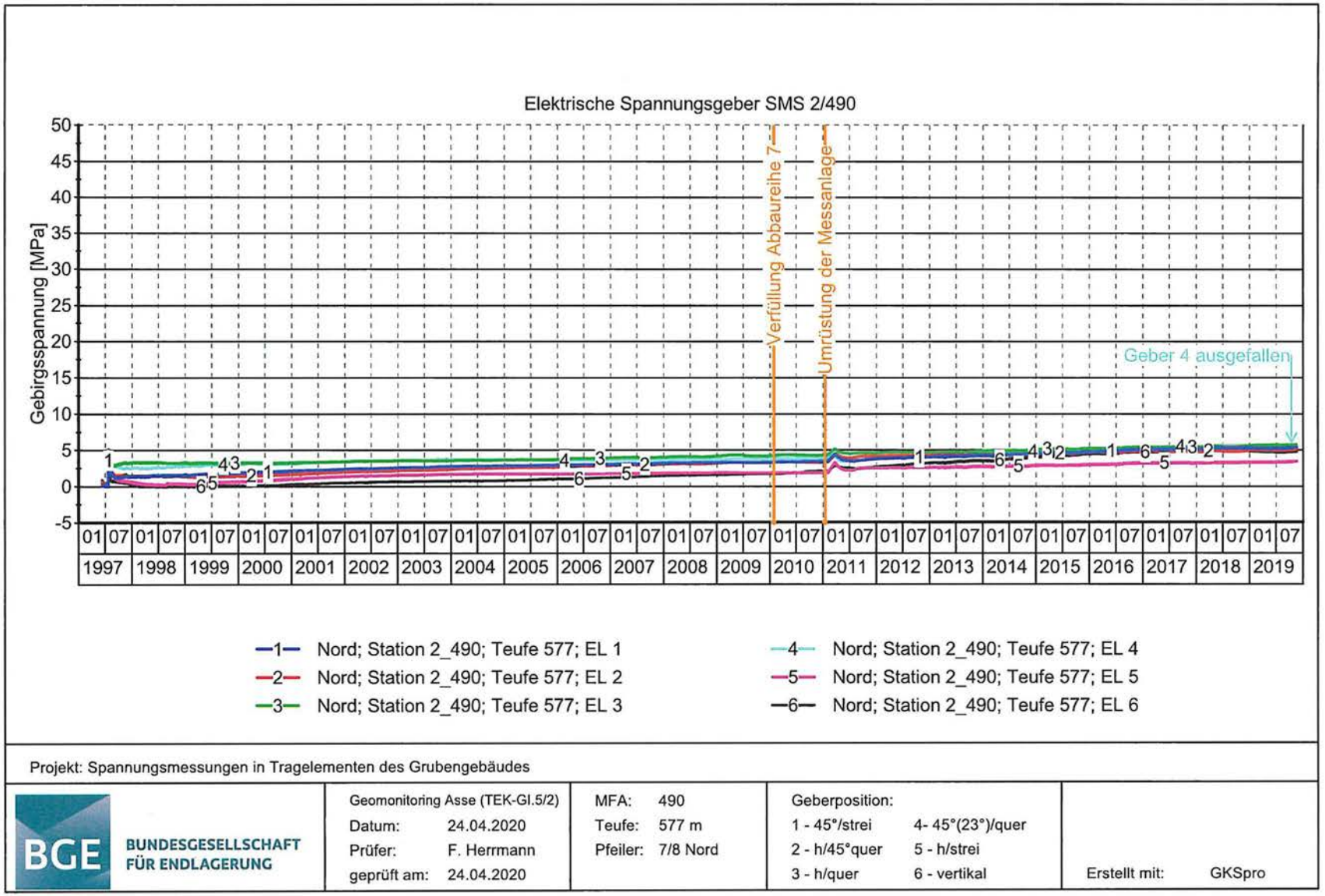
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Ltd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 248

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 2/490, Pfeiler 7/8-Nord, 577 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA: 490	Geberposition:		
Datum:	24.04.2020	Teufe: 577 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer	
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler: 7/8 Nord	2 - h/45°quer	5 - h/strei	
geprüft am:	24.04.2020		3 - h/quer	6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 249

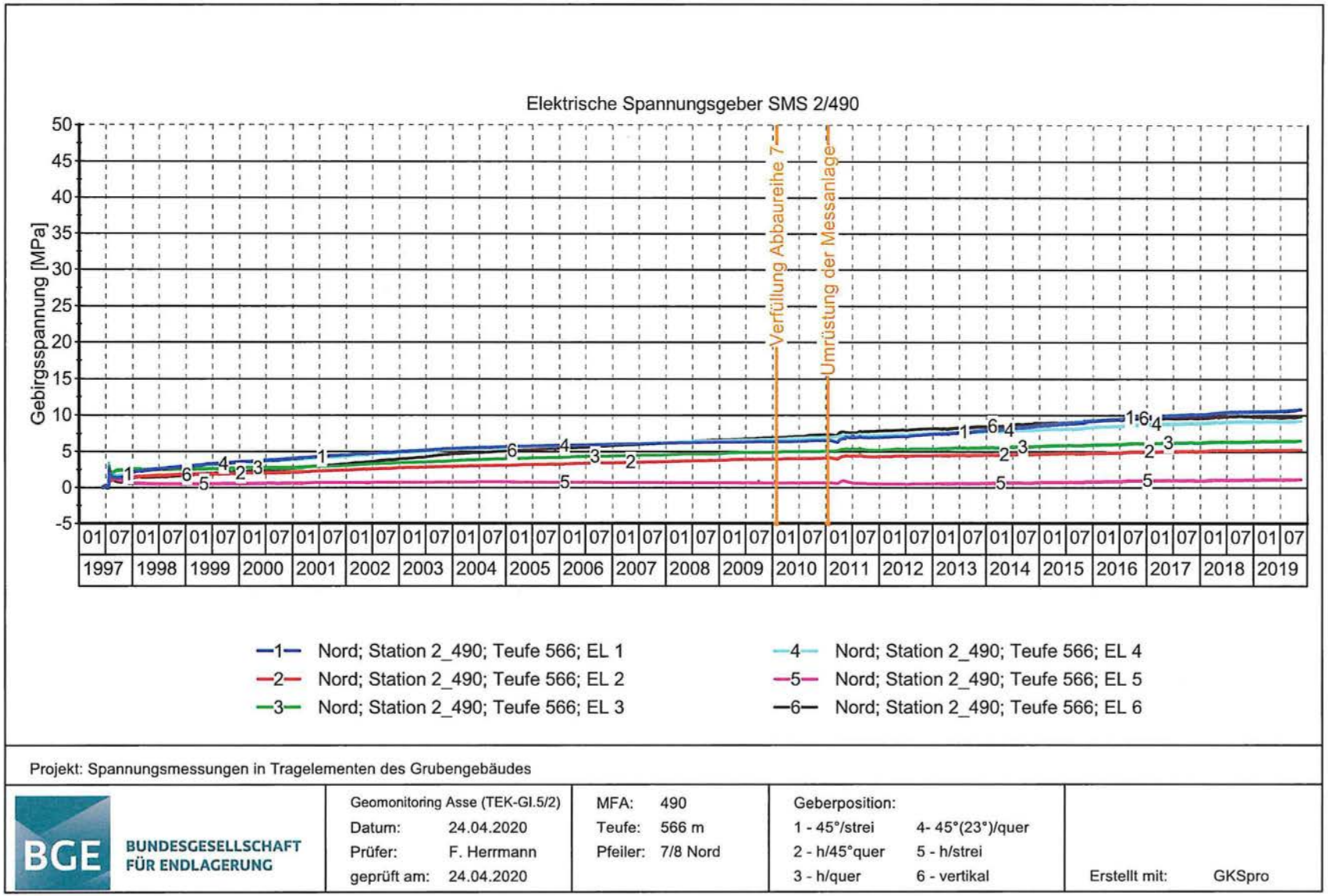
BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 2/490, Pfeiler 7/8-Nord, 566 m Teufe

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 250



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)
Datum: 24.04.2020
Prüfer: F. Herrmann
geprüft am: 24.04.2020

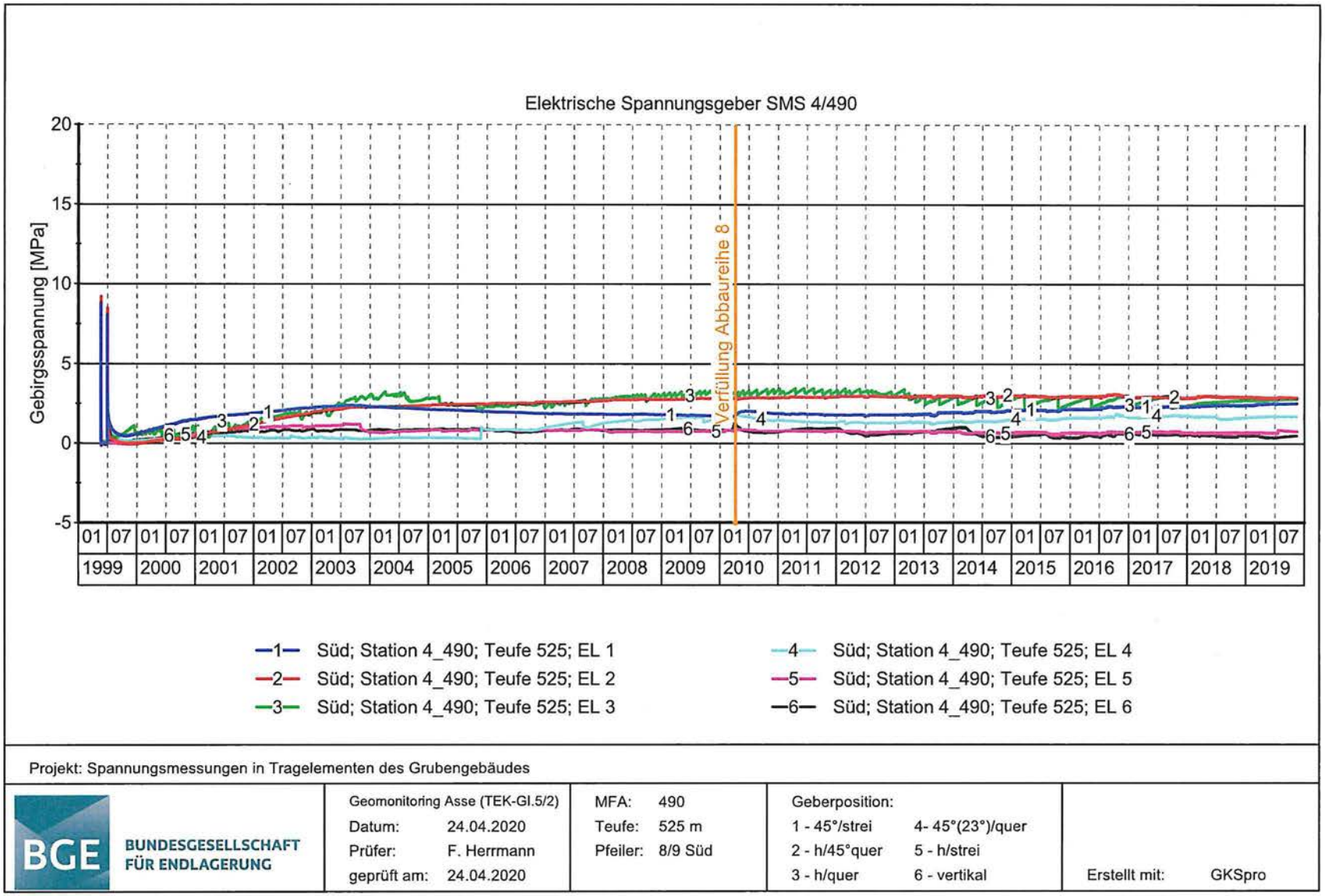
MFA: 490
Teufe: 566 m
Pfeiler: 7/8 Nord

Geberposition:
1 - 45°/strei
2 - h/45°quer
3 - h/quer
4- 45°(23°)/quer
5 - h/strei
6 - vertikal

Erstellt mit: GKSpro

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 4/490, Pfeiler 8/9-Süd, 525 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG	Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2) Datum: 24.04.2020 Prüfer: F. Herrmann geprüft am: 24.04.2020	MFA: 490 Teufe: 525 m Pfeiler: 8/9 Süd	Geberposition: 1 - 45°/strei 4- 45°(23°)/quer 2 - h/45°quer 5 - h/strei 3 - h/quer 6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

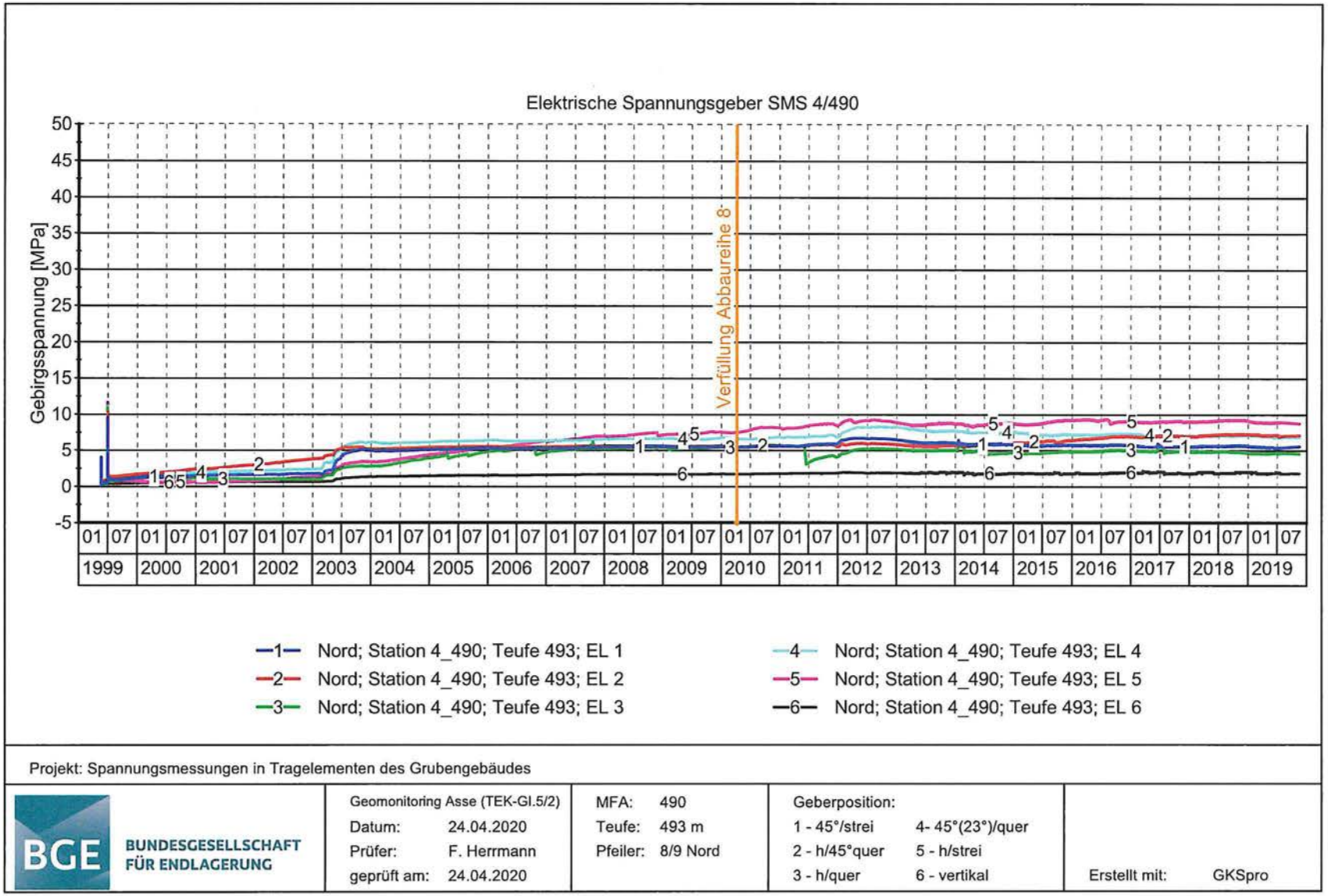
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 251

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 4/490, Pfeiler 8/9-Nord, 493 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA:	490	Geberposition:	
Datum:	24.04.2020	Teufe:	493 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	8/9 Nord	2 - h/45°quer	5 - h/strei
geprüft am:	24.04.2020			3 - h/quer	6 - vertikal

Erstellt mit: GKSpro

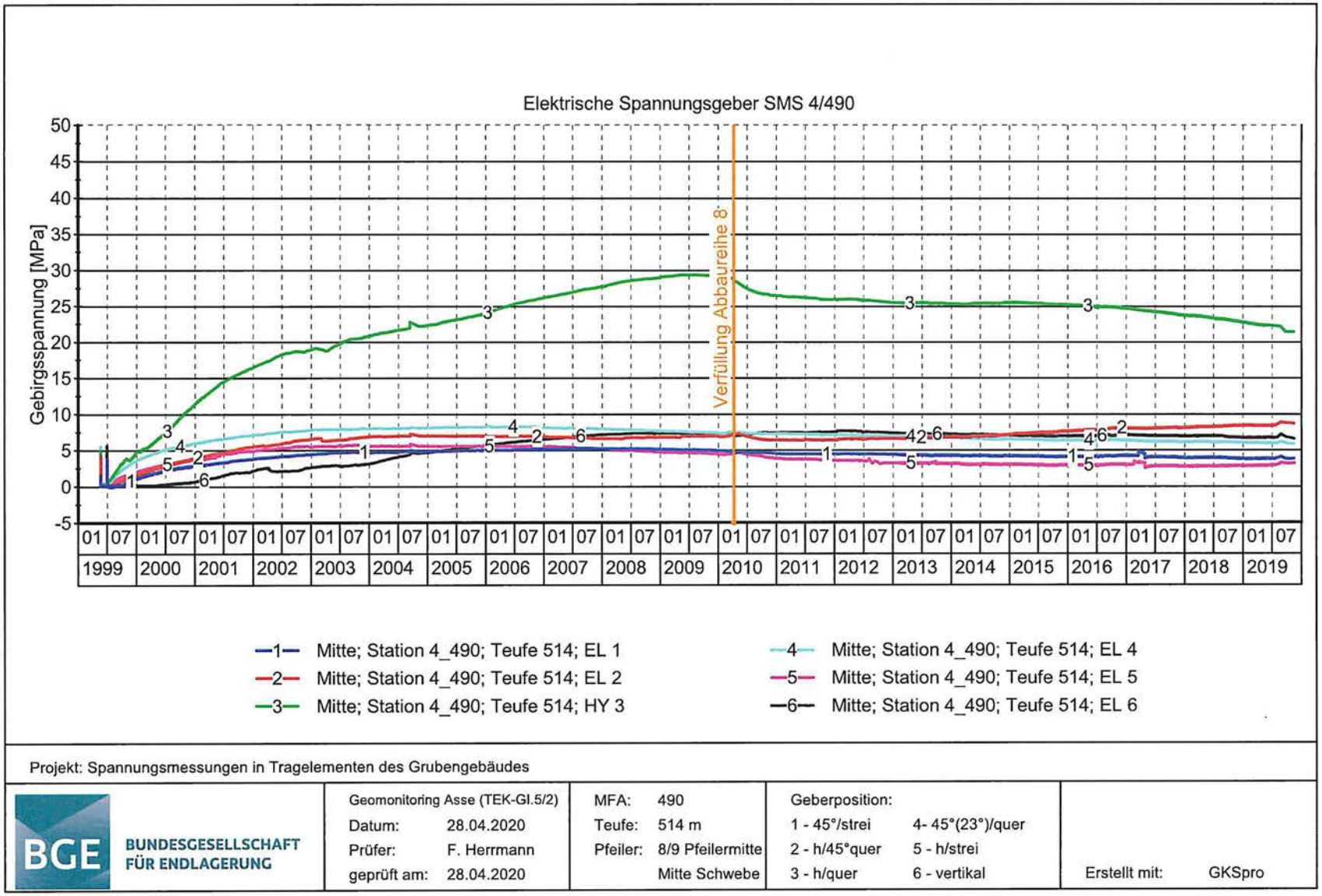
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 252

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Messwertdarstellung SMS 4/490, Pfeiler 8/9-Mitte, 514 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA:	490	Geberposition:	
Datum:	28.04.2020	Teufe:	514 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	8/9 Pfeilermitte	2 - h/45°quer	5 - h/strei
geprüft am:	28.04.2020		Mitte Schwebe	3 - h/quer	6 - vertikal
				Erstellt mit:	GKSpro

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

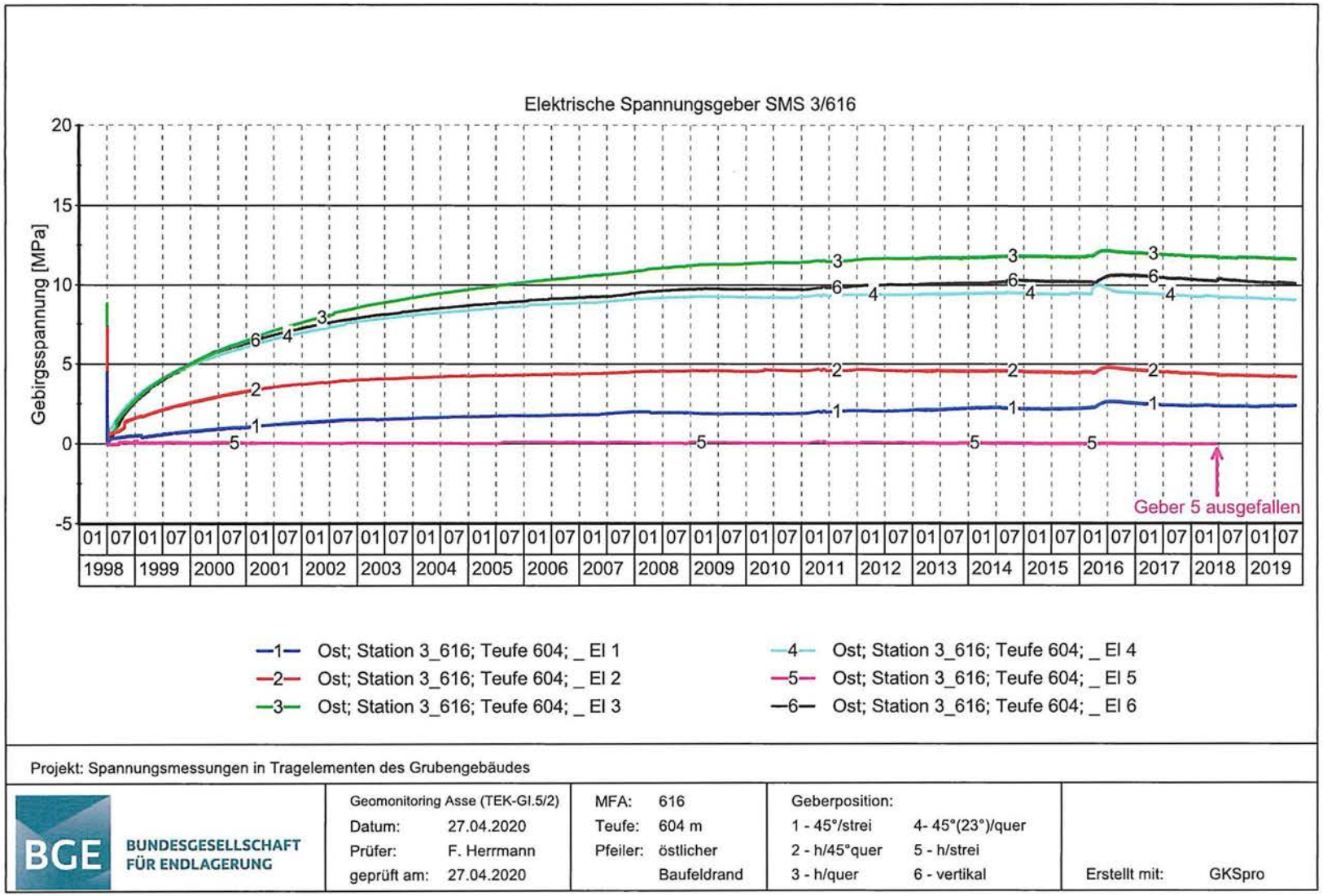
Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 253

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Anhang 2.4: Östlicher Baufeldrand

Messwertdarstellung SMS 3/616, östl. Baufeldrand, 604 m Teufe

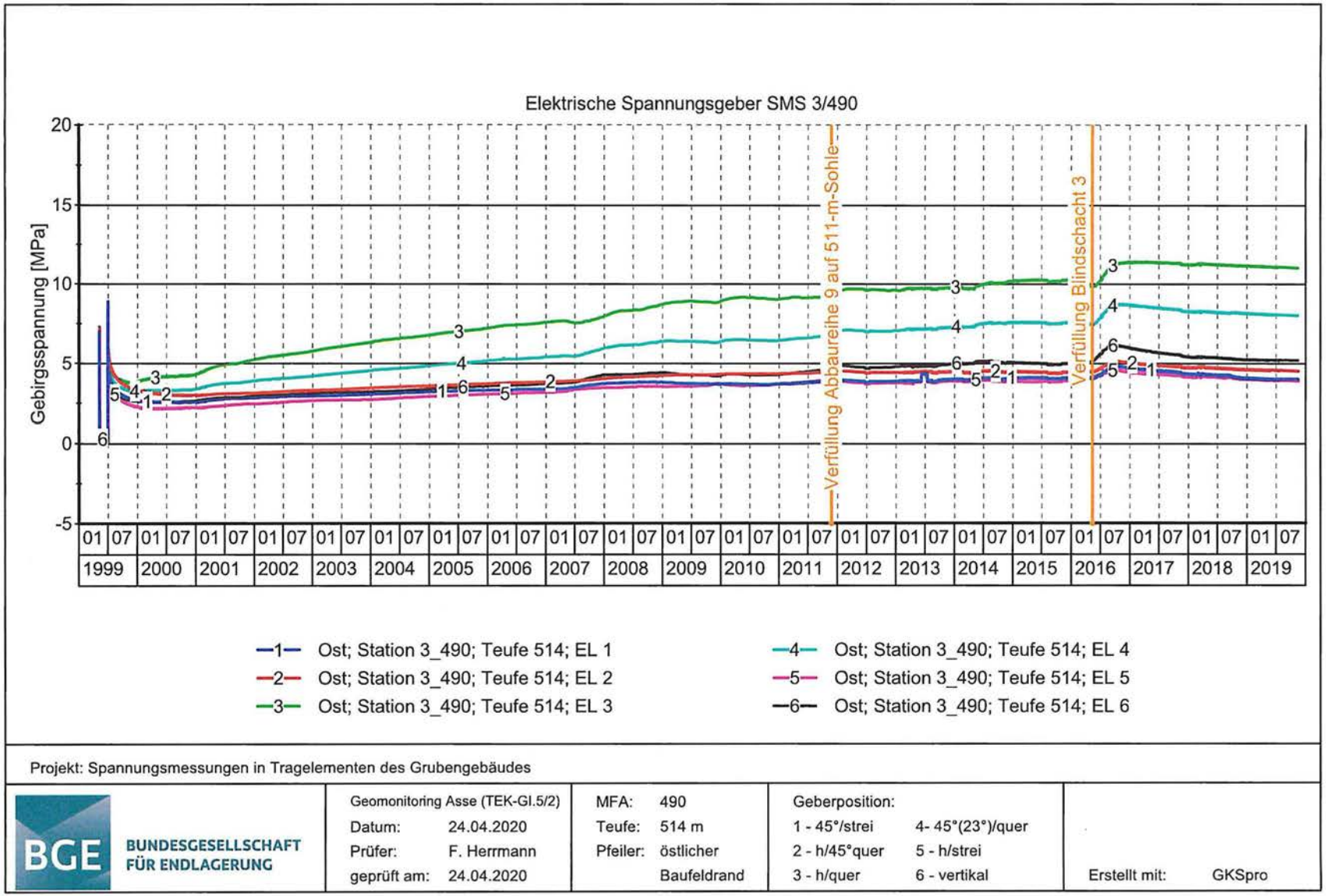


Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA:	616	Geberposition:	
Datum:	27.04.2020	Teufe:	604 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	östlicher Baufeldrand	2 - h/45°quer	5 - h/strei
geprüft am:	27.04.2020			3 - h/quer	6 - vertikal
				Erstellt mit:	GKSpro

Messwertdarstellung SMS 3/490, östl. Baufeldrand, 514 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA:	490	Geberposition:			
Datum:	24.04.2020	Teufe:	514 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer		
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler:	östlicher	2 - h/45°quer	5 - h/strei		
geprüft am:	24.04.2020		Baufeldrand	3 - h/quer	6 - vertikal	Erstellt mit:	GKSpro

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Ltd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

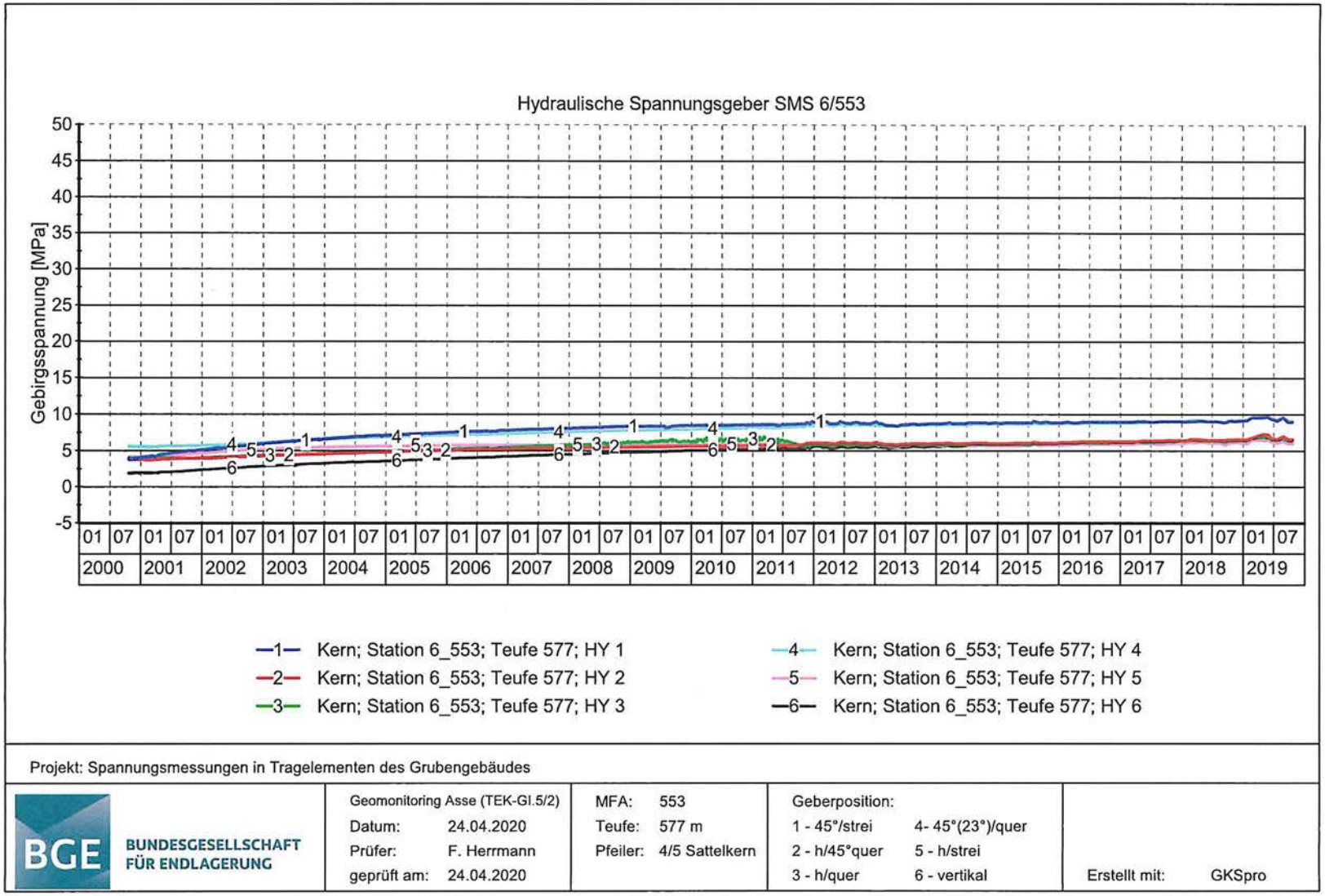
Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 255

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Anhang 2.5: Spannungssituation nördlich des Baufeldes an der Südflanke

Messwertdarstellung SMS 6/553, im Liegenden des Pfeilers 4/5, 577 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)		MFA: 553	Geberposition:		
Datum:	24.04.2020	Teufe: 577 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer	
Prüfer:	F. Herrmann	Pfeiler: 4/5 Sattelkern	2 - h/45°quer	5 - h/strei	
geprüft am:	24.04.2020		3 - h/quer	6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

Projekt NAAN	PSP Element NNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd. Nr. NNNN	Rev. NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

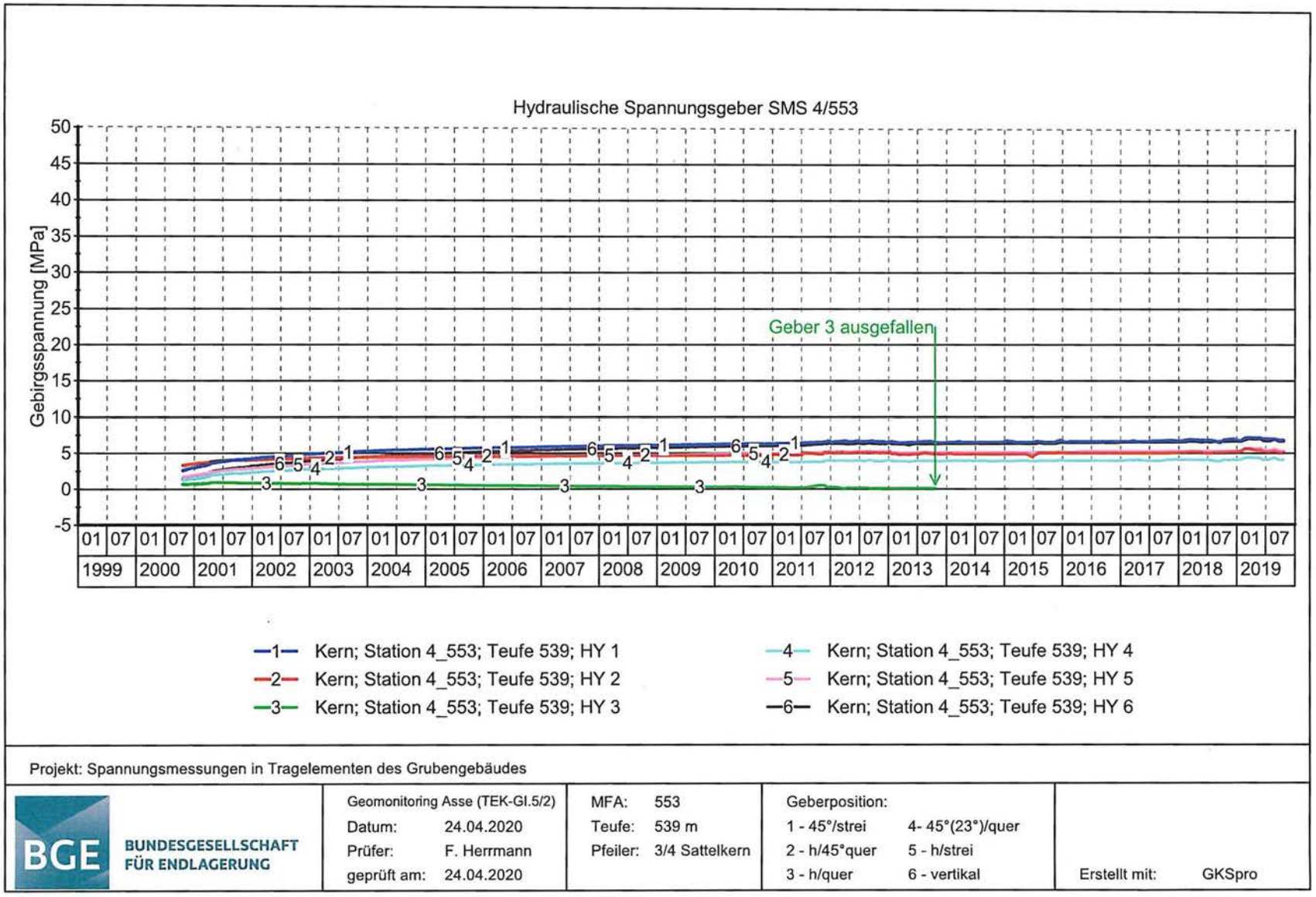
BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 257

Messwertdarstellung SMS 4/553, im Liegenden des Pfeilers 3/4, 539 m Teufe



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

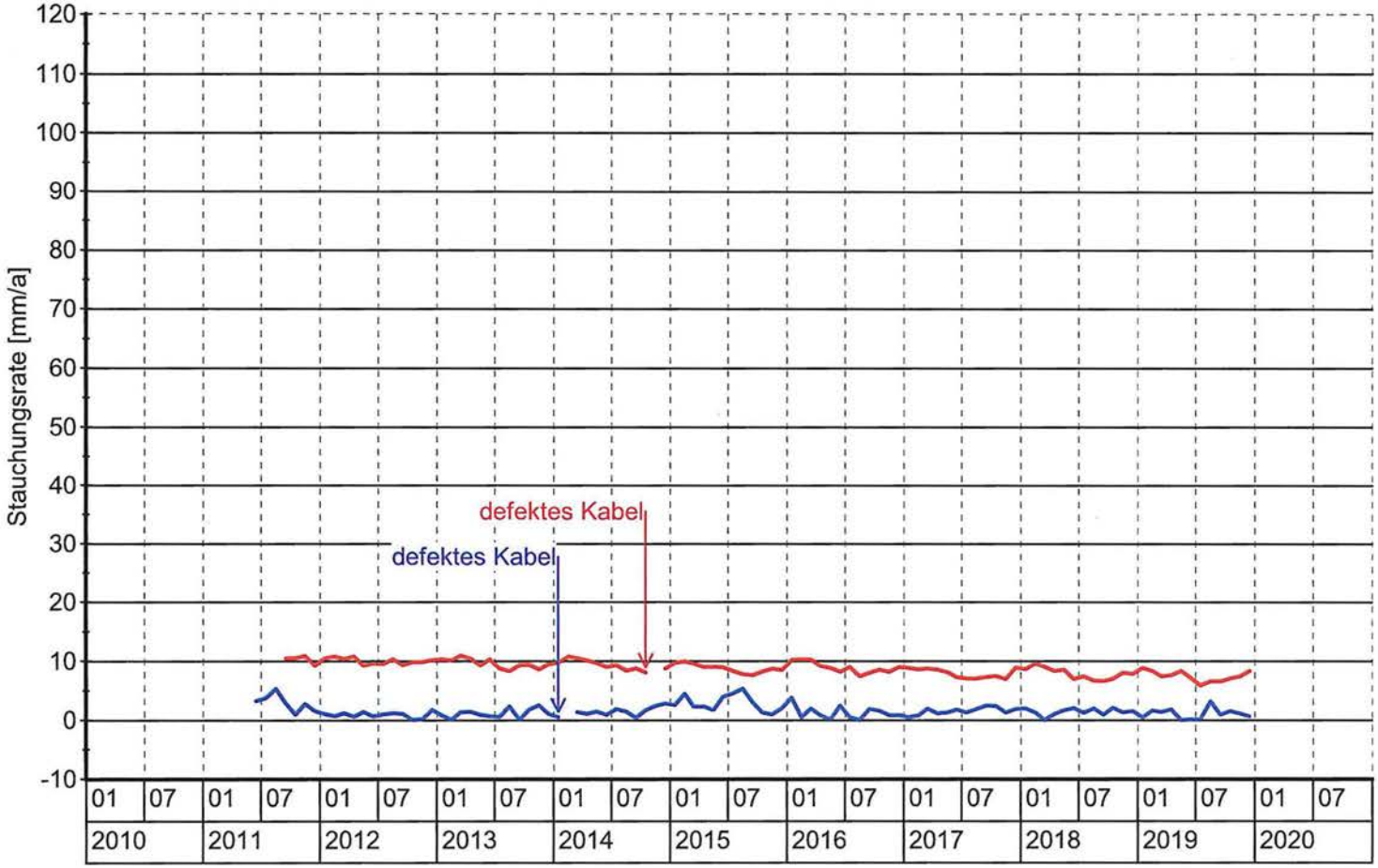
Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2)	MFA: 553	Geberposition:		
Datum: 24.04.2020	Teufe: 539 m	1 - 45°/strei	4- 45°(23°)/quer	
Prüfer: F. Herrmann	Pfeiler: 3/4 Sattelkern	2 - h/45°quer	5 - h/strei	
geprüft am: 24.04.2020		3 - h/quer	6 - vertikal	Erstellt mit: GKSpro

Anhang 3: Verformungsmessungen

Anhang 3.1: Extensometermessungen

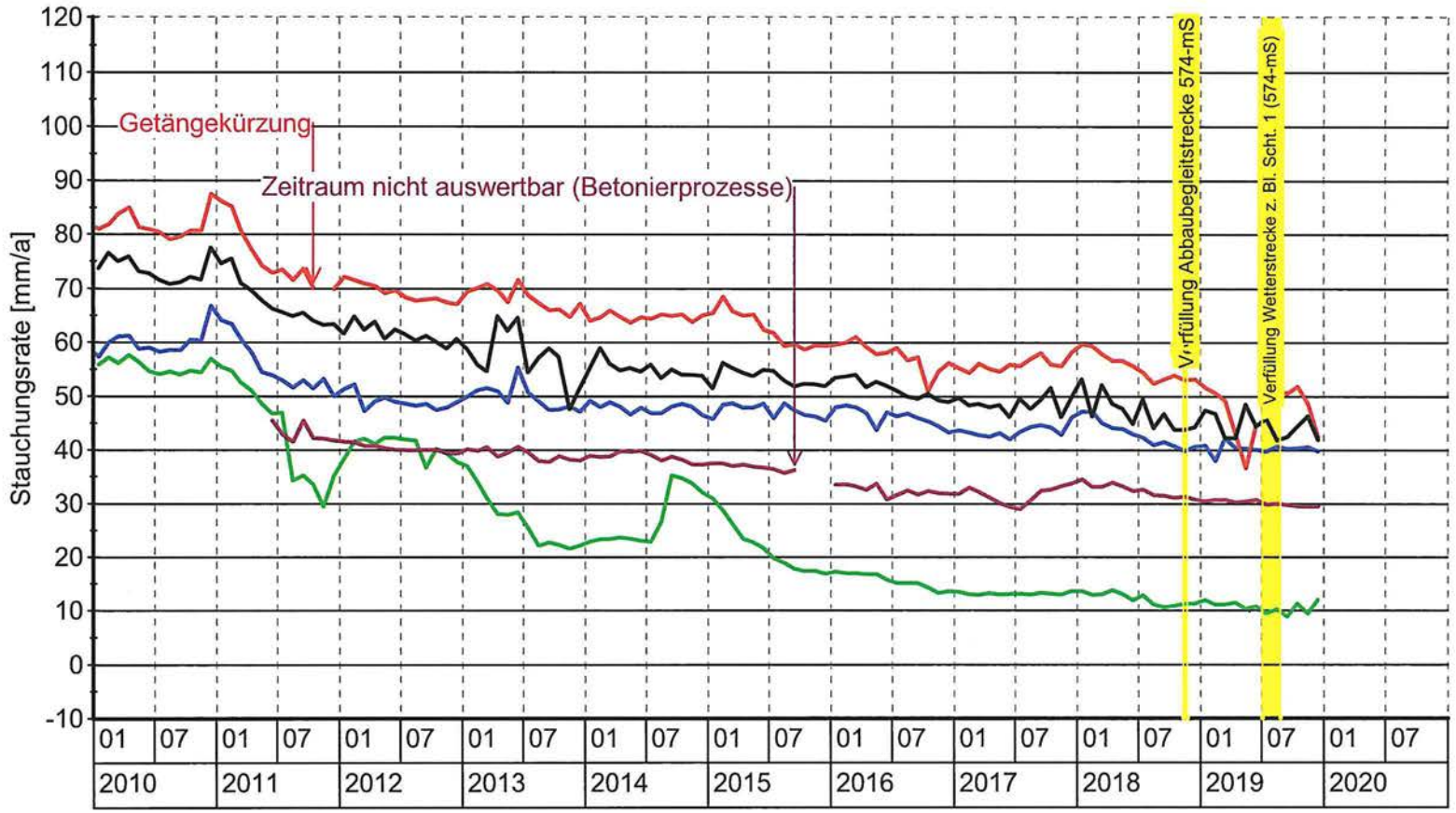
Pfeilerstauchungsraten nach Pfeilerreihen

Mittelwert über die monatlich berechneten
Stauchungsraten in der Pfeilerreihe 1/2



Symbol	Messstelle	Bohrung	Pfeiler	Sohle	Einbautiefe	Geologie	Bemerkung
	MFA 490-TA\524	532014	west. Ab..	511/532-m-Sohle	50,40	Na3	
	MFA 490-TA\525	679003	1/2	679-m-Sohle	50,00	Na3	

Mittelwert über die monatlich berechneten Stauchungsraten in der Pfeilerreihe 2/3



Symbol	Messstelle	Bohrung	Pfeiler	Sohle	Einbautiefe	Geologie	Bemerkung
	MFA 490-TA\503	532013	2/3	532-m-Sohle	58,80	Na3	
	MFA 490-TA\506	574003	2/3	574-m-Sohle	52,60	Na3/T4	
	MFA 490-TA\511	637004	2/3	637-m-Sohle	27,60	Na3	
	MFA 490-TA\515	658005	2/3	658-m-Sohle	39,20	Na2	
	MFA 490-TA\520	700002	2/3 (4/5)	700-m-Sohle	34,60	Na3	

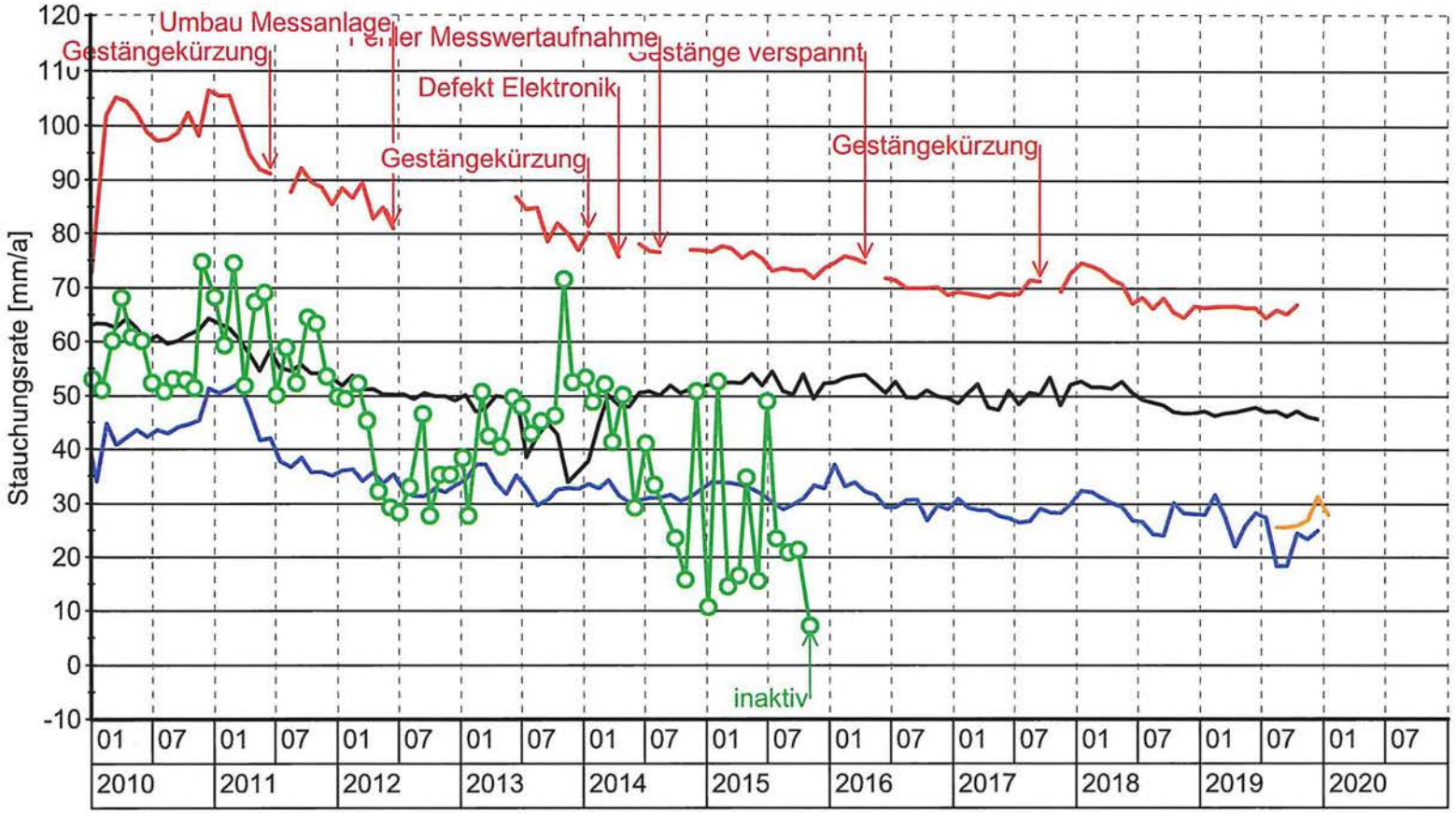
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 259

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Mittelwert über die monatlich berechneten Stauchungsraten in der Pfeilerreihe 3/4



Symbol	Messstelle	Bohrung	Pfeiler	Sohle	Einbautiefe	Geologie	Bemerkung
	MFA 490-TA\514	679005	3/4	679-m-Sohle	38,00	Na3	
	MFA 490-TA\501	511001	3/4	511-m-Sohle	62,60	Na3	
	MFA 490-TA\504	553009	3/4	553-m-Sohle	58,90	Na3	
	MFA 490-TA\512	637005	3/4	637-m-Sohle	34,00	Na3	
	658-3/4	658010	3/4	658-m-Sohle	49,40	Na3	

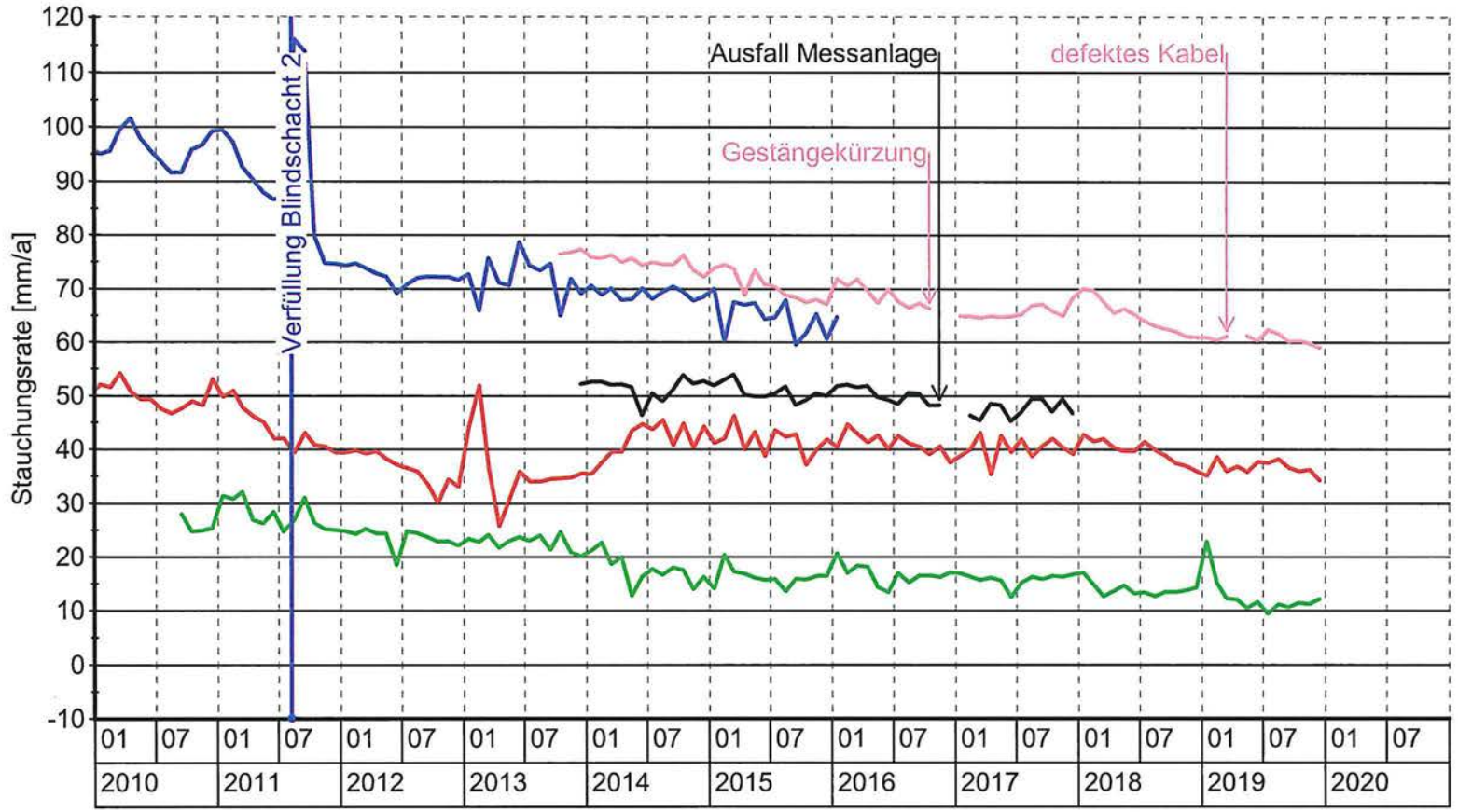
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 260

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Mittelwert über die monatlich berechneten
Stauchungsraten in der Pfeilerreihe 4/5



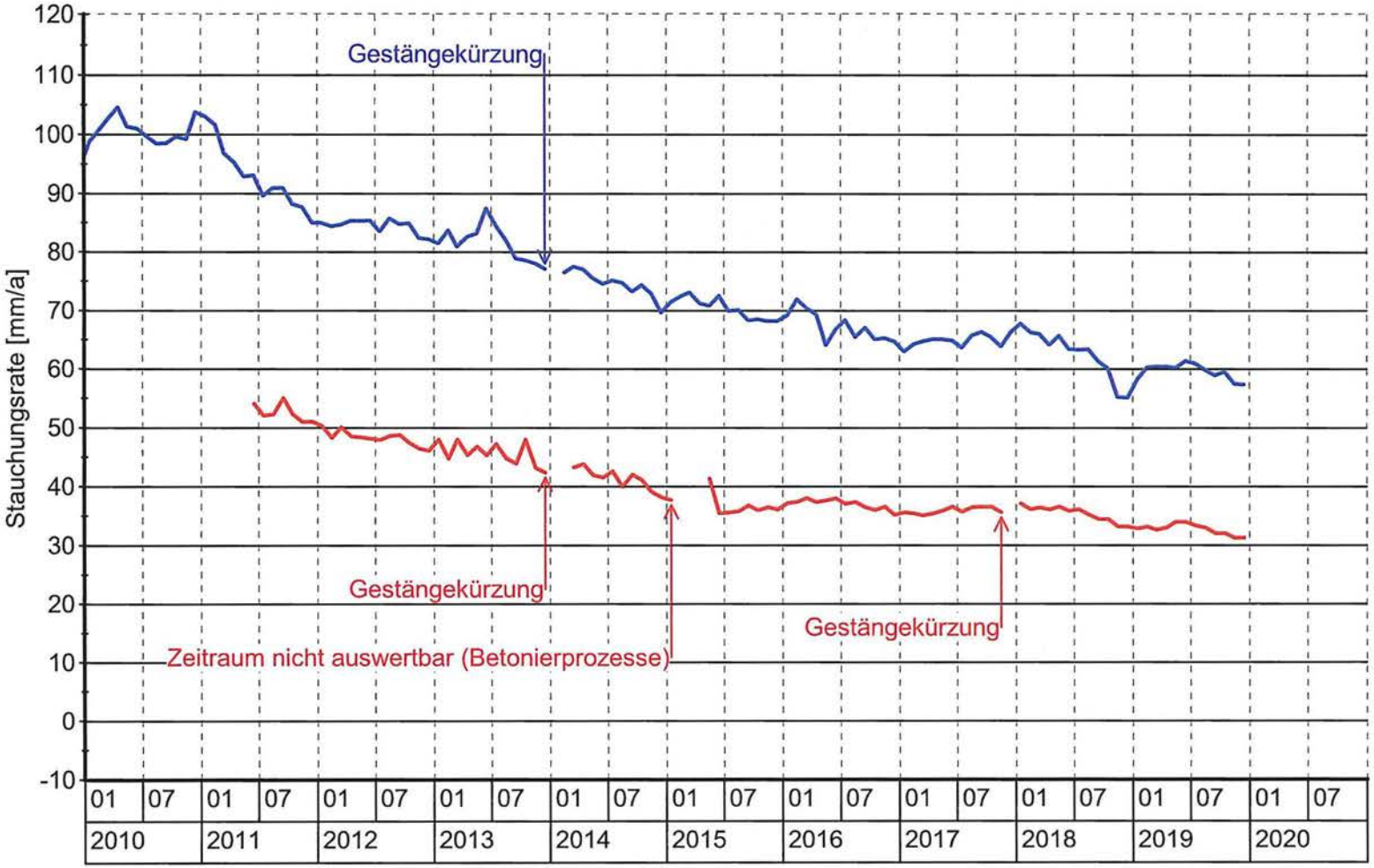
Symbol	Messstelle	Bohrung	Pfeiler	Sohle	Einbautiefe	Geologie	Bemerkung
	MFA 490-TA\505	553011	4/5	553-m-Sohle	39,50	Na3	
	MFA 490-TA\516	553013	4/5 (Beto..	553-m-Sohle	49,20	Na3	
	MFA 490-TA\513	637003	4/5 (First..	637-m-Sohle	42,00	Na3	
	MFA 490-2\16-18	637008	4/5 (Beto..	637-m-Sohle			
	MFA 490-TA\521	700005	4/5 (8/9-..	700-m-Sohle	43,50	Na3	

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

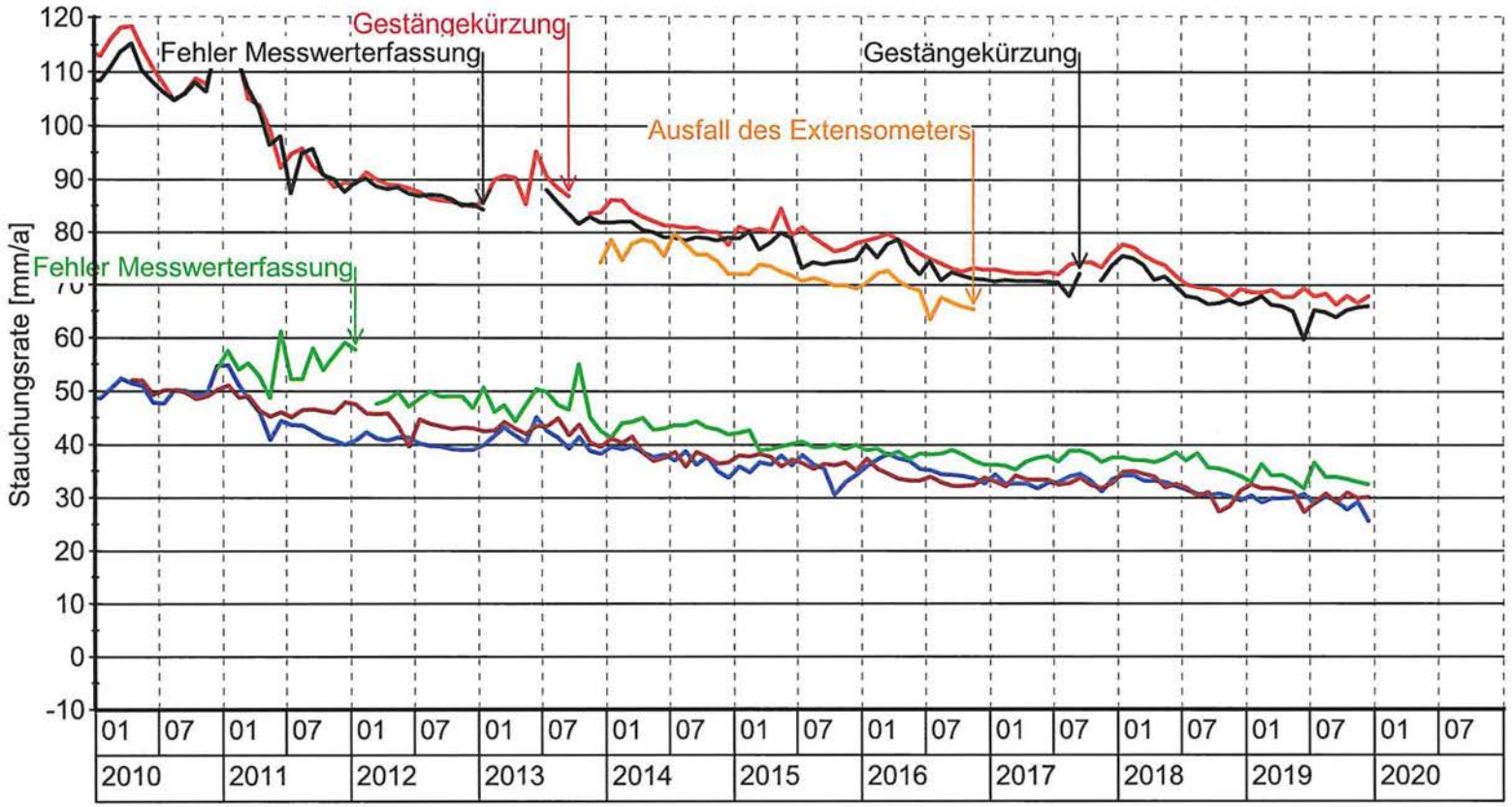
BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Mittelwert über die monatlich berechneten Stauchungsraten in der Pfeilerreihe 5/6



Symbol	Messstelle	Bohrung	Pfeiler	Sohle	Einbautiefe	Geologie	Bemerkung
	MFA 490-TA\510	616004	5/6	616-m-Sohle	53,40	Na3	
	MFA 490-TA\519	679004	5/6	679-m-Sohle	30,50	Na3	

Mittelwert über die monatlich berechneten
Stauchungsraten in der Pfeilerreihe 6/7



Symbol	Messstelle	Bohrung	Pfeiler	Sohle	Einbautiefe	Geologie	Bemerkung
	MFA 490-TA\502	511002	6/7	511-m-Sohle	45,00	Na3	
	MFA 490-TA\523	532016	6/7	532-m-Sohle	61,40	Na3	
	MFA 490-TA\507	574004 neu	6/7	574-m-Sohle	47,90	Na2	
	MFA 490-TA\23	637012	6/7	637-m-Sohle	40,60	Na3	
	MFA 490-TA\526	700003	ABR 6 (1..	700-m-Sohle	35,00	Na3	
	MFA 490-TA\522	700004	6/7 (12/1..	700-m-Sohle	58,20	Na3	

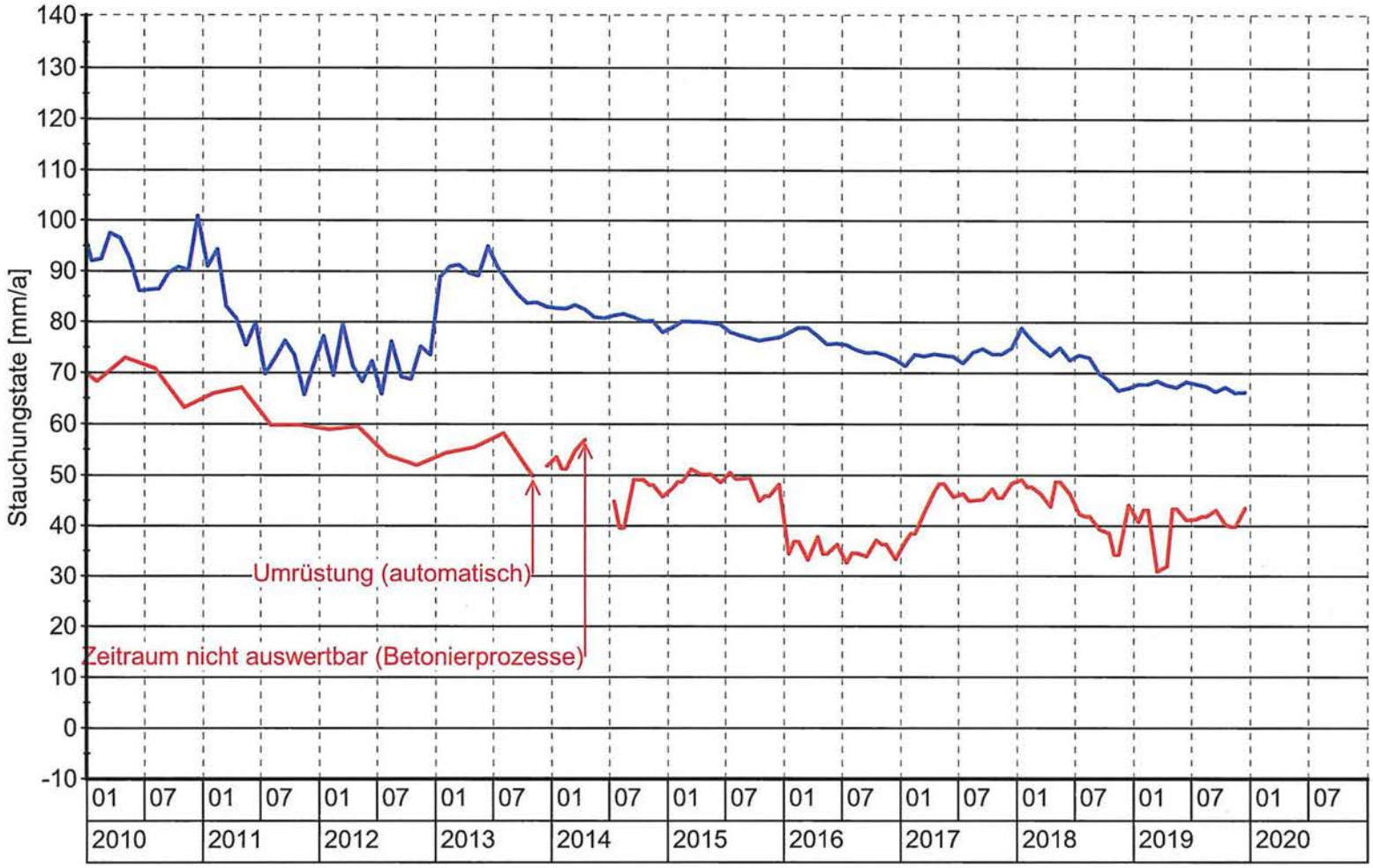
Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Blatt: 263

Mittelwert über die monatlich berechneten Stauchungsraten in der Pfeilerreihe 7/8



Symbol	Messstelle	Bohrung	Pfeiler	Sohle	Einbautiefe	Geologie	Bemerkung
	MFA 490-TA\508	595005 neu	7/8	595-m-Sohle	49,00	Na3	
	MFA 490-TA\517	658008	7/8	658-m-Sohle	49,50	Na3	

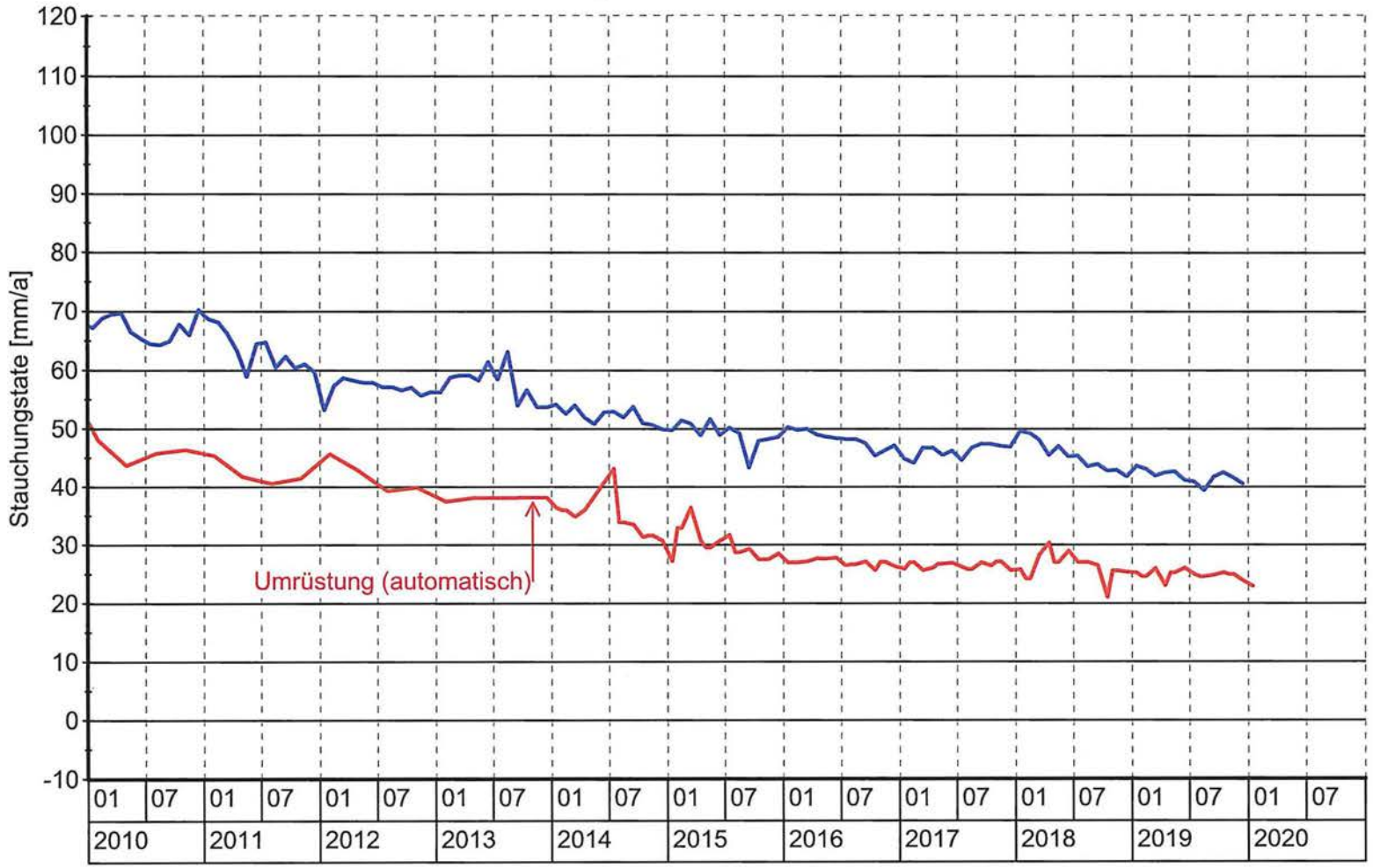
Projekt NAAN	PSP Element NNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd. Nr. NNNN	Rev. NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 264

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

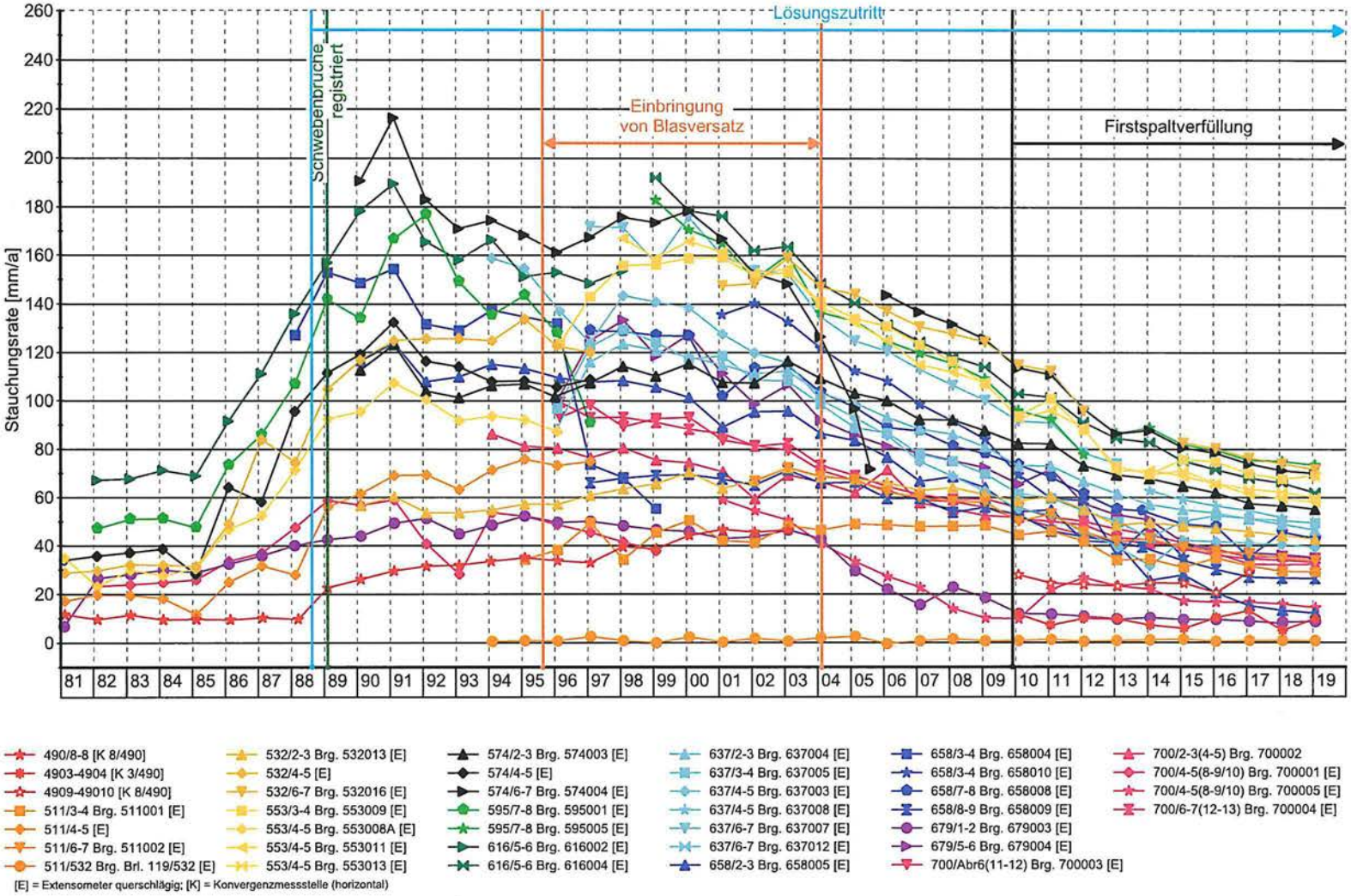
Mittelwert über die monatlich berechneten Stauchungsraten in der Pfeilerreihe 8/9

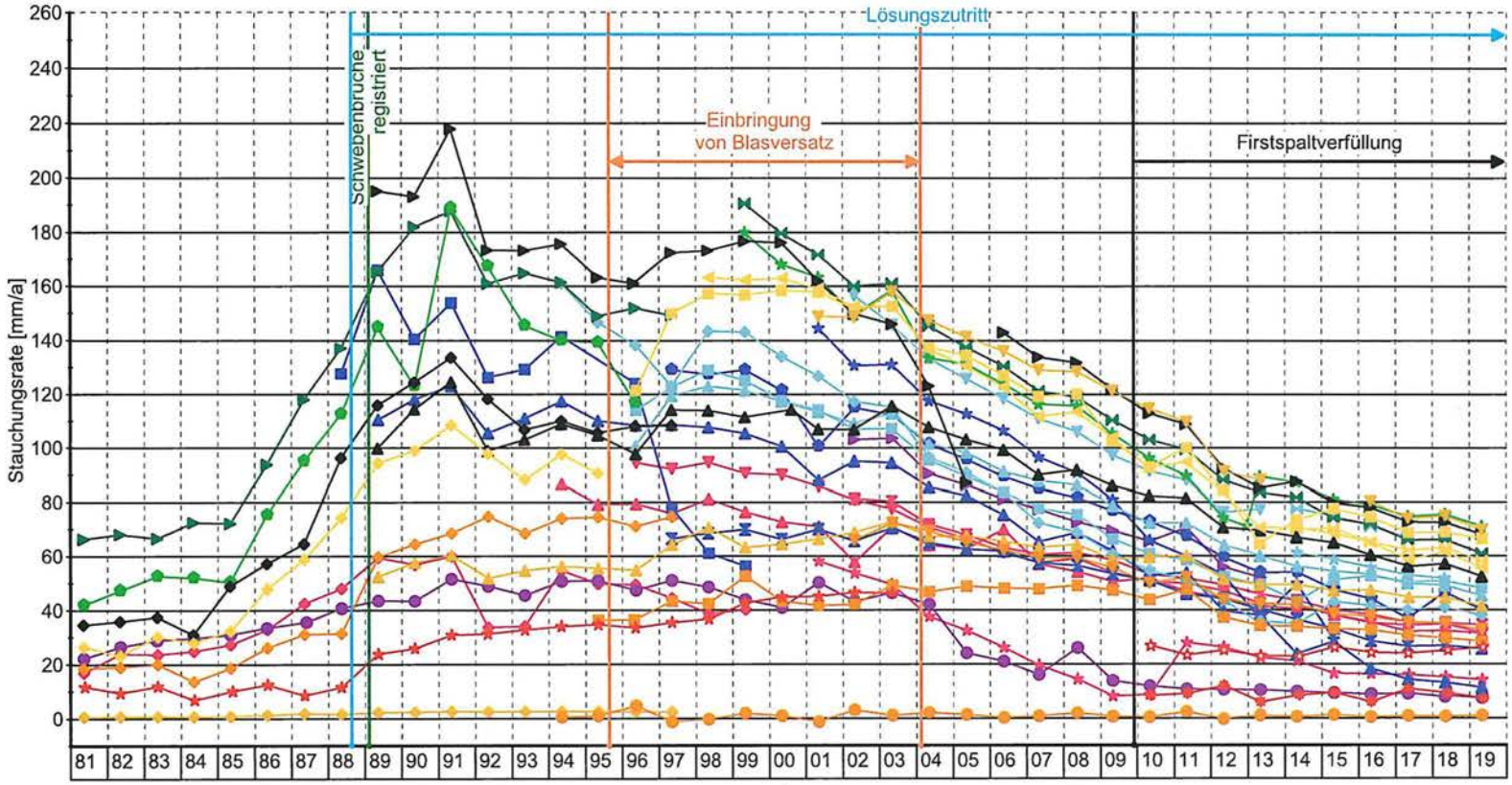


Symbol	Messstelle	Bohrung	Pfeiler	Sohle	Einbautiefe	Geologie	Bemerkung
	MFA 490-TA\509	595002	8/9	595-m-Sohle	47,00	Na3	
	MFA 490-TA\518	658009	8/9	658-m-Sohle	52,90	Na3	

Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten 490- bis 700-m-Sohle

Jahresscheiben 02/1981 – 02/2019





Jahresscheiben 05/1981 – 05/2019

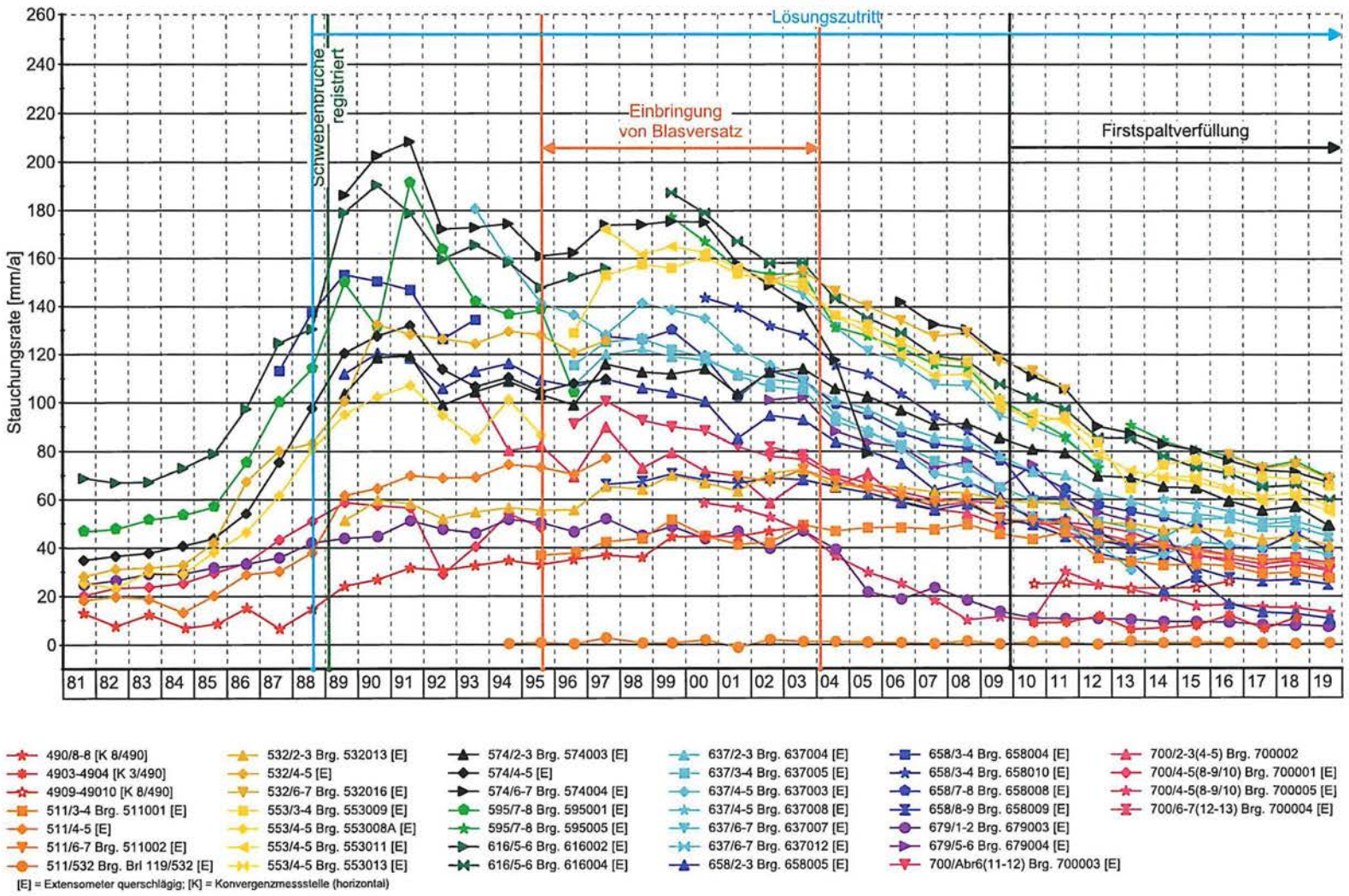
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

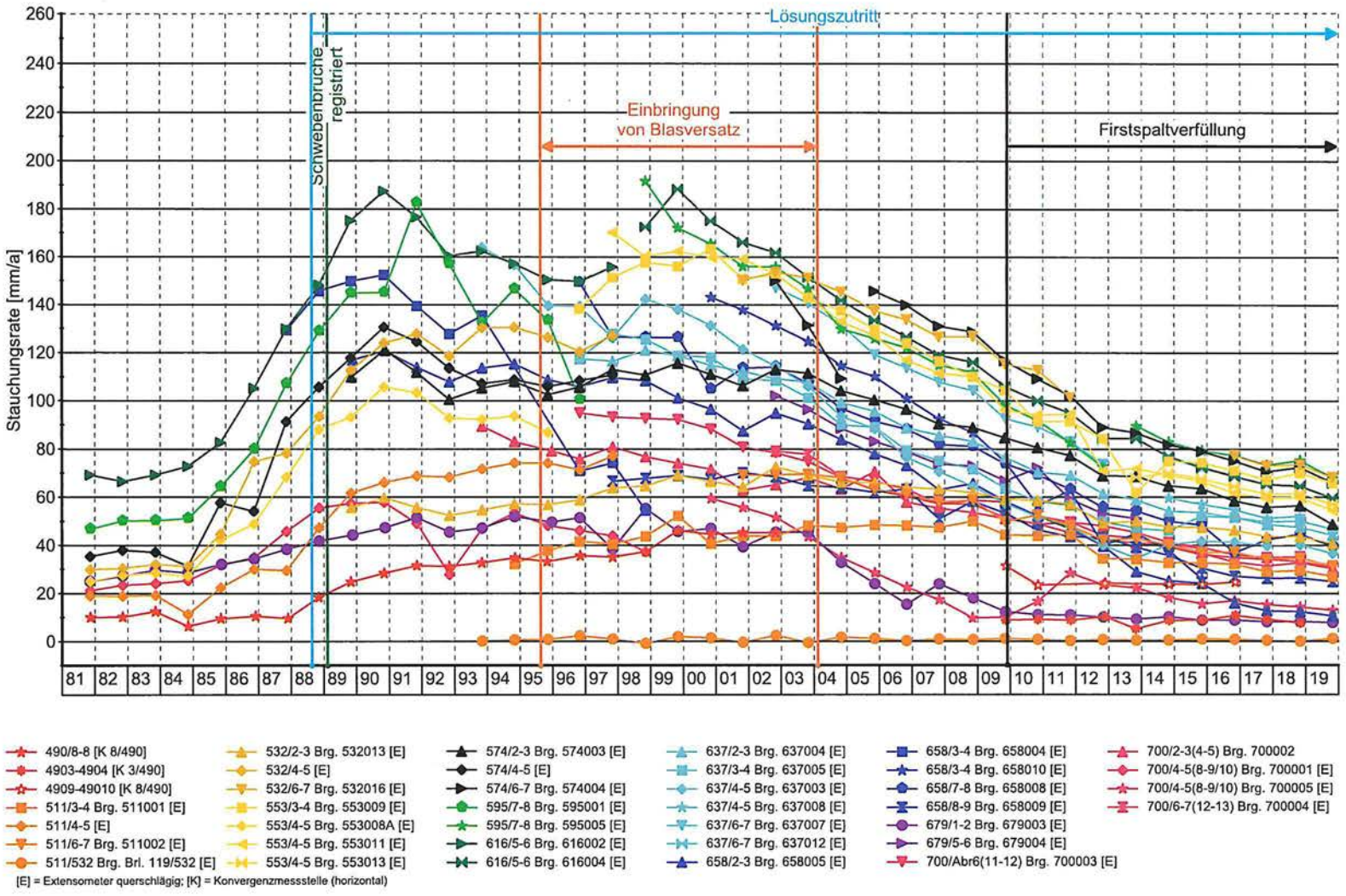
Blatt: 267

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Jahresscheiben 08/1981 – 08/2019



Jahresscheiben 11/1981 – 11/2019



Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 269

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Übersicht der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten und absolute Stauchungen für die Jahre 2017, 2018 und 2019

Abbaureihe bzw. Pfeilerreihe	Messstelle	Bohrung	Messzeitraum von	Messzeitraum bis	Stauchung [mm]	Stauchungsrate [mm/a]	Berichtszeitraum von	Berichtszeitraum bis	Stauchung [mm]	Stauchungsrate 2017 [mm/a]	Stauchungsrate 2018 [mm/a]	Stauchungsrate 2019 [mm/a]	Delta 2019 - 2018
1	511-WAbb2	Brl. 119/532	11.05.2011	31.12.2019	- 2,8	0,3	01.01.2019	31.12.2019	- 0,3	1,5	1,4	1,0	- 0,4
1/2	679-1/2	679003	10.09.2011	31.12.2019	- 72,9	8,8	01.01.2019	31.12.2019	- 7,4	7,9	7,9	7,4	- 0,4
2/3	532-2/3	532013	05.11.2009	31.12.2019	- 490,9	48,3	01.01.2019	31.12.2019	- 40,1	43,6	43,0	40,3	- 2,7
	574-2/3[2]	574003	05.11.2009	31.12.2019	- 647,3	63,7	01.01.2019	31.12.2019	- 46,1	56,0	55,5	47,2	- 8,2
	637-2/3[1]	637004	23.12.2009	31.12.2019	- 561,6	56,0	01.01.2019	31.12.2019	- 44,5	48,7	47,1	44,5	- 2,6
	658-2/3	658005	23.12.2009	31.12.2019	- 267,0	26,6	01.01.2019	31.12.2019	- 10,7	13,2	12,2	10,7	- 1,6
	700-2/3(4-5)	700002	11.05.2011	31.12.2019	- 308,7	35,7	01.01.2019	31.12.2019	- 30,0	31,7	32,4	30,1	- 2,3
3/4	511-3/4	511001	07.11.2009	31.12.2019	- 336,3	33,1	01.01.2019	31.12.2019	- 25,2	28,4	28,6	25,1	- 3,6
	553-3/4	553009	05.11.2009	31.12.2019	- 769,0	75,7	01.01.2019	31.12.2019	- 66,2	69,7	69,2	66,0	- 3,2
	637-3/4	637005	20.12.2009	31.12.2019	- 514,7	51,3	01.01.2019	31.12.2019	- 46,7	50,1	49,8	46,8	- 3,0
	679-3/4[6]	679005	22.07.2019	31.12.2019	- 12,0	27,1	22.07.2019	31.12.2019	- 12,1	-	-	27,1	-
4/5	553-4/5 (Beton)[3]	553013	26.09.2013	31.12.2019	- 425,0	67,8	01.01.2019	31.12.2019	- 60,8	65,6	64,8	60,6	- 4,2
	637-4/5[r]	637003	18.12.2009	31.12.2019	- 404,8	40,3	01.01.2019	31.12.2019	- 36,5	40,2	39,7	36,6	- 3,2
	700-4/5(8/9-10)	700005	09.09.2010	31.12.2019	- 173,6	18,6	01.01.2019	31.12.2019	- 12,4	16,0	13,9	12,6	- 1,4
5/6	616-5/6	616004	17.12.2009	31.12.2019	- 762,3	75,9	01.01.2019	31.12.2019	- 59,5	64,9	62,7	59,6	- 3,1
	679-5/6	679004	14.05.2011	31.12.2019	- 342,5	39,7	01.01.2019	31.12.2019	- 32,6	35,9	35,4	32,7	- 2,7
6	700-Abr6(11/12)	700003	01.12.2010	31.12.2019	- 385,5	42,4	01.01.2019	31.12.2019	- 33,7	37,2	36,7	33,8	- 2,8
6/7	511-6/7[5]	511002	31.07.2009	31.12.2019	- 399,3	38,3	01.01.2019	31.12.2019	- 29,2	33,0	31,9	29,3	- 2,7
	532-6/7	532016	31.07.2009	31.12.2019	- 883,4	84,7	01.01.2019	31.12.2019	- 67,8	73,1	72,1	68,0	- 4,1
	574-6/7	574004neu	31.07.2009	31.12.2019	- 862,2	82,7	01.01.2019	31.12.2019	- 65,0	70,8	69,8	65,2	- 4,6
	700-6/7(12/13)[4]	700004	21.03.2010	31.12.2019	- 376,1	38,4	01.01.2019	31.12.2019	- 30,3	32,9	31,9	30,4	- 1,5
7/8	595-7/8	595005neu	05.11.2009	31.12.2019	- 792,7	78,0	01.01.2019	31.12.2019	- 67,1	73,4	72,5	67,4	- 5,1
	658-7/8	658008	14.12.2013	31.12.2019	- 264,9	43,8	01.01.2019	31.12.2019	- 39,9	44,6	43,4	40,0	- 3,4
8/9	595-8/9	595002	07.11.2009	31.12.2019	- 537,0	52,9	01.01.2019	31.12.2019	- 41,7	46,3	45,4	41,8	- 3,6
	658-8/9	658009	15.11.2013	31.12.2019	- 173,6	28,3	01.01.2019	31.12.2019	- 24,7	26,4	26,4	24,9	- 1,5

[1] Messkurve zeigt stufenförmigen Verlauf. Daher große Schwankungen in den Stauchungsraten.

[2] Extensometer durch Verfüllung der Abbaubegleitstrecke vor Abbau 3/574 und entsprechenden Umbauarbeiten beeinflusst. Messwerte vom 05.07.2019 bis 26.07.2019 unberücksichtigt

[3] Aufgrund eines defekten Kabels keine Werte vom 04.04.2019 bis 29.04.2019. Im Anschluss Umstellung auf MCC. Werte werden nur wöchentlich ausgelesen.

[4] Aufgrund eines defektens Kabels keine Werte vom 04.04.2019 bis 23.04.2019.

[5] Messwerte am 03.12.2019 durch Gestängekürzung beeinflusst.

[5] Messwerte vom 30.11.2019 bis 05.12.2019 unberücksichtigt.

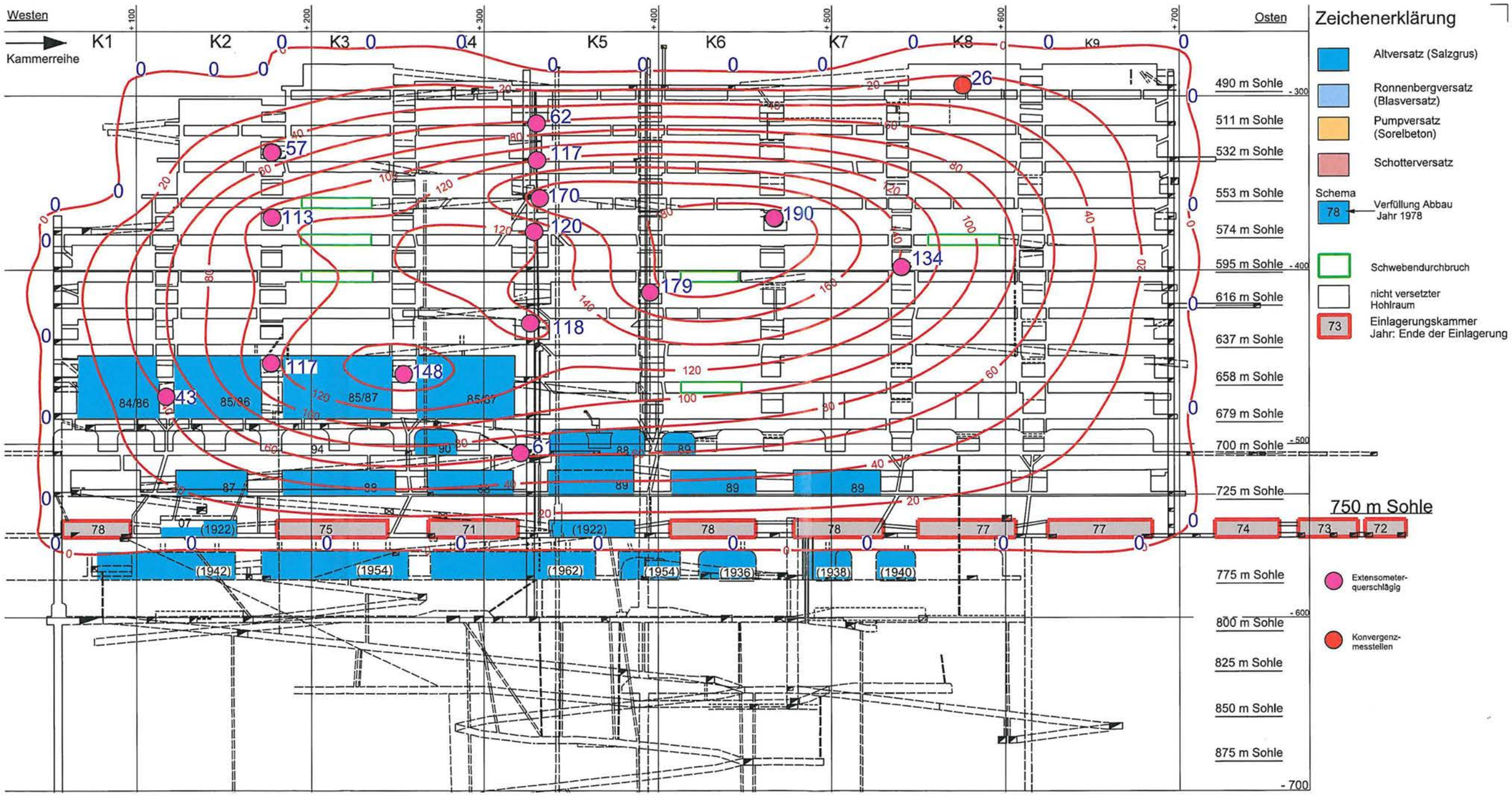
[r] Firstniveau

Stauchungsraten werden aus den wöchentlich gemittelten Stauchungen berechnet

- Rückgang der Stauchungsrate von > -2 mm/a
- Rückgang der Stauchungsrate zwischen 0 bis -2 mm/a
- Stauchungsrate unverändert
- Anstieg der Stauchungsrate zwischen 0 bis 2 mm/a
- Anstieg der Stauchungsrate von > 2 mm/a

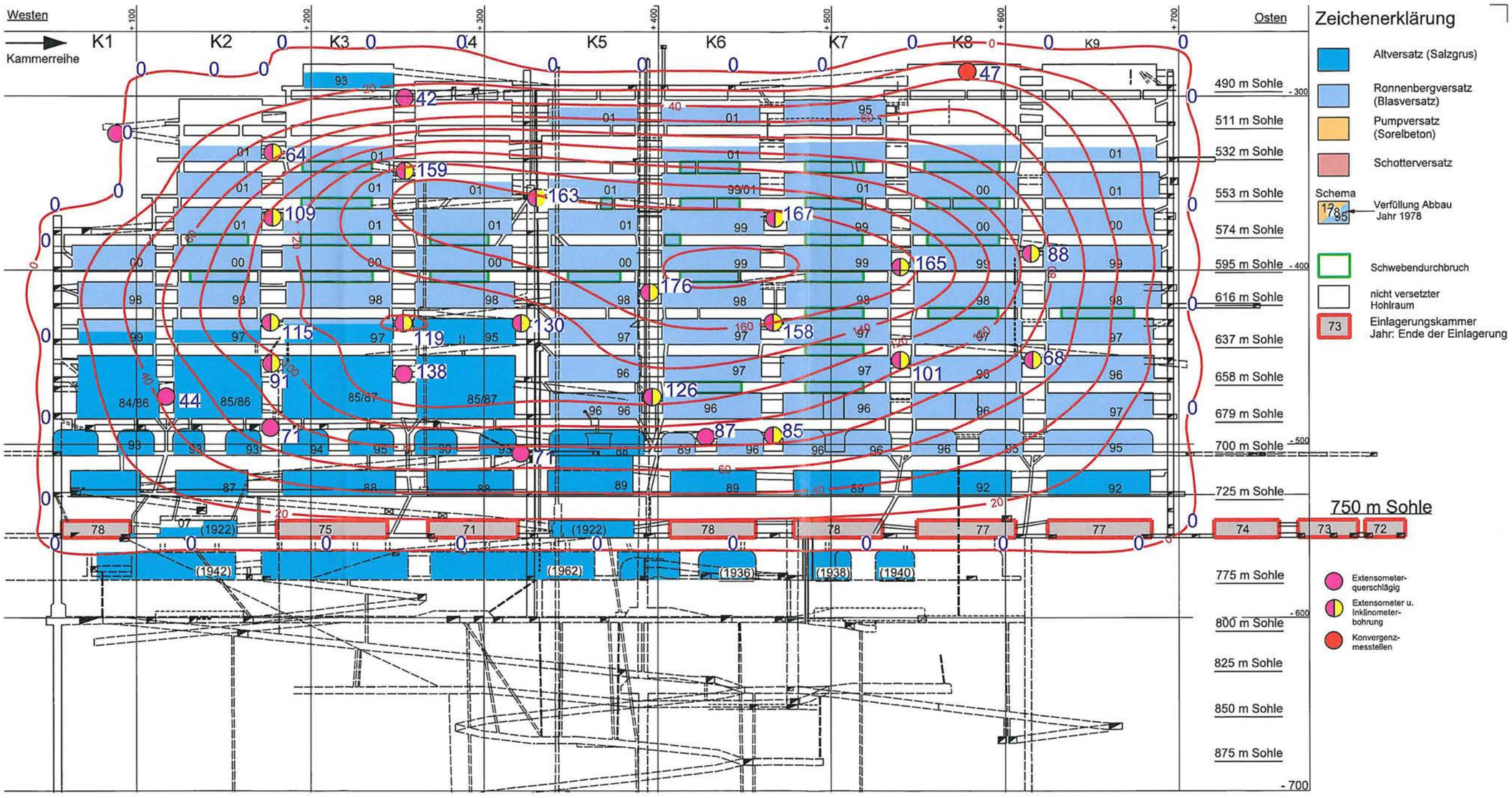
in Fett formatiert: Stauchungsrate >= 60 mm/a

Isolinien der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten 02/89 bis 02/90



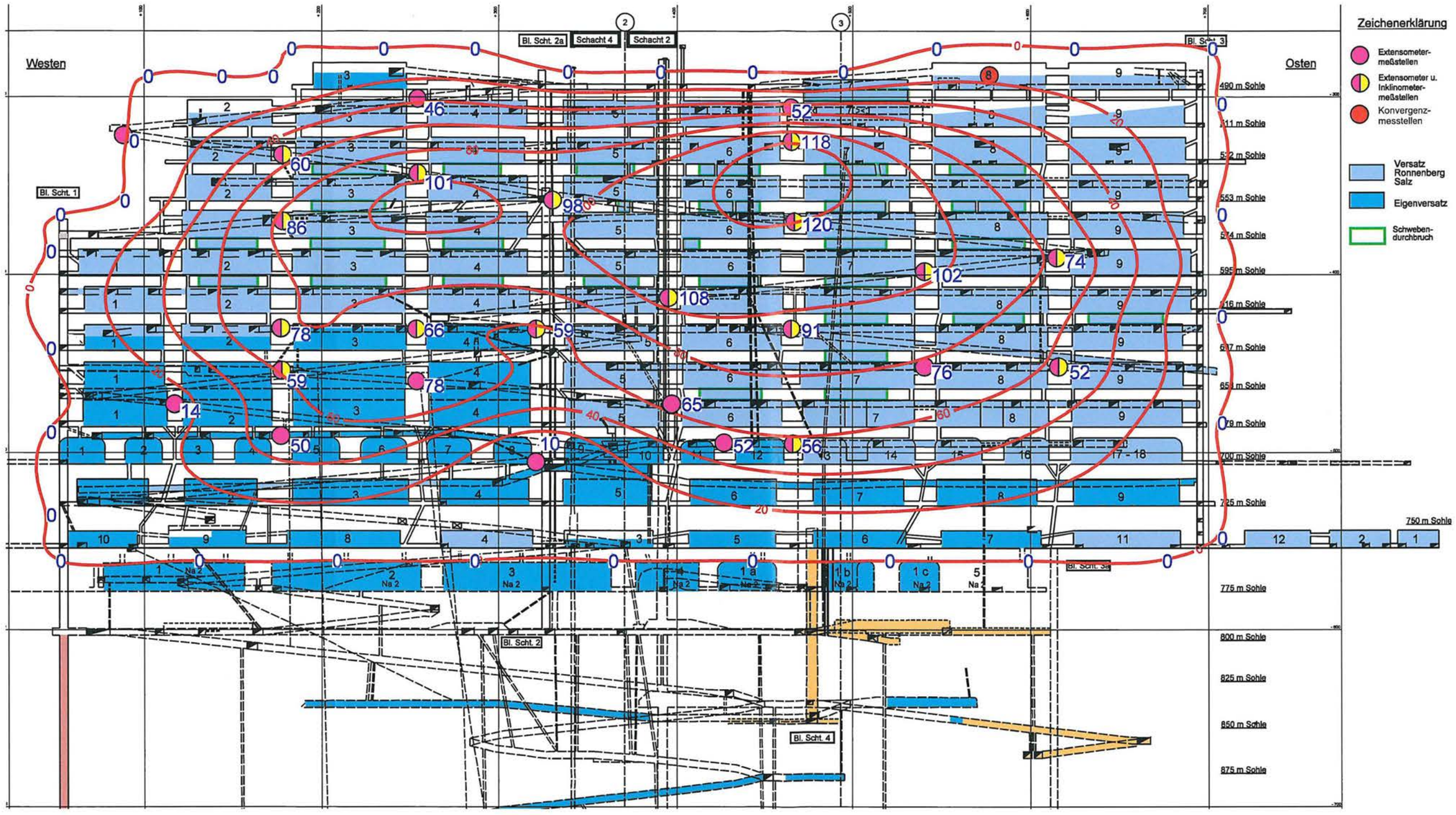
Ausschnitt aus dem vereinfachtem Seiger- und Längsschnitt 1
Zeitfolge der Versatzeinbringung und Firstspaltverfüllung mit Stand 02/1990

Isolinien der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten 02/00 bis 02/01



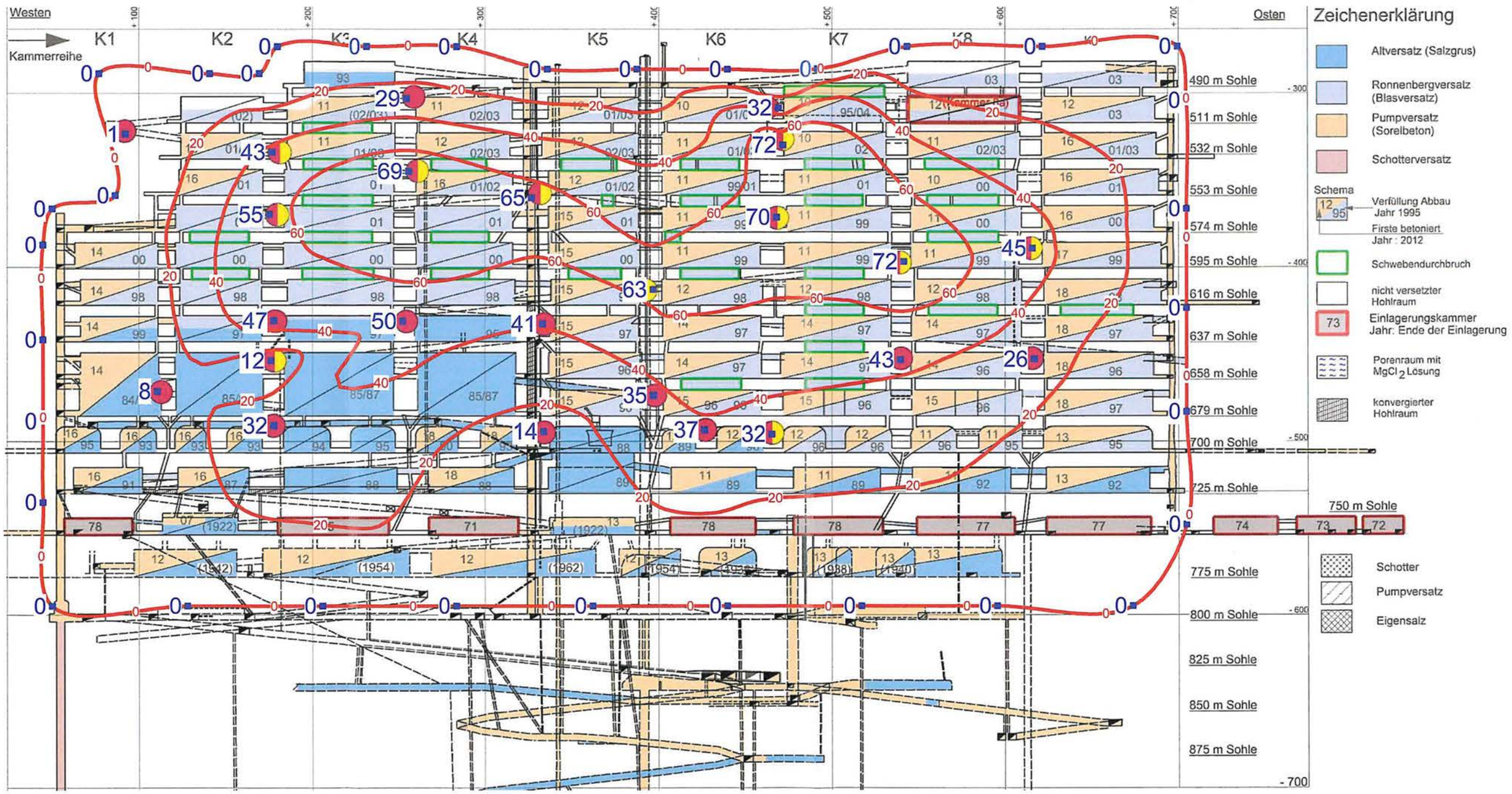
Ausschnitt aus dem vereinfachtem Seiger- und Längsschnitt 1
Zeitfolge der Versatzeinbringung und Firstspaltverfüllung mit Stand 02/2001

Isolinien der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten 08/08 bis 08/09 in mm/a



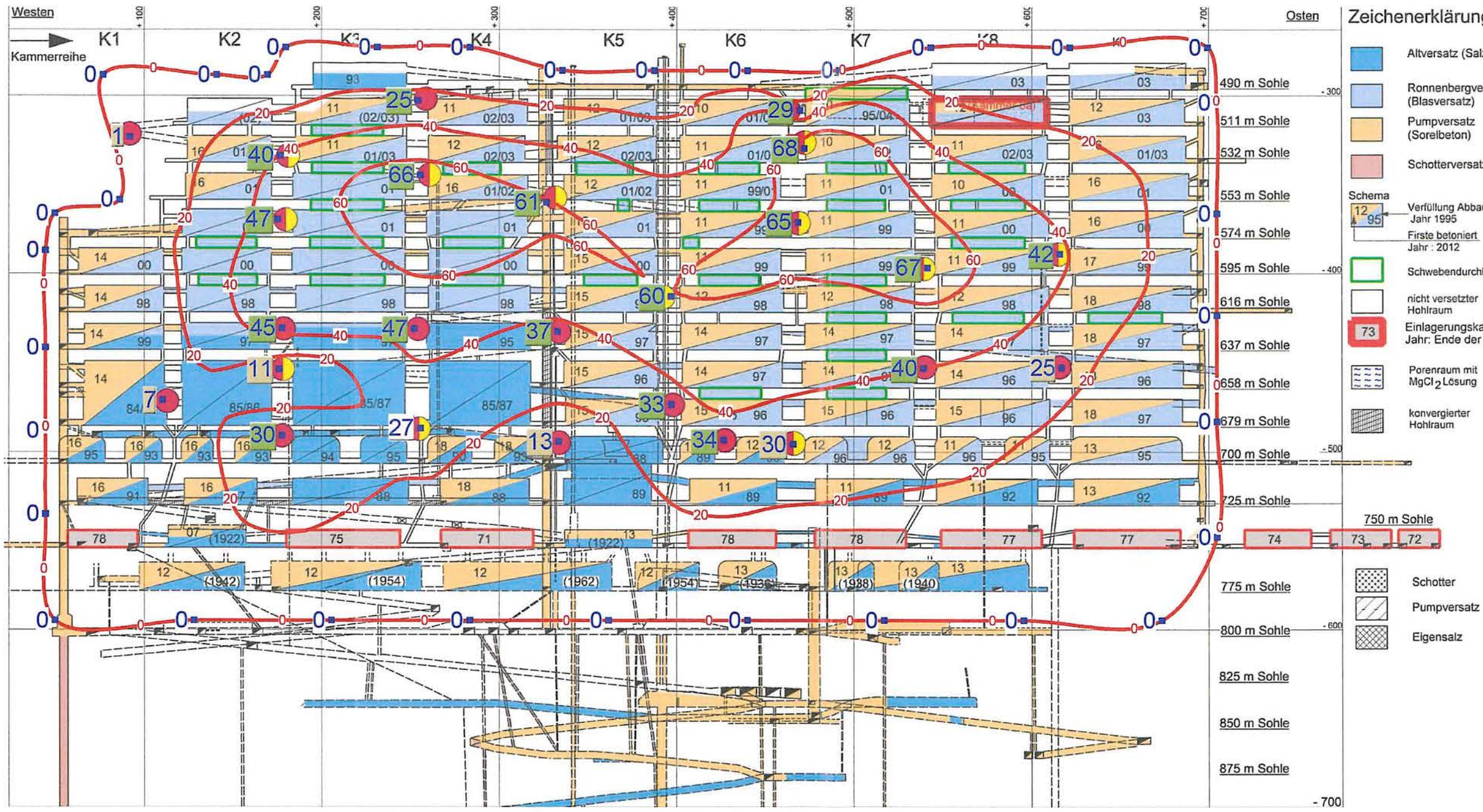
Ausschnitt aus dem vereinfachtem Seiger- und Längsschnitt 1
Zeitfolge der Versatzeinbringung und Firstspaltverfüllung mit Stand 08/2009

Isolinien der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten 01/18 bis 01/19 in mm/a



Ausschnitt aus dem vereinfachtem Seiger- und Längsschnitt 1
Zeitfolge der Versatzeinbringung und Firstspaltverfüllung mit Stand 01/2019

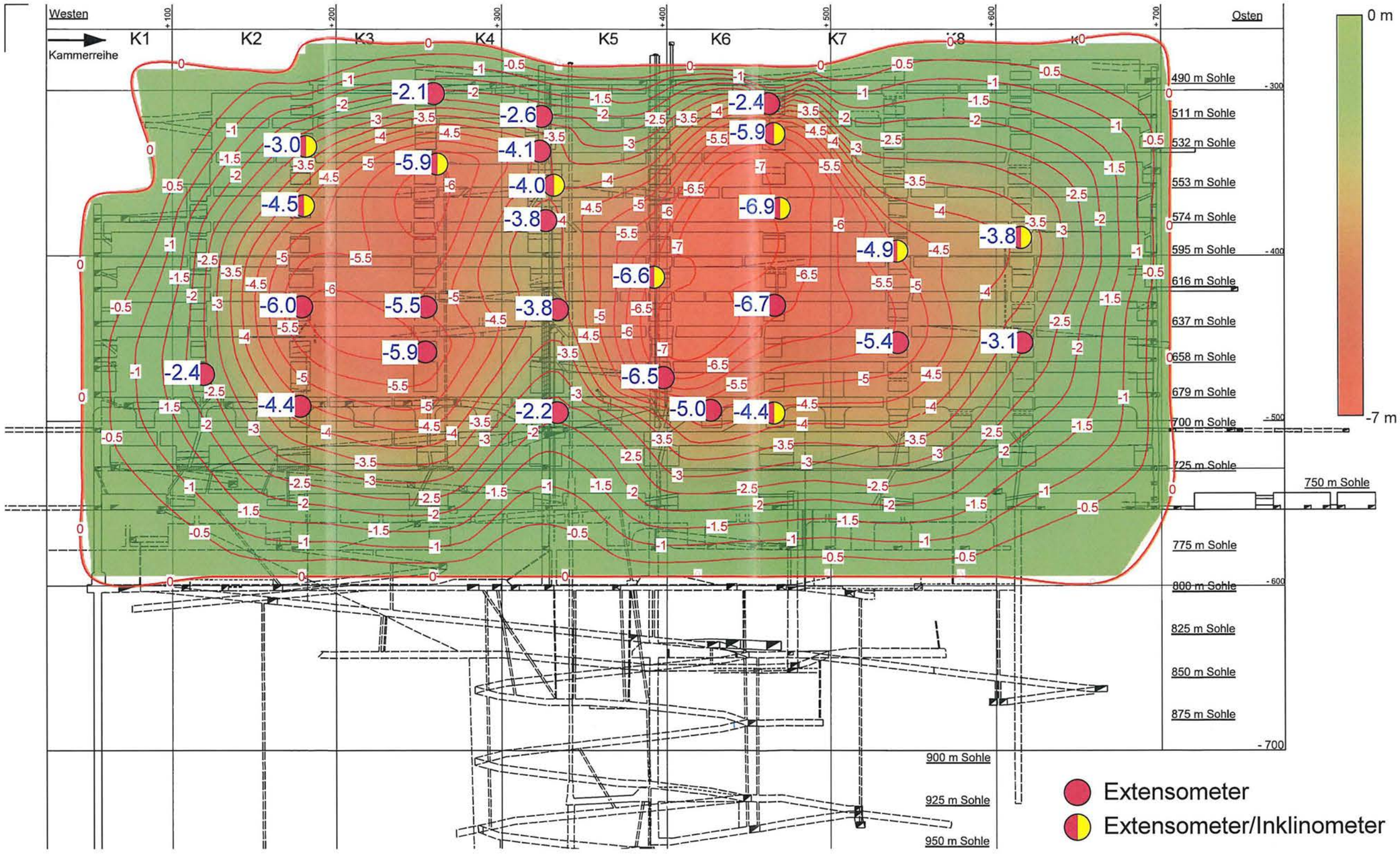
Isolinien der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten 01/19 bis 01/20 in mm/a



Ausschnitt aus dem vereinfachtem Seiger- und Längsschnitt 1
Zeitfolge der Versatzeinbringung und Firstspaltverfüllung mit Stand 01/2020

Rückgang ≥ -2 mm/a | Rückgang 0 bis -2 mm/a | keine Veränderung | Anstieg 0 bis 2 mm/a | Anstieg ≥ 2 mm/a

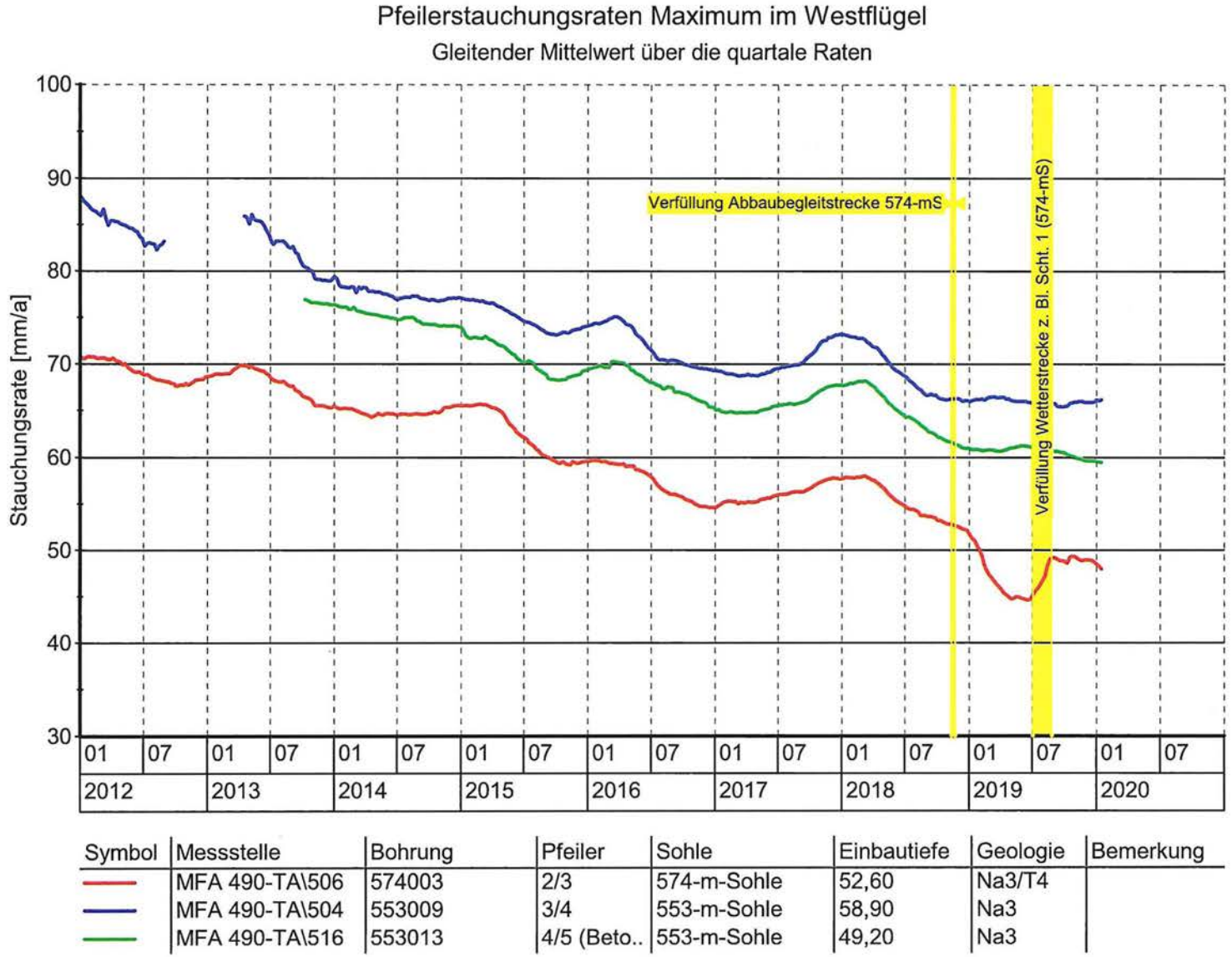
Isolinien der Abschätzung der integralen horizontalen Pfeilerstauchung (Zeitraum Ende der Auffahrung bis 01.01.2020 in m)



Ausschnitt aus dem vereinfachtem Seiger- und Längsschnitt 1

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Trendfunktion der maximalen Pfeilerstauchungsraten im West- und Ostflügel



Symbol	Messstelle	Bohrung	Pfeiler	Sohle	Einbautiefe	Geologie	Bemerkung
	MFA 490-TA\506	574003	2/3	574-m-Sohle	52,60	Na3/T4	
	MFA 490-TA\504	553009	3/4	553-m-Sohle	58,90	Na3	
	MFA 490-TA\516	553013	4/5 (Beto..	553-m-Sohle	49,20	Na3	

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

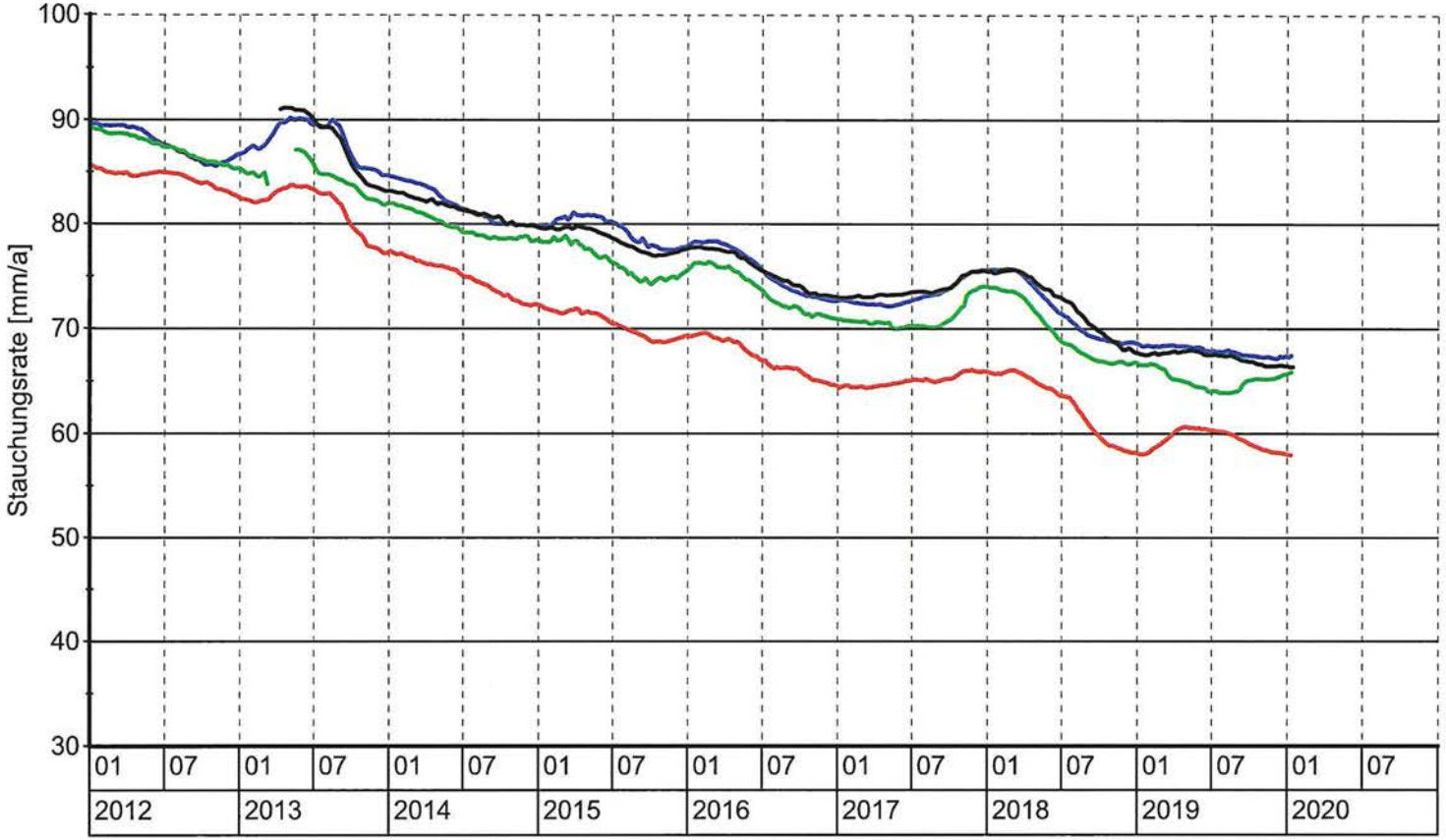
Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 277

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Pfeilerstauchungsraten Maximum im Ostflügel

Gleitender Mittelwert über die quartale Raten



Symbol	Messstelle	Bohrung	Pfeiler	Sohle	Einbautiefe	Geologie	Bemerkung
	MFA 490-TA\510	616004	5/6	616-m-Sohle	53,40	Na3	
	MFA 490-TA\523	532016	6/7	532-m-Sohle	61,40	Na3	
	MFA 490-TA\516	574004 neu	6/7	574-m-Sohle	47,90	Na2	
	MFA490-TA\508	595005 neu	7/8	595-m-Sohle	49,00	Na3	

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 278

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Anhang 3.2: Visuelle Beobachtungen in den Inklinometerbohrungen

Bohrlochinspektion in Pfeilerreihe 2/3, 532- und 658-m-Sohle

Bild 1: Bohrung 532015; elliptische Bohrlochkontur und kleinere Ausbrüche bei ca. 41 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 13.12.2019

Bild 2: Bohrung 658010; elliptische Bohrlochkontur bei ca. 13 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 12.12.2019

Bohrlochinspektion in Pfeilerreihe 3/4, 553- und 679-m-Sohle

Bild 3: Bohrung 553012; Dunkelfärbung der Bohrlochsohle und Ausblühungen bei ca. 0,5 m Bohrlochteufe deuten auf Feuchtigkeit hin, Aufnahme vom 09.12.2019

Bild 4: Bohrung 553012; elliptische Bohrlochkontur bei ca. 40 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 09.12.2019

Bild 5: Bohrung 679006; Lauge auf der Sohle bei ca. 1 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 17.12.2019

Bild 6: Bohrung 679006; Ausbruch in der Firste und feuchtes Haufwerk in der Sohle bei ca. 4 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 17.12.2019

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Bohrlochinspektion in Pfeilerreihe 4/5, 553- und 637-m-Sohle

Bild 7: Bohrung 553014; Risse in der Bohrlochwand und Ausbruch bei ca. 44 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 09.12.2019

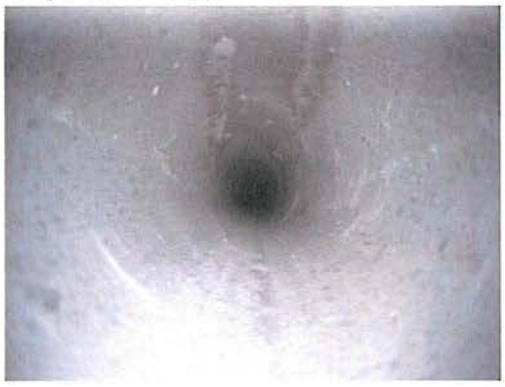


Bild 8: Bohrung 637013; Ausblühungen deuten auf Feuchtigkeit bei ca. 39 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 18.12.2018

Bohrlochinspektion in Pfeilerreihe 6/7, 574- und 700-m-Sohle

Bild 9: Bohrung 574007; Ausbruch der Bohrlochwand bei ca. 26 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 10.12.2019

Bild 10: Bohrung 700005; Ausbruch in der westlichen Bohrlochwand bei ca. 34 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 16.12.2018

Bohrlochinspektion im Pfeiler 7/8, 595-m-Sohle

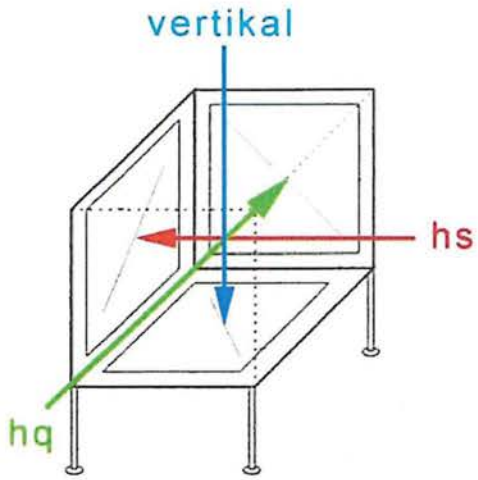
Bild 11: Bohrung 595006; Riss und Konturausbrüche sowie Haufwerk bei ca. 27 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 11.12.2019

Bild 12: Bohrung 595006; Riss bei ca. 29 m, Aufnahme vom 11.12.2019

Anhang 4: Versatzdruckmessungen

Anhang 4.1: Prinzipskizze – Aufbau einer Versatzdruckmonitorstation und eines Versatzdruckgebers

Aufbau einer Versatzdruckmonitorstation:

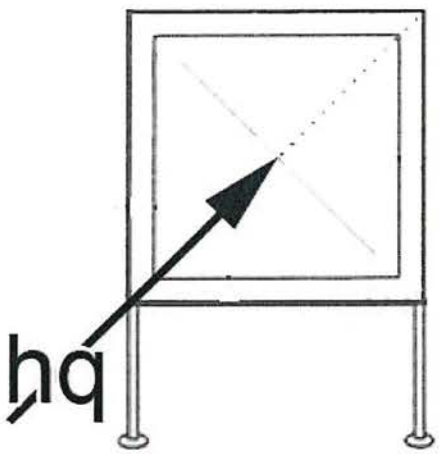


Legende:

hs: horizontal-streichend
(in Streichrichtung des Asse-Sattels)

hq: horizontal querschlägig
(orthogonal zum Streichen des Asse-Sattels)

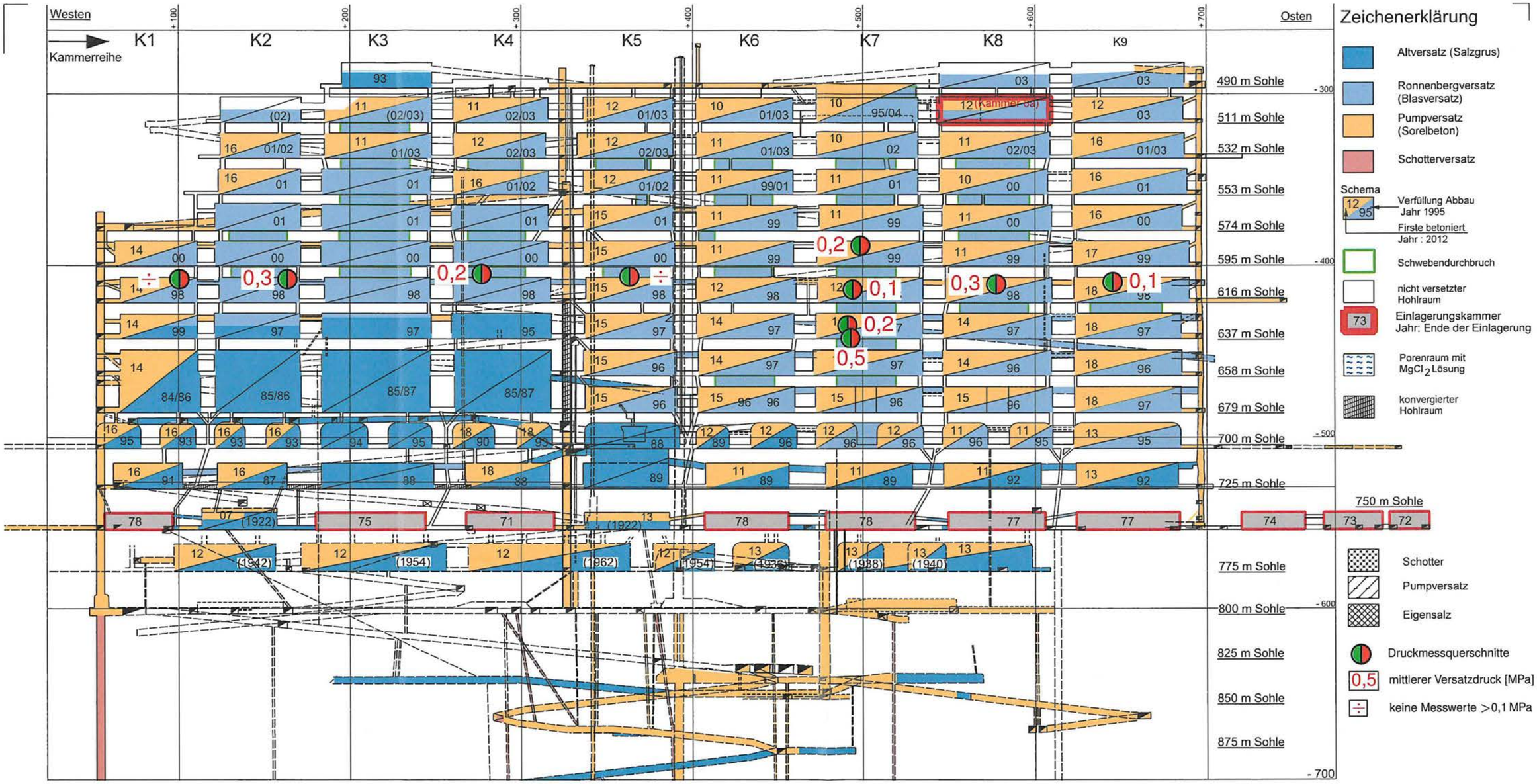
Aufbau eines Versatzdruckgebers:



Legende:

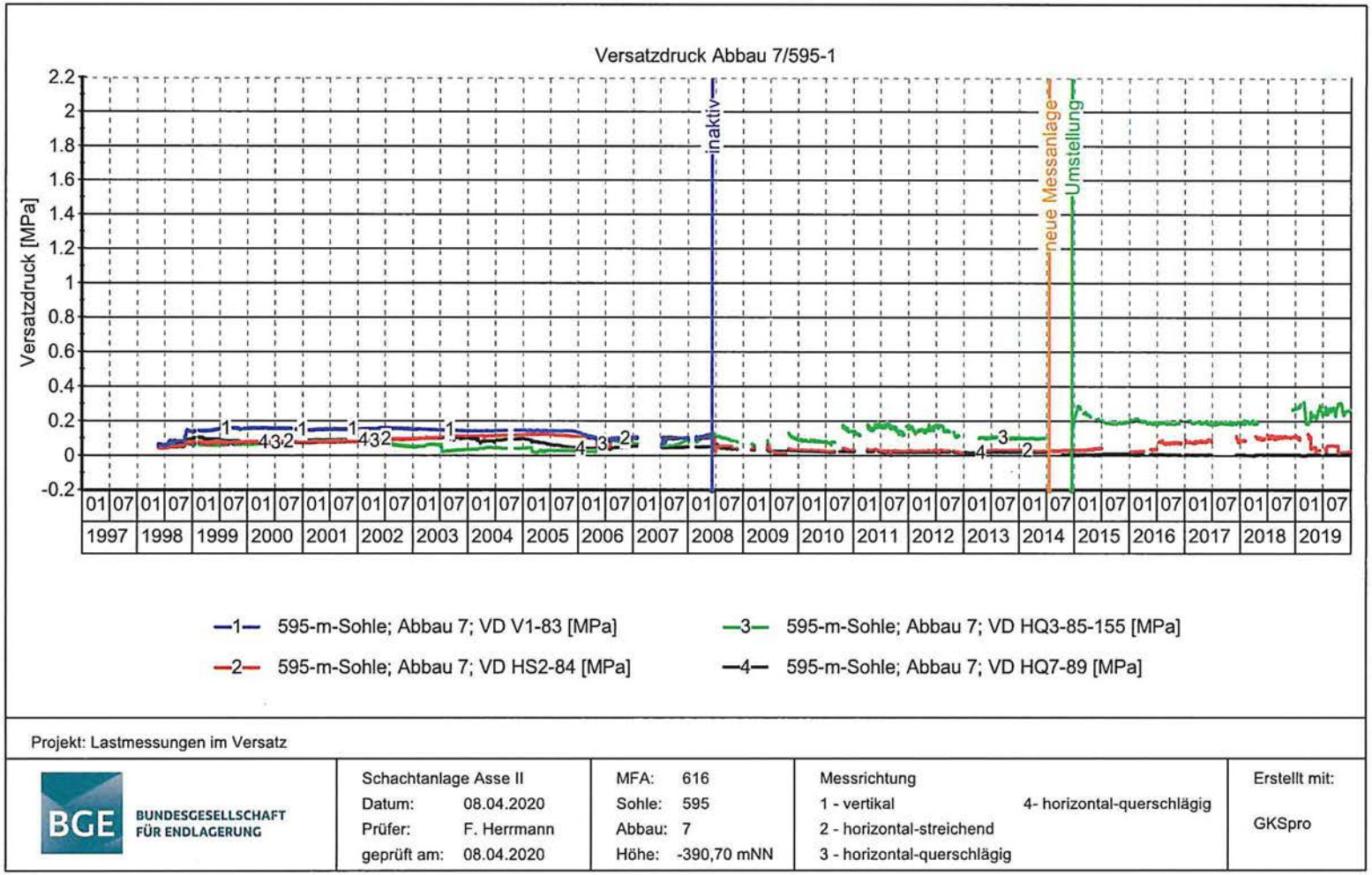
hq: horizontal querschlägig
(orthogonal zum Streichen des Asse-Sattels)

Anhang 4.2: Übersicht des Verfüllfortschrittes (Stand: 01/2020) und der mittleren Versatzdruckmesswerte (Stand: 12/2019)



KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Anhang 4.3: Messwertdarstellung Abbau 7/595 (MQ1)



Projekt: Lastmessungen im Versatz

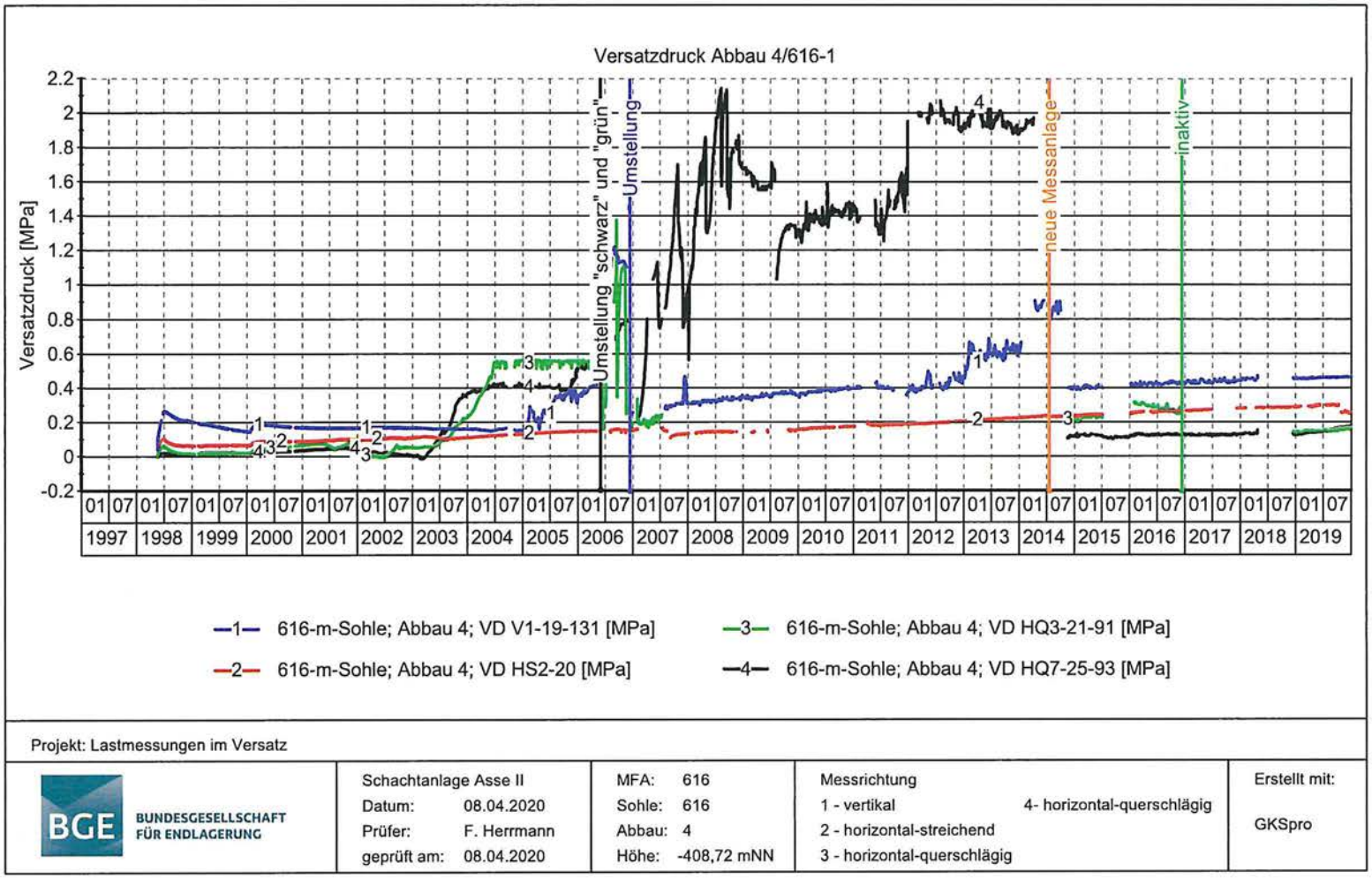
BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Schachtanlage Asse II		MFA: 616	Messrichtung		Erstellt mit:
Datum:	08.04.2020	Sohle: 595	1 - vertikal	4- horizontal-querschlägig	GKSpro
Prüfer:	F. Herrmann	Abbau: 7	2 - horizontal-streichend		
geprüft am:	08.04.2020	Höhe: -390,70 mNN	3 - horizontal-querschlägig		

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Ltd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Anhang 4.4: Messwertdarstellung Abbau 4/616 (MQ1)



Projekt: Lastmessungen im Versatz

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Schachtanlage Asse II		MFA: 616	Messrichtung		Erstellt mit:
Datum:	08.04.2020	Sohle: 616	1 - vertikal	4- horizontal-querschlägig	GKSpro
Prüfer:	F. Herrmann	Abbau: 4	2 - horizontal-streichend		
geprüft am:	08.04.2020	Höhe: -408,72 mNN	3 - horizontal-querschlägig		

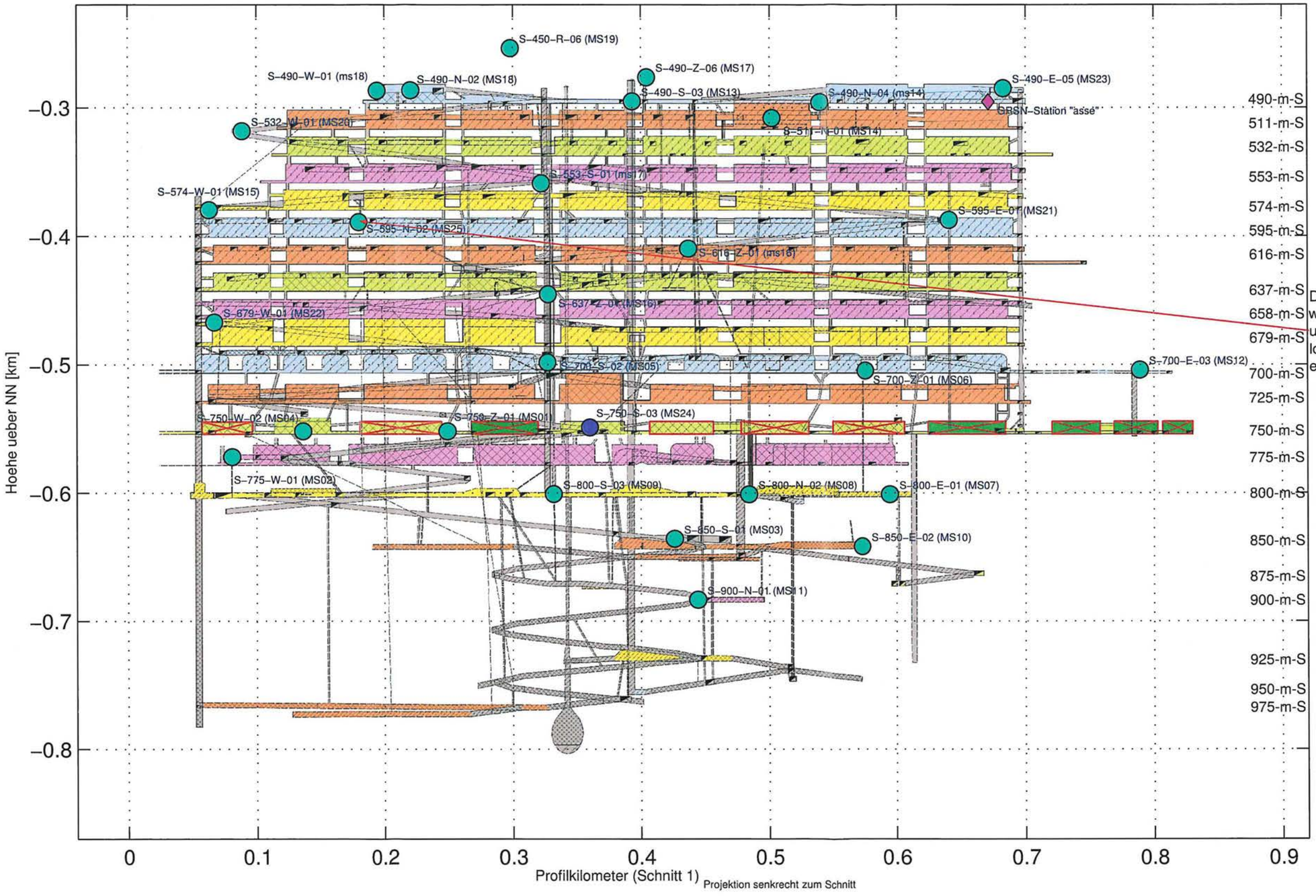
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Anhang 5: Mikroseismische Überwachung

Anhang 5.1: Positionen der Mikroseismiksonden



Mikroseismiksonde in Betrieb

Mikroseismiksonde außer Betrieb

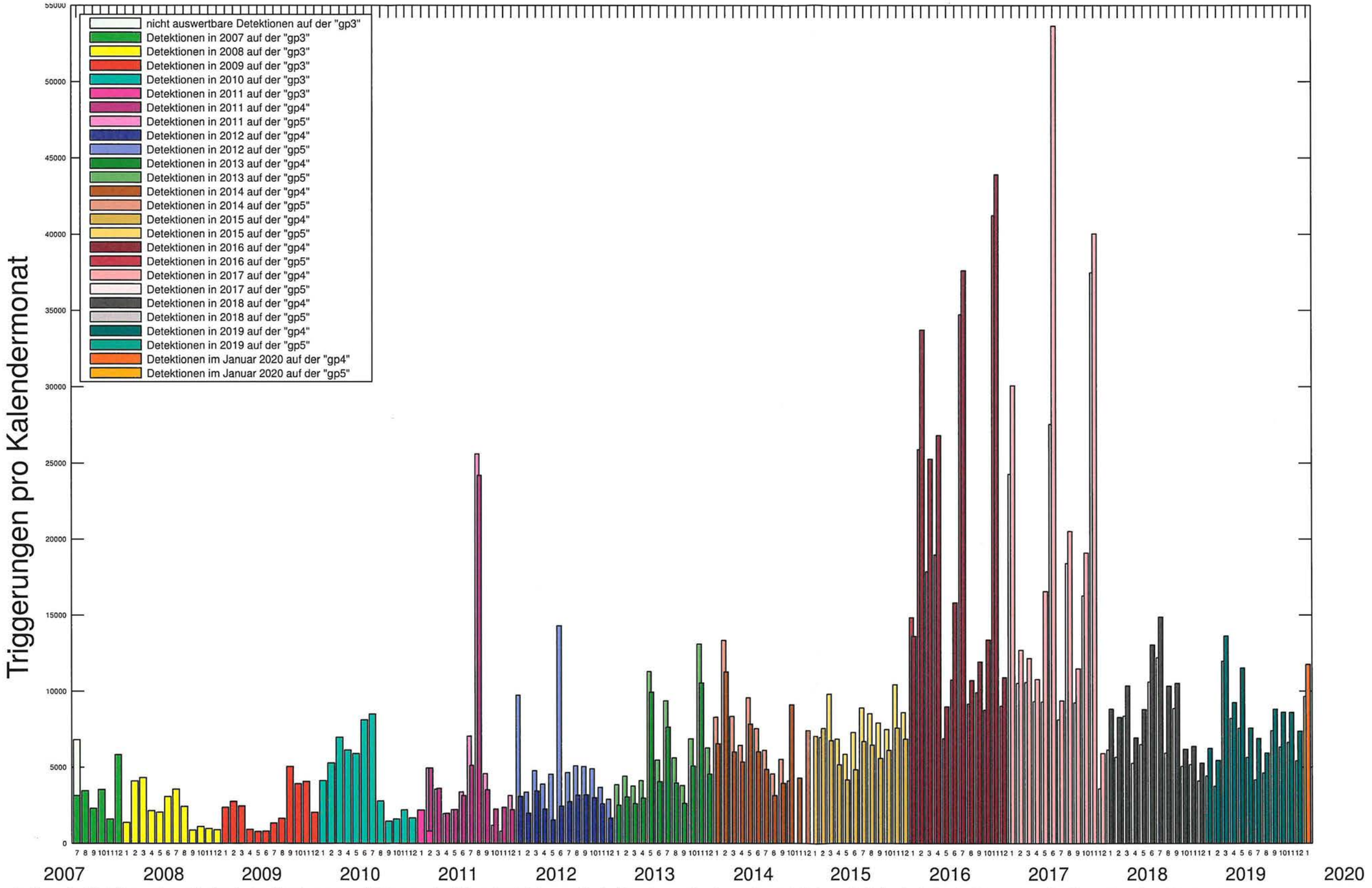
Breitbandseismometer

Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand: 15.03.2018)

Die modulare Sonde S-595-N-02 wurde zwischen dem 10.04.2019 und 13.05.2019 gegen eine Bohrlochsonde in der gleichen Bohrung ersetzt.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Anhang 5.2: Monatliche Detektionen potentieller Ereignisse von 07/2007 bis 01/2020

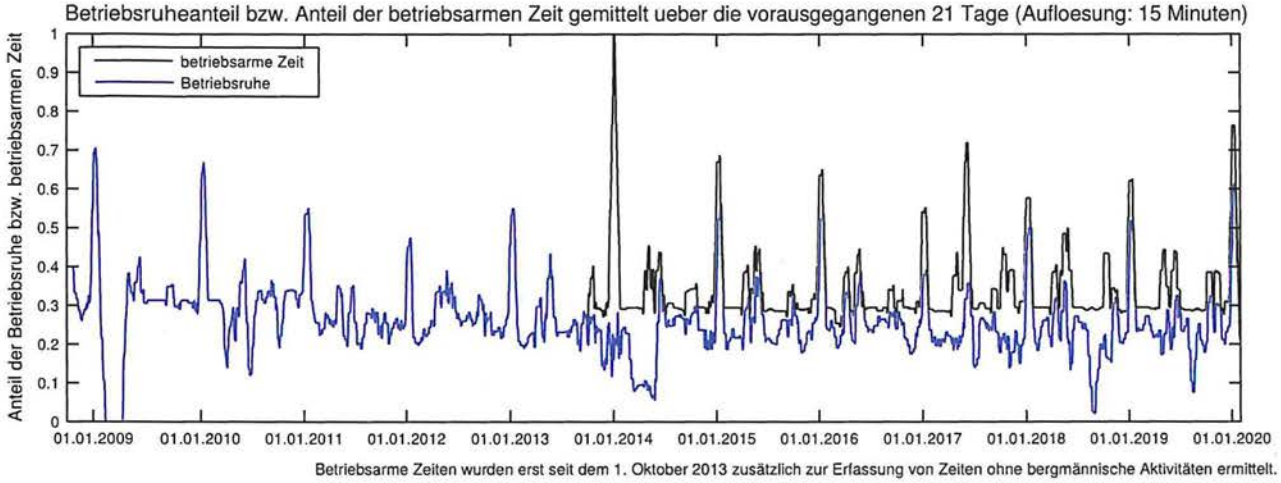


KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Im Zuge der Einrichtung einer teilredundanten Übertragung und Erfassung der Mikroseismikdaten wurde der Transientenrekorder „gp3“ am 3. Februar 2011 durch die beiden Transientenrekorder „gp4“ und „gp5“ ersetzt.

Anhang 5.3: Anteil der Zeit ohne bzw. mit nur geringen bergmännischen Aktivitäten

Über drei Wochen gemittelter Anteil der betriebsarmen Zeit bzw. Zeit ohne bergmännische Aktivitäten („Betriebsruhe") von 10/2008 bis 01/2020



Betriebsarme Zeiten wurden erst seit dem 1. Oktober 2013 zusätzlich zur Erfassung von Zeiten ohne bergmännische Aktivitäten ermittelt.

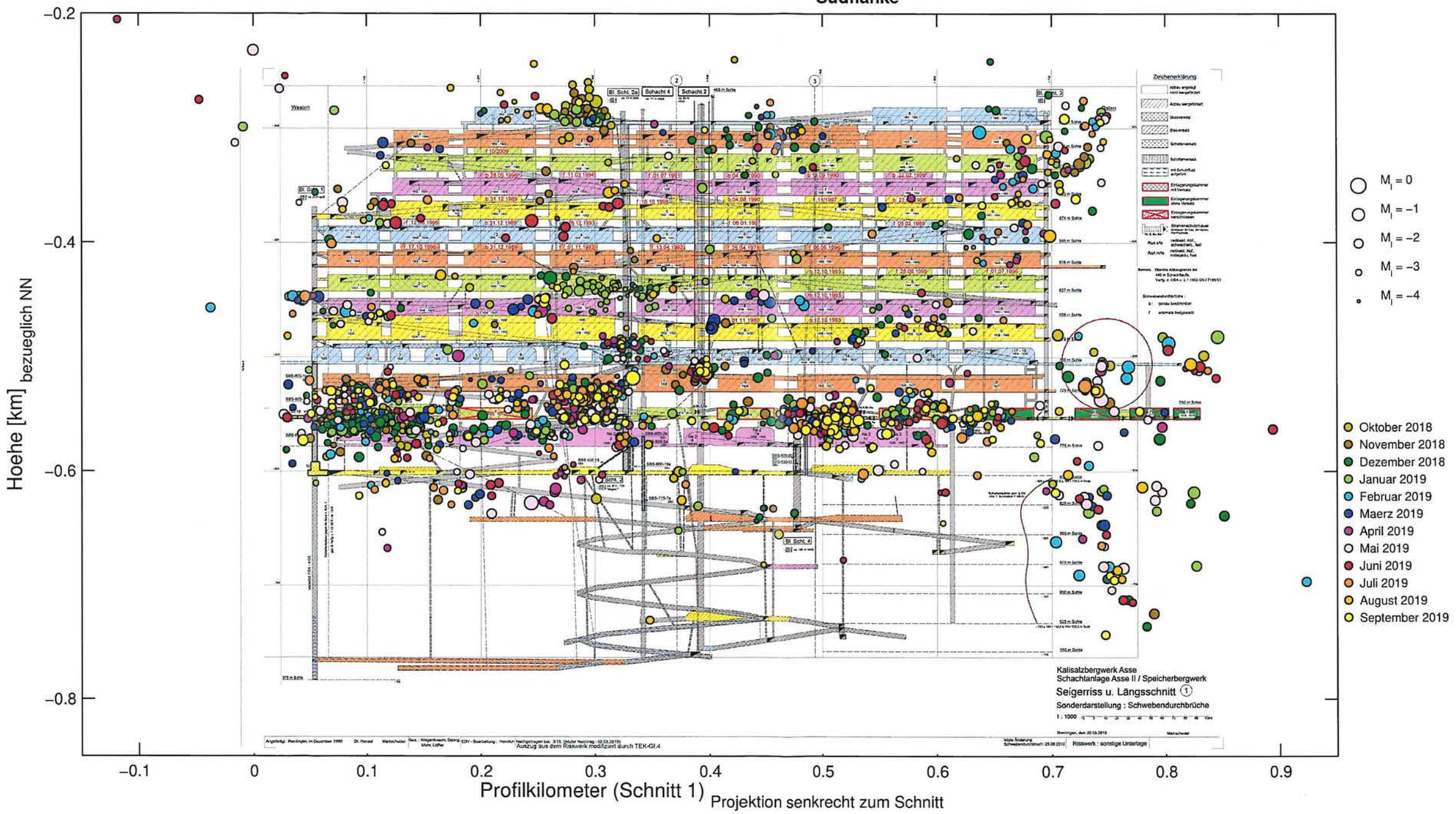
Betriebsruheanteil bezogen auf die Berichtszeiträume (jeweils von Oktober des Vorjahres bis zum September des Berichtsjahres)

Berichts-zeitraum	Zeitraum	Gesamt-dauer [Tage]	Betriebsruhephasen		betriebsarme Zeit	
			Dauer [Tage]	Anteil [%]	Dauer [Tage]	Anteil [%]
2019	01.10.2018 – 30.09.2019	365	87.46	23.96	123.40	33.81
2018	01.10.2017 – 30.09.2018	365	83.92	22.99	127.13	34.83
2017	01.10.2016 – 30.09.2017	365	87.14	23.87	126.01	34.52
2016	01.10.2015 – 30.09.2016	366	96.73	26.43	118.90	32.49
2015	01.10.2014 – 30.09.2015	365	96.38	26.40	122.94	33.68
2014	01.10.2013 – 30.09.2014	365	73.71	20.19	130.98	35.88
2013	01.10.2012 – 30.09.2013	365	96.22	26.36	— *nicht ermittelt* —	
2012	01.10.2011 – 30.09.2012	366	102.58	28.03	— *nicht ermittelt* —	
2011	01.10.2010 – 30.09.2011	365	106.41	29.15	— *nicht ermittelt* —	
2010	01.10.2009 – 30.09.2010	365	112.31	30.77	— *nicht ermittelt* —	
2009	01.10.2008 – 30.09.2009	365	102.65	28.12	— *nicht ermittelt* —	

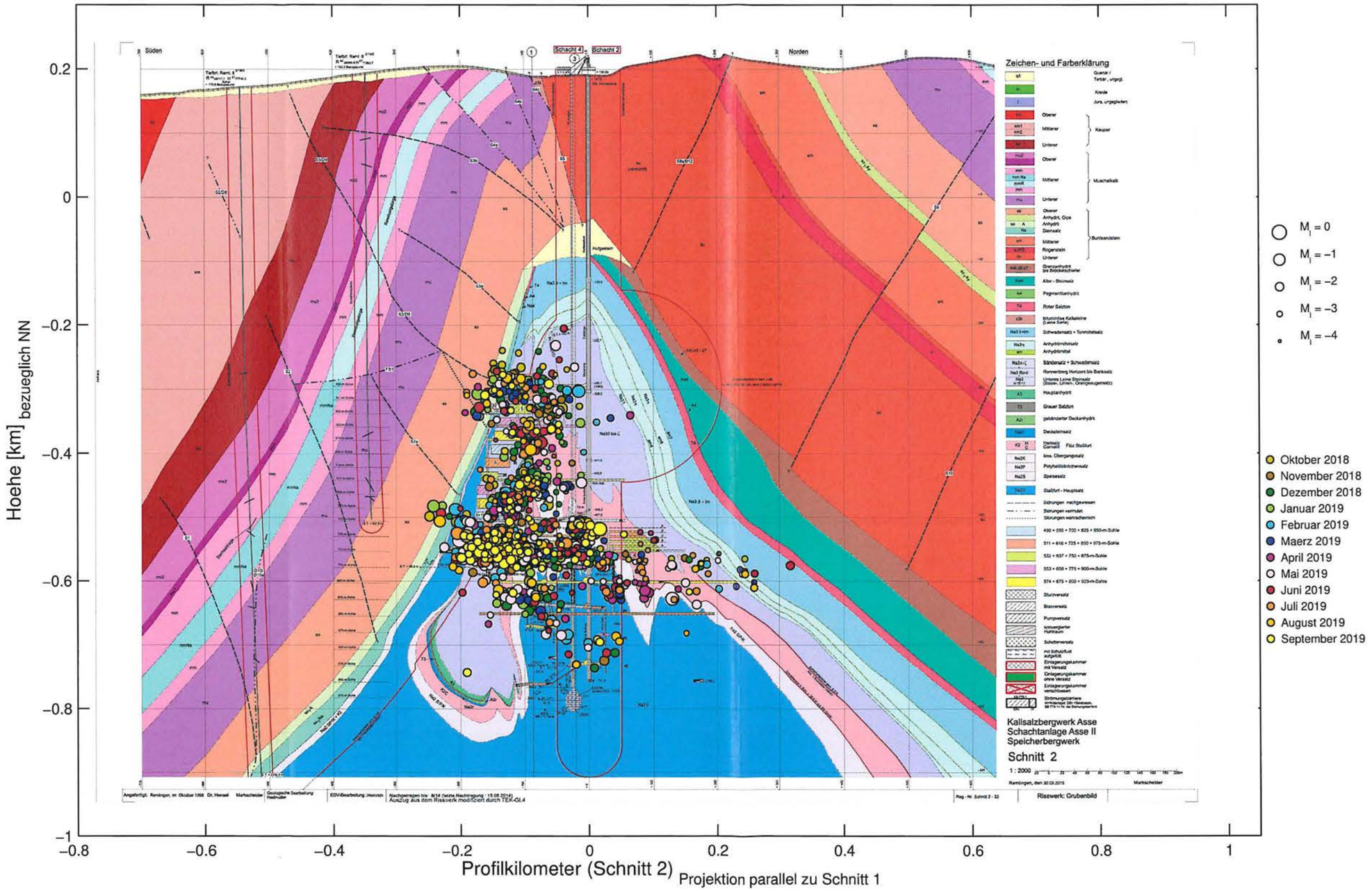
Für die Zeit vor dem 1. Oktober 2008 liegen keine äquivalenten Aufzeichnungen über Zeiträume ohne bergmännische Aktivitäten vor.

Anhang 5.4: Mikroseismische Ereignisse in Betriebsruhephasen von 10/2018 bis 09/2019 (manuelle Auswertung)

Projektion manuell lokalisierter Ereignisse des Berichtszeitraums 2019 (Betriebsruhezeiten) auf einen etwa parallel zum Streichen verlaufenden Schnitt durch das Baufeld an der Südflanke

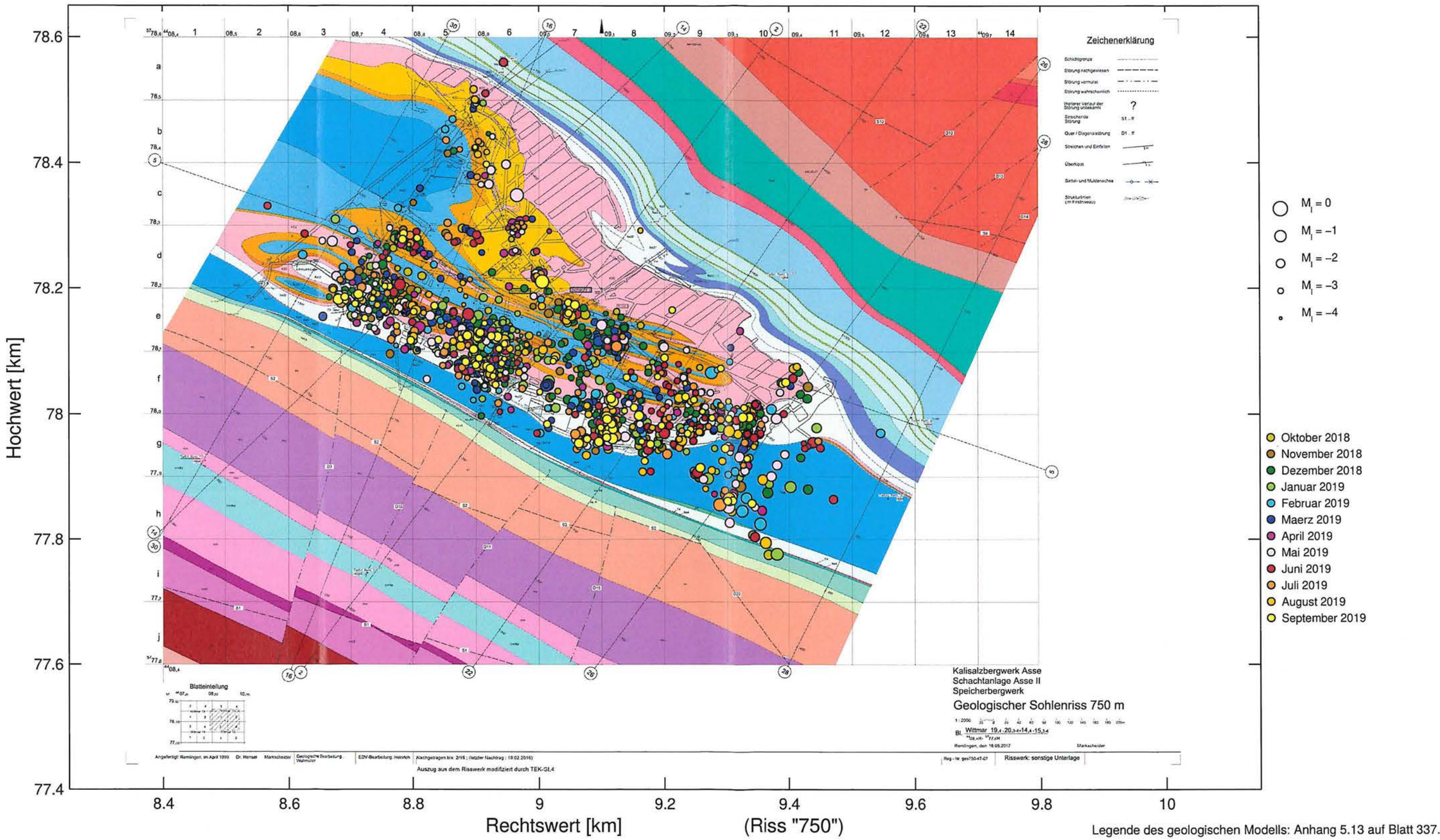


Projektion manuell lokalisierter Ereignisse des Berichtszeitraums 2019 (Betriebsruhezeiten) auf einen etwa senkrecht zum Streichen verlaufenden Schnitt durch die Abbaureihe 5



Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

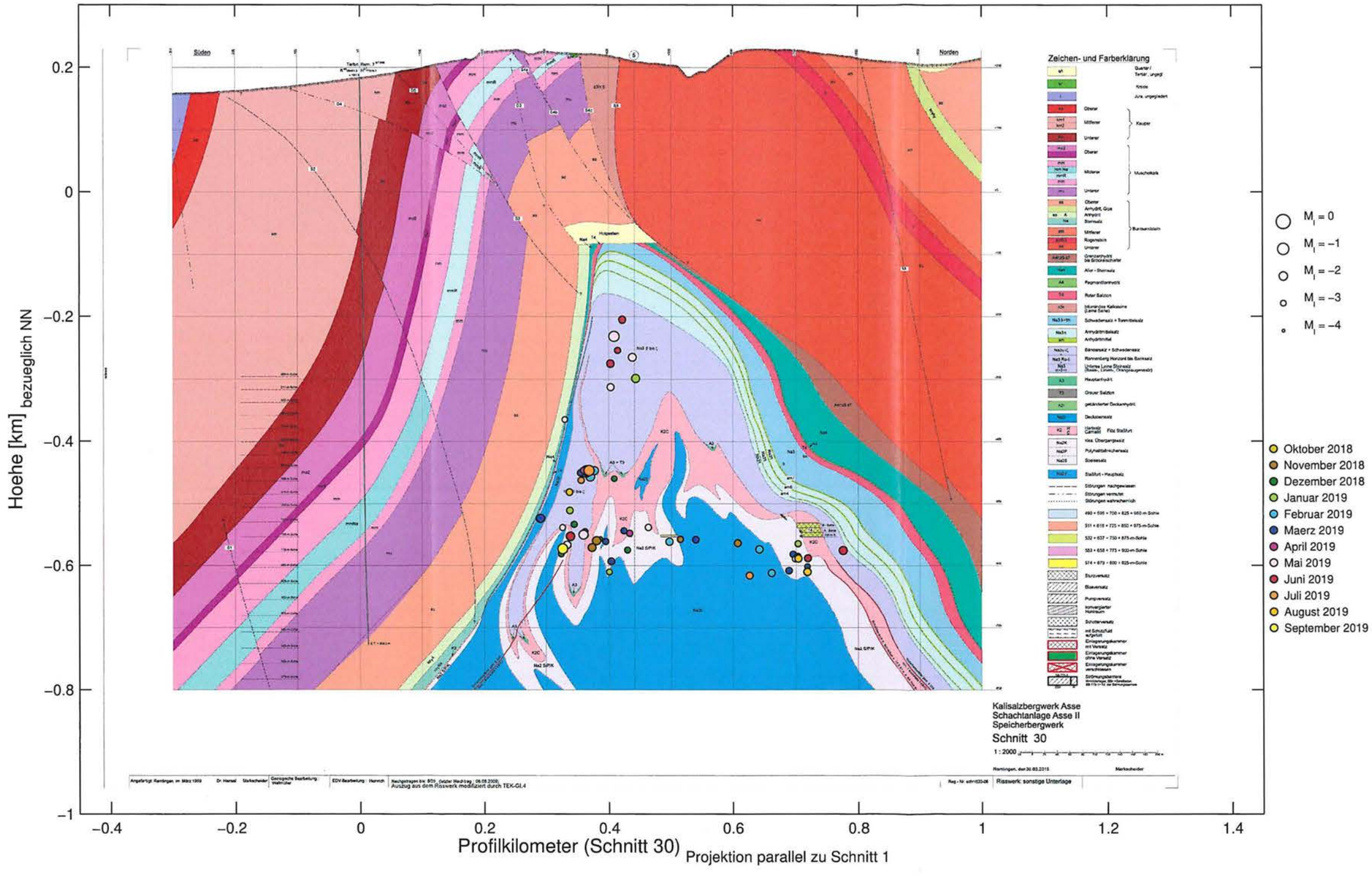
Laterale Verteilung der manuell lokalisierten Ereignisse des Berichtszeitraums 2019 (Betriebsruhezeiten)



Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

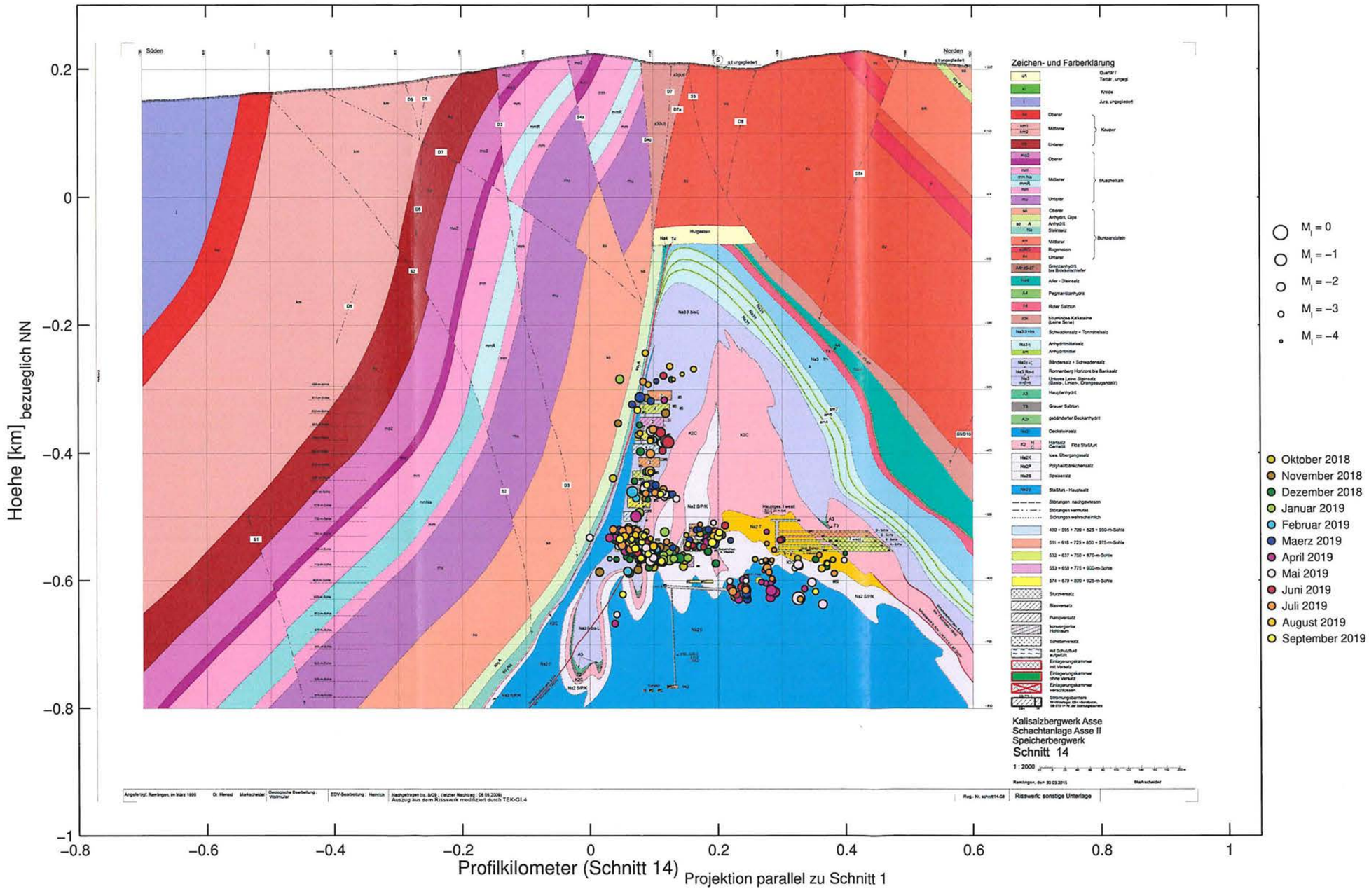
Anhang 5.5: Mikroseismische Ereignisse in Betriebsruhephasen von 10/2018 bis 10/2019 (manuelle Auswertung) projiziert auf benachbarte, näherungsweise Nord-Süd-verlaufende Seigerschnitte durch die Linien 30, 14, 2, 22, 26 und 28

Ereignisse am westlichen Baufeldrand und westlich des Grubengebäudes projiziert auf einen ungefähr senkrecht zum Streichen verlaufenden Schnitt westlich des Baufeldrands



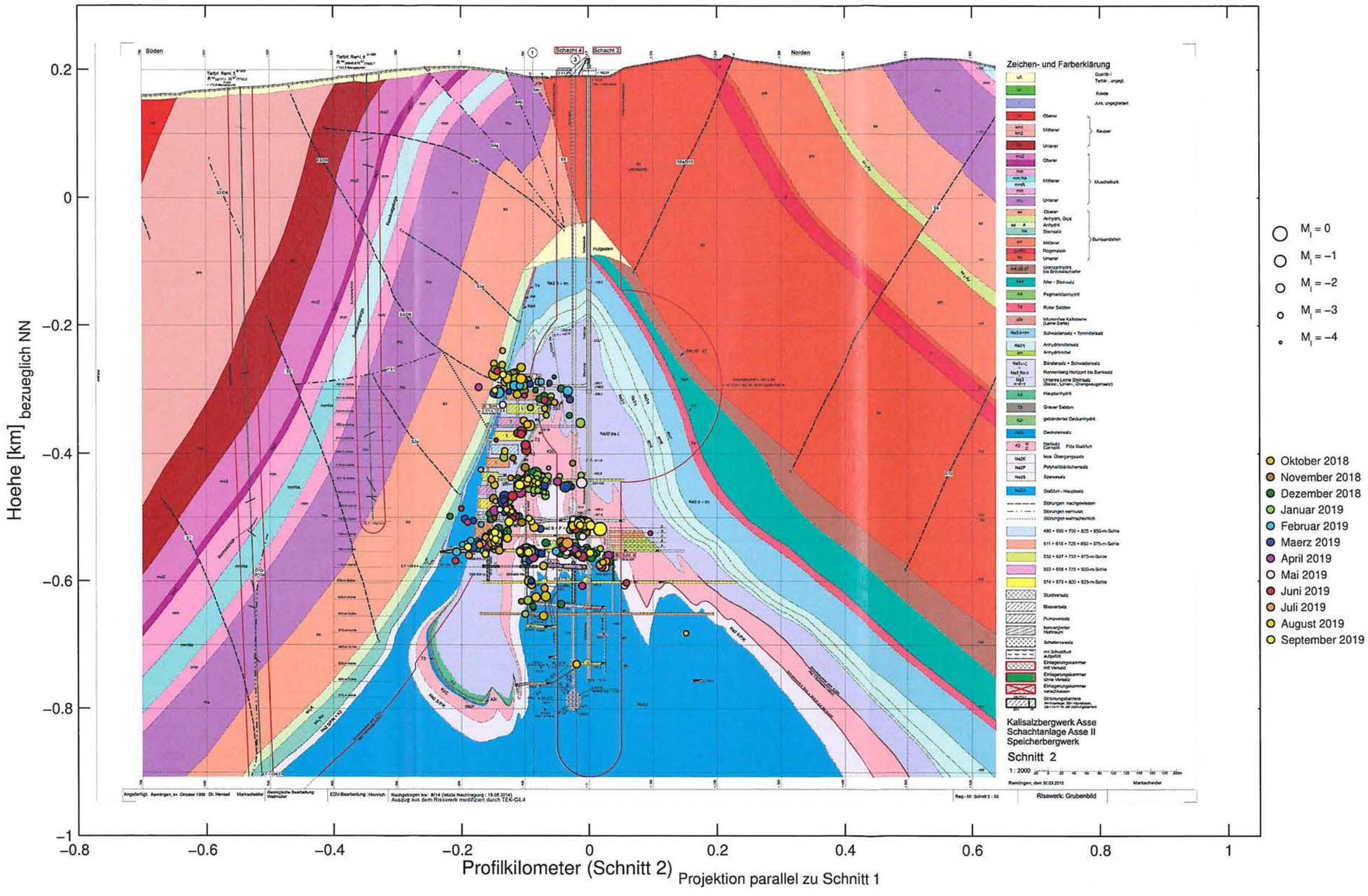
Verlauf der Schnittlinie und Zuordnung der Ereignisse zum Schnitt siehe Anhang 5.13 auf Blatt 338. Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Ereignisse im Bereich der Abbaureihen 1 bis 3 projiziert auf einen ungefähr senkrecht zum Streichen verlaufenden Schnitt durch die Abbaureihe 2



Verlauf der Schnittlinie und Zuordnung der Ereignisse zum Schnitt siehe Anhang 5.13 auf Blatt 338. Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Ereignisse im Bereich der Abbaureihen 4 bis 6 projiziert auf einen ungefähr senkrecht zum Streichen verlaufenden Schnitt durch die Abbaureihe 5

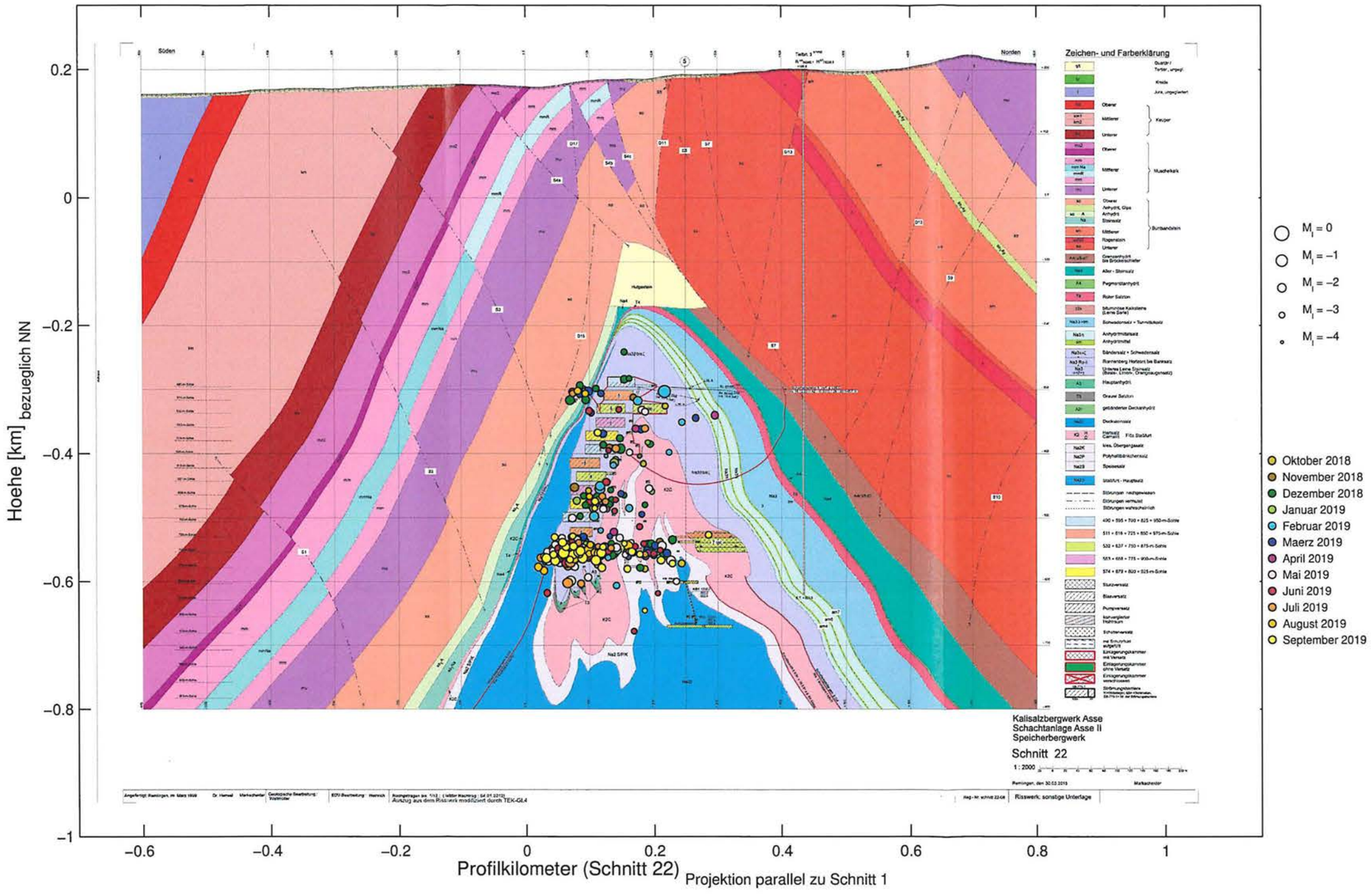


$M_l = 0$
$M_l = -1$
$M_l = -2$
$M_l = -3$
$M_l = -4$

- Oktober 2018
- November 2018
- Dezember 2018
- Januar 2019
- Februar 2019
- Maerz 2019
- April 2019
- Mai 2019
- Juni 2019
- Juli 2019
- August 2019
- September 2019

Verlauf der Schnittlinie und Zuordnung der Ereignisse zum Schnitt siehe Anhang 5.13 auf Blatt 338. Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Ereignisse im Bereich der Abbaureihen 7 bis 9 projiziert auf einen ungefähr senkrecht zum Streichen verlaufenden Schnitt durch die Abbaureihe 8

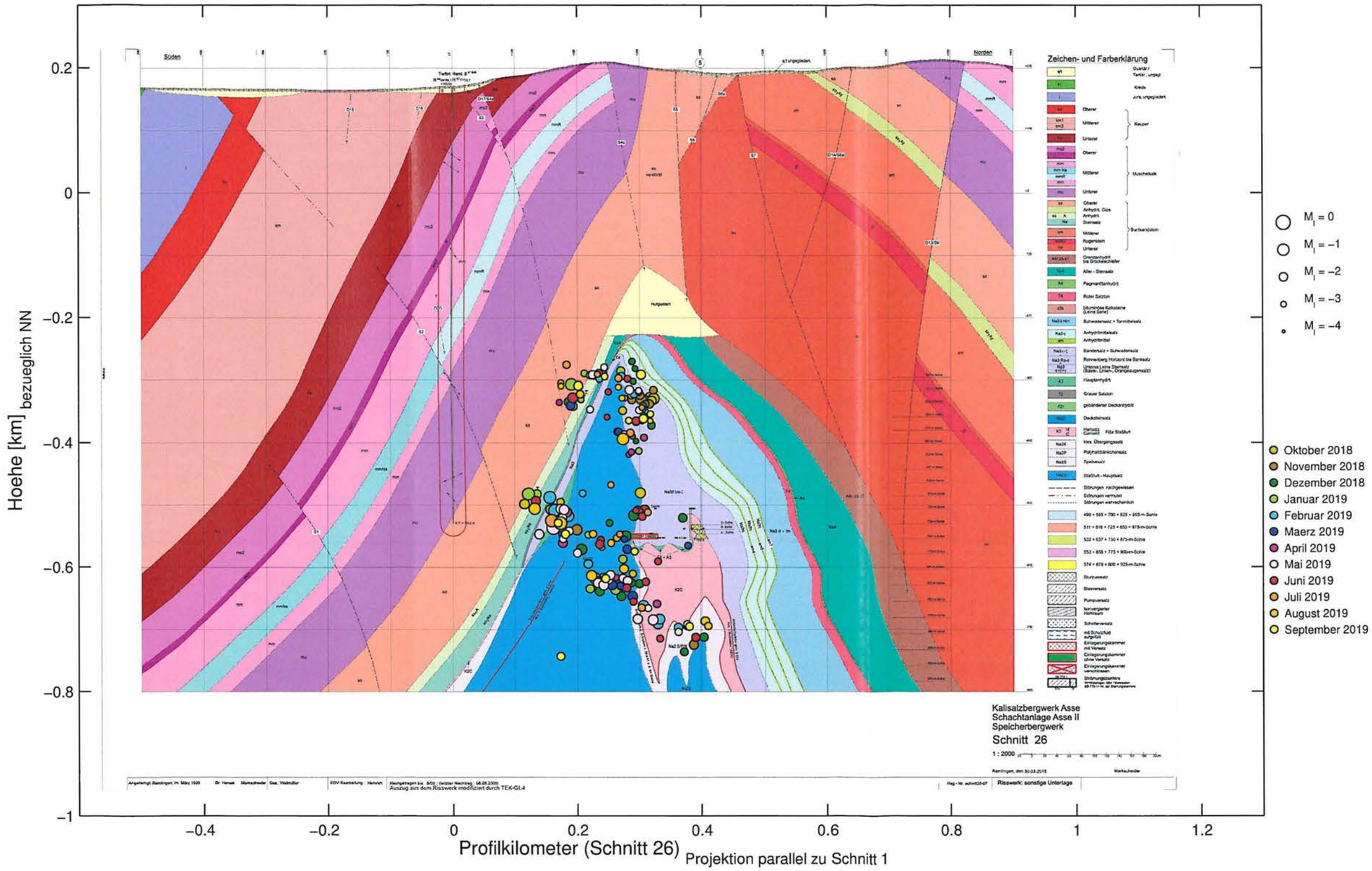


$M_l = 0$
$M_l = -1$
$M_l = -2$
$M_l = -3$
$M_l = -4$

- Oktober 2018
- November 2018
- Dezember 2018
- Januar 2019
- Februar 2019
- Maerz 2019
- April 2019
- Mai 2019
- Juni 2019
- Juli 2019
- August 2019
- September 2019

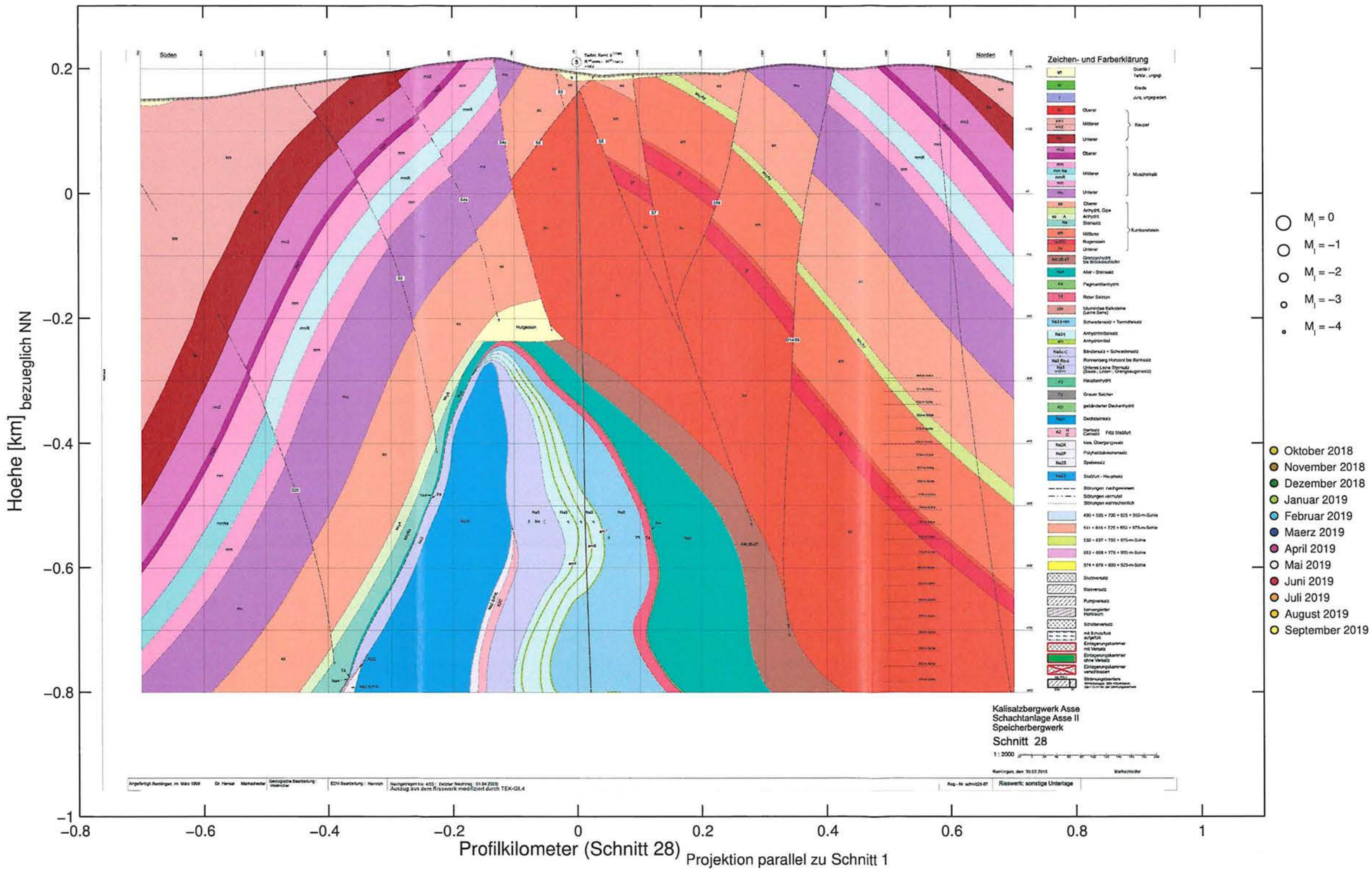
Verlauf der Schnittlinie und Zuordnung der Ereignisse zum Schnitt siehe Anhang 5.13 auf Blatt 338. Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Ereignisse am östlichen Baufeldrand auf einen ungefähr senkrecht zum Streichen verlaufenden Schnitt am östlichen Baufeldrand



Verlauf der Schnittlinie und Zuordnung der Ereignisse zum Schnitt siehe Anhang 5.13 auf Blatt 338. Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Ereignisse weit östlich des Grubengebäudes projiziert auf einen ungefähr senkrecht zum Streichen verlaufenden Schnitt östlich des Grubengebäudes



$M_l = 0$
$M_l = -1$
$M_l = -2$
$M_l = -3$
$M_l = -4$

- Oktober 2018
- November 2018
- Dezember 2018
- Januar 2019
- Februar 2019
- Maerz 2019
- April 2019
- Mai 2019
- Juni 2019
- Juli 2019
- August 2019
- September 2019

Verlauf der Schnittlinie und Zuordnung der Ereignisse zum Schnitt siehe Anhang 5.13 auf Blatt 338. Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Ereignisanzahlen nach Sohlen und Magnituden im Berichtszeitraum 2019 (Betriebsruhe, manuelle Auswertung)

Mikroseismizität vom 01.10.2018 bis 30.09.2019, gesamter überwachter Bereich: 1673 Ereignisse (nur Betriebsruhephasen)

manuelle Auswertung mit festen Geschwindigkeiten, Magnituden aus Einzelspuren, Stand: 15.04.2020

Sohle	$M_l < -4$	$-4 \leq M_l < -3$	$-3 \leq M_l < -2$	$-2 \leq M_l < -1$	$-1 \leq M_l < 0$	$0 \leq M_l$	M_l beliebig	min (M_l)	max (M_l)
<490	0	2	25	2	1	0	30	-3.5	-0.8
490	0	7	58	17	1	0	83	-3.5	-0.7
511	0	1	38	5	1	0	45	-3.1	-0.9
532	0	0	27	8	0	0	35	-2.9	-1.0
553	0	2	26	5	0	0	33	-3.2	-1.3
574	0	2	19	2	2	0	25	-3.5	-0.8
595	0	5	10	3	1	0	19	-3.6	-1.0
616	0	2	10	1	0	0	13	-3.5	-1.6
637	0	18	51	10	1	0	80	-4.0	-0.5
658	0	8	44	12	1	0	65	-3.4	-0.7
679	0	11	49	6	2	0	68	-3.3	-0.8
700	0	6	65	16	2	0	89	-3.4	-0.9
725	0	27	269	23	4	0	323	-3.7	-0.2
750	0	20	431	100	2	0	553	-3.9	-0.6
775	0	7	67	12	0	0	86	-3.4	-1.3
800	0	3	37	10	0	0	50	-3.1	-1.3
825	0	2	26	14	1	0	43	-3.2	-0.3
850	0	2	7	4	0	0	13	-3.4	-1.2
875	0	1	2	6	0	0	9	-3.0	-1.4
900	0	0	7	1	0	0	8	-2.5	-2.0
925	0	0	2	1	0	0	3	-2.4	-1.7
950	0	0	1	0	0	0	1	-2.1	-2.1
975	0	0	0	0	0	0	0		
gesamt	0	109	1136	392	37	0	1674	-4.0	-0.2

Die tabellierten Ereignisanzahlen wurden nicht auf die Gesamtzeit hochgerechnet. Da der Anteil der Betriebsruhe an der Gesamtzeit etwa 23 % beträgt (Anhang 5.3 auf Blatt 287), wären die Ereignisanzahlen für die Gesamtzeit mehr als vier Mal so groß.

Anhang 5.6: Zeitliche Entwicklung der mittleren mikroseismischen Aktivität im gesamten überwachten Bereich (Automatik)

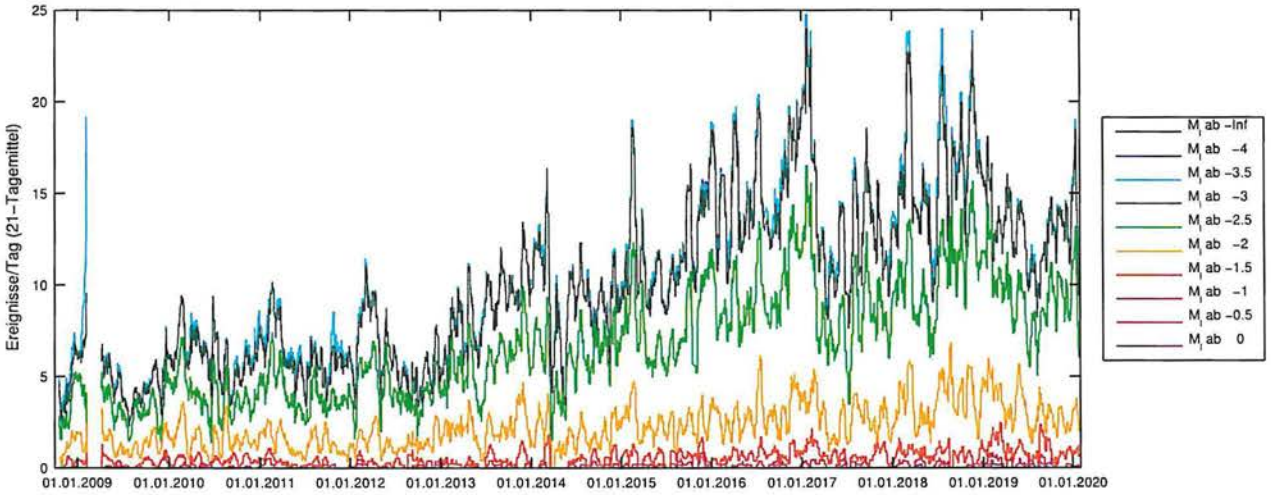


Bild 13: Über drei Wochen gemittelte Ereignisrate hochgerechnet aus den Ereignissen während der Betriebsruhephasen von 10/2008 bis 01/2020 aufgeschlüsselt nach Magnituden.

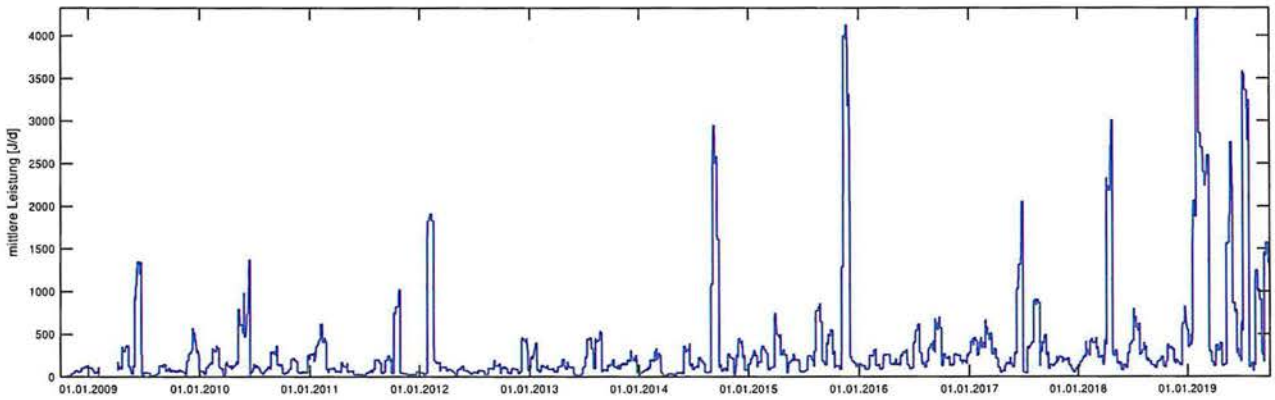


Bild 14: Über drei Wochen gemittelte seismische Leistung hochgerechnet aus den Ereignissen während der Betriebsruhephasen 10/2008 bis 09/2019.

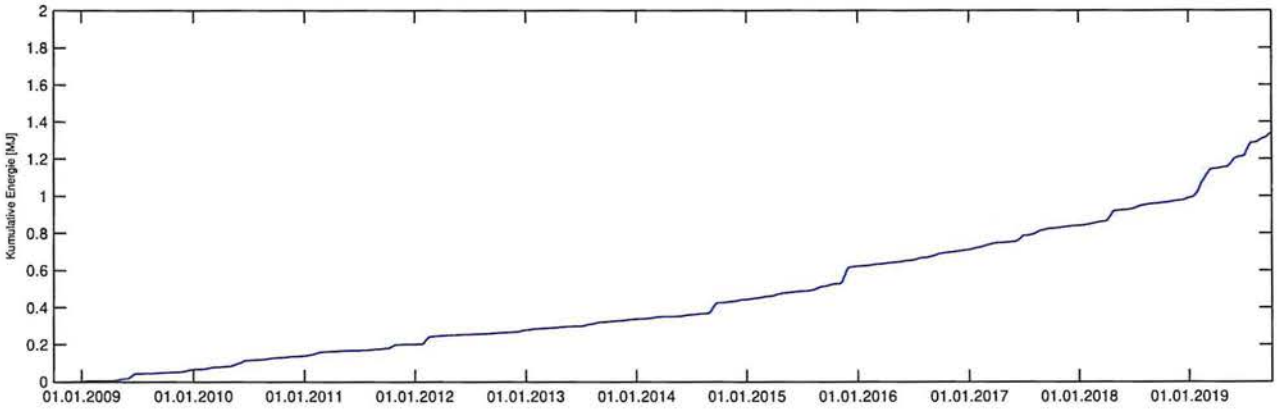


Bild 15: Aus der über drei Wochen gemittelten seismischen Leistung (Bild 14) berechnete kumulative Energie von 10/2008 bis 09/2019.

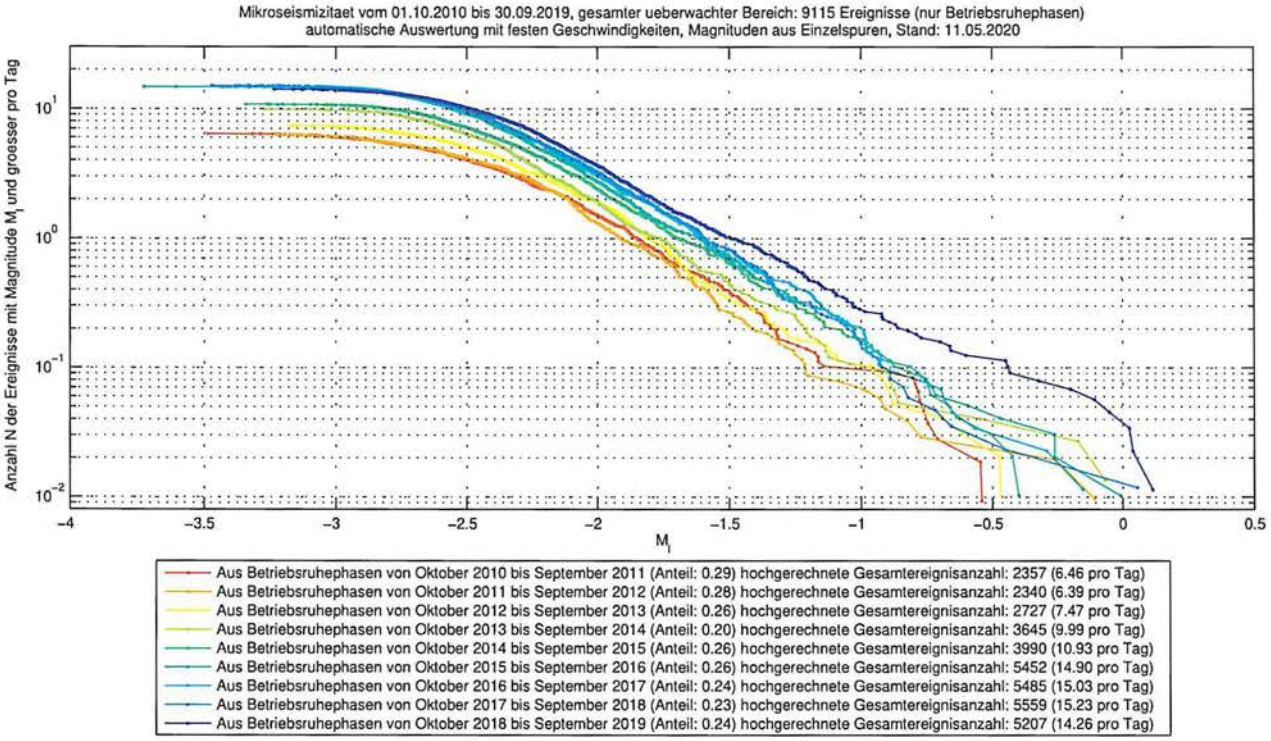


Bild 16: Aus Ereignissen während der Betriebsruhephasen hochgerechnete Magnituden-Häufigkeits-Verteilungen (Automatik) für die Berichtszeiträume 2011 bis 2019 (10/2010–09/2019) für den gesamten überwachten Bereich.

Anhang 5.7: Zeitliche Entwicklung der mittleren mikroseismischen Aktivität ohne die Cluster bei der ELK 4/750 und der ELK 6/750 (Automatik)

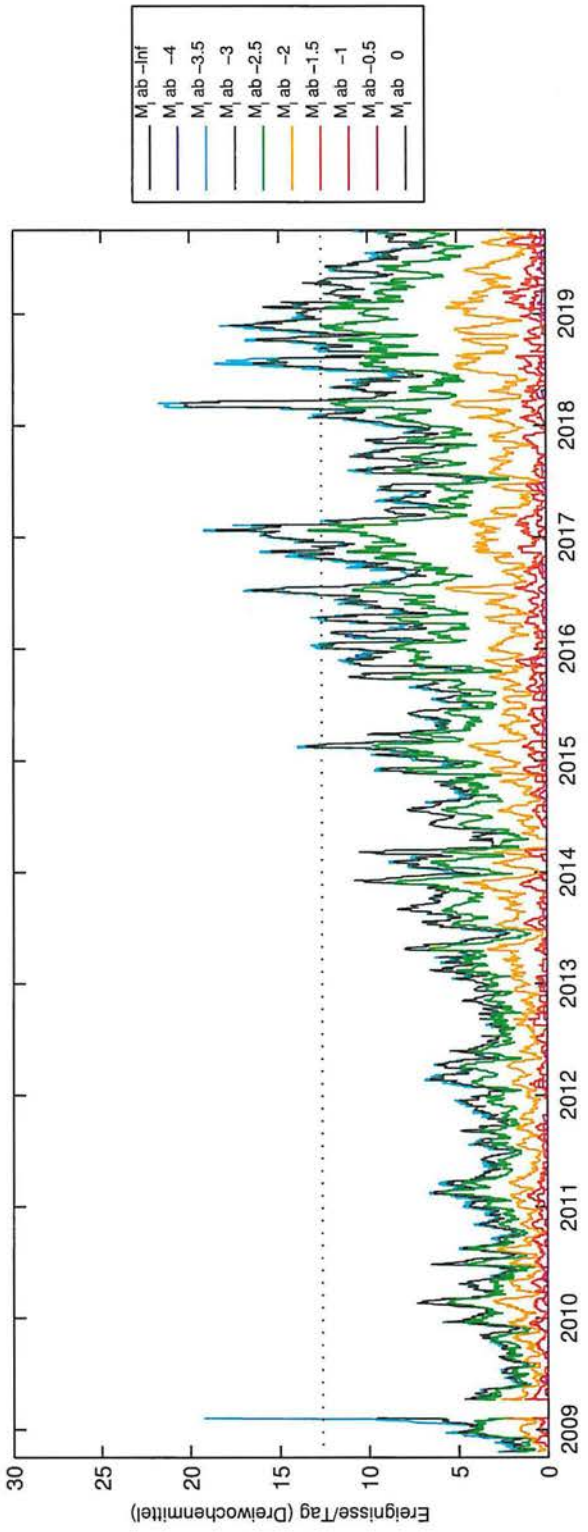
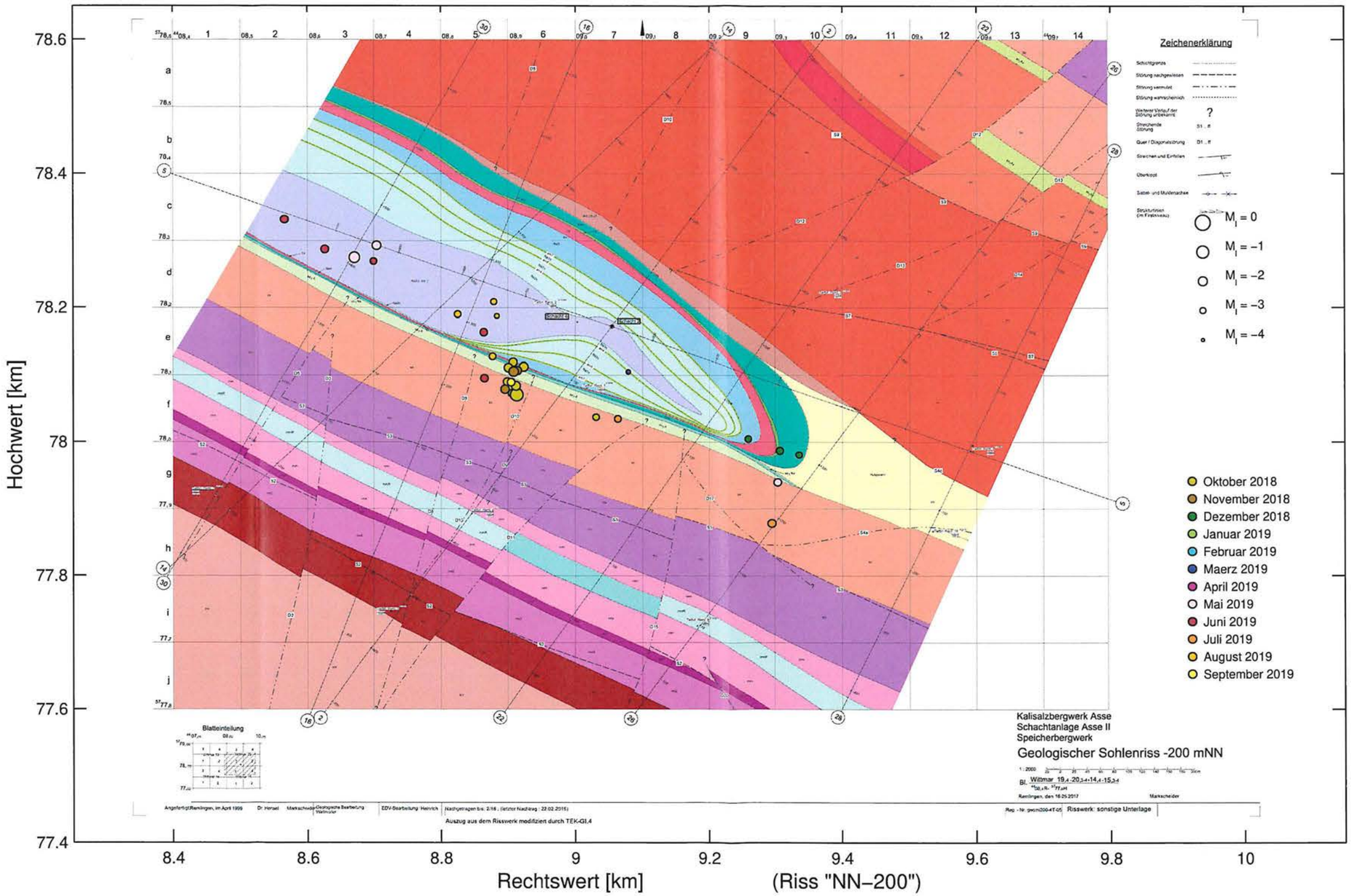


Bild 17: Dreiwochenmittel der Ereignisrate ohne die Cluster bei der ELK 4/750 und der ELK 6/750 hochgerechnet aus den Ereignissen während der Betriebsruhephasen von 10/2008 bis 09/2019 aufgeschlüsselt nach Magnituden. — Die gepunktete, schwarze, horizontale Linie ist die Meldeschwelle bezüglich der mikroseismischen Ereignisrate im Rahmen der Überwachung der FSV (vgl. [30] bzw. Abschnitt 2.4.4.11 auf Blatt 50).

Anhang 5.8: Sohlenweise Draufsicht auf die mikroseismischen Ereignisse in Betriebsruhephasen von Oktober 2018 bis September 2019 (Manuelle Auswertung)

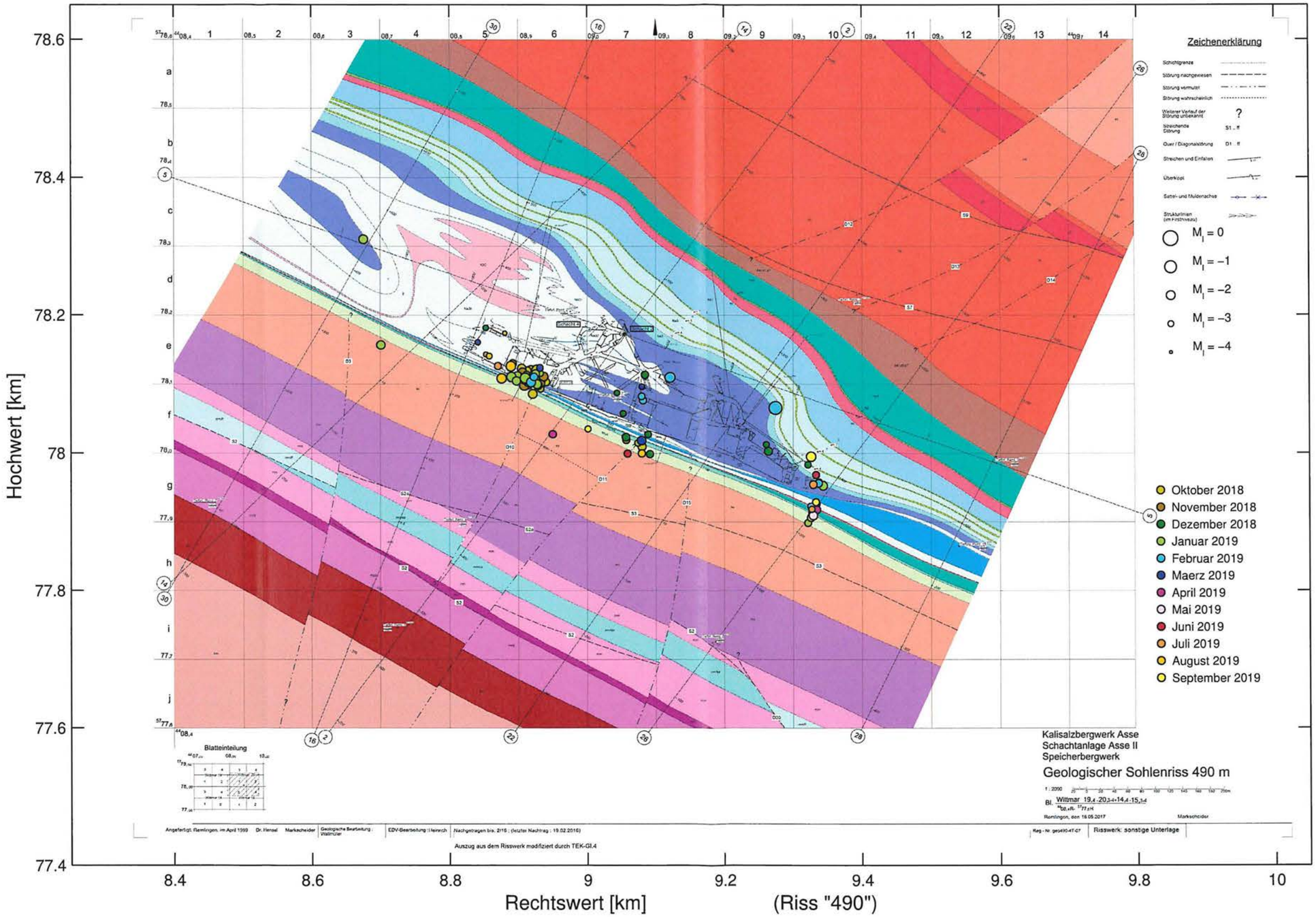
Mikroseismizität oberhalb des Grubengebäudes (oberhalb von-282,5 m NN)



Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

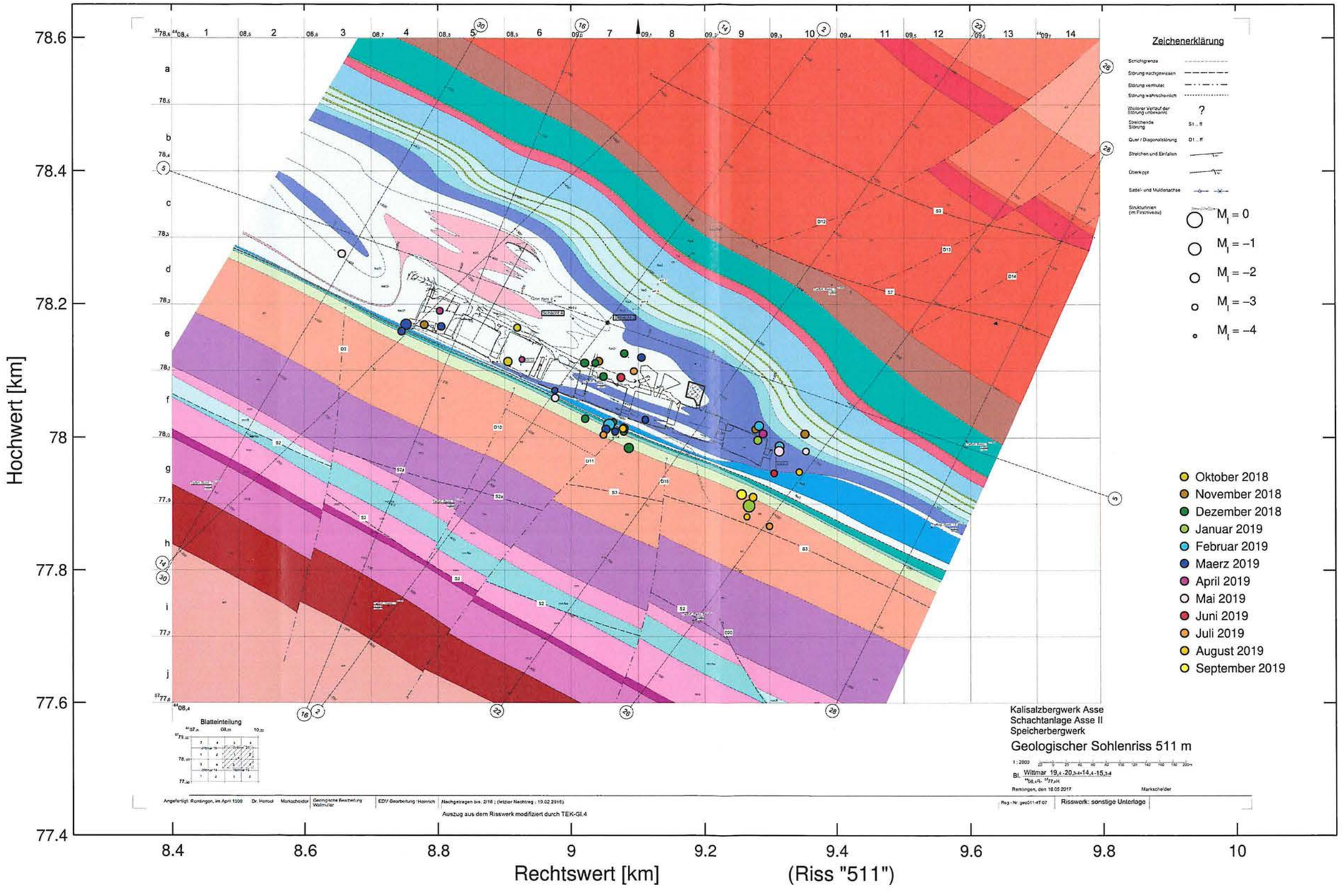
KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Mikroseismizität im Bereich der 490-m-Sohle (-282,5 m NN bis -303,5 m NN)



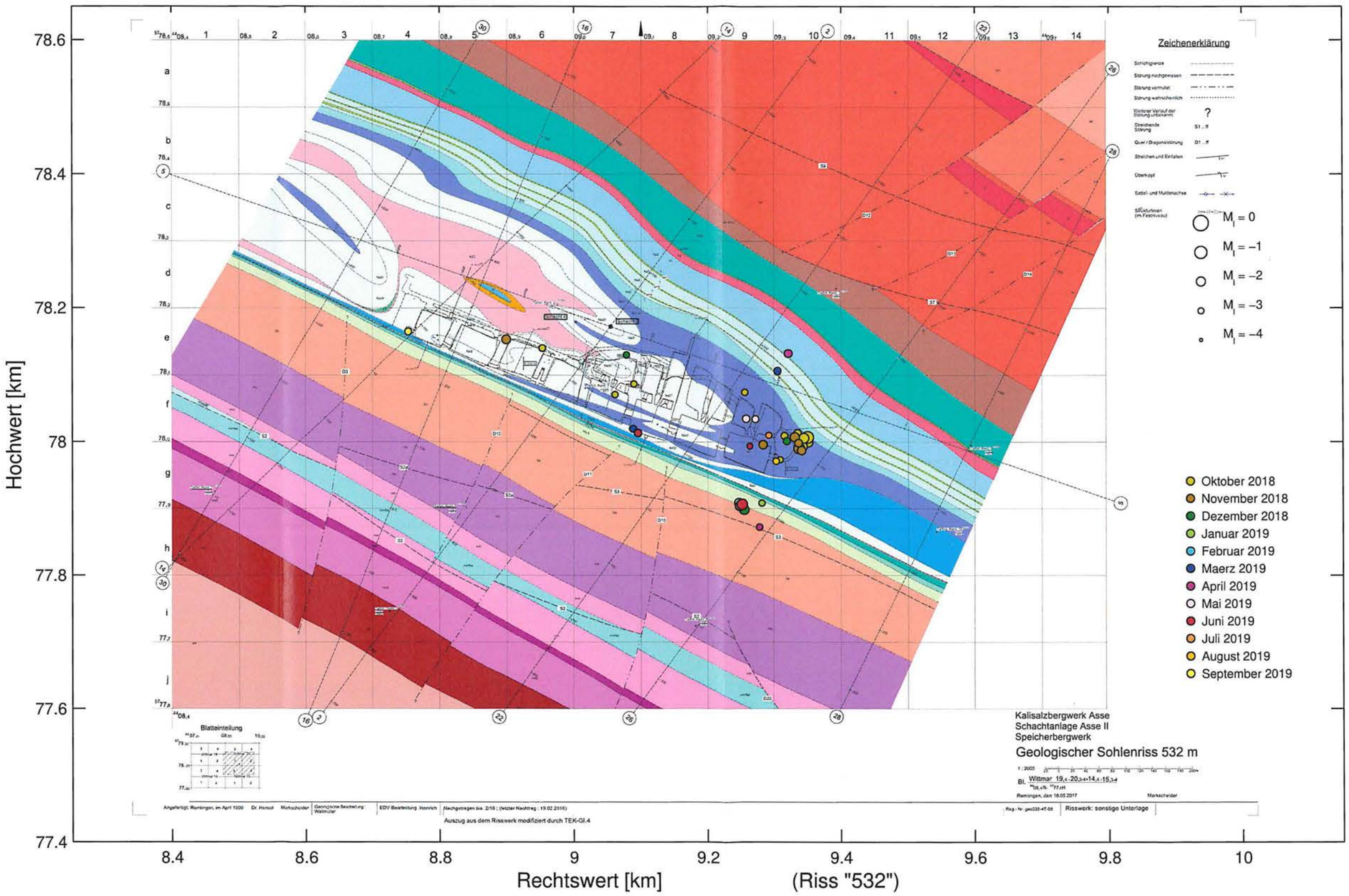
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 511-m-Sohle (-303,5 m NN bis -324,5 m NN)



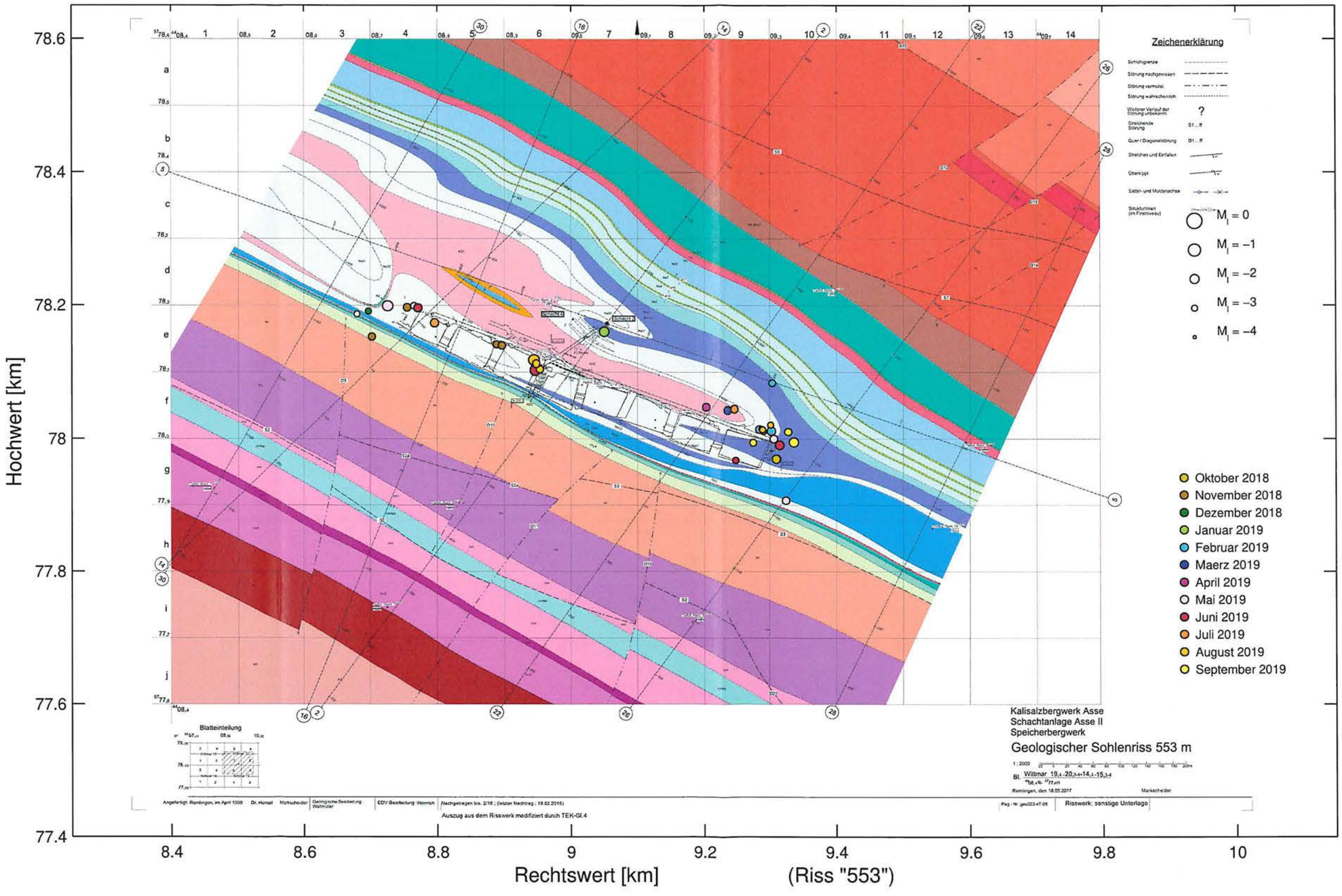
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337

Mikroseismizität im Bereich der 532-m-Sohle (-324,5 m NN bis -345,5 m NN)



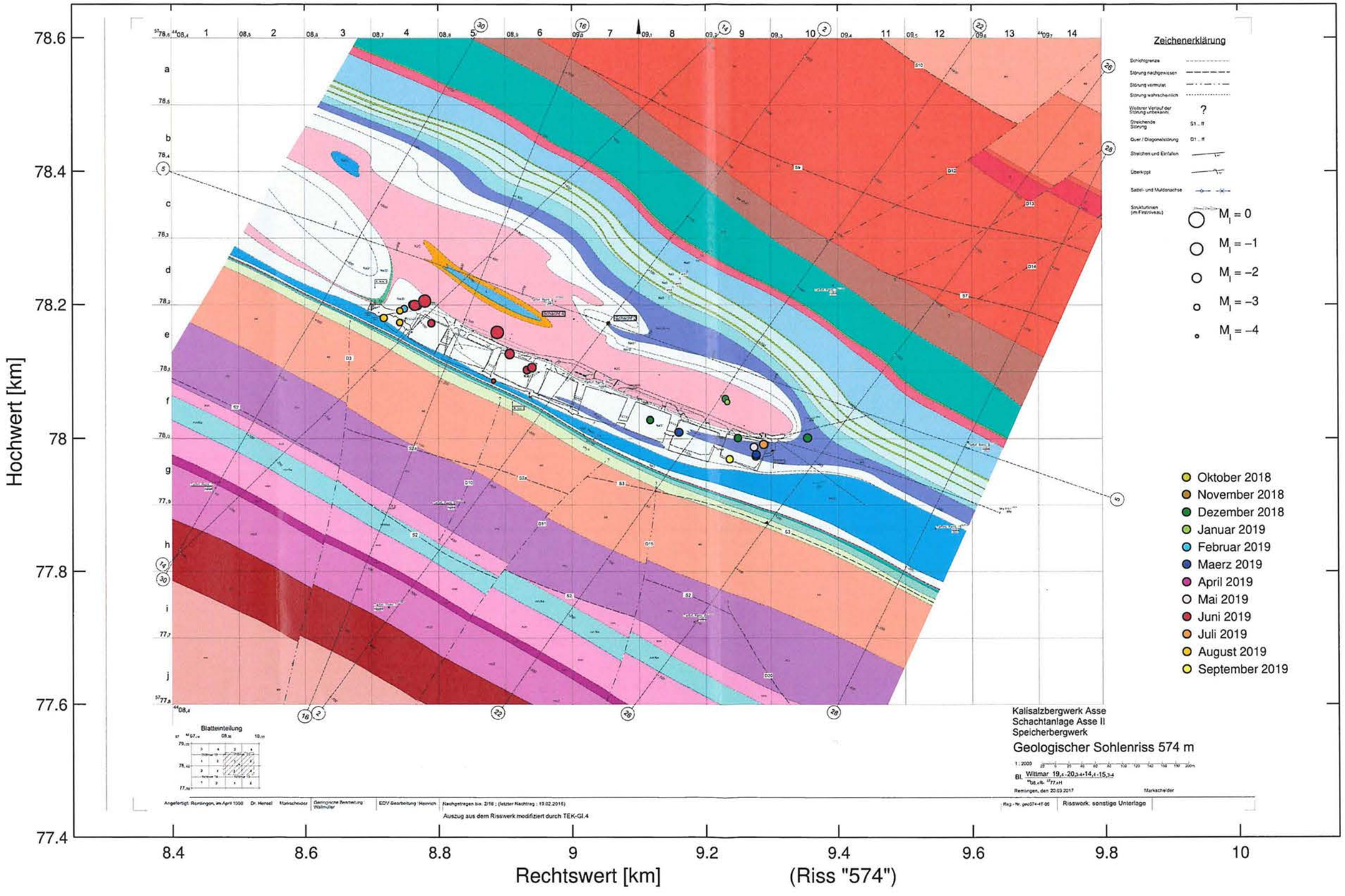
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 553-m-Sohle (-345,5 m NN bis -366,5 m NN)



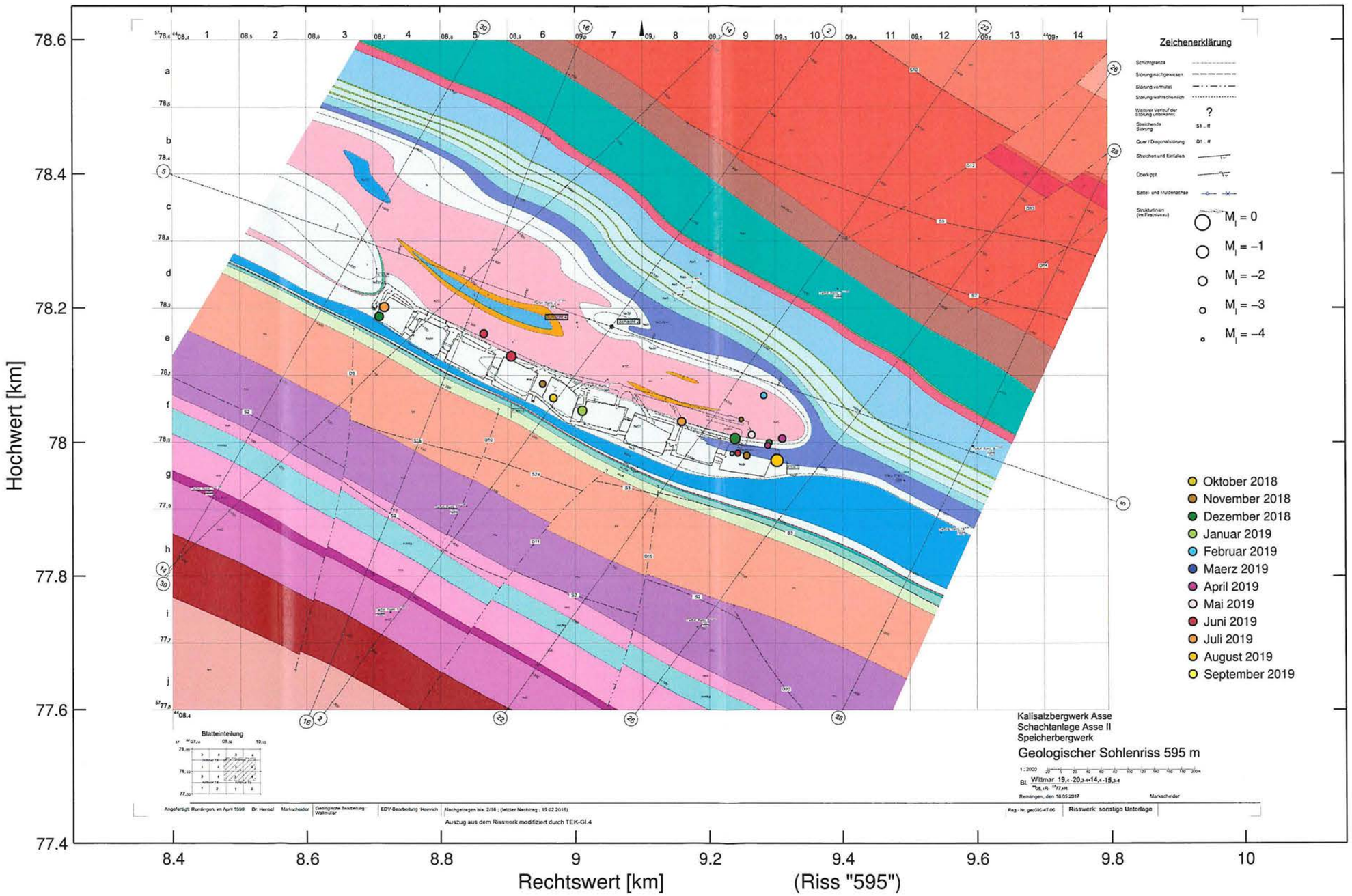
footnotesize Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 574-m-Sohle (-366,5 m NN bis -387,5 m NN)



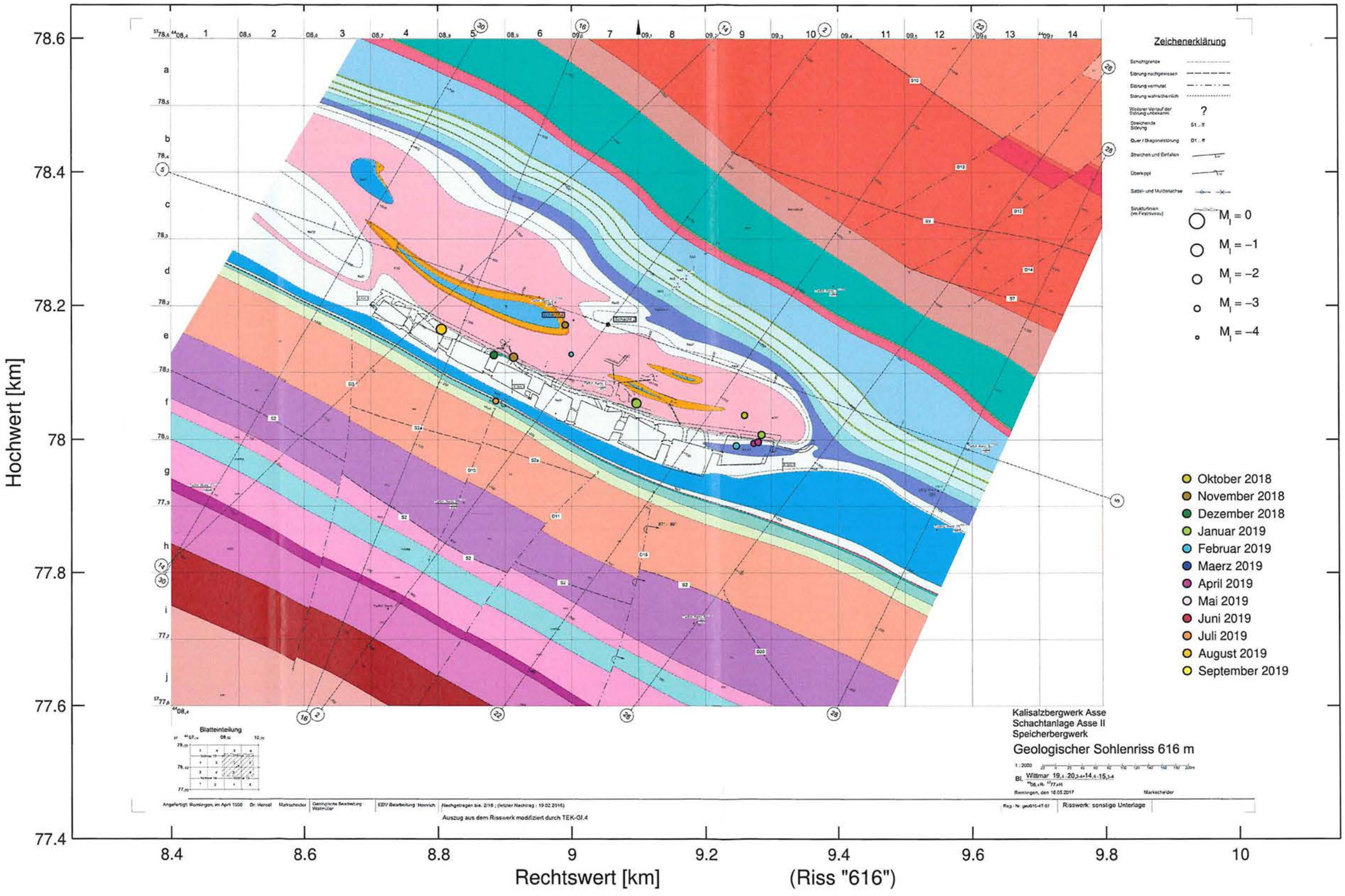
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 595-m-Sohle (-387,5 m NN bis -408,5 m NN)



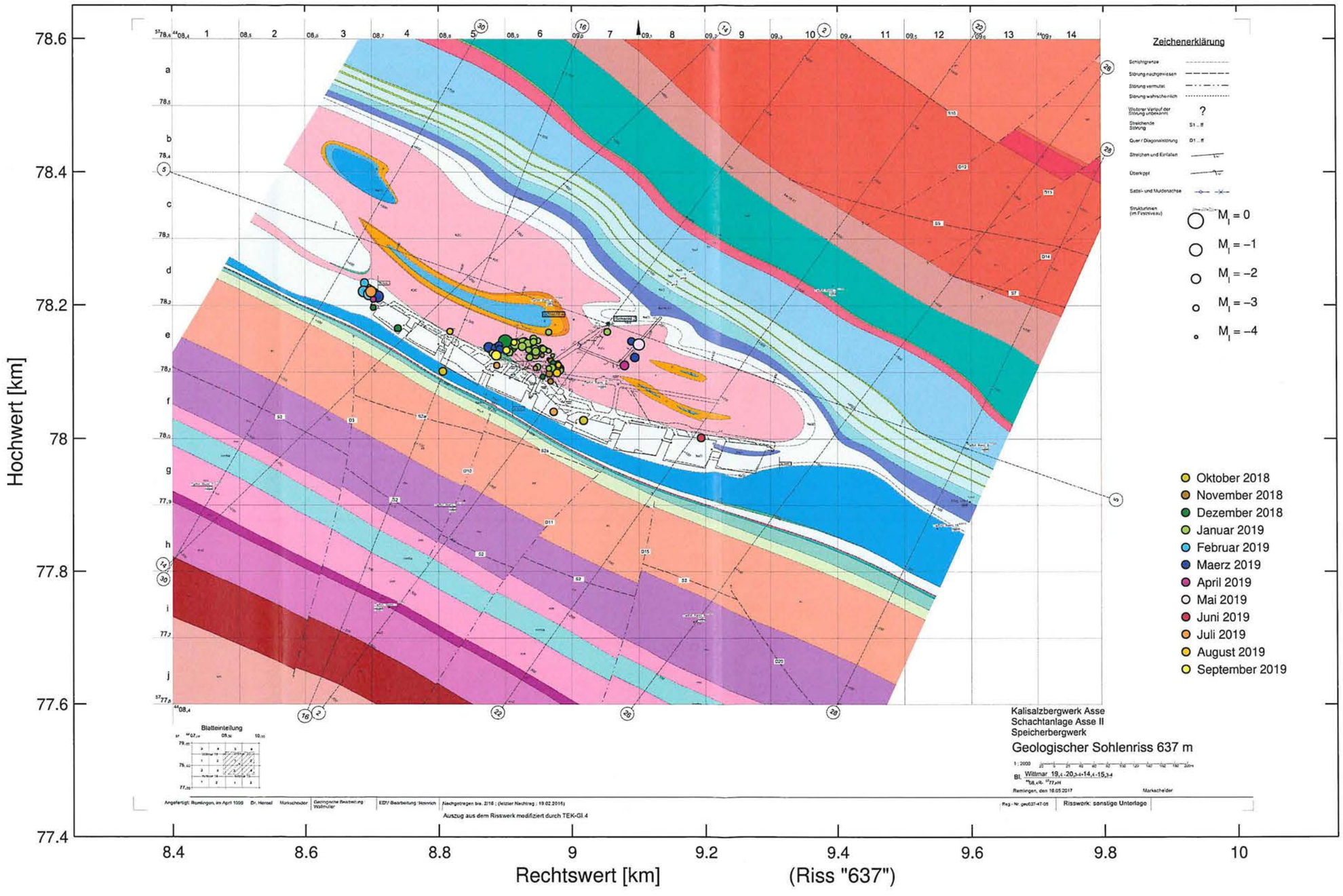
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 616-m-Sohle (-408,5 m NN bis -429,5 m NN)



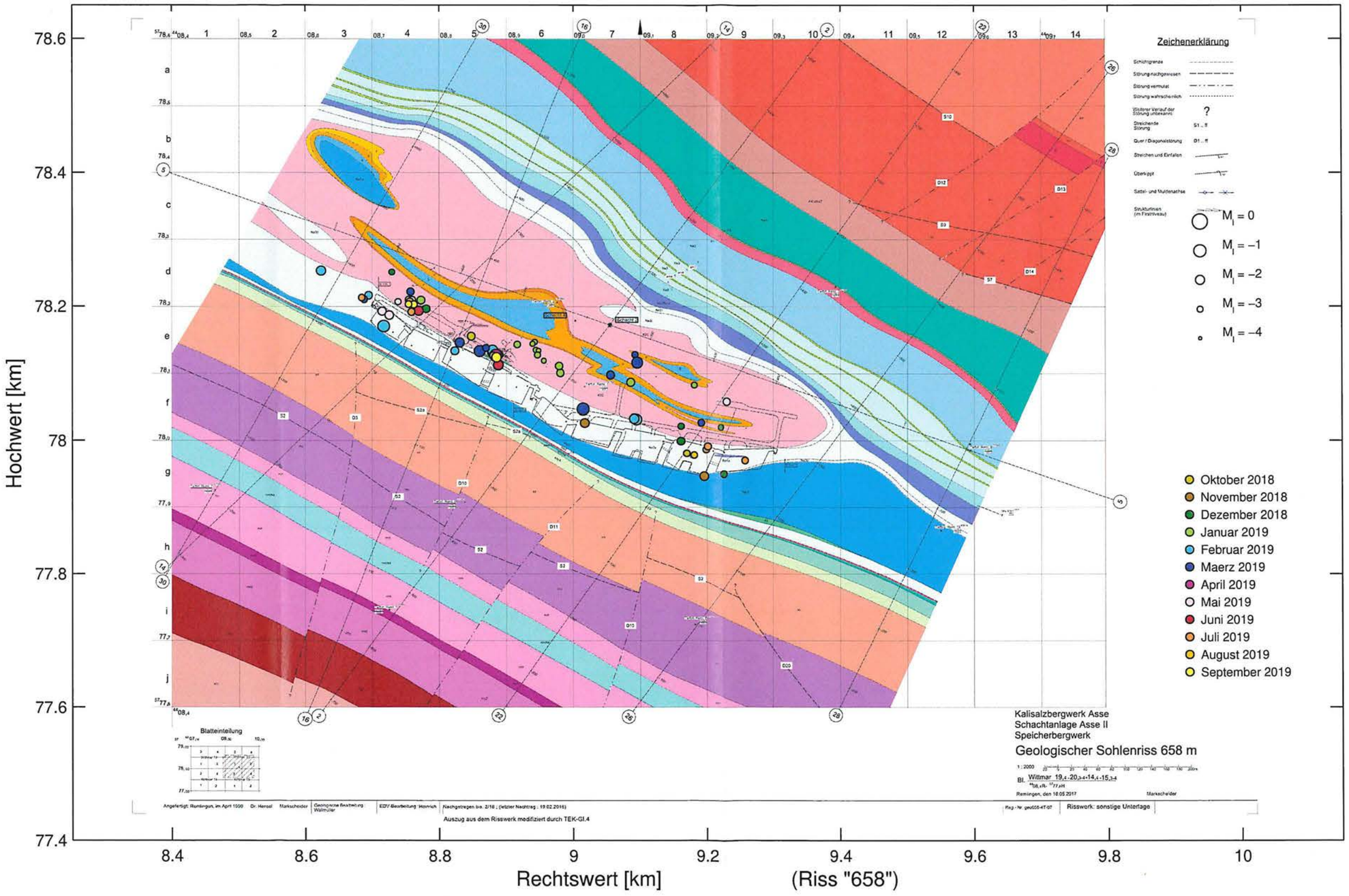
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 637-m-Sohle (-429,5 m NN bis -450,5 m NN)



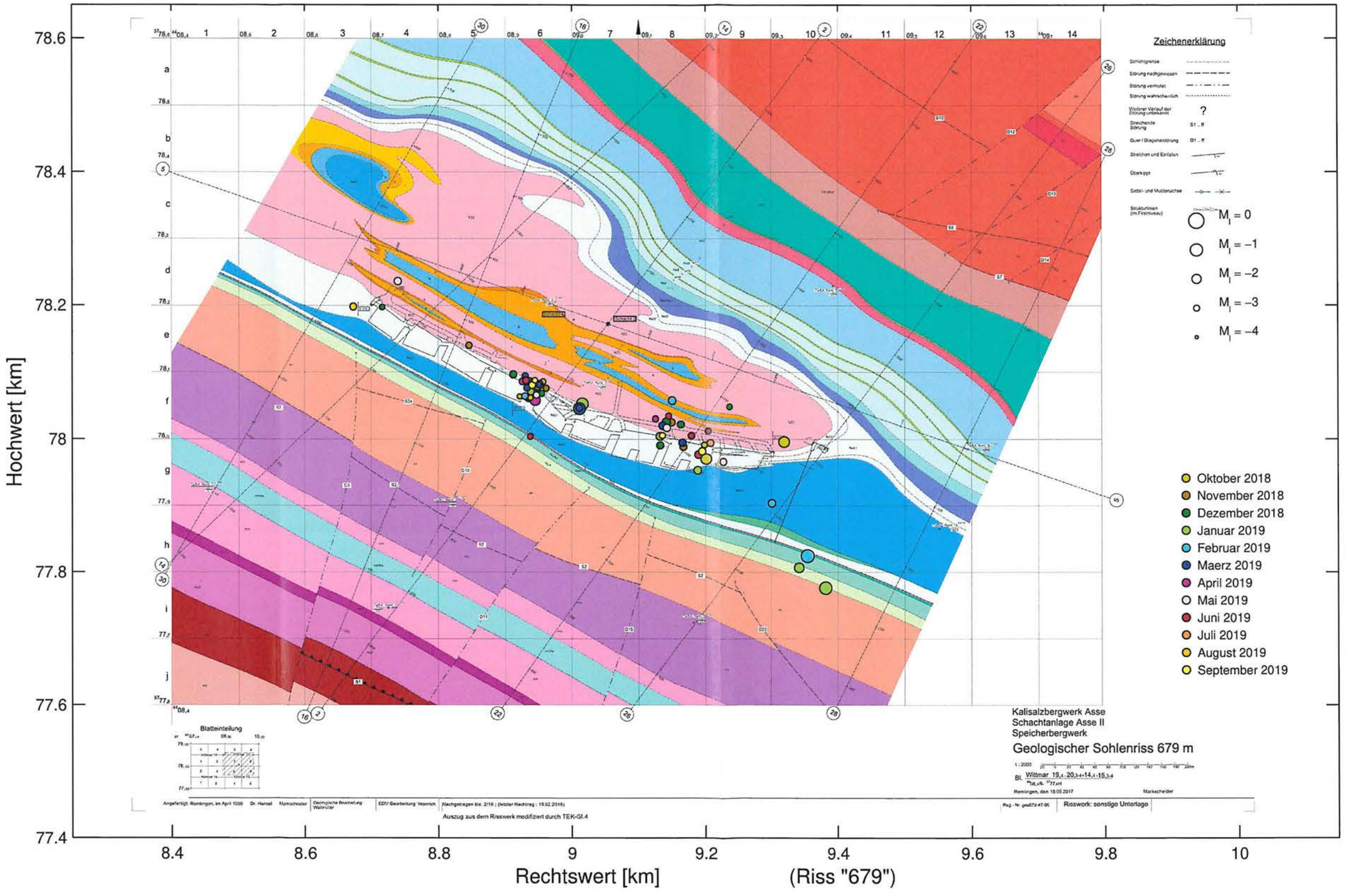
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 658-m-Sohle (-450,5 m NN bis -471,5 m NN)



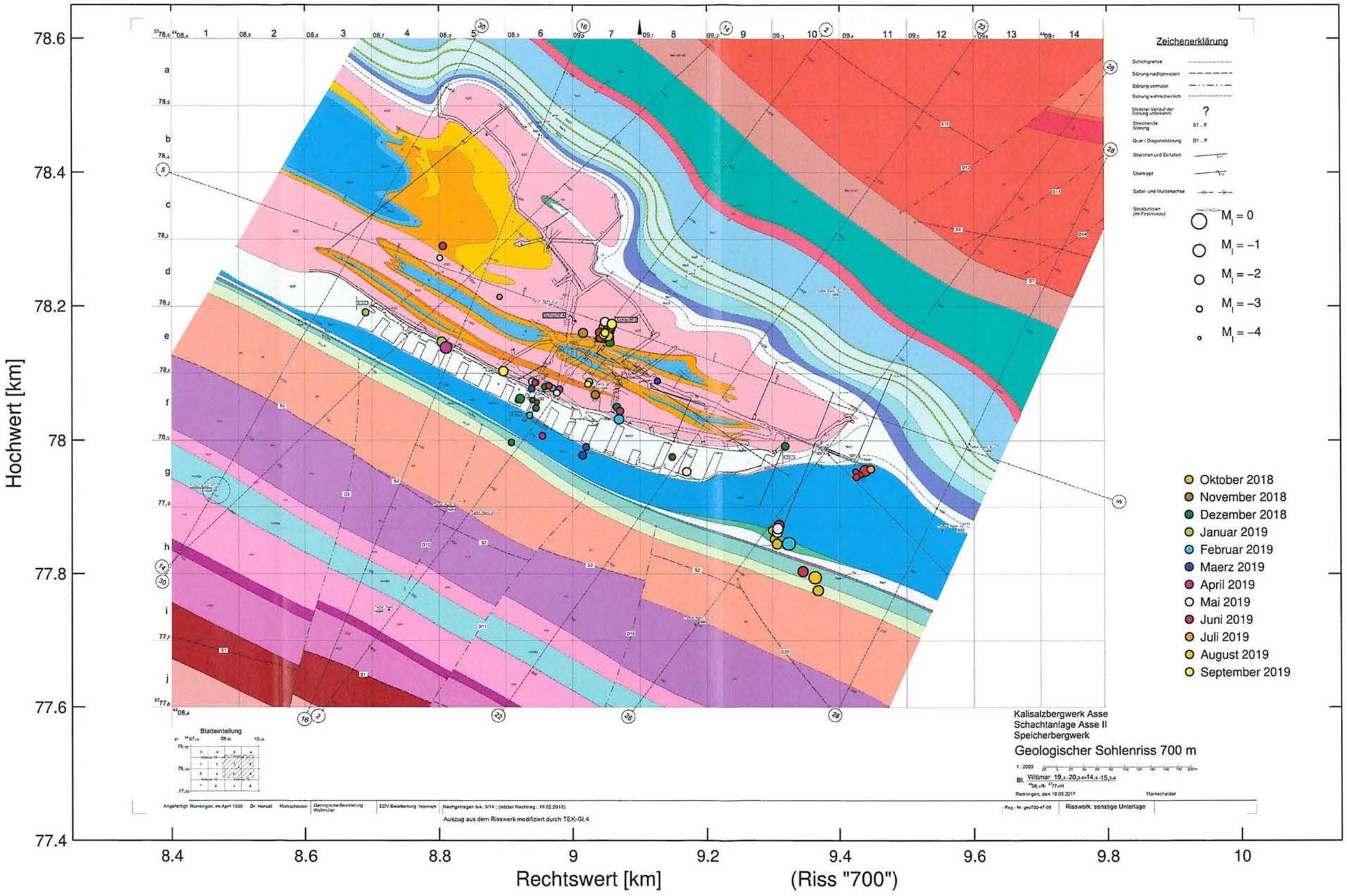
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 679-m-Sohle (-471,5 m NN bis -492,5 m NN)



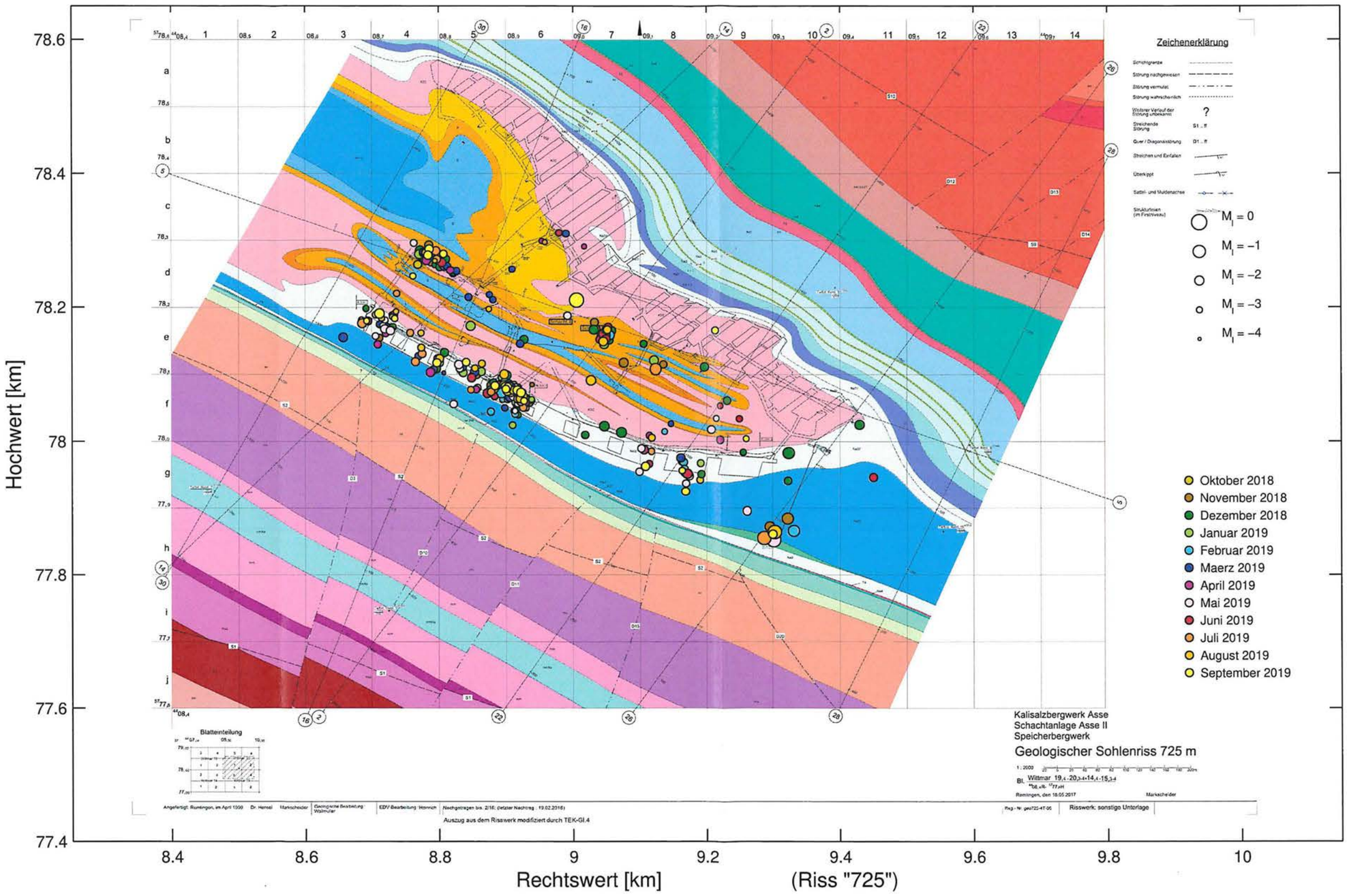
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 700-m-Sohle (-492,5 m NN bis -513,5 m NN)



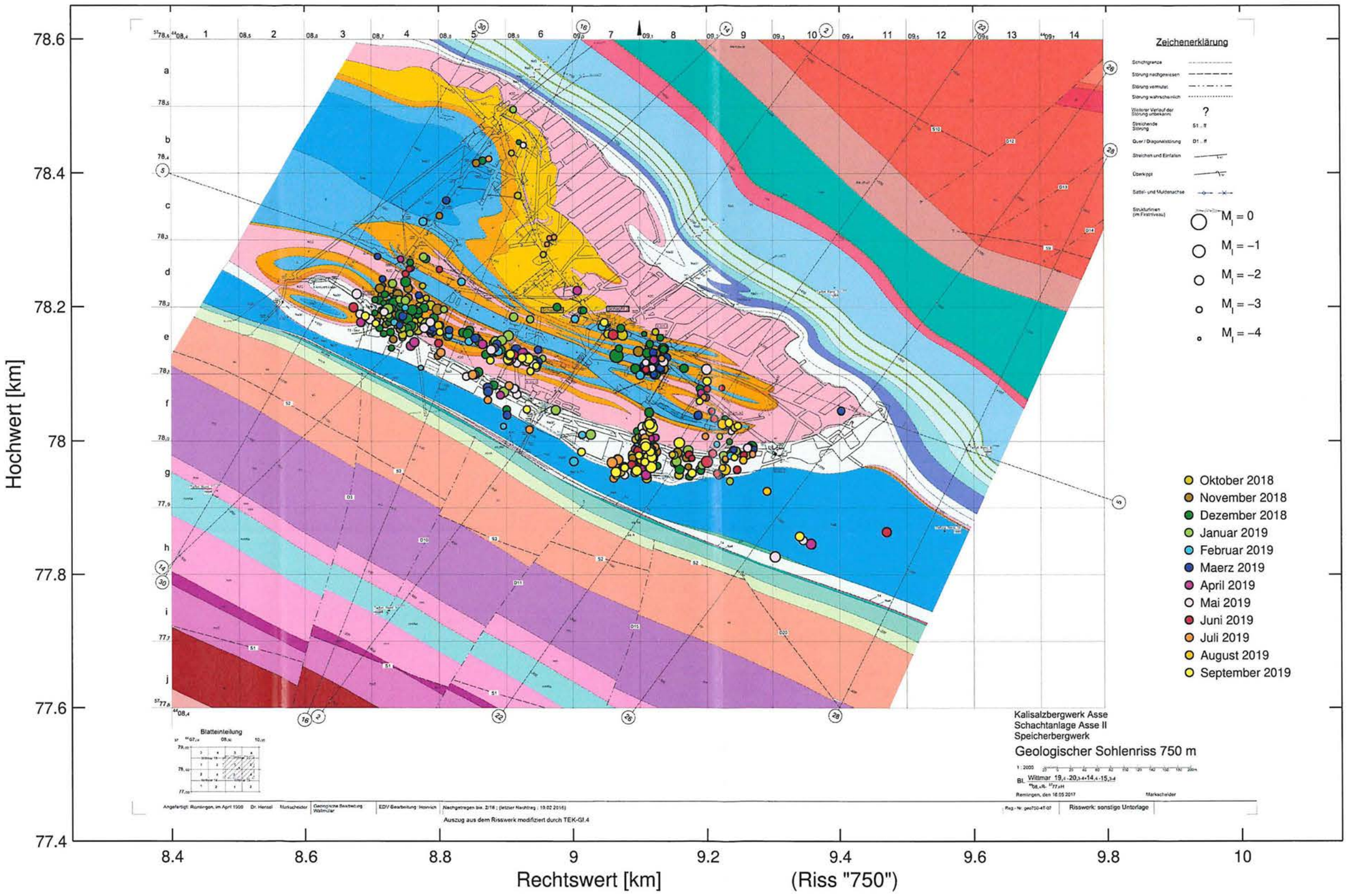
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 725-m-Sohle (-513,5 m NN bis -543,0 m NN)



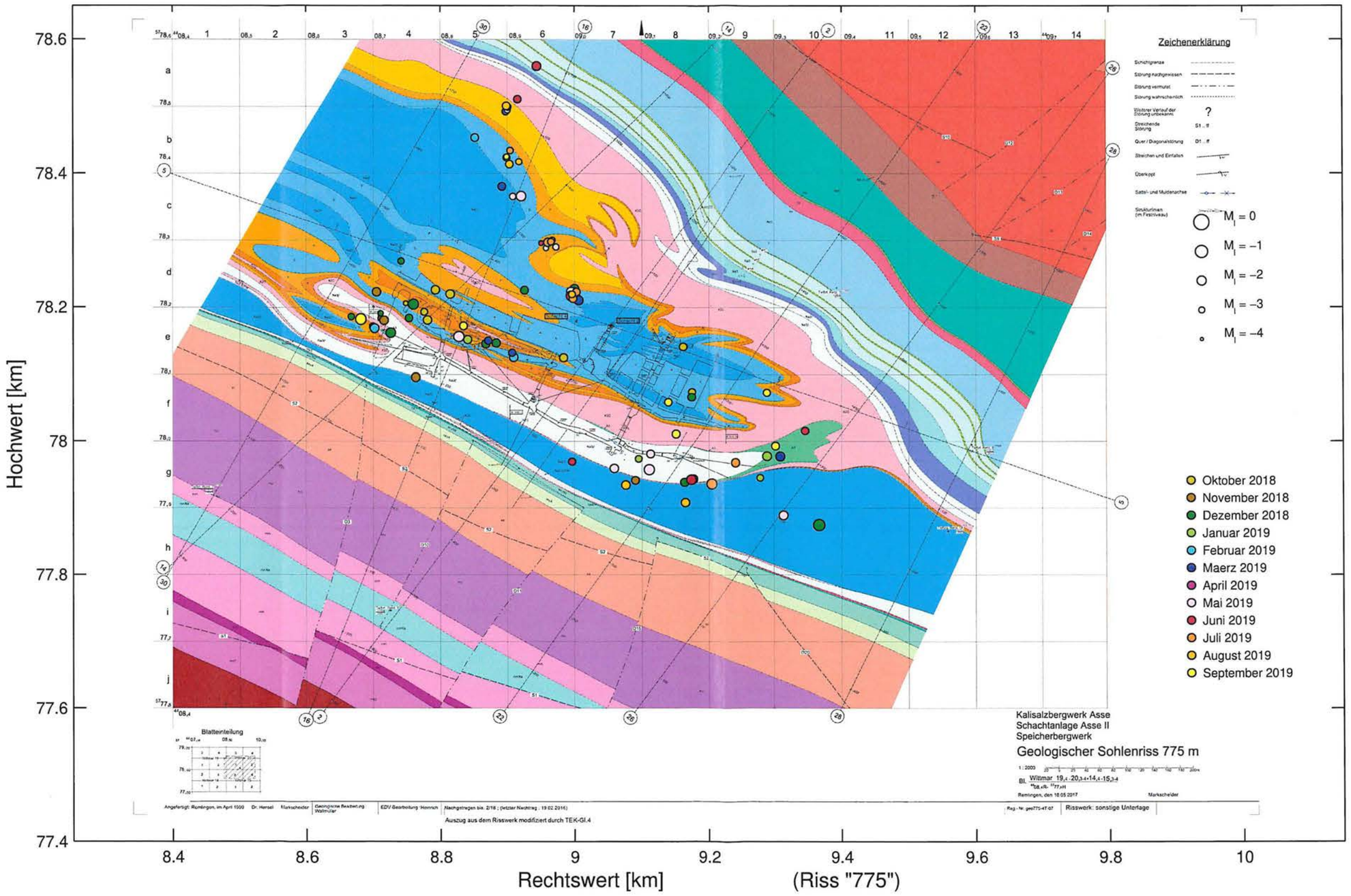
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 750-m-Sohle (-543,0 m NN bis -568,0 m NN)



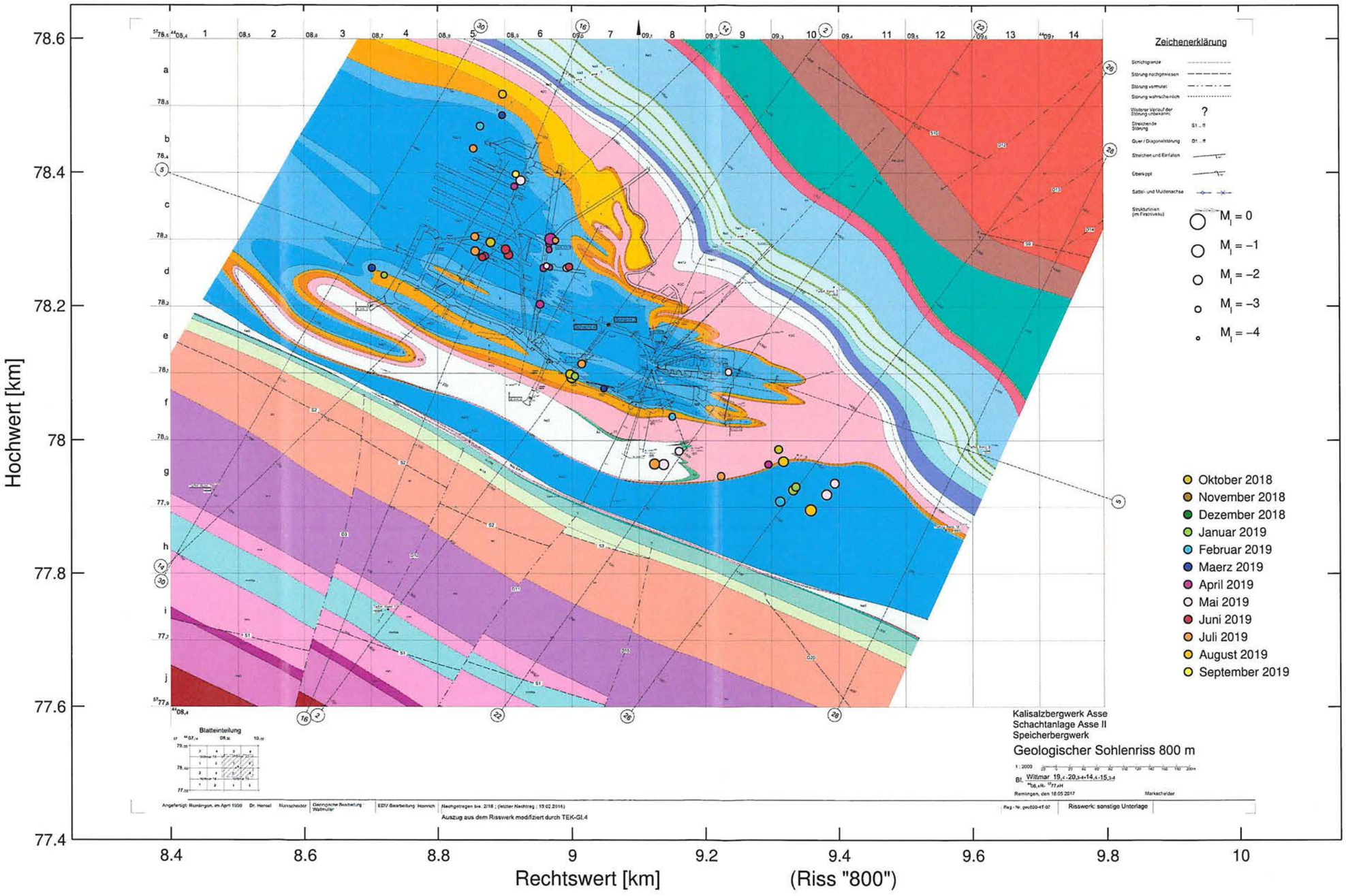
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 775-m-Sohle (-568,0 m NN bis -593,0 m NN)



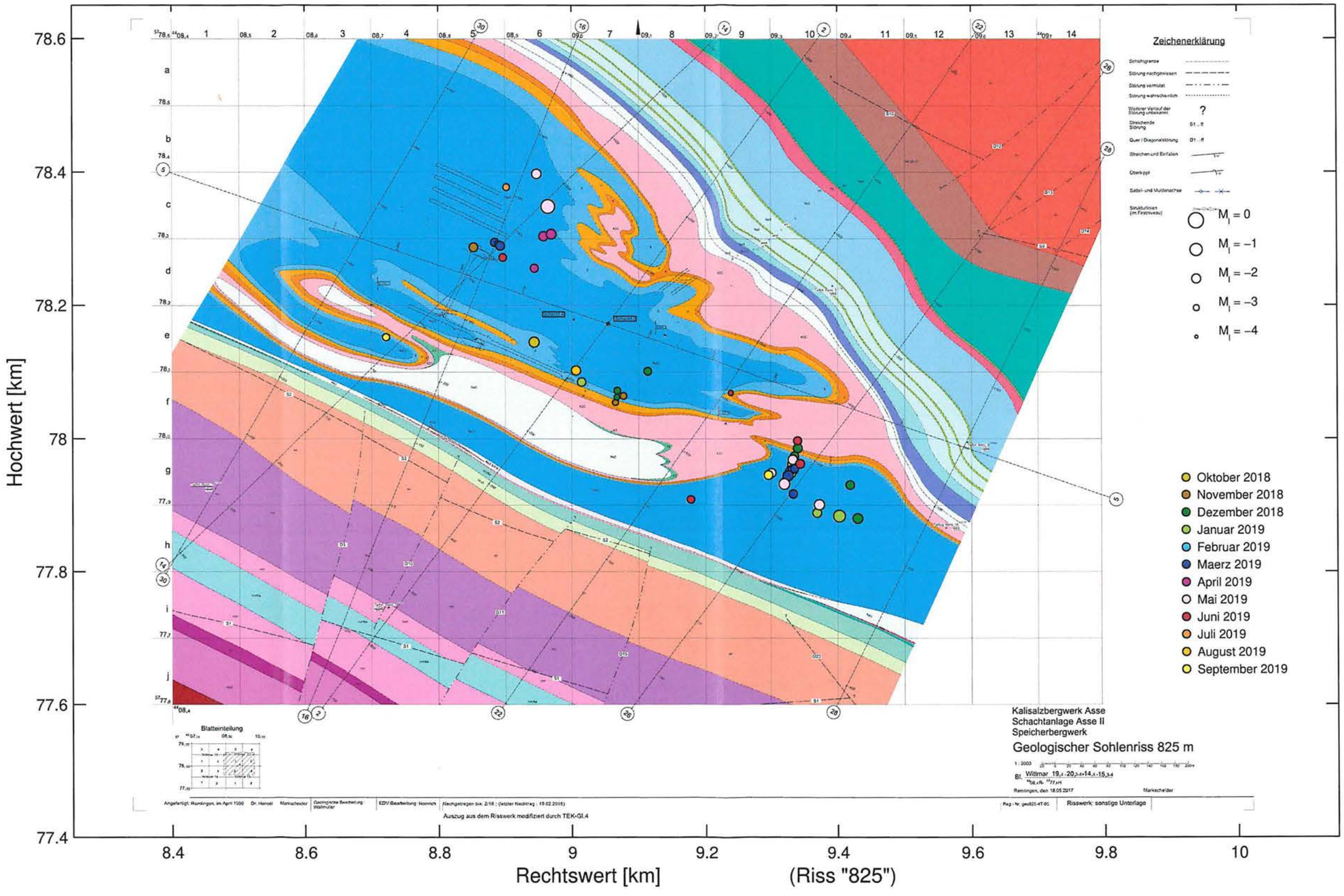
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 800-m-Sohle (-593,0 m NN bis -618,0 m NN)



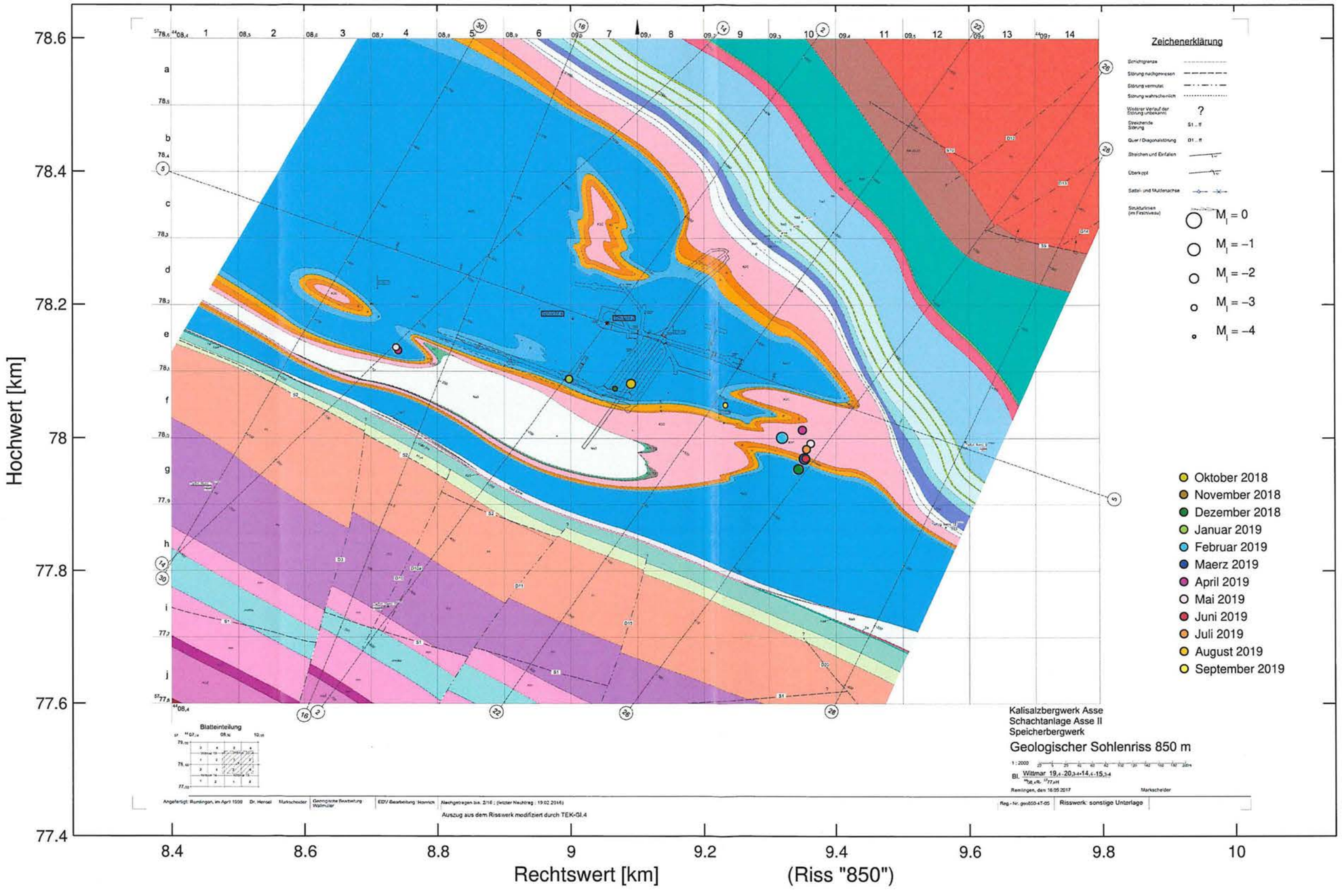
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 825-m-Sohle (-618,0 m NN bis -643,0 m NN)



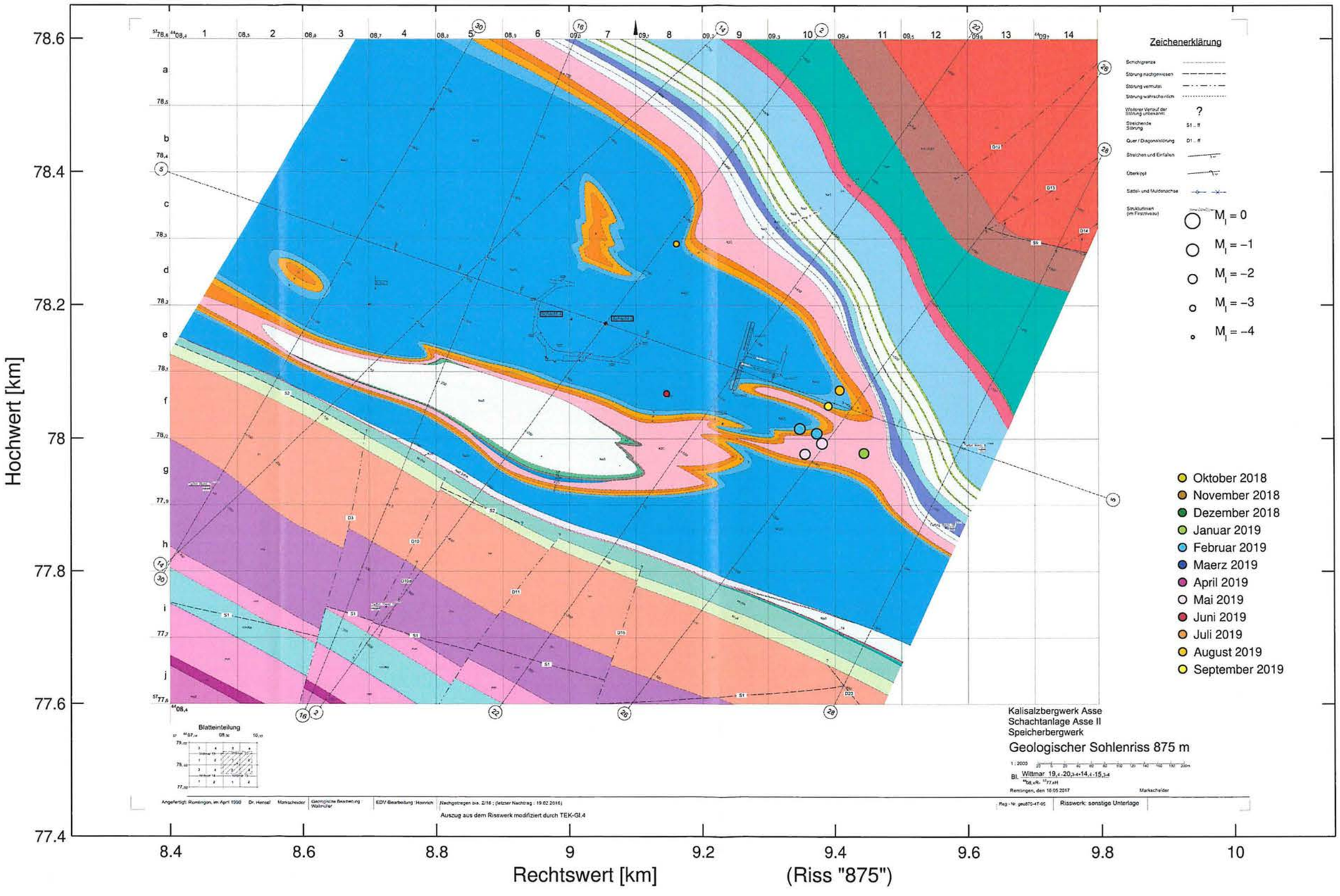
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 850-m-Sohle (-643,0 m NN bis -668,0 m NN)



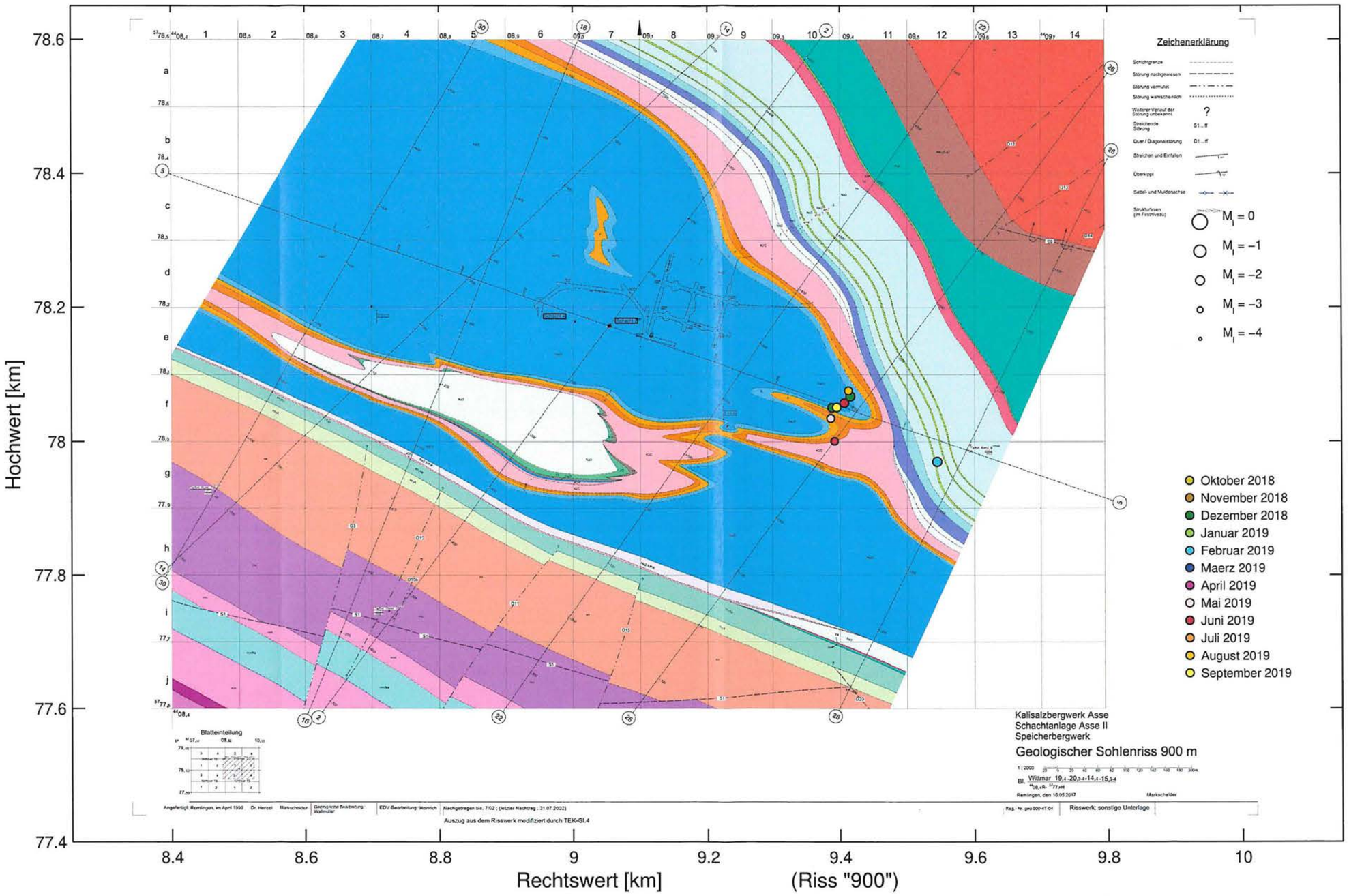
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 875-m-Sohle (-668,0 m NN bis -693,0 m NN)



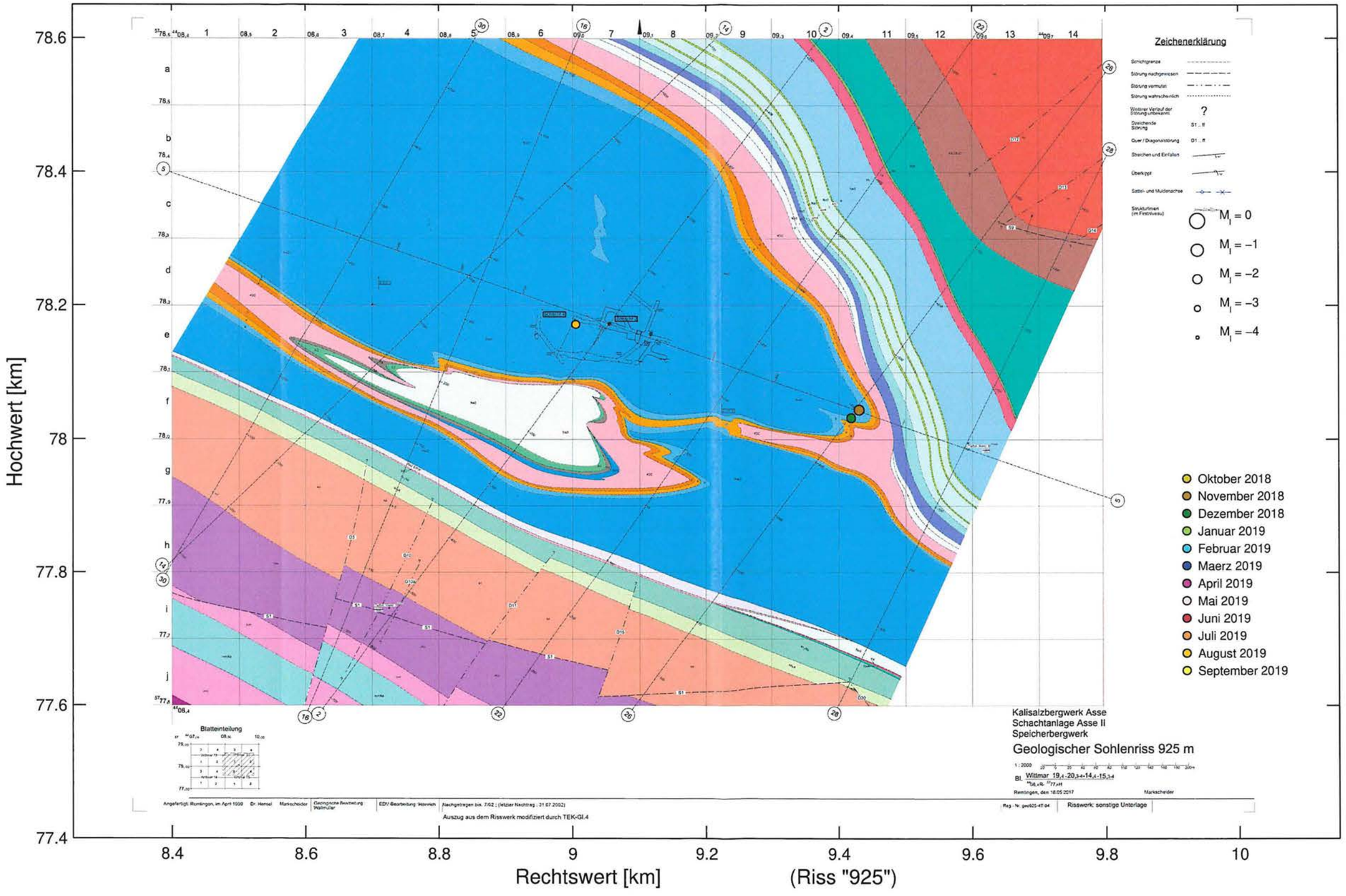
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 900-m-Sohle (-693,0 m NN bis -718,0 m NN)



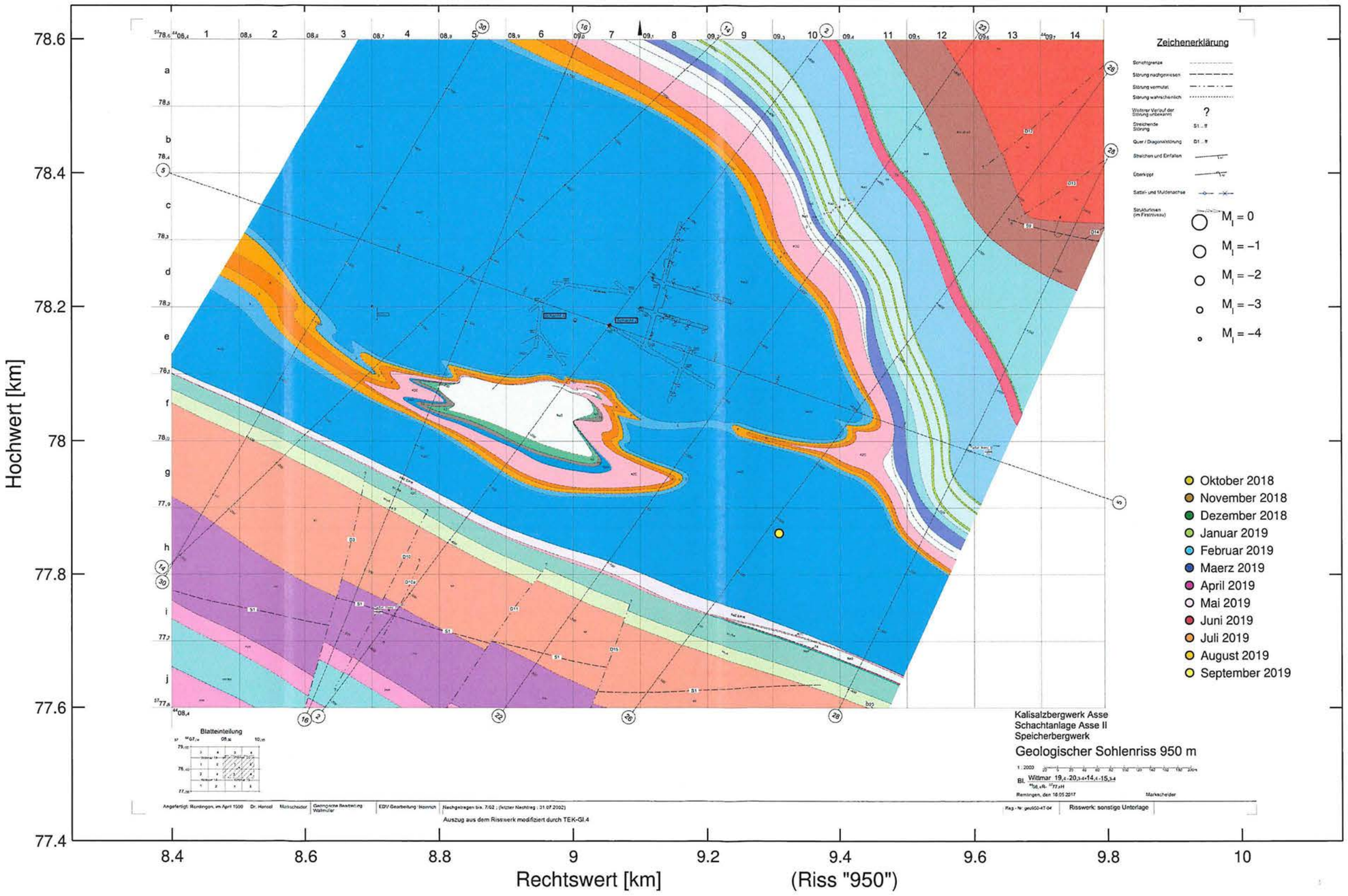
footnotesize Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 925-m-Sohle (-718,0 m NN bis -743,0 m NN)



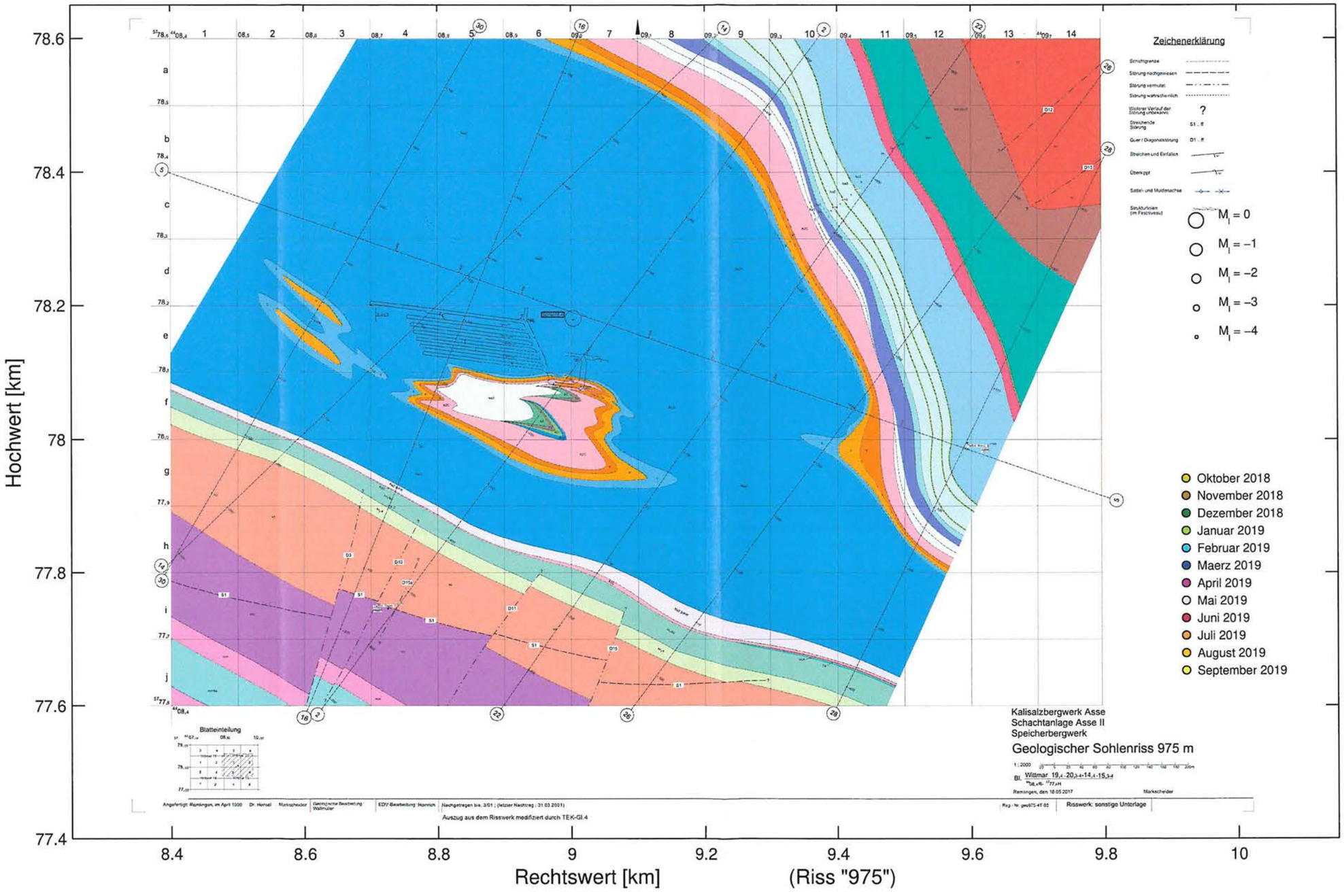
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 950-m-Sohle (-743,0 m NN bis -768,0 m NN)



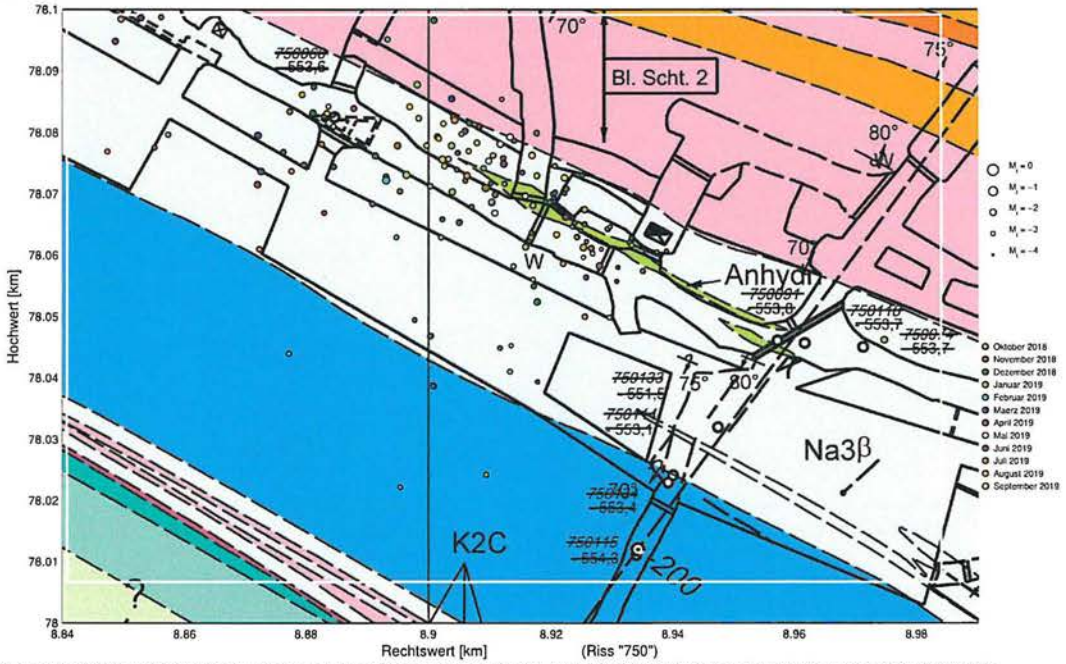
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Mikroseismizität im Bereich der 975-m-Sohle und tiefer (unterhalb von 768,0 m NN)



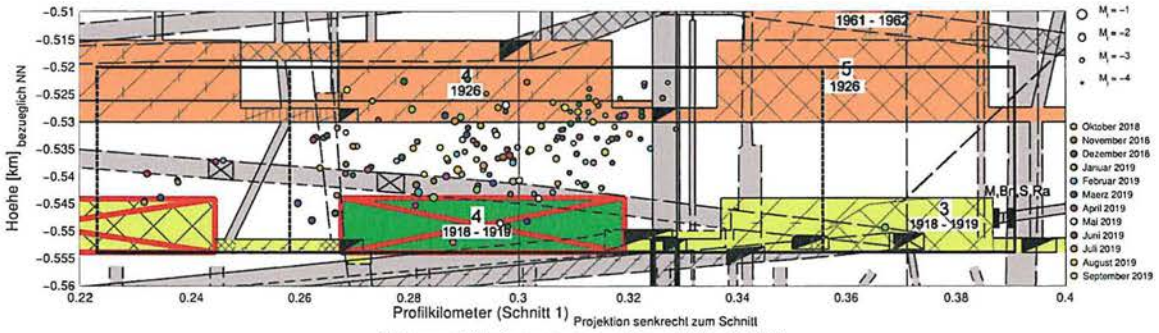
Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Anhang 5.9: Cluster bei der ELK 4/750



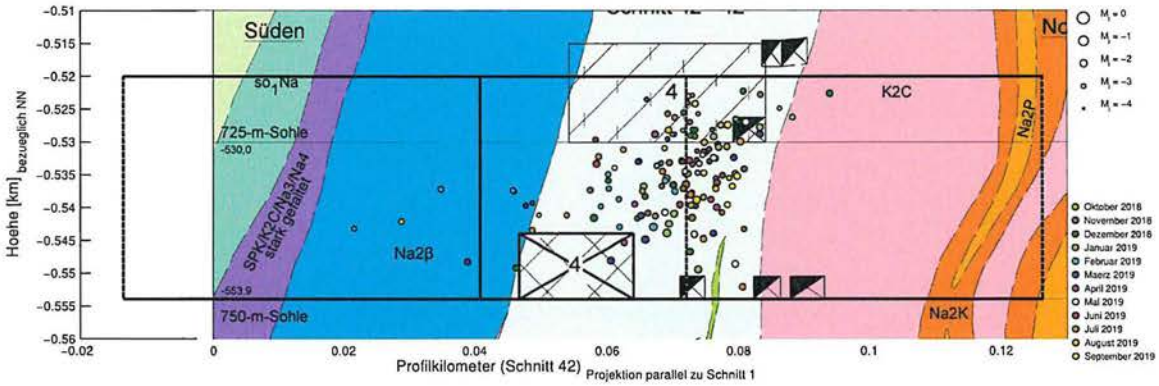
Hintergrundbild: 750-m-Sohlenniveau - Auszug aus dem Risswerk (Stand 2019). Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Bild 18: Draufsicht auf die mikroseismischen Ereignisse bei der ELK 4/750 in den Betriebsruhephasen von 10/2018 bis 09/2019 (Manuelle Auswertung)



Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand 2018).

Bild 19: Mikroseismizität bei der ELK 4/750 in den Betriebsruhephasen von 10/2018 bis 09/2019 projiziert auf einen etwa parallel zum Streichen durch das Baufeld an der Südflanke verlaufenden Schnitt (Manuelle Auswertung)



Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand 2010). Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Bild 20: Mikroseismizität bei der ELK 4/750 in den Betriebsruhephasen von 10/2018 bis 09/2019 projiziert auf einen etwa senkrecht zum Streichen durch die Abbaureihe 4 verlaufenden Schnitt (Manuelle Auswertung)

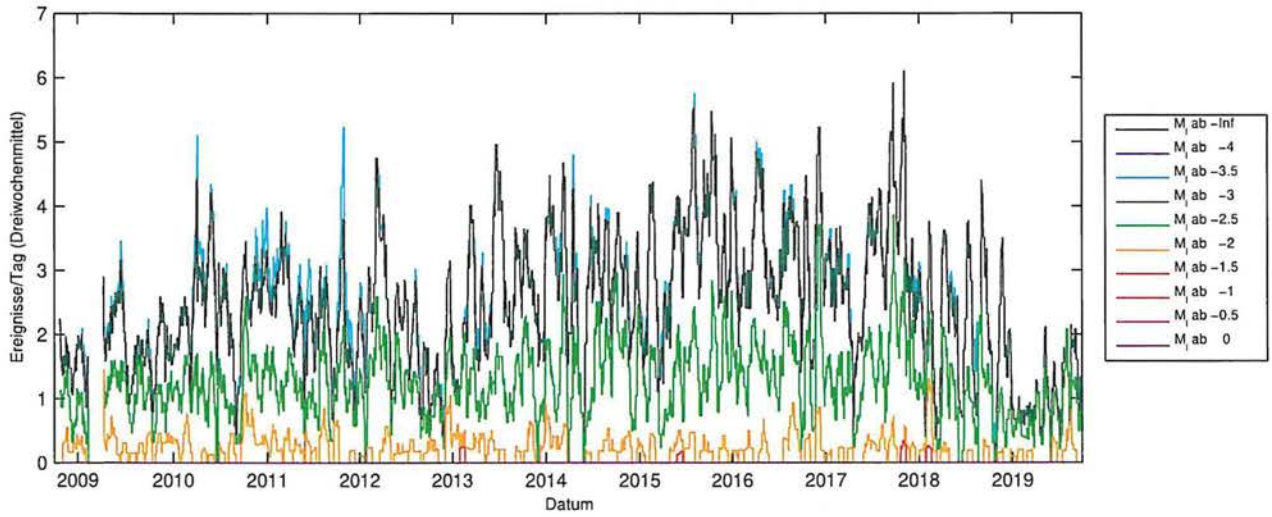


Bild 21: Dreiwochenmittel der Ereignisrate des Clusters bei der ELK 4/750 hochgerechnet aus den Ereignissen während der Betriebsruhephasen von 10/2008 bis 09/2019 aufgeschlüsselt nach Magnituden (Automatik)

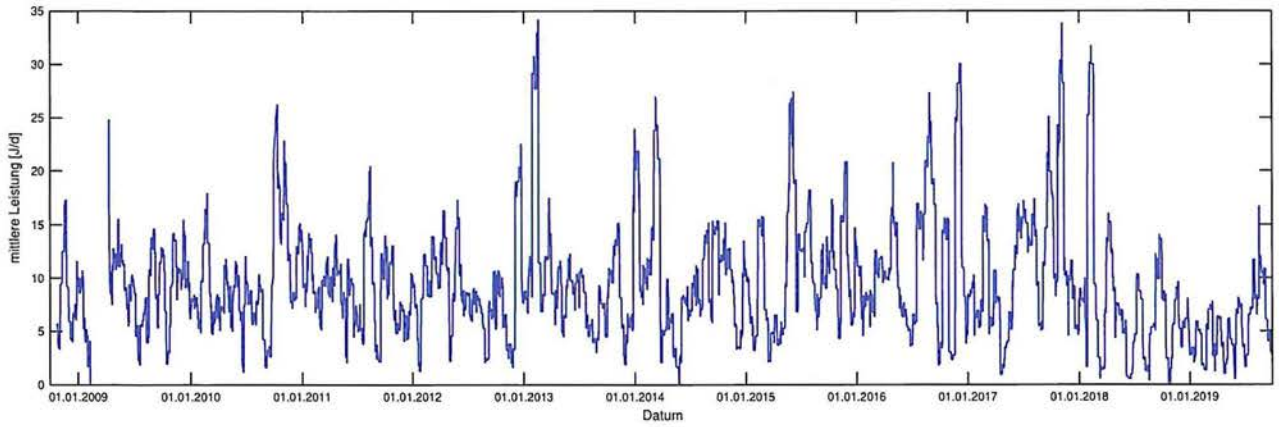


Bild 22: Über drei Wochen gemittelte seismische Leistung hochgerechnet aus den Ereignissen des Clusters bei der ELK 4/750 während der Betriebsruhephasen 10/2008 bis 09/2019 (Automatik)

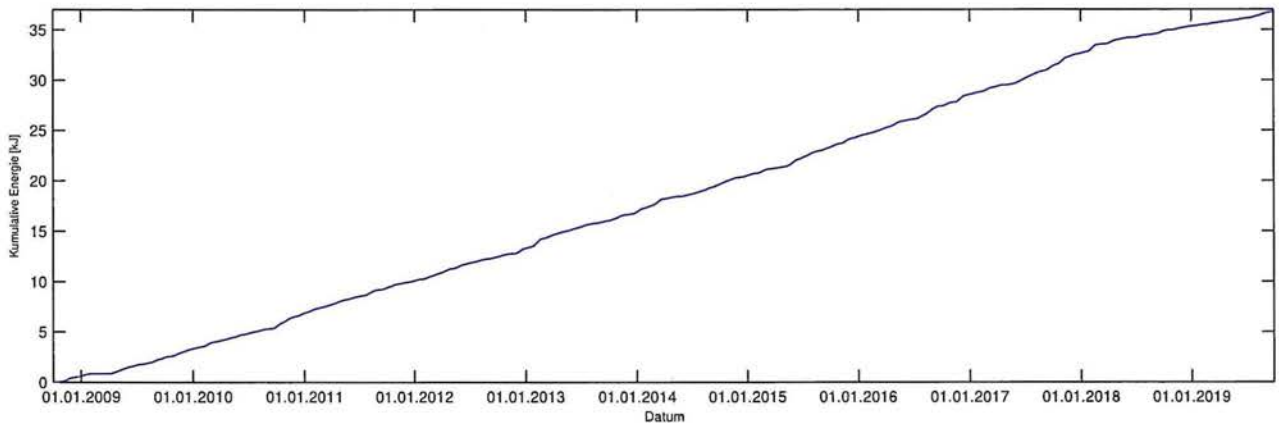


Bild 23: Aus der über drei Wochen gemittelten seismischen Leistung (Bild 22) berechnete kumulative Energie von 10/2008 bis 09/2019 des Clusters bei der ELK 4/750 (Automatik)

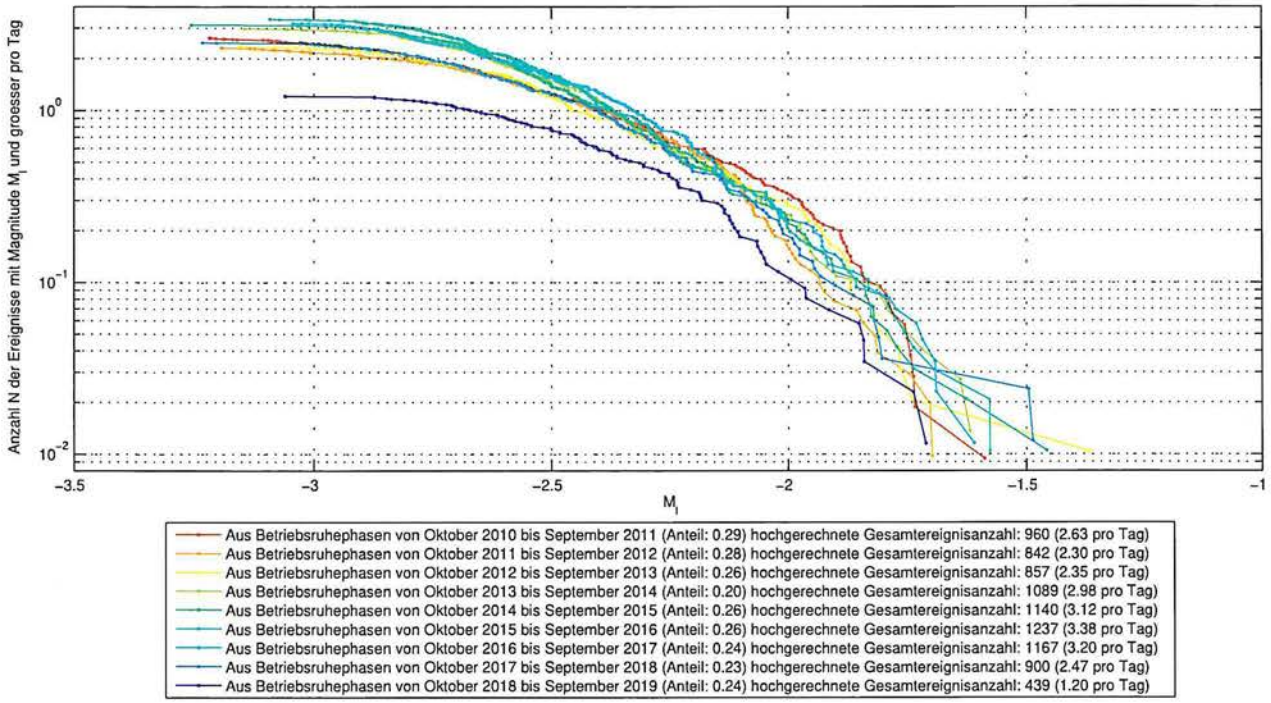
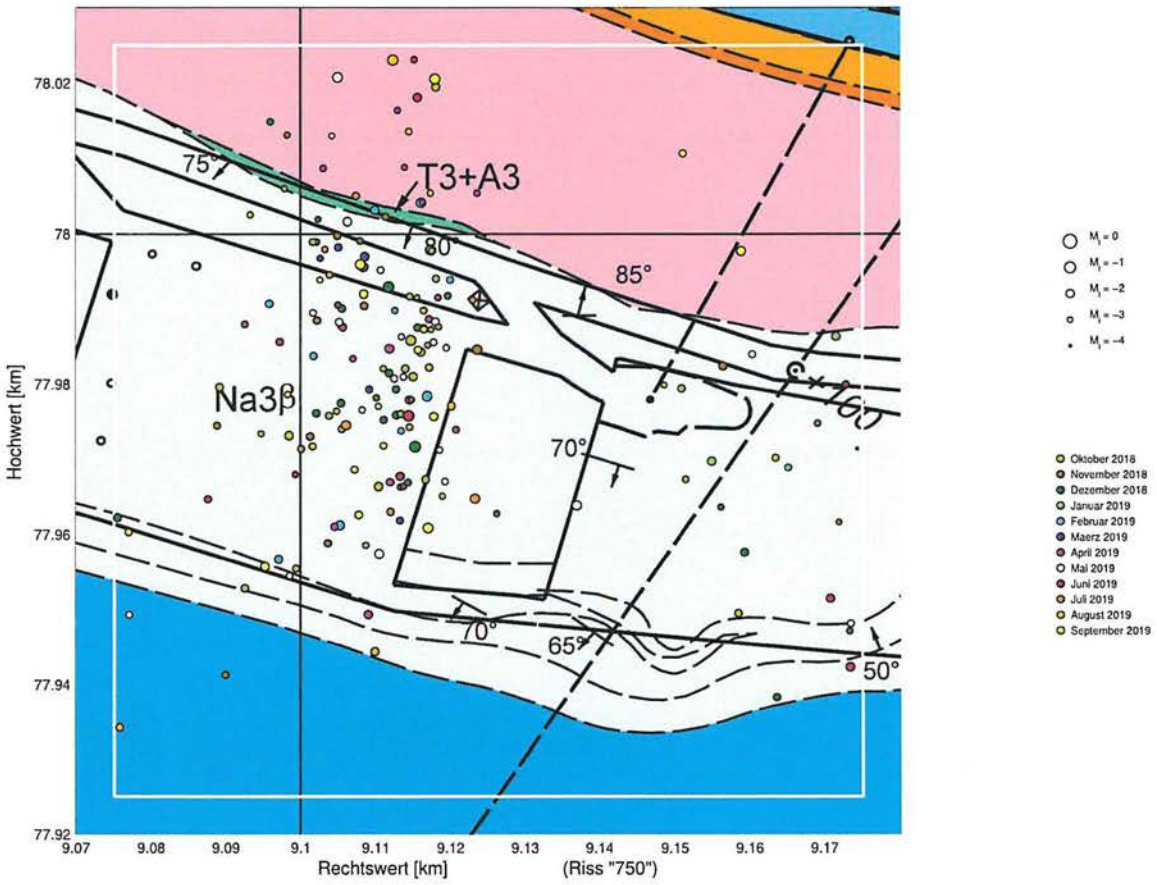


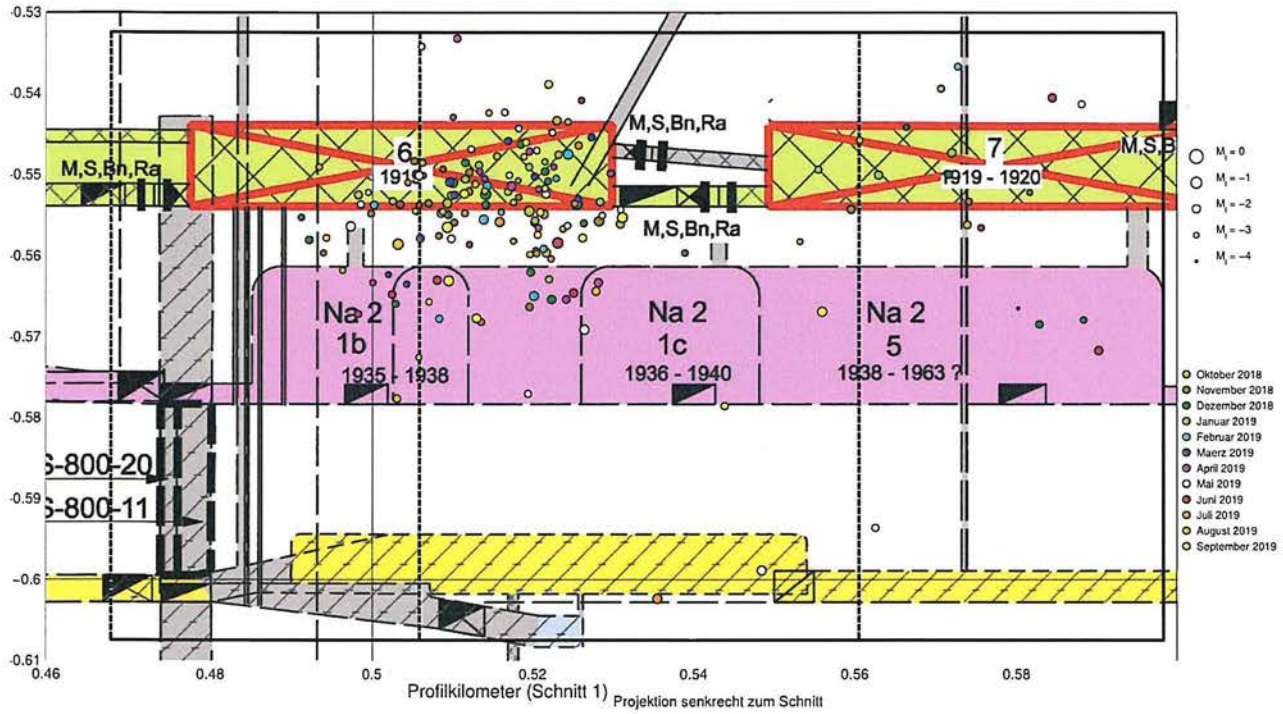
Bild 24: Aus Ereignissen des Clusters bei der ELK 4/750 während der Betriebsruhephasen hochgerechnete Magnituden-Häufigkeits-Verteilungen (Automatik) für die Berichtszeiträume 2009 bis 2019 (10/2008–09/2019).

Anhang 5.10: Cluster bei der ELK 6/750



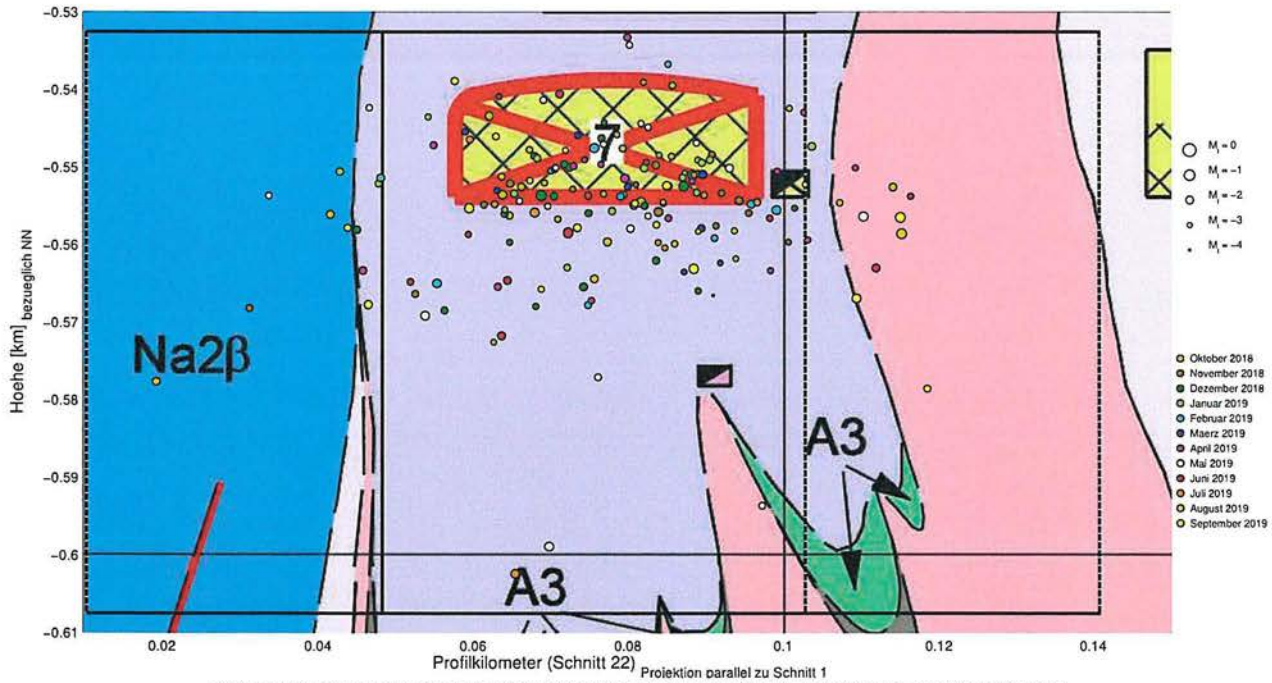
Hintergrundbild: 750-m-Sohlenniveau - Auszug aus dem Risswerk (Stand 2019). Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Bild 25: Draufsicht auf die mikroseismischen Ereignisse bei der ELK 6/750 in den Betriebsruhephasen von 10/2018 bis 09/2019 (Manuelle Auswertung)



Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand 2018).

Bild 26: Mikroseismizität bei der ELK 6/750 in den Betriebsruhephasen von 10/2018 bis 09/2019 projiziert auf einen etwa parallel zum Streichen durch das Baufeld an der Südflanke verlaufenden Schnitt (Manuelle Auswertung)



Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand 2016). Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Bild 27: Mikroseismizität bei der ELK 6/750 in den Betriebsruhephasen von 10/2018 bis 09/2019 projiziert auf einen etwa senkrecht zum Streichen durch die Abbaureihe 7 verlaufenden Schnitt (Manuelle Auswertung)

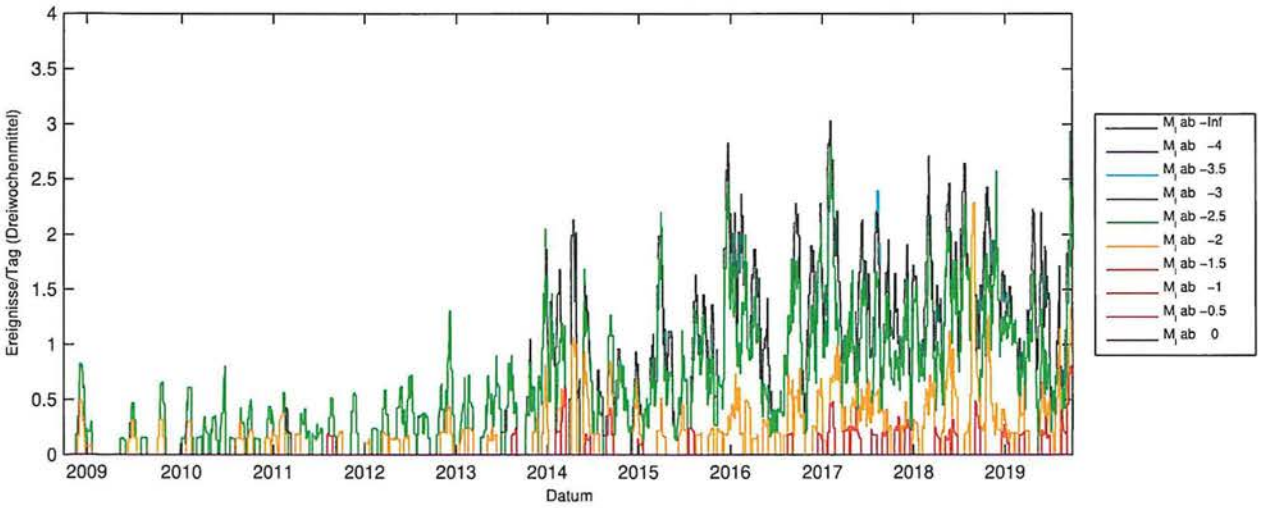


Bild 28: Dreiwochenmittel der Ereignisrate des Clusters bei der ELK 6/750 hochgerechnet aus den Ereignissen während der Betriebsruhephasen von 10/2008 bis 09/2019 aufgeschlüsselt nach Magnituden (Automatik)

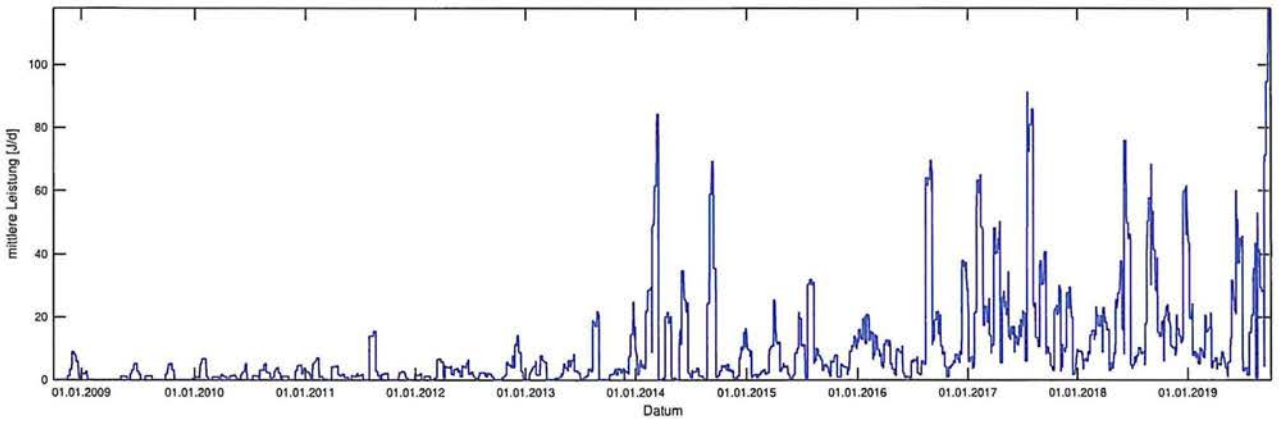


Bild 29: Über drei Wochen gemittelte seismische Leistung hochgerechnet aus den Ereignissen des Clusters bei der ELK 6/750 während der Betriebsruhephasen 10/2018 bis 09/2019 (Automatik)

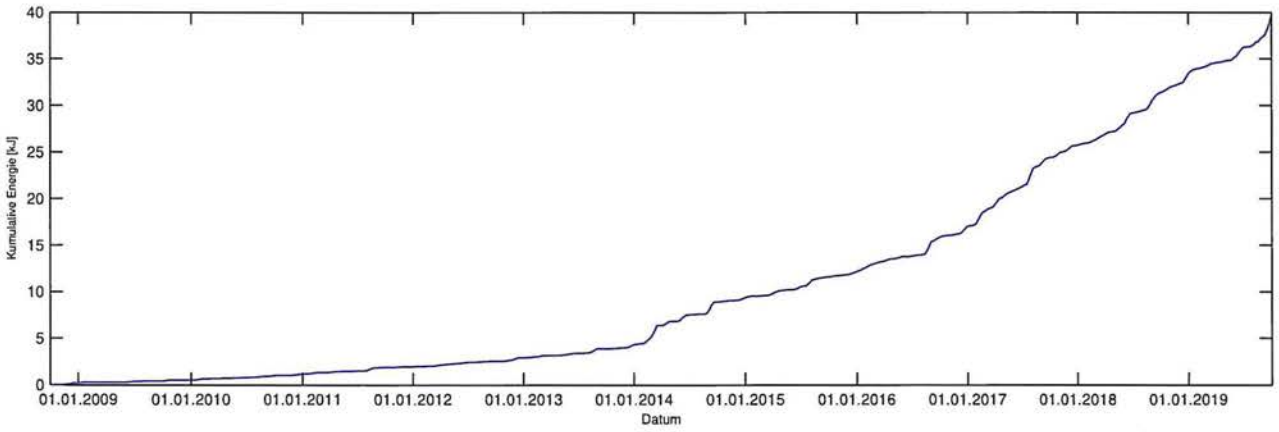


Bild 30: Aus der über drei Wochen gemittelten seismischen Leistung (Bild 29) berechnete kumulative Energie von 10/2018 bis 09/2019 des Clusters bei der ELK 6/750 (Automatik)

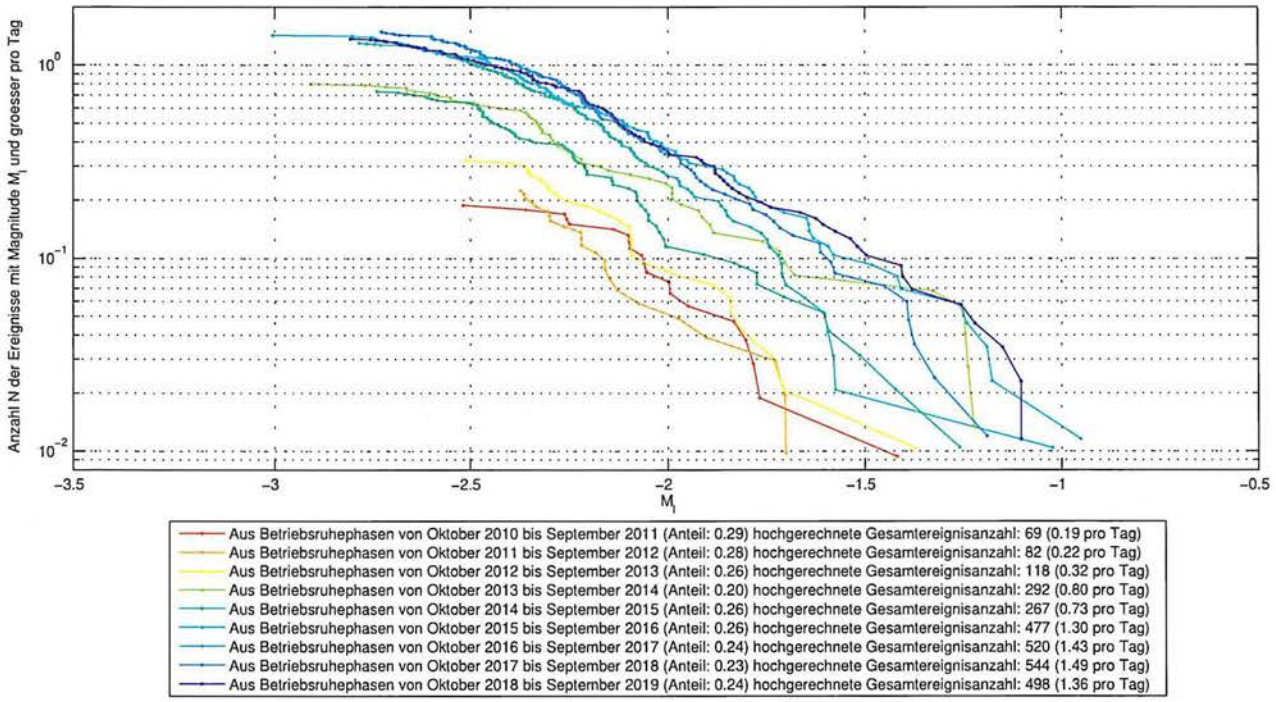
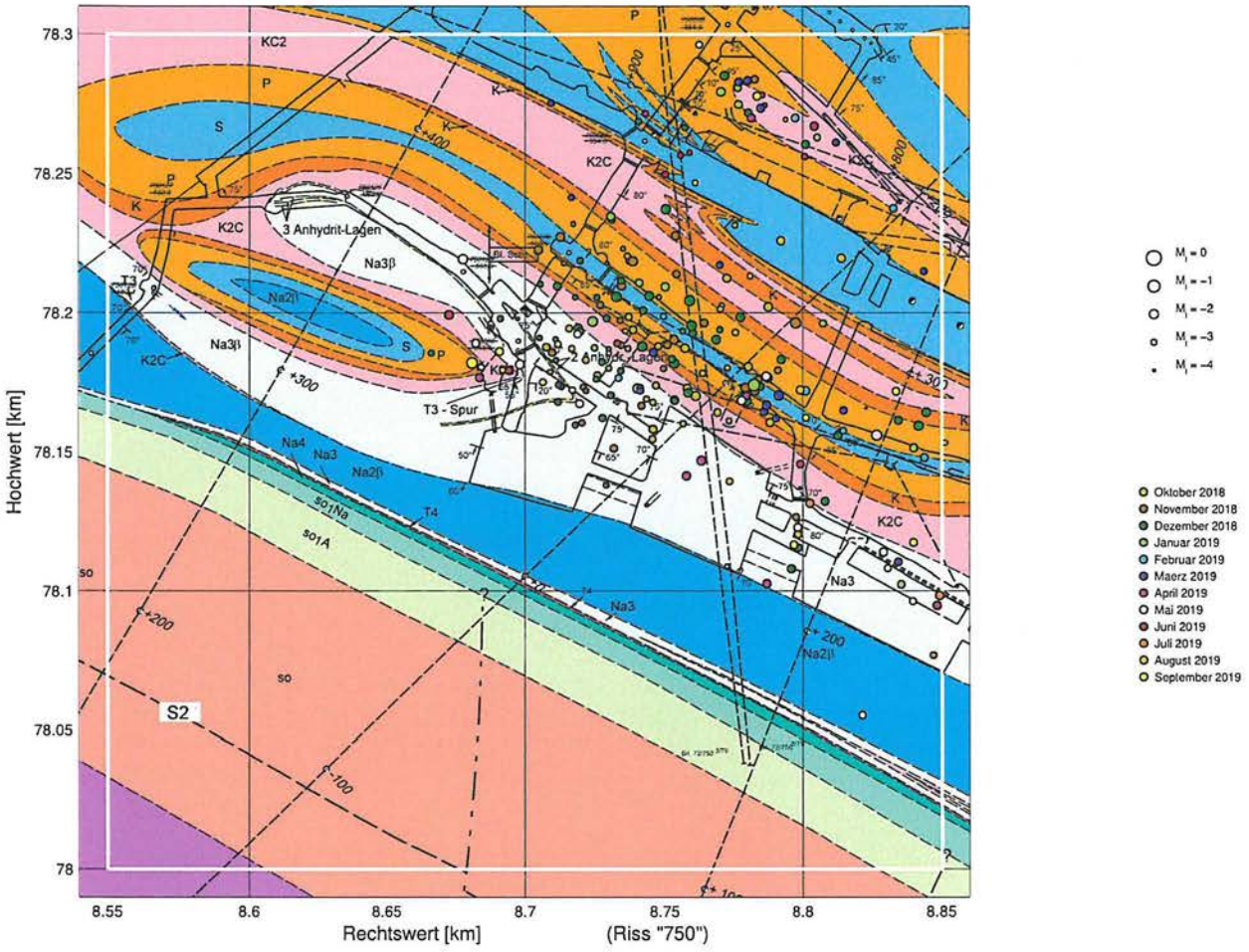


Bild 31: Aus Ereignissen des Clusters bei der ELK 6/750 während der Betriebsruhephasen hochgerechnete Magnituden-Häufigkeits-Verteilungen (Automatik) für die Berichtszeiträume 2009 bis 2019 (10/2008–09/2019).

Anhang 5.11: Mikroseismizität bei der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle westlich der ELK 4/750



Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Bild 32: Draufsicht auf die Ereignisse bei der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle und in ihrer Umgebung westlich der ELK 4/750 in den Betriebsruhephasen von 10/2018 bis 09/2019 (Manuelle Auswertung).

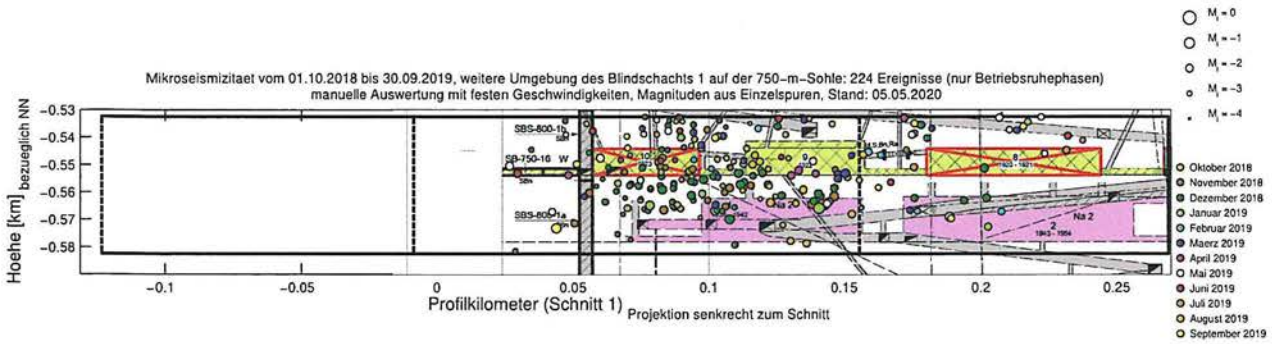


Bild 33: Ereignisse bei der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle und in ihrer Umgebung westlich der ELK 4/750 in den Betriebsruhephasen von 10/2018 bis 09/2019 projiziert auf einen ungefähr parallel zum Streichen verlaufenden Seigerschnitt durch das Baufeld an der Südflanke (Manuelle Auswertung).

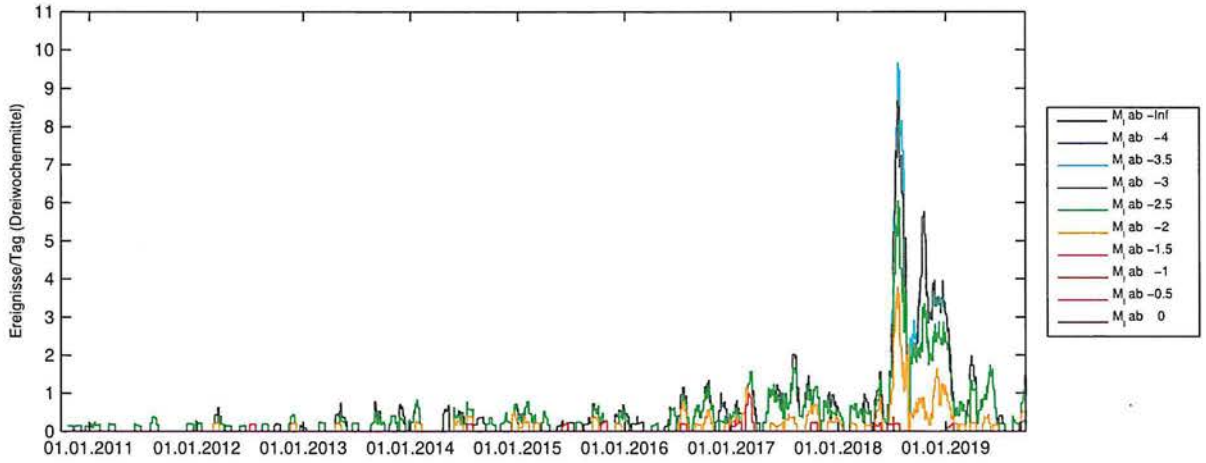
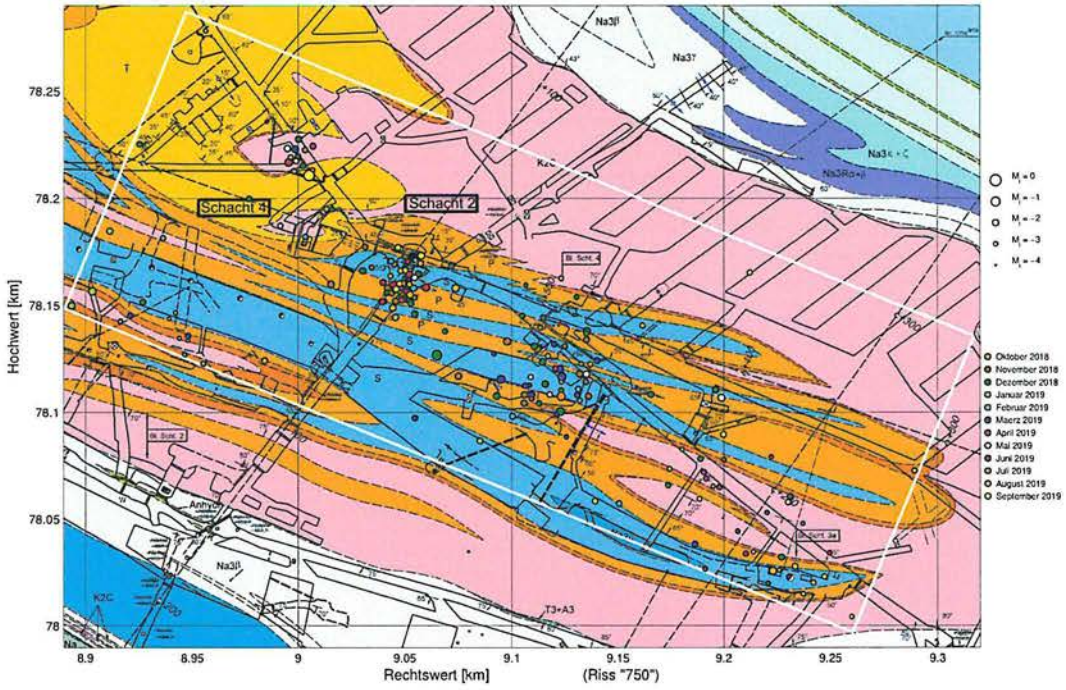


Bild 34: Dreiwochenmittel der Ereignisrate bei der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle westlich der ELK 4/750 hochgerechnet aus den Ereignissen während der Betriebsruhephasen von 10/2008 bis 09/2019 aufgeschlüsselt nach Magnituden (Automatische Auswertung).

Anhang 5.12: Mikroseismizität im zentralen und östlichen Teil des Sattelkerns im Bereich der 700- bis 750-m-Sohle



Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Bild 35: Draufsicht auf die Ereignisse im zentralen und östlichen Teil des Sattelkerns im Bereich der 700- bis 750-m-Sohle in den Betriebsruhephasen von 10/2018 bis 09/2019 (Manuelle Auswertung) (vgl. Bild 36)

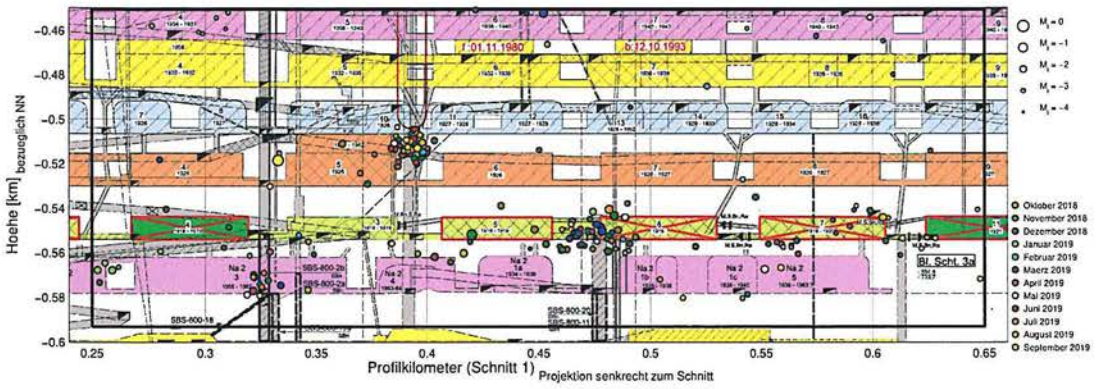


Bild 36: Ereignisse im zentralen und östlichen Teil des Sattelkerns im Bereich der 700- bis 750-m-Sohle in den Betriebsruhephasen von 10/2018 bis 09/2019 (Projektion auf einen ungefähr parallel zum Streichen verlaufenden Seigerriss durch das Baufeld an der Südflanke, d. h. südlich der dargestellten Ereignisse, vgl. Bild 35)

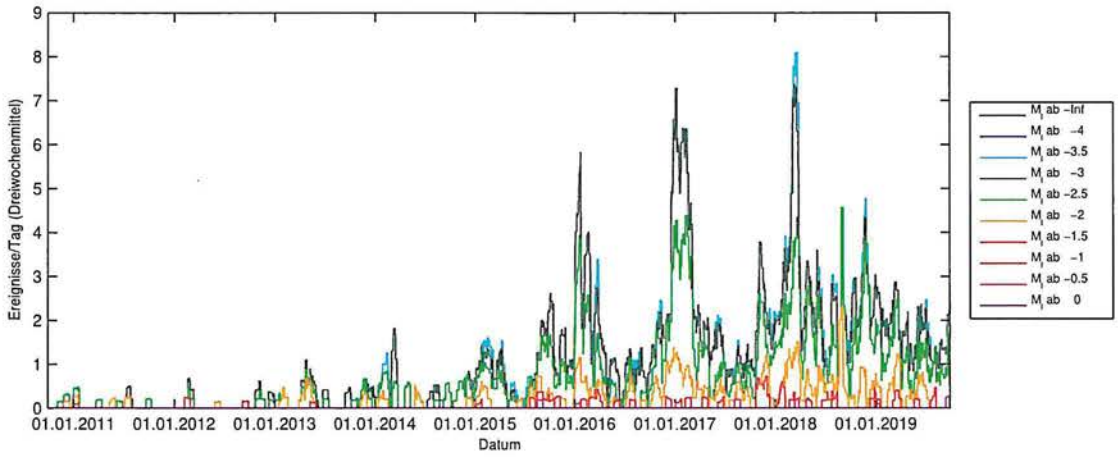
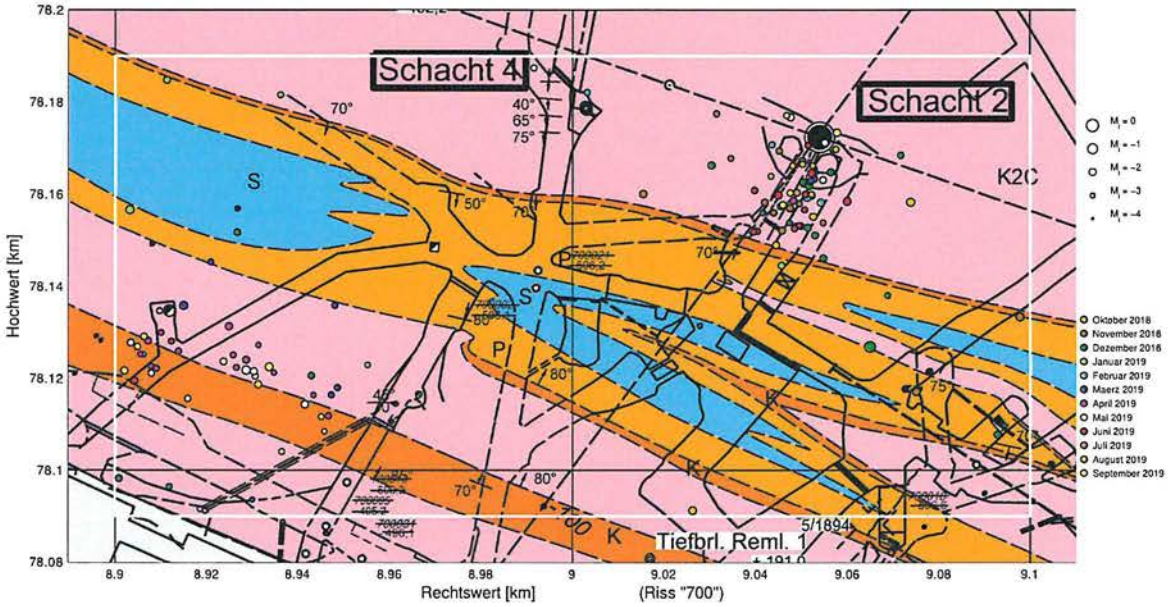


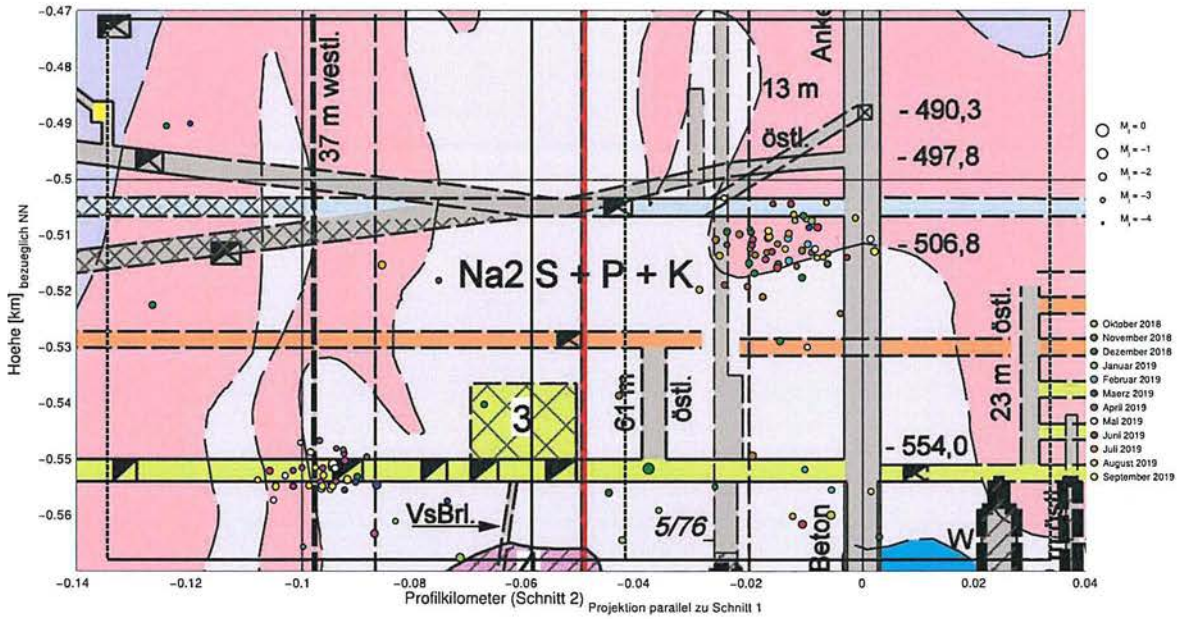
Bild 37: Dreiwochenmittel der Ereignisrate im zentralen und östlichen Teil des Sattelkerns im Bereich der 700- bis 750-m-Sohle hochgerechnet aus den Ereignissen während der Betriebsruhephasen von 10/2008 bis 09/2019 aufgeschlüsselt nach Magnituden (Automatische Auswertung, vgl. Bild 35 und Anhang 5.12, Bild 36 auf Blatt 333).

Ereignisse im zentralen Bereich der 700- bis 750-m-Sohle



Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Bild 38: Draufsicht auf die Ereignisse im zentralen Bereich der 700-m-Sohle in den Betriebsruhephasen von 10/2018 bis 09/2019 (Manuelle Auswertung)



Legende des geologischen Modells: Anhang 5.13 auf Blatt 337.

Bild 39: Ereignisse im zentralen Bereich der 700-m-Sohle in den Betriebsruhephasen von 10/2018 bis 09/2019 (Projektion auf einen ungefähr senkrecht zum Streichen verlaufenden Seigerriss durch die Abbaureihe 5, manuelle Auswertung).

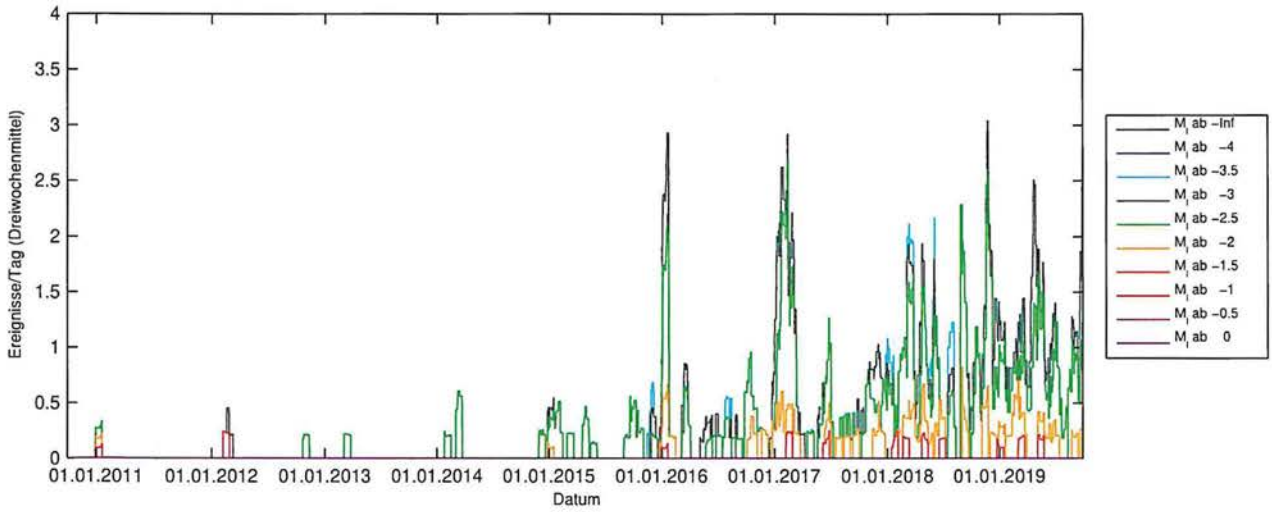


Bild 40: Dreiwochenmittel der Ereignisrate für den zentralen Bereich der 700-m-Sohle hochgerechnet aus den Ereignissen während der Betriebsruhephasen von 10/2008 bis 09/2019 aufgeschlüsselt nach Magnituden (Automatische Auswertung).

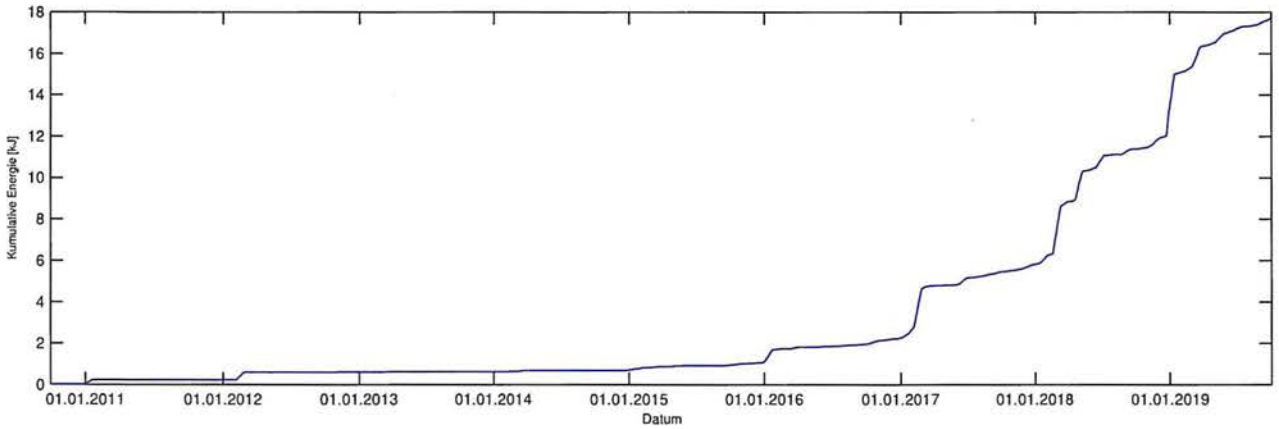
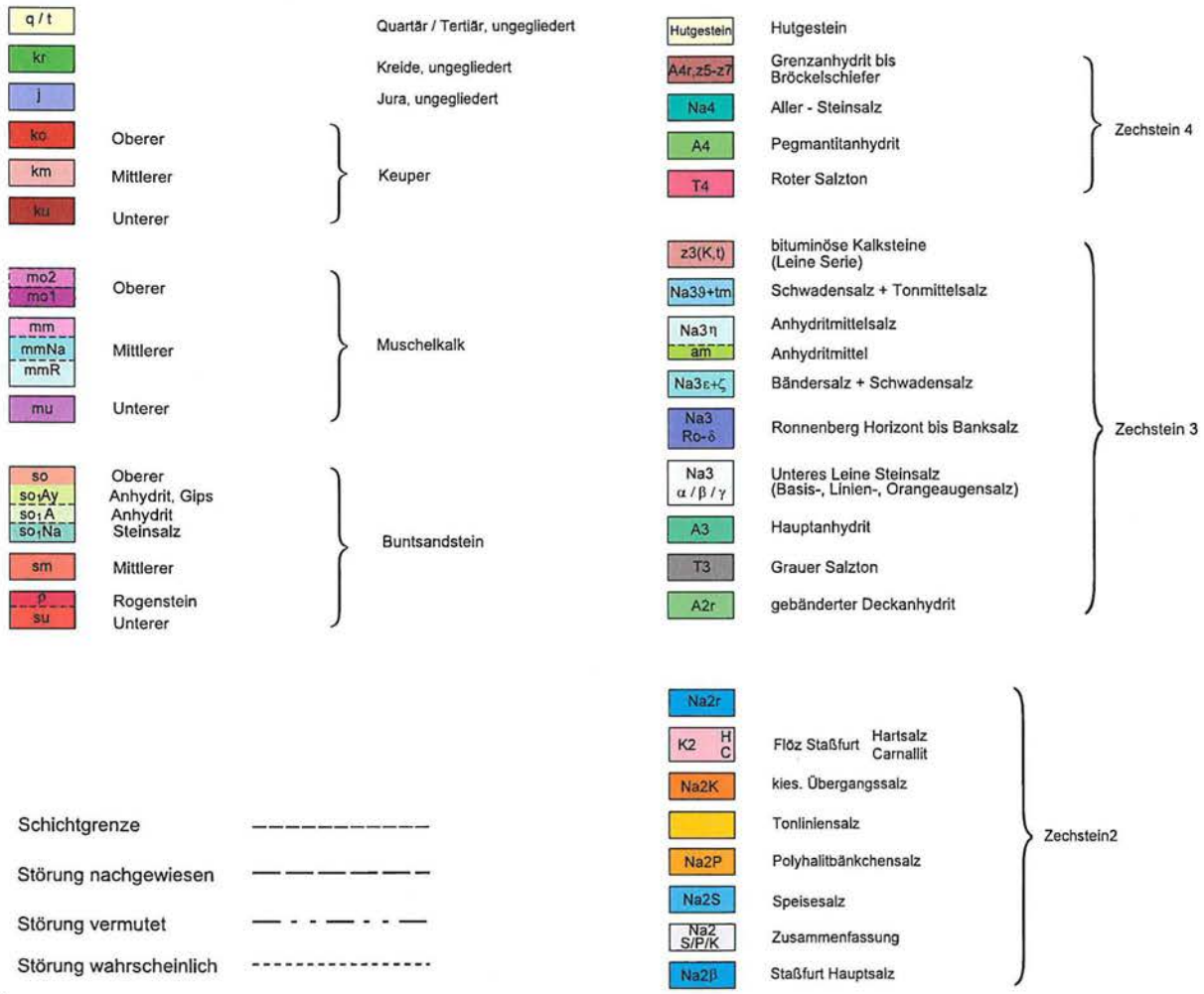


Bild 41: Aus der über drei Wochen gemittelten seismischen Leistung berechnete kumulative Energie von 10/2008 bis 09/2019 der Ereignisse im zentralen Bereich der 700-m-Sohle (Automatische Auswertung).

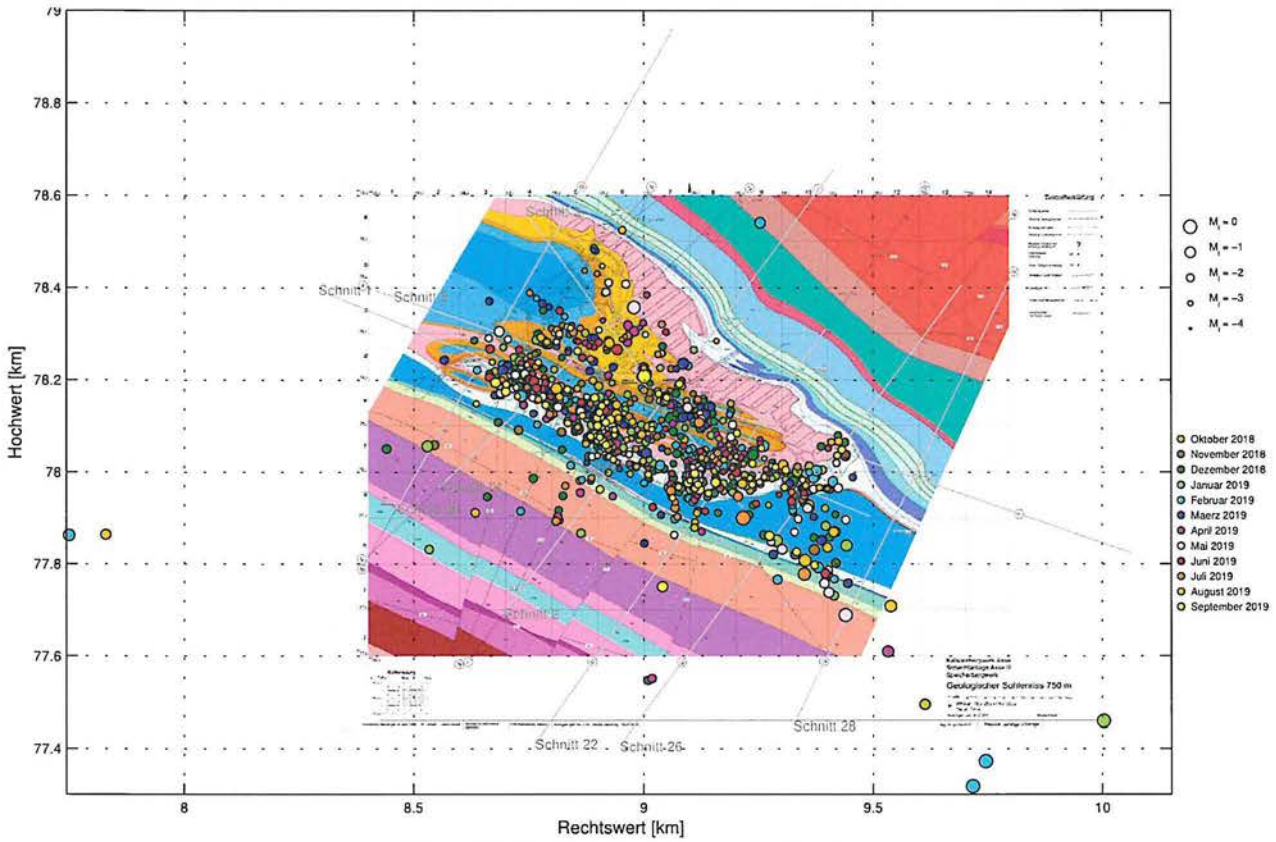
Anhang 5.13: Gemeinsame Legenden zu den Mikroseismikabbildungen

Legende zu den Hintergrundbildern mit Darstellungen des geologischen Modells



Seit 2013 erfolgt eine Verdichtung der übertägigen geologischen Erkundung. Für den Bereich süd-südöstlich der Linie 26 liegen neue Erkenntnisse im Entwurf vor, die Differenzen zum Modell von 1999 aufweisen. Diese sind noch nicht in die Darstellung eingeflossen.

Verlauf der Schnittlinien und Zuordnung von Ereignissen zu den ungefähr senkrecht zum Streichen verlaufenden Schnitten

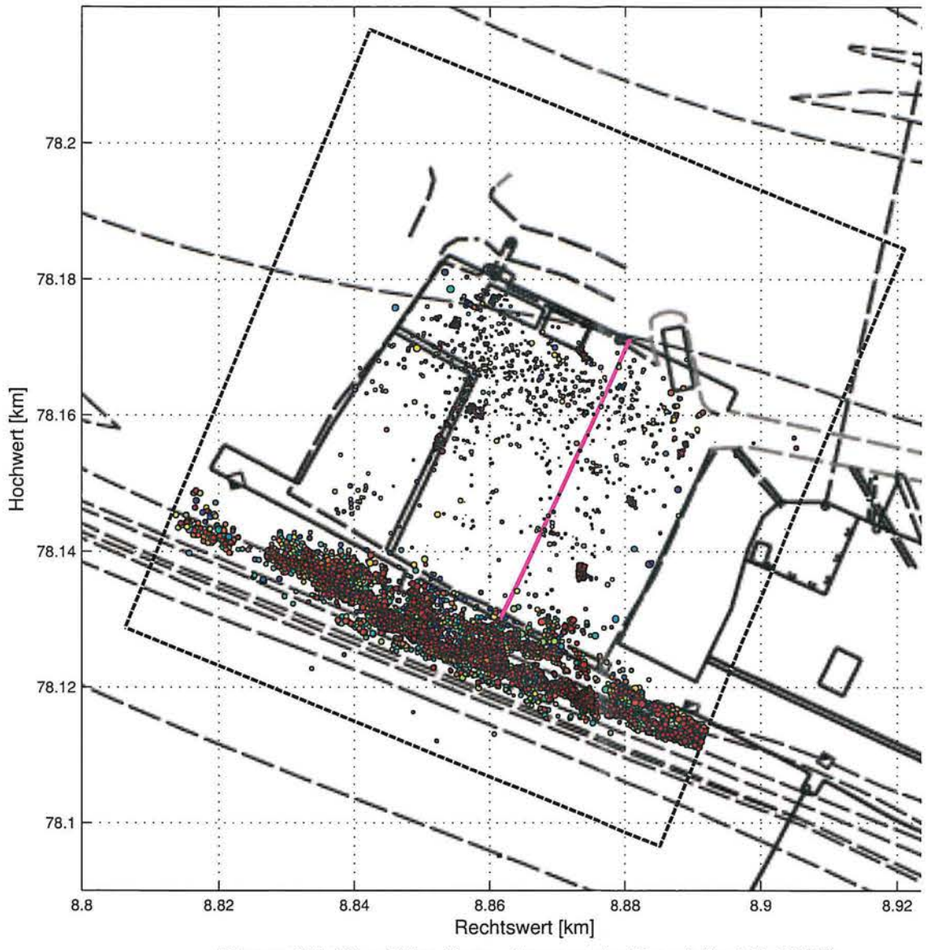


Hintergrundbild: 750-m-Sohlen-Niveau – Auszug aus dem Risswerk

Die Profillinien zu den Schnitten 30, 14, 2, 22, 26 und 28 sind als durchgezogene violette Linien dargestellt. Die Geraden, welche die Bereiche abgrenzen, die den einzelnen Schnitten zugeordnet wurden, sind als gestrichelte rosafarbene Linien angedeutet. Der Verlauf der Profillinie 1 entsprechend des Schnitts 1 ist als graue Linie dargestellt. Diese Richtung ist die Projektionsrichtung der Ereignisse auf die Schnitte 30, 14, 2, 22, 26, 28 und 42 im Anhang 5. Zudem sind die in den Betriebsruhephasen von 10/2018 bis 09/2019 automatisch georteten Ereignisse dargestellt.

Anhang 6: Mikroakustische Messungen in den Abbauen 3/490 und 4/490

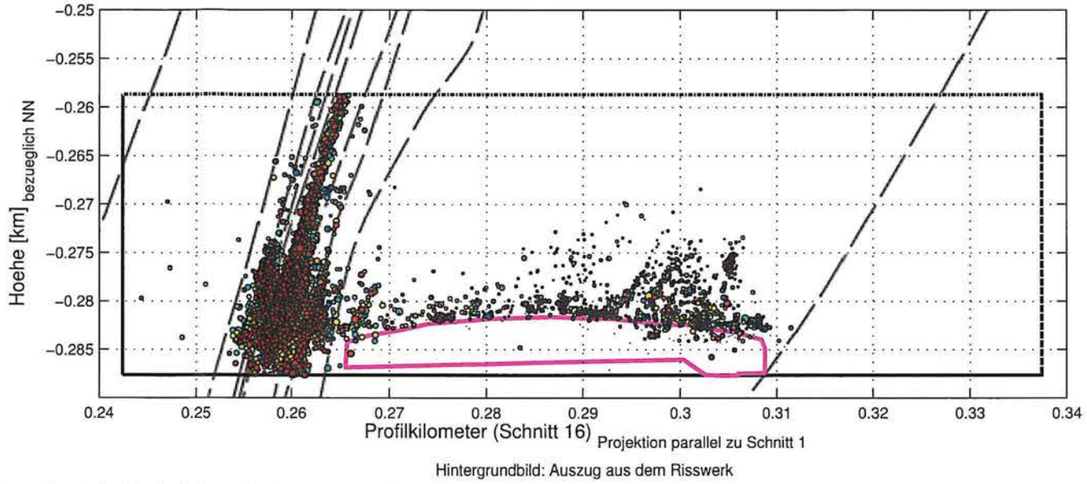
Anhang 6.1: Mikroakustische Aktivität im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2019



Hintergrundbild: 490–m–Sohlen–Niveau – Auszug aus dem Risswerk (Stand: 11.02.2019)

Das mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandete Rechteck ist die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens. Der Profilverlauf der in Bild 43 und Bild 44 pink dargestellten Abbaukontur ist hier als pinke Linie dargestellt.

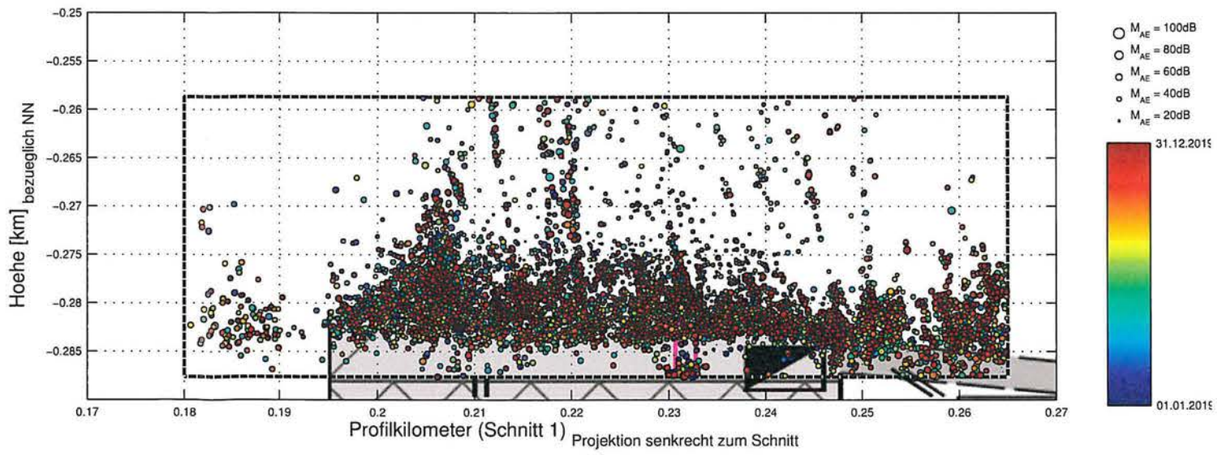
Bild 42: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2019 projiziert auf die 490-m-Sohle (Farblegende: Siehe Bild 44).



Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk

In pink ist der Verlauf der auf einem querschlägigen Profil (vgl. Bild 42) markscheiderisch eingemessenen Abbaukontur eingezeichnet. Die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens ist im Sohlenriss als mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandetes Rechteck dargestellt.

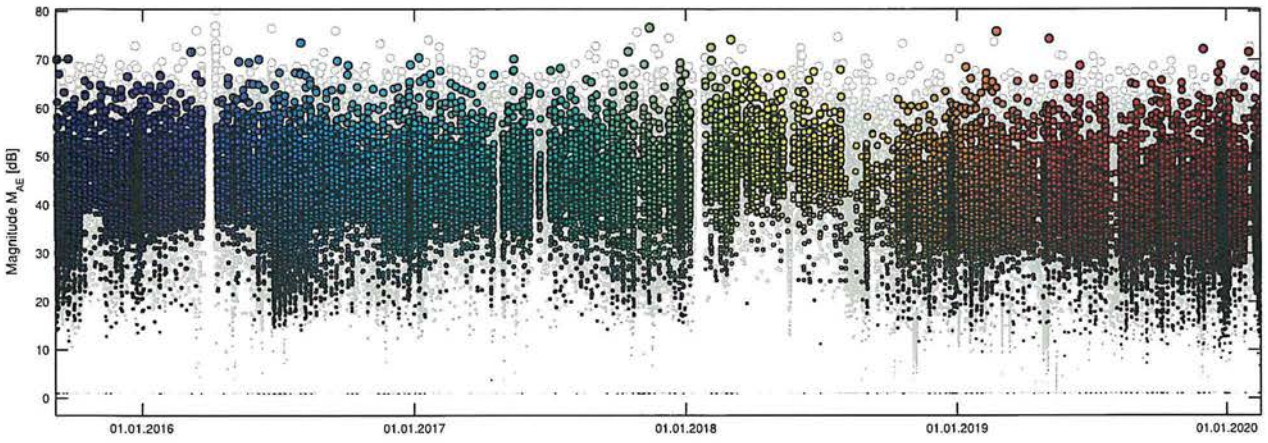
Bild 43: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2019 projiziert auf einen Seigerschnitt ungefähr senkrecht zum Streichen durch Abbau 3/490 (Farblegende: Siehe Bild 44).



Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk

In pink ist (teils durch die mikroakustischen Ereignisse verdeckt) der Verlauf der auf einem querschlägigen Profil eingemessenen Abbaukontur eingezeichnet (vgl. Bild 42 und Bild 44). Die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens ist im Sohlenriss als mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandetes Rechteck dargestellt.

Bild 44: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2019 projiziert auf einen Seigerriss ungefähr parallel zum Streichen durch Abbau 3/490.



Farbige Kreise: Betriebsruhephasen; grau umrandete, weiß gefülle Kreise: Arbeitszeit.

Bild 45: Relativmagnituden der Mikroakustikereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 und ihrer Umgebung vom 09.09.2015 bis 16.02.2020 (Gebiet siehe Bilder 42, 43 und 44 auf Blatt 339).

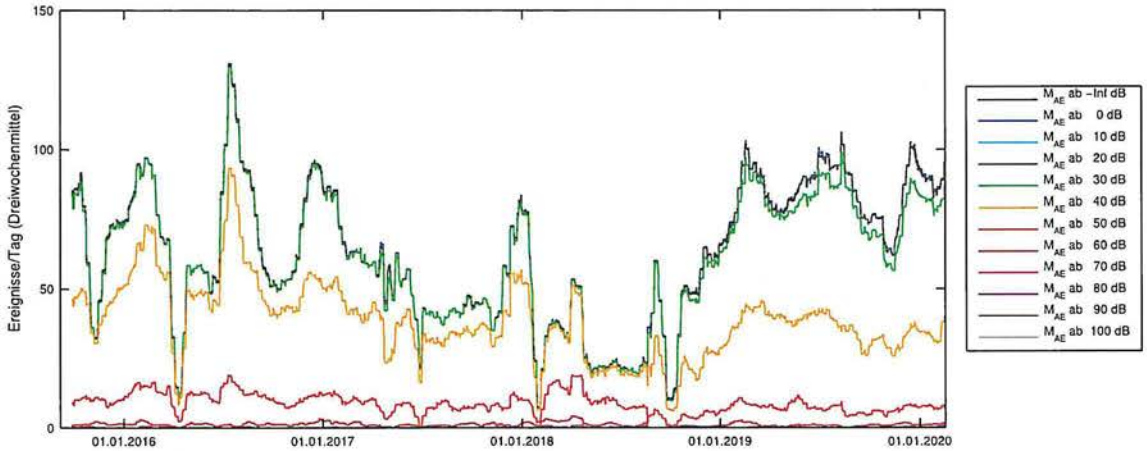


Bild 46: Nach Relativmagnituden aufgeschlüsselte, über drei Wochen gemittelte Raten der mikroakustischen Ereignisse im Bereich Salz–Deckgebirge südlich des Abbaus 3/490 vom 09.09.2015 bis 16.02.2020 (Hochrechnung aus den Betriebsruhephasen; Gebiet siehe Bilder 42, 43 und 44 auf Blatt 339).

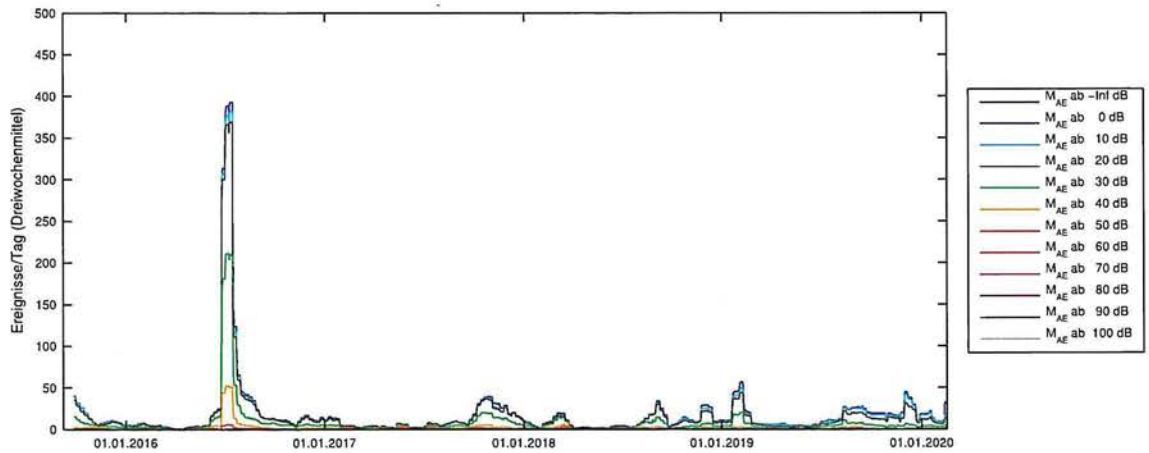
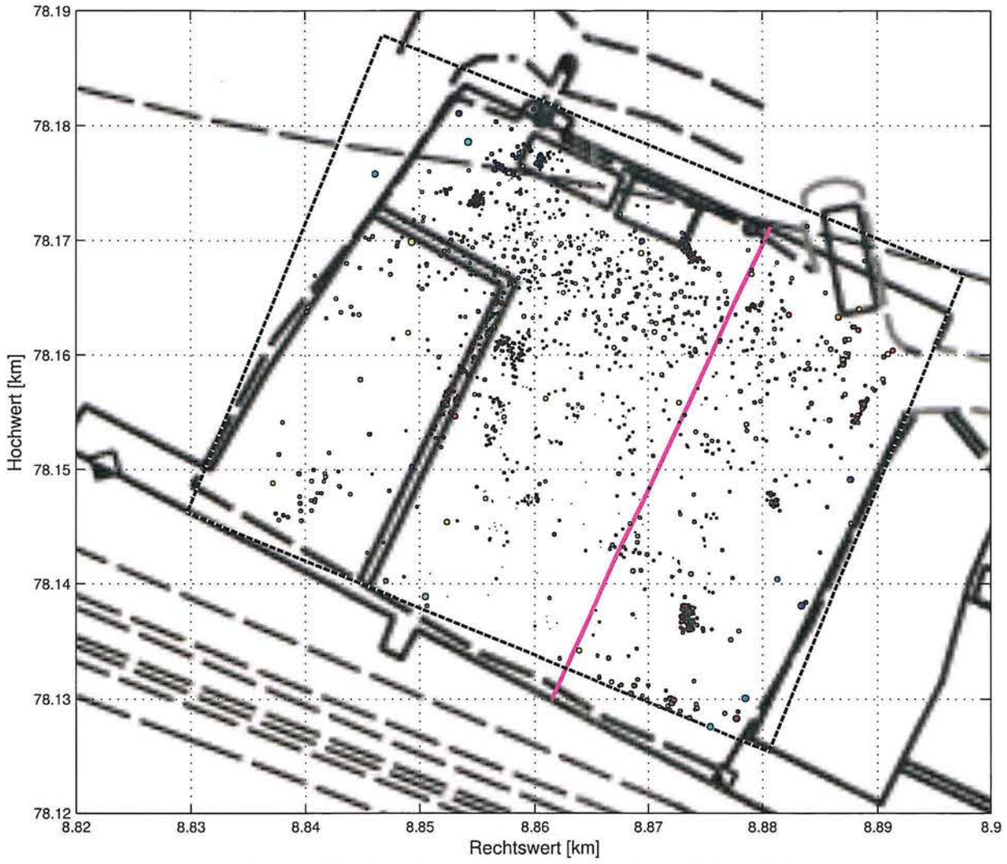


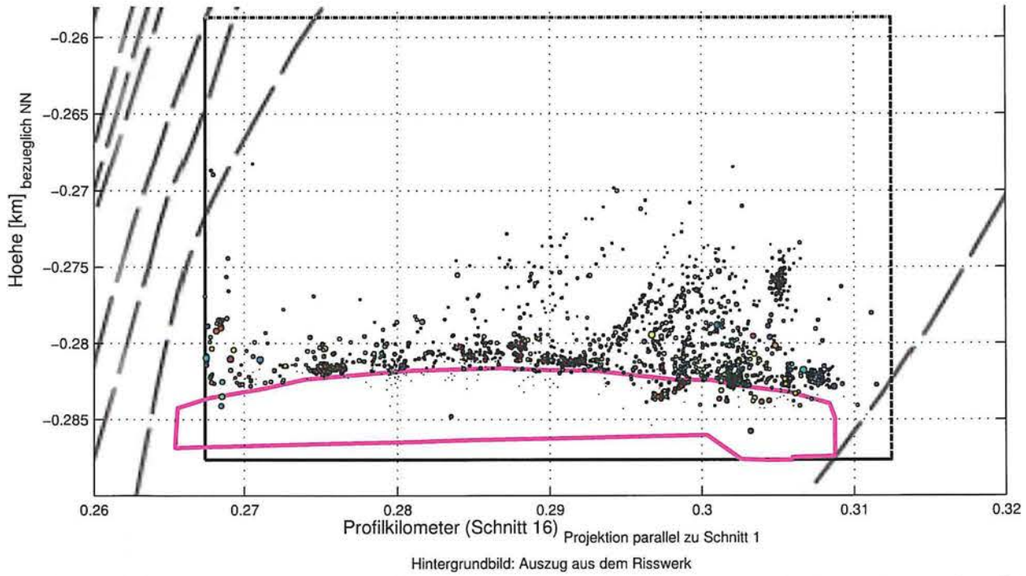
Bild 47: Nach Relativmagnituden aufgeschlüsselte, über drei Wochen gemittelte Raten der mikroakustischen Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 vom 09.09.2015 bis 16.02.2020 (Hochrechnung aus den Betriebsruhephasen; Gebiet siehe Bilder 48, 49 und 50 auf Blatt 341). Der Peak im Sommer 2016 ist ein Sondereffekt durch die Betonage einer Platte auf dem Lösungsspeicherbecken 1.



Hintergrundbild: 490–m–Sohlen–Niveau – Auszug aus dem Risswerk (Stand: 11.02.2019)

Das mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandete Rechteck ist die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens. Die pinke Linie gibt den Profilverlauf der in Bild 49 und Bild 50 in pink dargestellten, markscheiderisch eingemessenen Abbaukontur an.

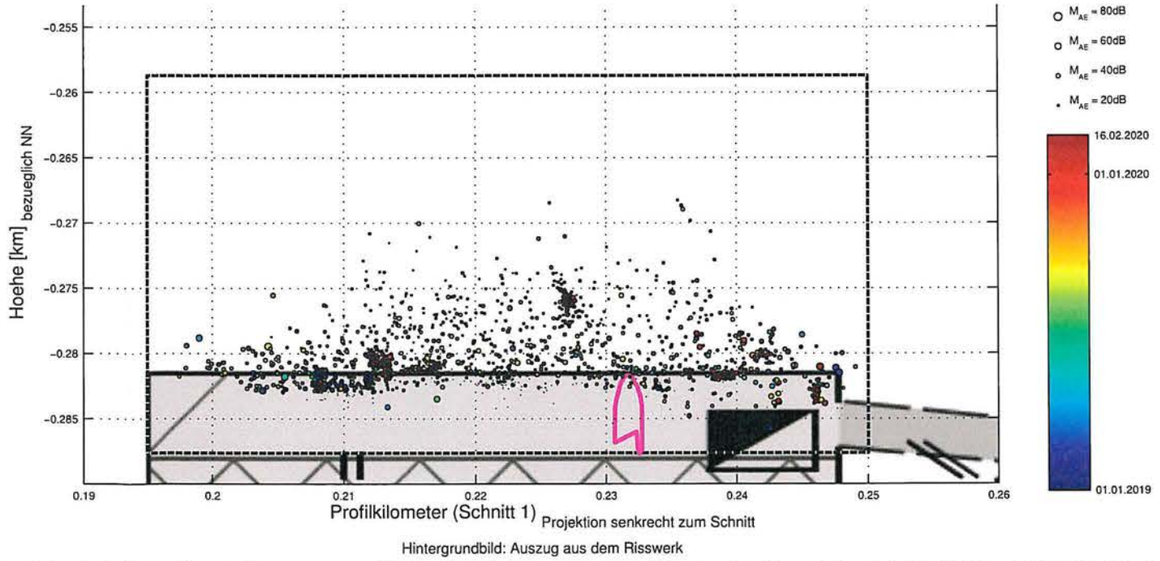
Bild 48: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 während der Betriebsruhephasen von Januar 2019 bis Februar 2020 projiziert auf die 490-m-Sohle (Farblegende: Siehe Bild 50).



Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk

In pink ist der Profilverlauf der auf einem querschlägigen Profil (vgl. Bild 48) eingemessenen Abbaukontur eingezeichnet. Die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens ist im Sohlenriss als mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandetes Rechteck dargestellt.

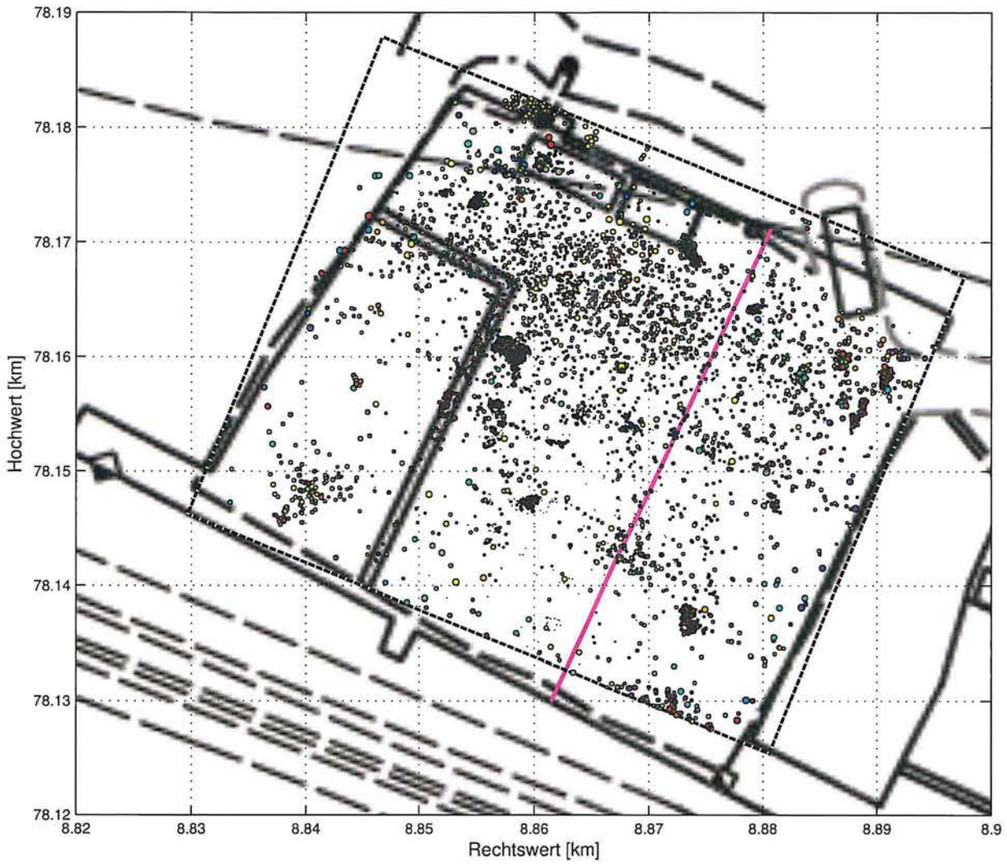
Bild 49: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 während der Betriebsruhephasen von Januar 2019 bis Februar 2020 projiziert auf einen Seigerschnitt ungefähr senkrecht zum Streichen durch Abbau 3/490 (Farblegende: Siehe Bild 50).



Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk

In pink ist der Verlauf der auf einem querschlägigen Profil eingemessenen Abbaukontur eingezeichnet (vgl. Bild 48 und Bild 50). Die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens ist im Sohlenriss als mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandetes Rechteck dargestellt.

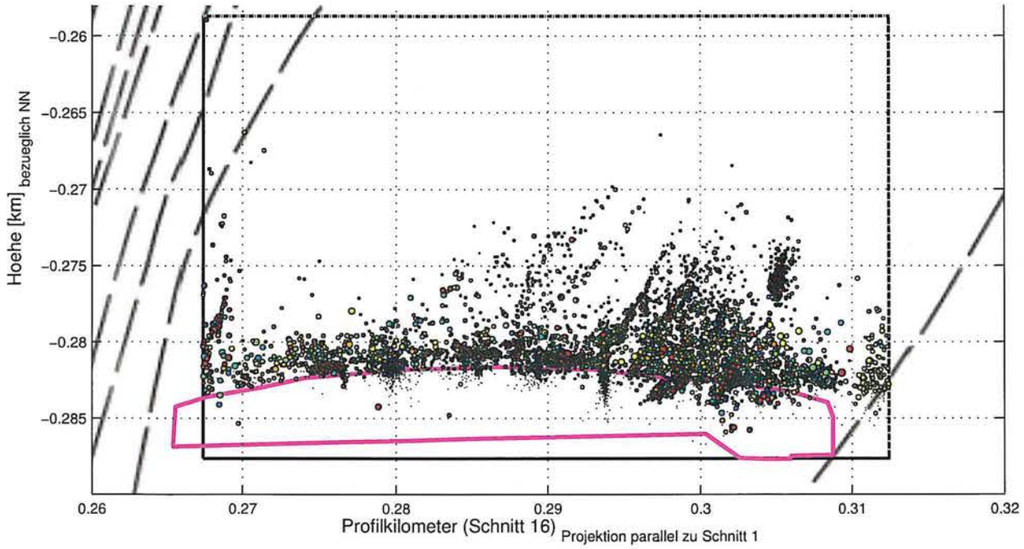
Bild 50: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 während der Betriebsruhephasen von Januar 2019 bis Februar 2020 projiziert auf einen Seigerriss ungefähr parallel zum Streichen durch Abbau 3/490.



Hintergrundbild: 490–m–Sohlen–Niveau – Auszug aus dem Risswerk (Stand: 11.02.2019)

Das mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandete Rechteck ist die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens. Die pinke Linie gibt den Profilverlauf der in Bild 52 und Bild 53 pink dargestellten, markscheiderisch eingemessenen Abbaukontur an.

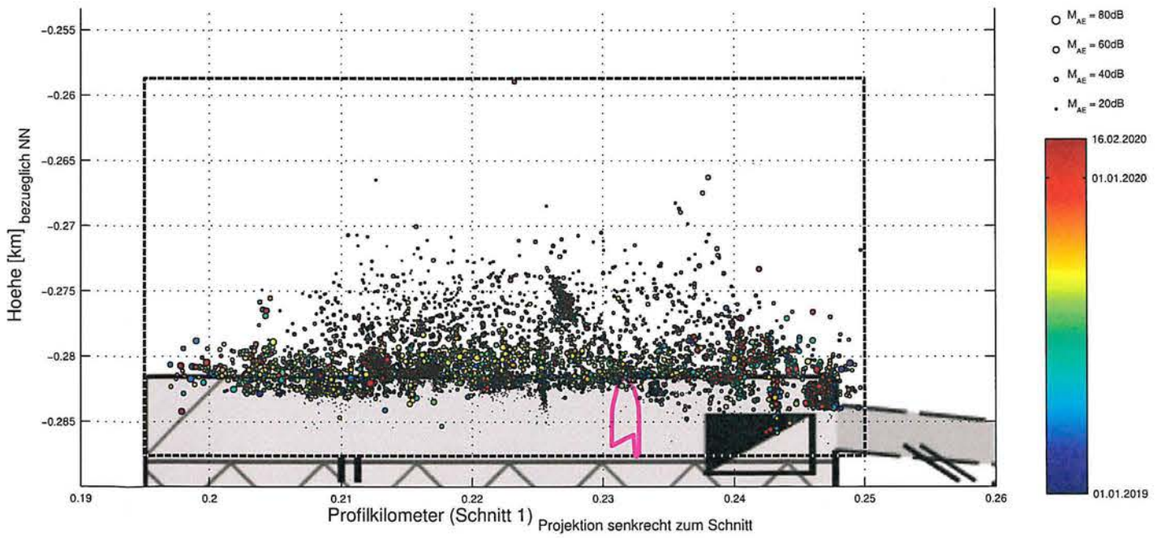
Bild 51: Gebirgsmechanische und direkt durch bergmännische Aktivitäten verursachte mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 vom 1. Januar 2019 bis 15. Februar 2020 projiziert auf die 490-m-Sohle (Farblegende: Siehe Bild 53).



Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand: 28.03.2012)

In pink ist der Verlauf der auf einem querschlägigen Profil (vgl. Bild 51) eingemessenen Abbaukontur eingezeichnet. Die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens ist im Sohlenriss als mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandetes Rechteck dargestellt.

Bild 52: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 vom 1. Januar 2019 bis 15. Februar 2020 projiziert auf einen Seigerschnitt ungefähr senkrecht zum Streichen durch Abbau 3/490 (Farblegende: Siehe Bild 53).



Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand: 15.03.2018)

In pink ist der Verlauf der auf einem querschlägigen Profil eingemessenen Abbaukontur eingezeichnet (vgl. Bild 51 und Bild 53). Die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens ist im Sohlenriss als mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandetes Rechteck dargestellt.

Bild 53: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 vom 1. Januar 2019 bis 15. Februar 2020 projiziert auf einen Seigerriss ungefähr parallel zum Streichen durch Abbau 3/490.

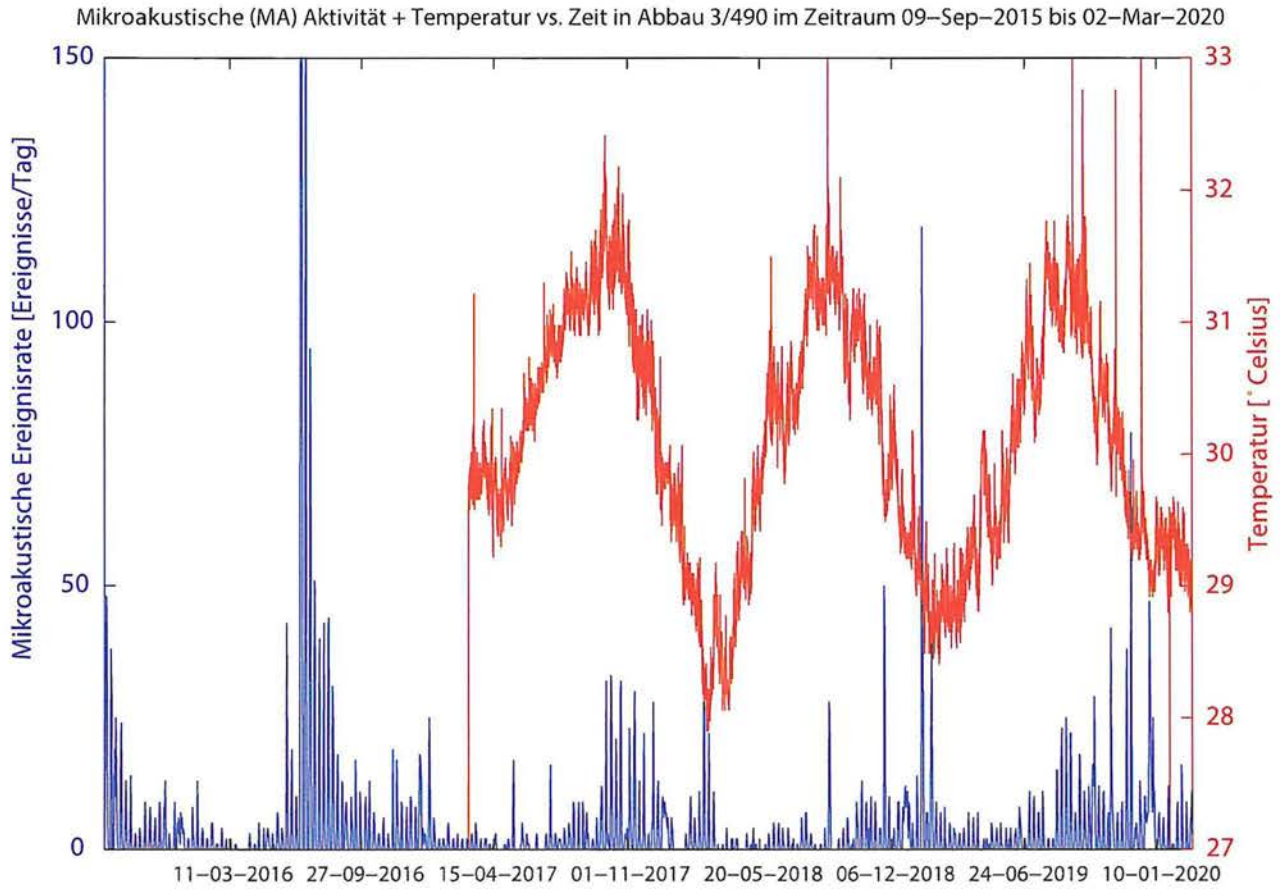


Bild 54: Ereignisrate im Bereich der Firste (blau) vom 09.09.2015 bis 02.03.2020 während Betriebsruhe und Temperaturverlauf (rot) vom 07.03.2017 bis 02.03.2020 in Abbau 3/490. Es scheint eine Korrelation von erhöhter mikroakustischer Aktivität und saisonbedingten abfallenden Temperaturen zu geben. Die stark erhöhte Ereignisrate im Sommer 2016 wurde durch die Betonage am LSB 1 verursacht.

KOM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

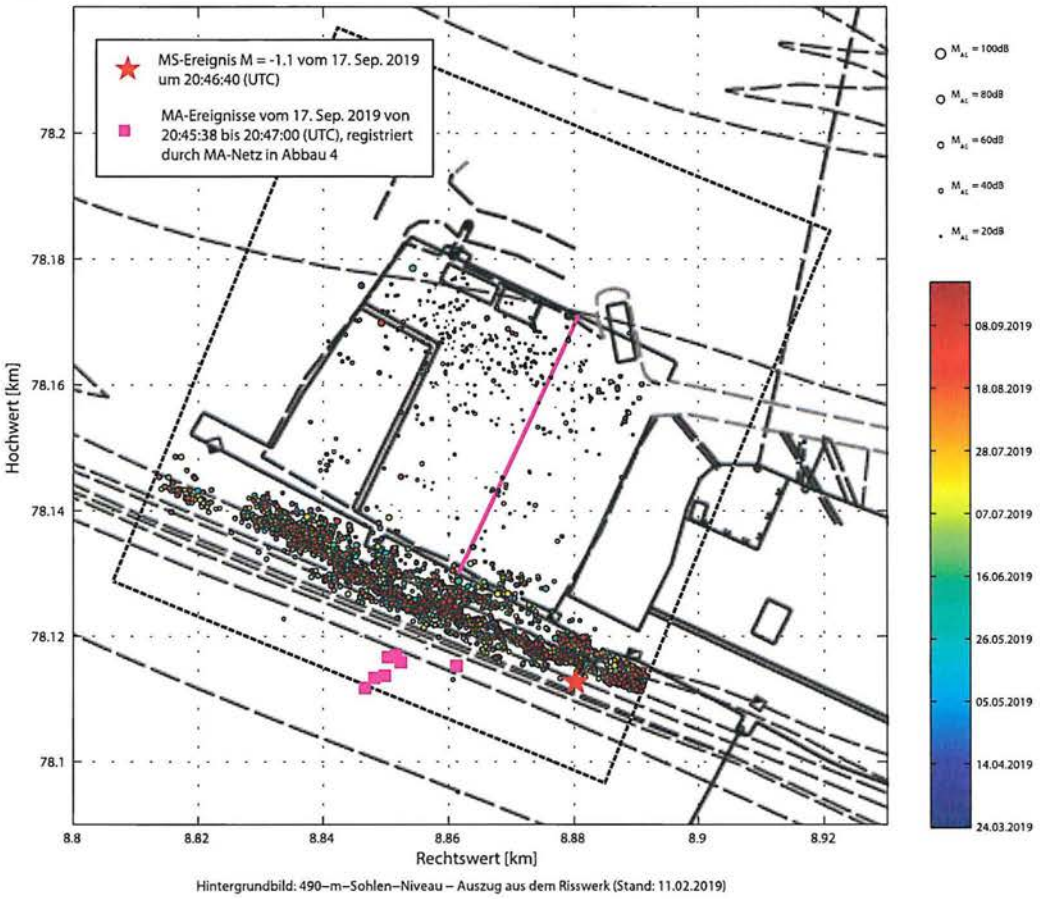


Bild 55: Mikroakustische Ereignisse im Firstbereich und Umgebung des Abbaus 3/490 im Zeitraum 23.03.2019 bis 22.09.2019. Mikroseismik-Ereignis vom 17.09.2019 um 20:47 Uhr (UTC) mit einer Magnitude von M_l = -1.1 (roter Stern) und zeitnahe mikroakustische Ereignisse (pinke Quadrate) im Bereich Übergang Salz–Deckgebirge (Draufsicht Abbau 4/490). Die pinke Profillinie gibt den Verlauf der in Bild 56 pink dargestellten Abbaukontur an.

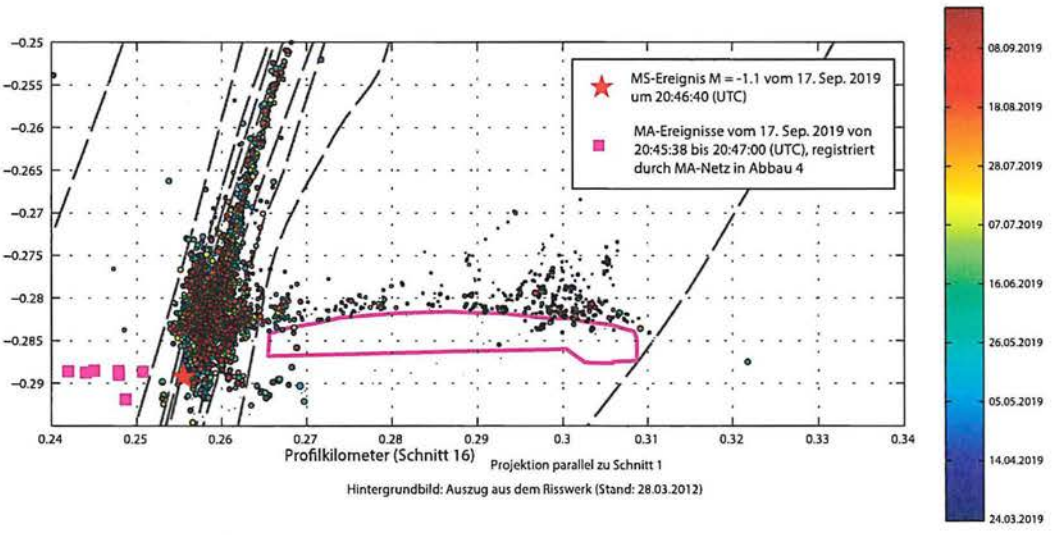
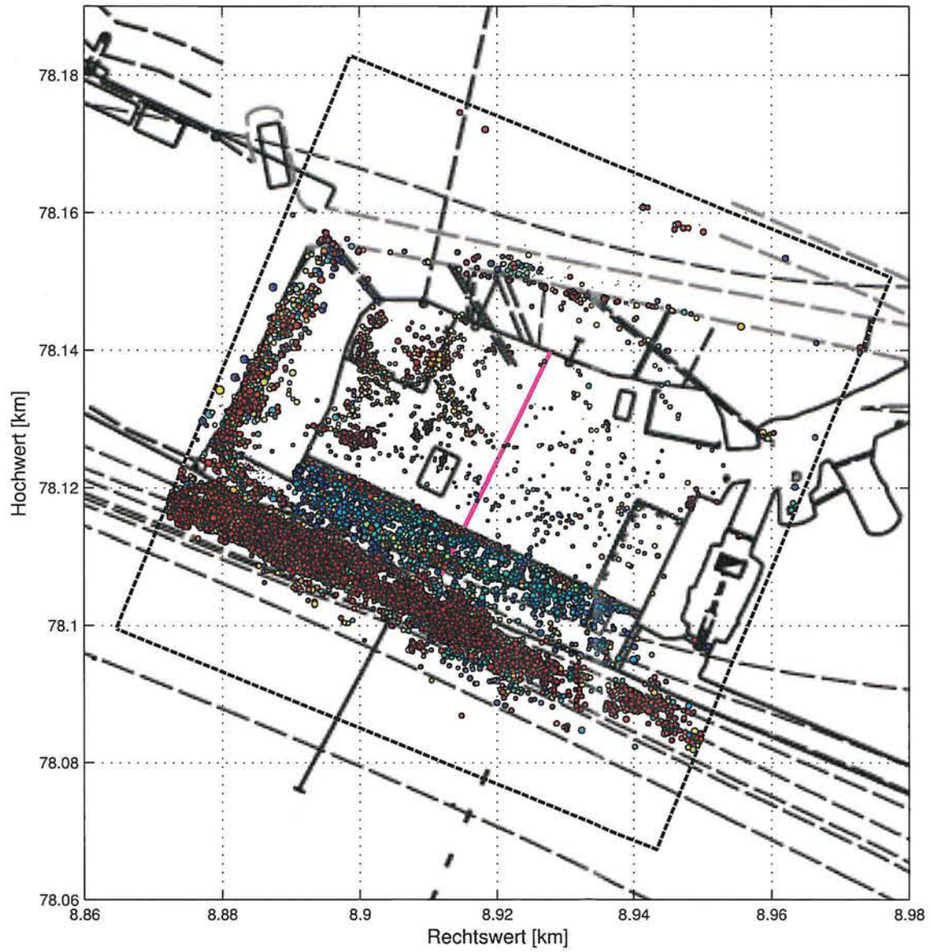


Bild 56: Mikroakustische Ereignisse im Firstbereich und Umgebung des Abbaus 3/490 im Zeitraum 23.03.2019 bis 22.09.2019. Mikroseismik-Ereignis vom 17.09.2019 um 20:47 Uhr (UTC) mit einer Magnitude von M_l = -1.1 (roter Stern) und zeitnahe mikroakustische Ereignisse (pinke Quadrate) im Bereich Übergang Salz–Deckgebirge (Schnitt 16, Abbau 4/490). Die pinke Umrandung zeigt die Abbaukontur.

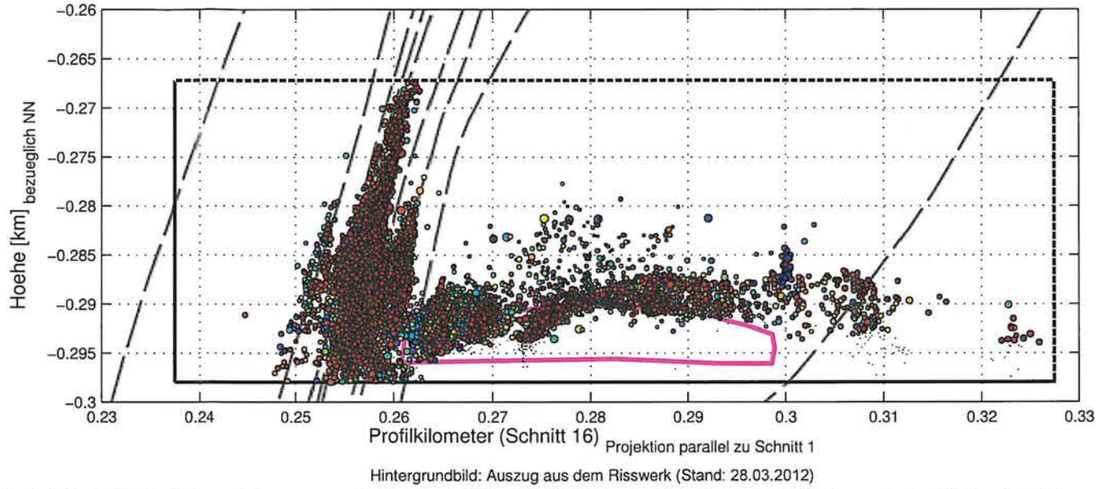
Anhang 6.2: Mikroakustische Aktivität im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2019



Hintergrundbild: 490–m–Sohlen–Niveau – Auszug aus dem Risswerk (Stand: 11.02.2019)

Das mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandete Rechteck ist die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens. Die pinke Linie gibt den Profilverlauf der in Bild 58 und Bild 59 ebenfalls in pink dargestellten (jedoch von mikroakustischen Ereignissen partiell verdeckten), vor der Erstellung des Stützbauwerks im Süden des Abbaus 4/490 markscheiderisch eingemessenen Abbaukontur an.

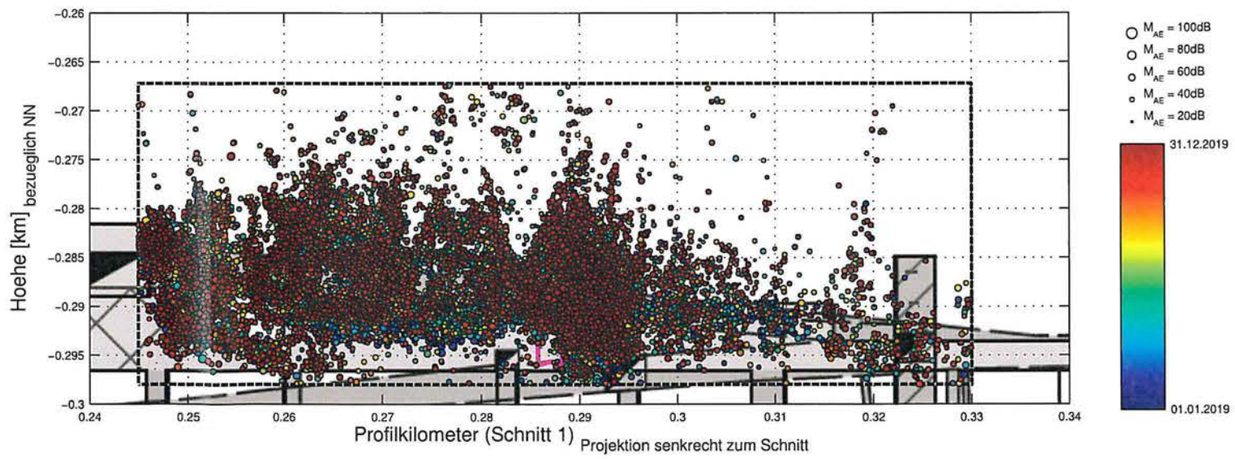
Bild 57: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2019 projiziert auf die 490-m-Sohle (Farblegende: Siehe Bild 59).



Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand: 28.03.2012)

In pink ist der Verlauf der auf einem querschlägigen Profil (vgl. Bild 57) vor der Erstellung des Stützbauwerks im Süden des Abbaus 4/490 markscheiderisch eingemessenen Abbaukontur eingezeichnet. Die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens ist im Sohlenriss als mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandetes Rechteck dargestellt.

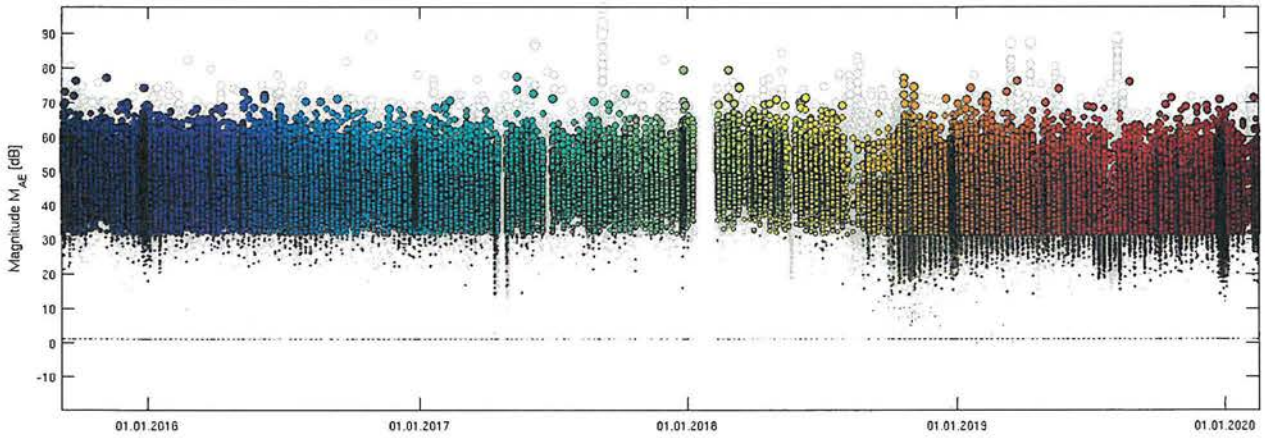
Bild 58: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2019 projiziert auf einen Seigerschnitt ungefähr senkrecht zum Streichen durch Abbau 4/490 (Farblegende: Siehe Bild 59).



Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand:15.03.2018)

In pink ist der Verlauf der auf einem querschlägigen Profil vor der Erstellung des Stützbauwerks im Süden des Abbaus 4/490 markscheiderisch eingemessenen Abbaukontur eingezeichnet (vgl. Bild 57 und Bild 59). Die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens ist im Sohlenriss als mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandetes Rechteck dargestellt.

Bild 59: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2019 projiziert auf einen Seigerriss ungefähr parallel zum Streichen durch Abbau 4/490.



Farbige Kreise: Betriebsruhephasen; grau umrandete, weiß gefüllte Kreise: Arbeitszeit.

Bild 60: Relativmagnituden der Mikroakustikereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 und ihrer Umgebung vom 09.09.2015 bis 16.02.2020 (Gebiet siehe Bilder 57, 58 und 59 auf Blatt 345).

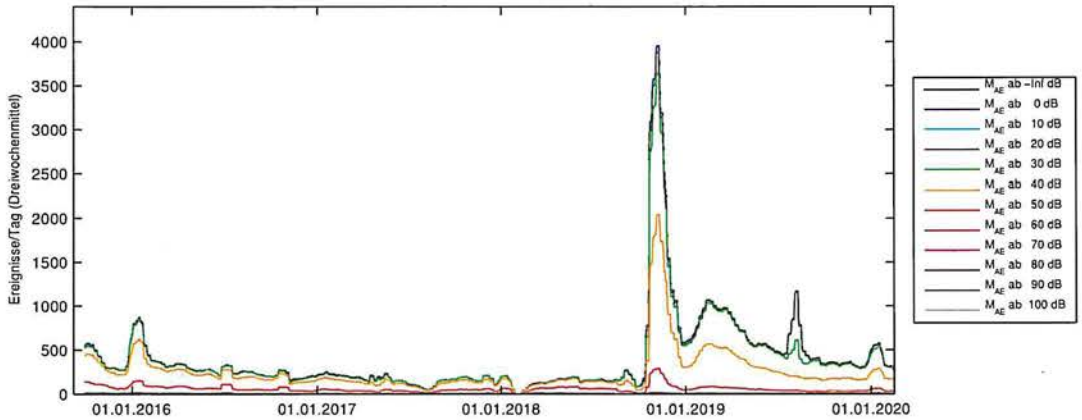


Bild 61: Nach Relativmagnituden aufgeschlüsselte, über drei Wochen gemittelte Raten der mikroakustischen Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 und ihrer Umgebung vom 09.09.2015 bis 16.02.2020 (Hochrechnung aus den Betriebsruhephasen; Gebiet siehe Bilder 57, 58 und 59 auf Blatt 345).

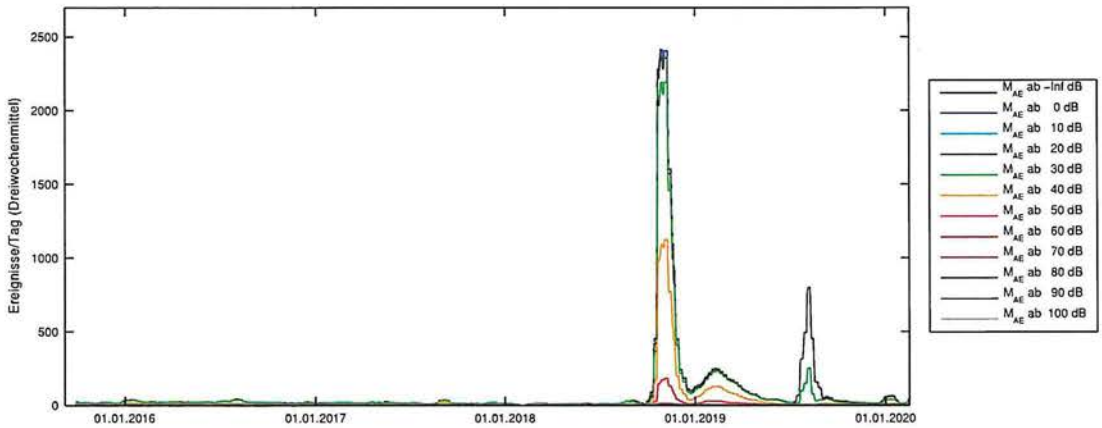
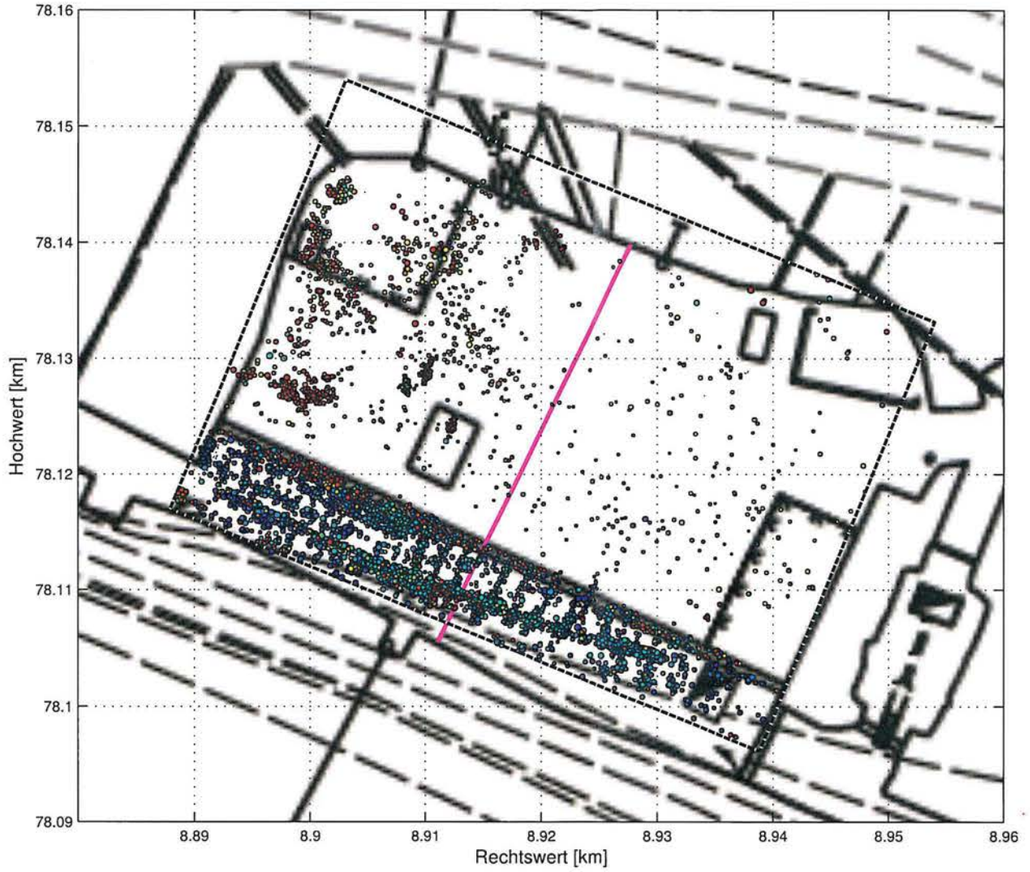


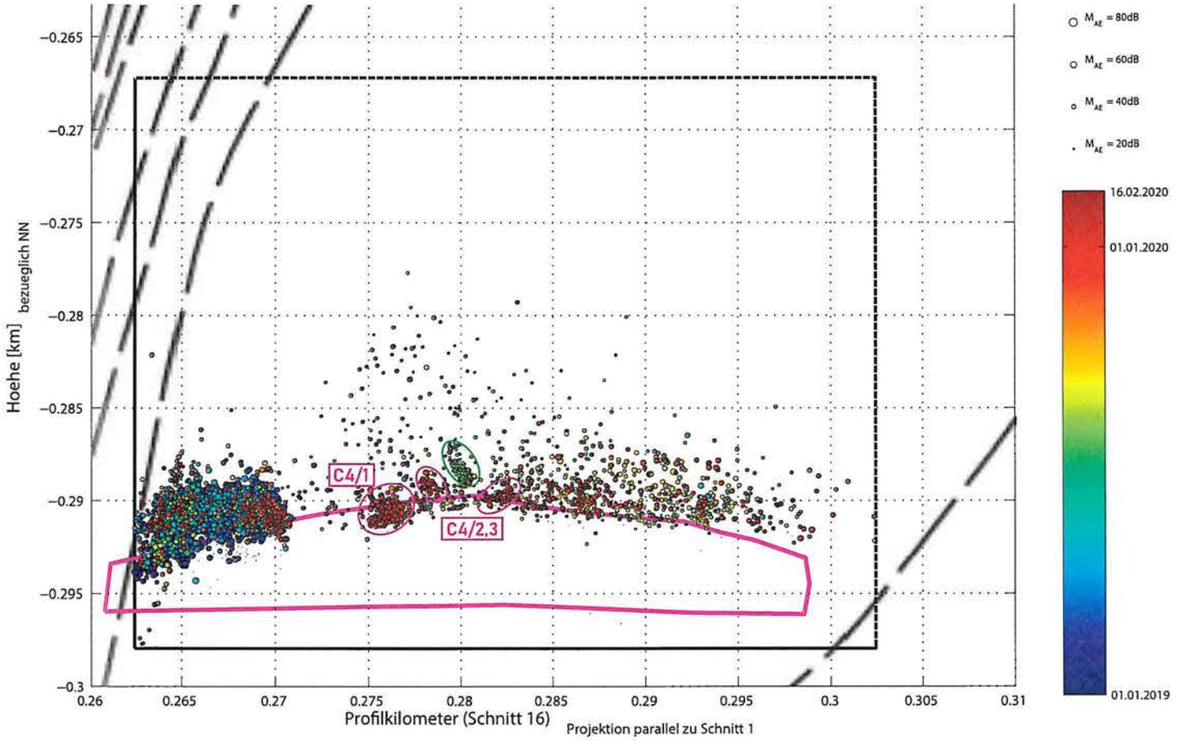
Bild 62: Nach Relativmagnituden aufgeschlüsselte, über drei Wochen gemittelte Raten der mikroakustischen Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 (ohne angrenzende Pfeiler, aber einschließlich des Stützbauwerks im südlichen Teil des Abbaus) vom 09.09.2015 bis 16.02.2020 (Hochrechnung aus den Betriebsruhephasen; Gebietsgrenzen siehe Bilder 63 und 64 auf Blatt 347). Der Peak im Sommer 2019 ist im Wesentlichen auf eine klappernde Lutte zurückzuführen.



Hintergrundbild: 490–m–Sohlen–Niveau – Auszug aus dem Risswerk (Stand: 11.02.2019)

Das mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandete Rechteck ist die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens. Die pinke Profillinie gibt den Verlauf der in Bild 64 in pink dargestellten Abbaukontur an.

Bild 63: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 in Betriebsruhephasen vom 1. Januar 2019 bis 15. Februar 2020 projiziert auf die 490-m-Sohle (Farblegende: Siehe Bild 64).



Projektion parallel zu Schnitt 1

Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand: 28.03.2012)

In pink ist der Verlauf der auf einem querschlägigen Profil (vgl. Bild 63) vor der Erstellung des Stützbauwerks im Süden des Abbaus 4/490 markscheiderisch eingemessenen Abbaukontur eingezeichnet (vgl. Bild 63). Die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens ist im Sohlenriss als mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandetes Rechteck dargestellt.

Bild 64: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 in Betriebsruhephasen vom 1. Januar 2019 bis 15. Februar 2020 projiziert auf einen Seigerschnitt ungefähr senkrecht zum Streichen durch Abbau 4/490. Drei der in Abbildung 2.3 auf Blatt 55 hervorgehobenen, firstnahen, gebirgsmechanischen Cluster, sind hier ebenfalls durch pinke Umrandungen markiert („C4/1", „C4/2,3"). Das durch eine klappernde Lutte verursachte CLuster ist ebenfalls durch eine grüne Umrandung markiert.

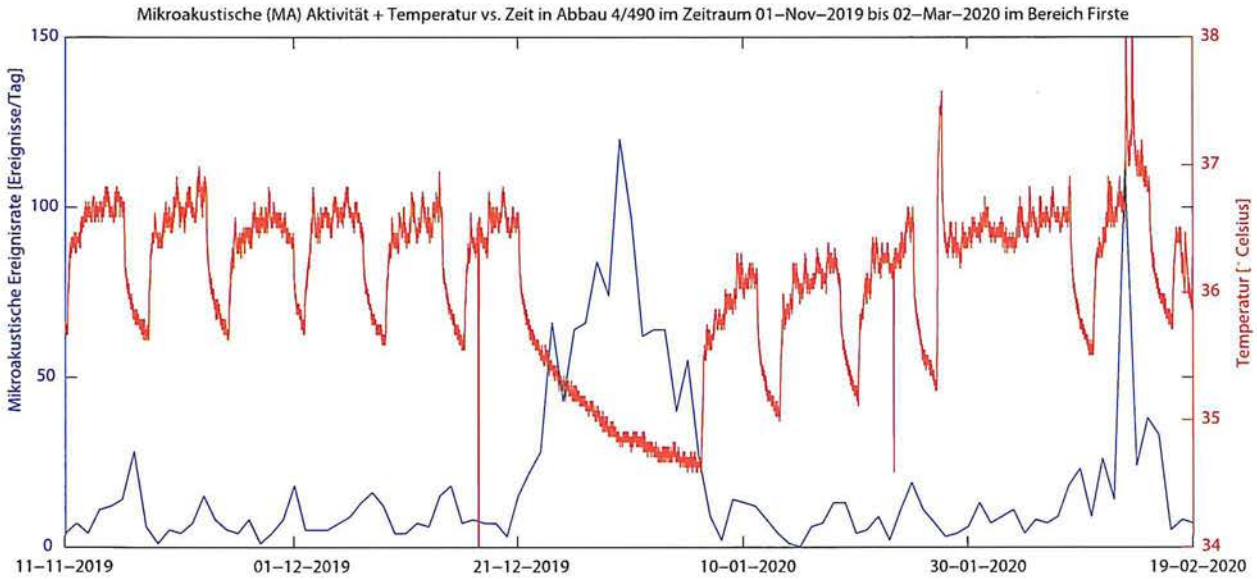


Bild 65: Ereignisrate im Bereich der Firste (blau) vom 01.11.2019 bis 02.03.2020 und Temperaturverlauf (rot) vom 09.11.2019 bis 02.03.2020 in Abbau 4/490. Es gibt eine deutliche Korrelation zwischen Zeiträumen in denen die Temperatur abfällt und erhöhter mikroakustischer Aktivität in Abbau 4. Der längere andauernde Temperaturabfall gegen Ende des Jahres fällt mit der Betriebsruhe von Weihnachten 2019 bis Anfang Januar 2020 zusammen.

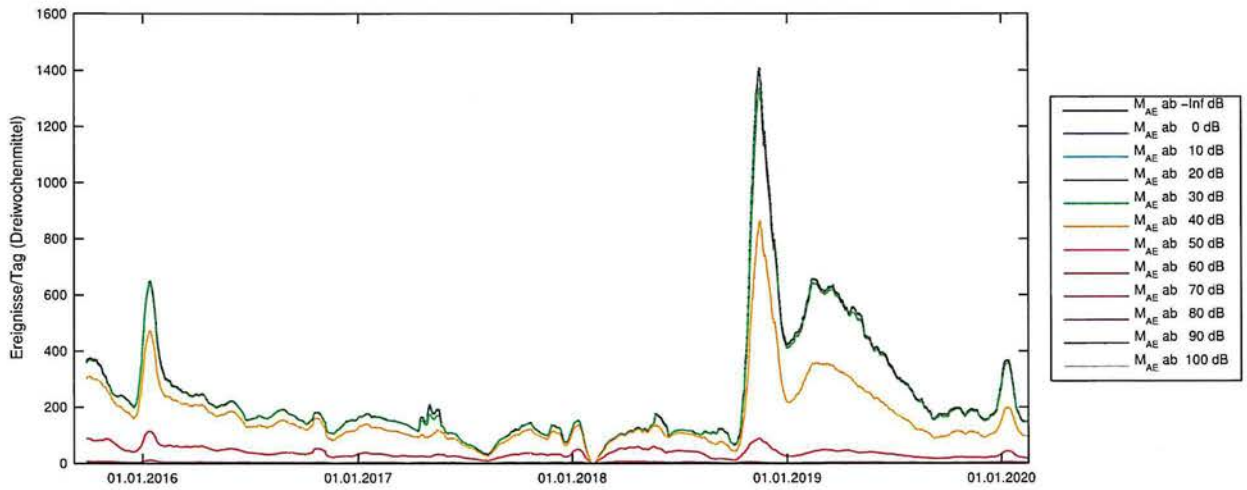


Bild 66: Nach Relativmagnituden aufgeschlüsselte, über drei Wochen gemittelte Raten der mikroakustischen Ereignisse südlich des Abbaus 4/490 (Gebietsgrenzen siehe Bild 67) vom 09.09.2015 bis 16.02.2020.

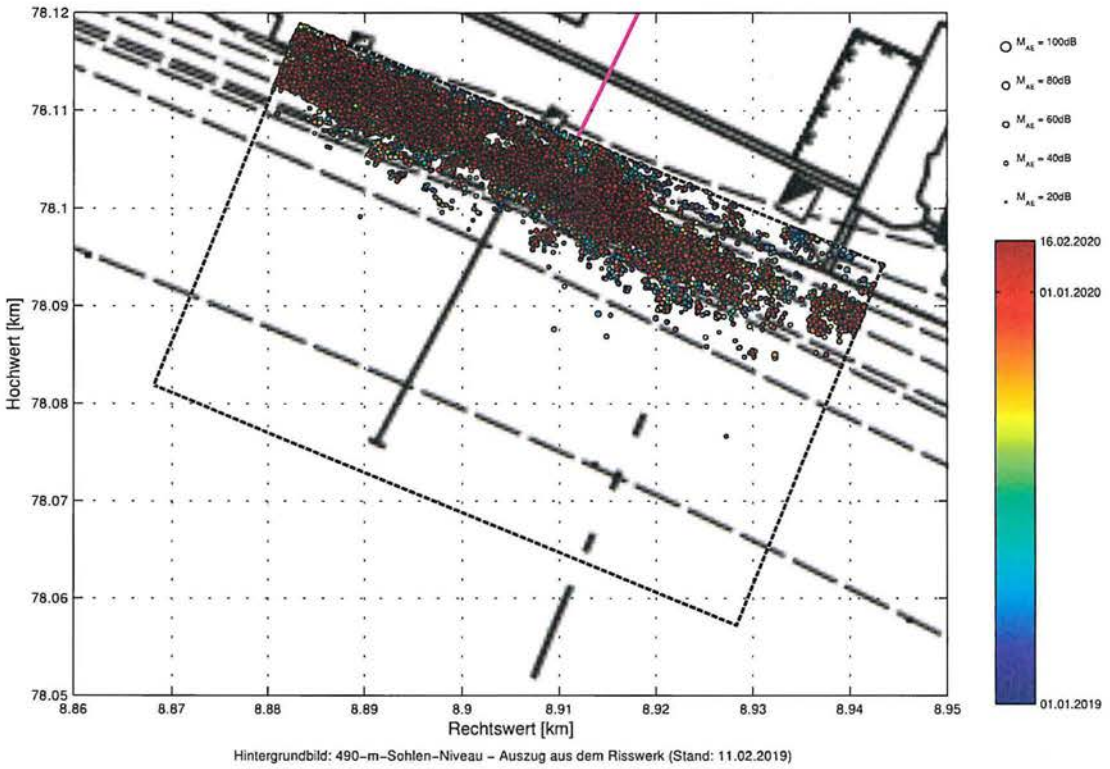


Bild 67: Mikroakustische Ereignisse südlich des Abbaus 4/490 vom 01.01.2019 bis 16.02.2020 (Gesamtzeit) — Draufsicht.

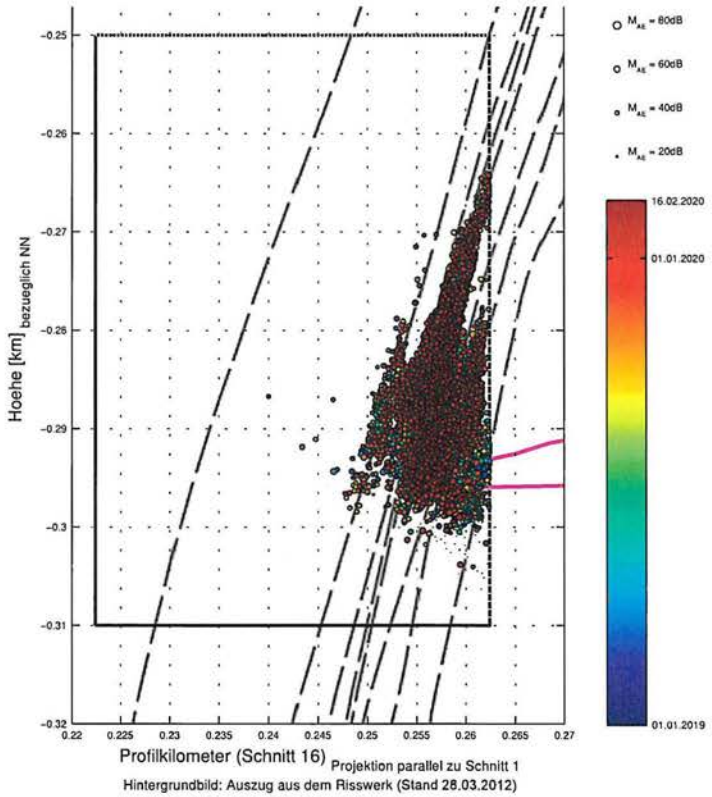
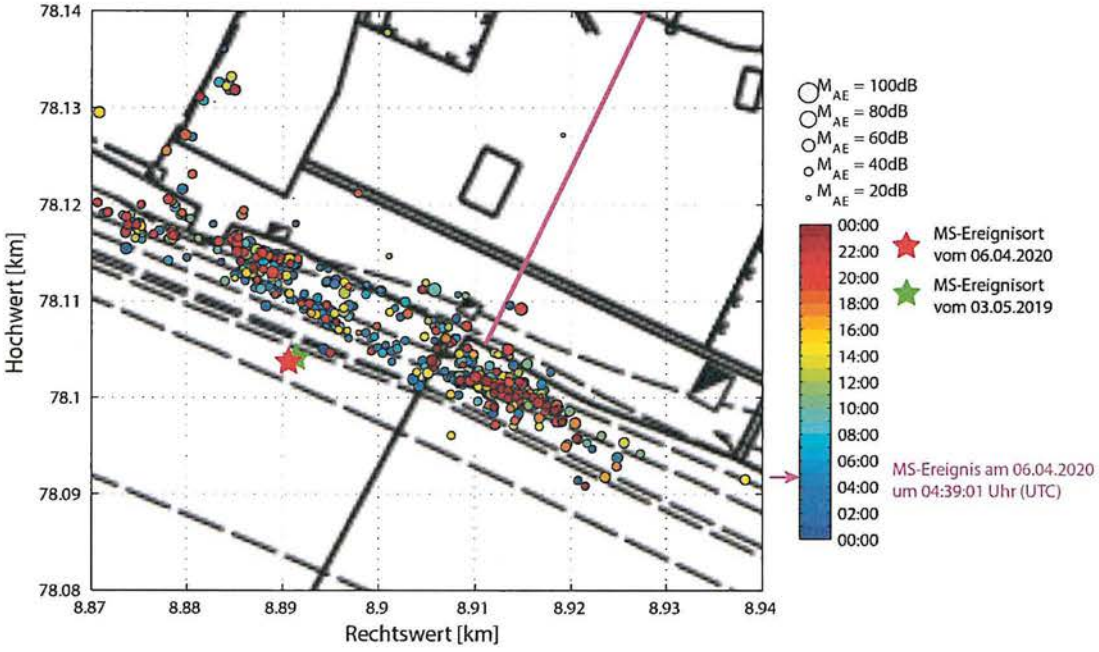
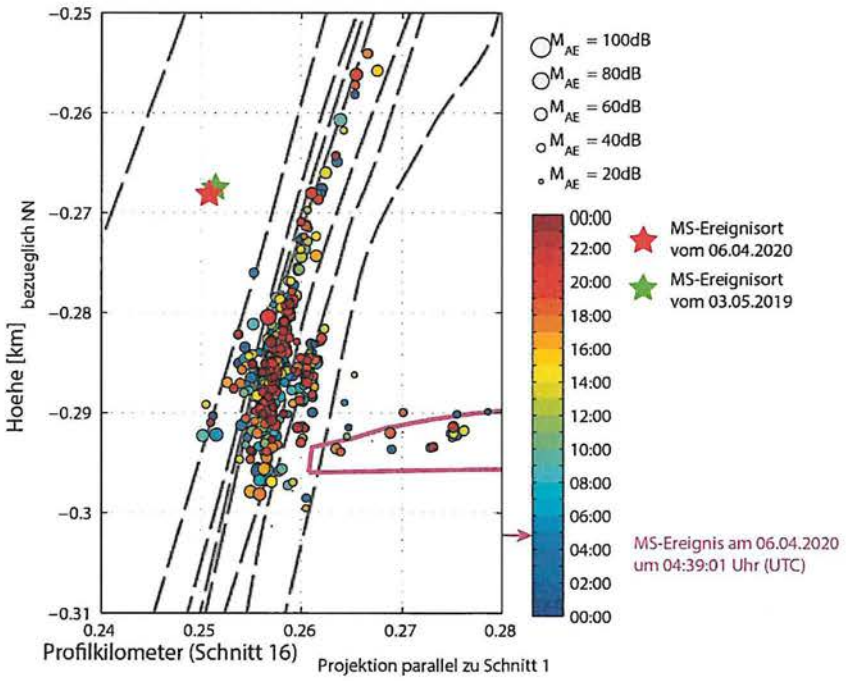


Bild 68: Mikroakustische Ereignisse südlich des Abbaus 4/490 vom 01.01.2019 bis 16.02.2020 (Gesamtzeit) — querschlägiger Seigerschnitt.



Hintergrundbild: 490–m–Sohlen–Niveau – Auszug aus dem Risswerk (Stand: 11.02.2019)

Bild 69: Mikroakustische Ereignisse beim Abbaus 4/490 am 06.04.2020 (00:00–24:00 Uhr UTC) mit Mikroseismik-Ereignis vom 06.04.2020 um 04:39:01 Uhr (UTC) mit einer Magnitude von M_l = -0.7 (roter Stern) und einem Mikroseismik-Ereignis vom 03.05.2019 um 18:11:41 Uhr (UTC) mit einer Magnitude von M_l = -0.6 (grüner Stern) im Bereich Übergang Salz–Deckgebirge (Draufsicht Abbau 4/490). Der Profilverlauf der in Bild 70 in pink dargestellten Abbaukontur ist als pinke Linie eingezeichnet.



Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand: 28.03.2012)

Bild 70: Mikroakustische Ereignisse beim Abbau 4/490 am 06.04.2020 (00:00–24:00 Uhr UTC) mit Mikroseismik-Ereignis vom 06.04.2020 um 04:39:01 Uhr (UTC) mit einer Magnitude von M_l = -0.7 (roter Stern) und einem Mikroseismik-Ereignis vom 03.05.2019 um 18:11:41 Uhr (UTC) mit einer Magnitude von M_l = -0.6 (grüner Stern) im Bereich Übergang Salz–Deckgebirge (Abbau 4/490, Schnitt 16). Die pinke Linie gibt den Profilverlauf, auf dem vor Erstellung des Stützbauwerks die Abbaukontur markscheiderisch eingemessen wurde, an (vgl. Bild 69).

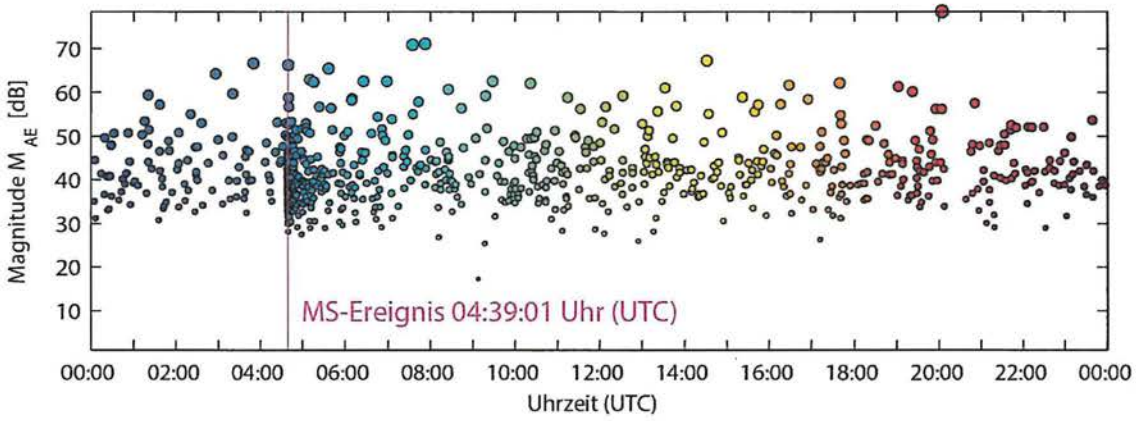


Bild 71: Relativmagnituden der Mikroakustikereignisse im gesamten Überwachungsbereich des Netzes in Abbau 4/490 am 06.04.2020 (00:00 - 24:00 Uhr UTC). Die pinke vertikale Linie markiert den Zeitpunkt des Mikroseismikereignisses (M_l = -0.7) vom 06.04.2020 um 04:39:01 Uhr (UTC) an. Kurz danach häufen sich die mikroakustischen Ereignisse.

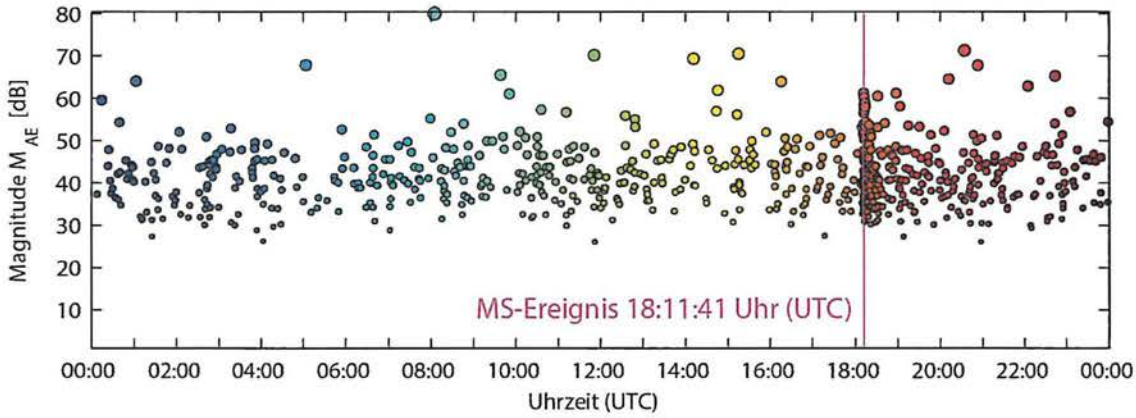
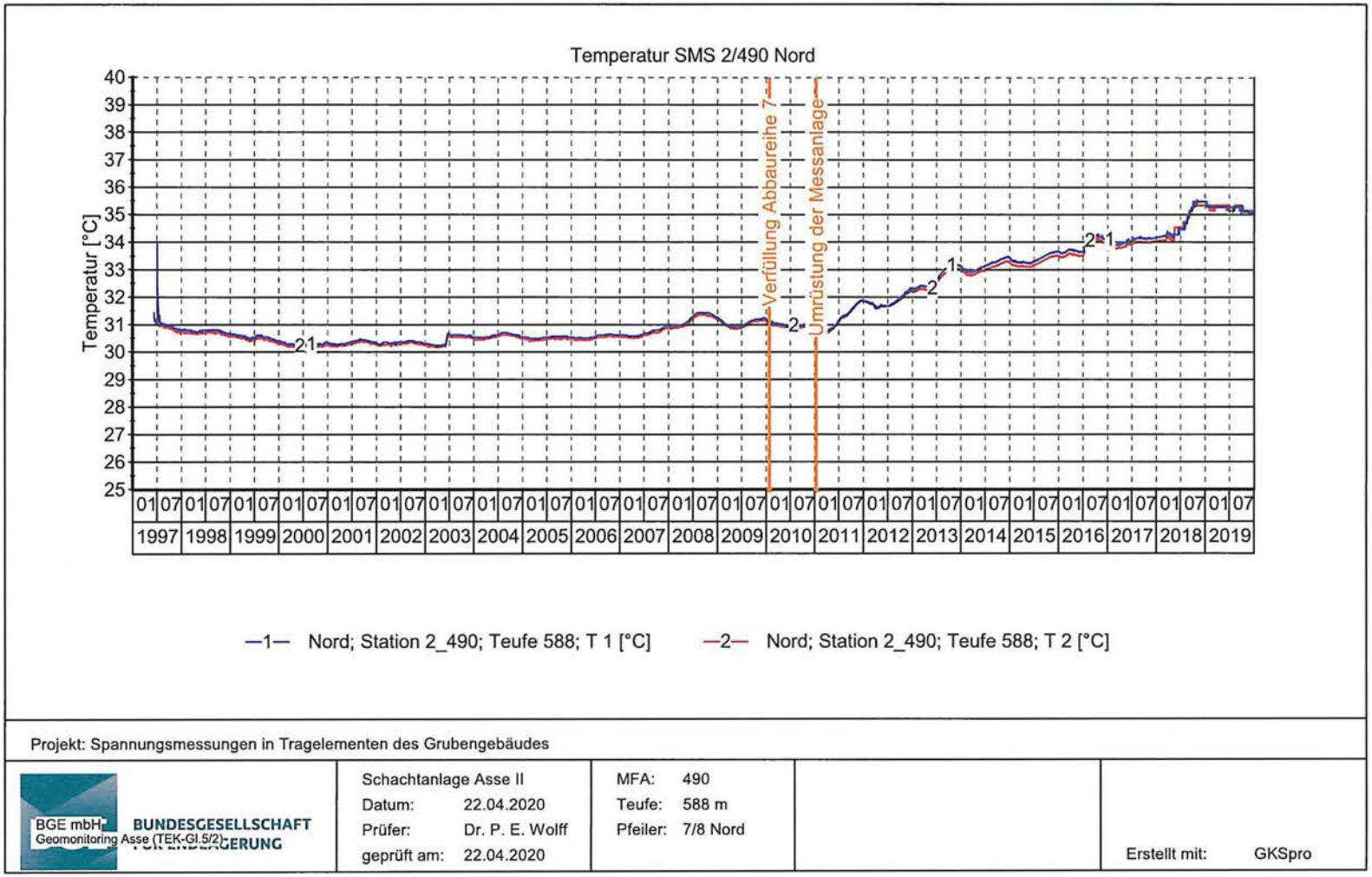


Bild 72: Relativmagnituden der Mikroakustikereignisse im gesamten Überwachungsbereich des Netzes in Abbau 4/490 am 03.05.2019 (00:00 - 24:00 Uhr UTC). Die pinke vertikale Linie markiert den Zeitpunkt des Mikroseismikereignisses (M_l = -0.6) vom 03.05.2019 um 18:11:41 Uhr (UTC) an. Kurz danach häufen sich die mikroakustischen Ereignisse.

Anhang 7: Überwachung des Baufeldes an der Südflanke oberhalb der 750-m-Sohle

Temperaturmessungen in den Pfeilern



Projekt: Spannungsmessungen in Tragelementen des Grubengebäudes

BGE mbH Geomonitoring Asse (TEK-GI.5/2) BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Schachtanlage Asse II
Datum: 22.04.2020
Prüfer: Dr. P. E. Wolff
geprüft am: 22.04.2020

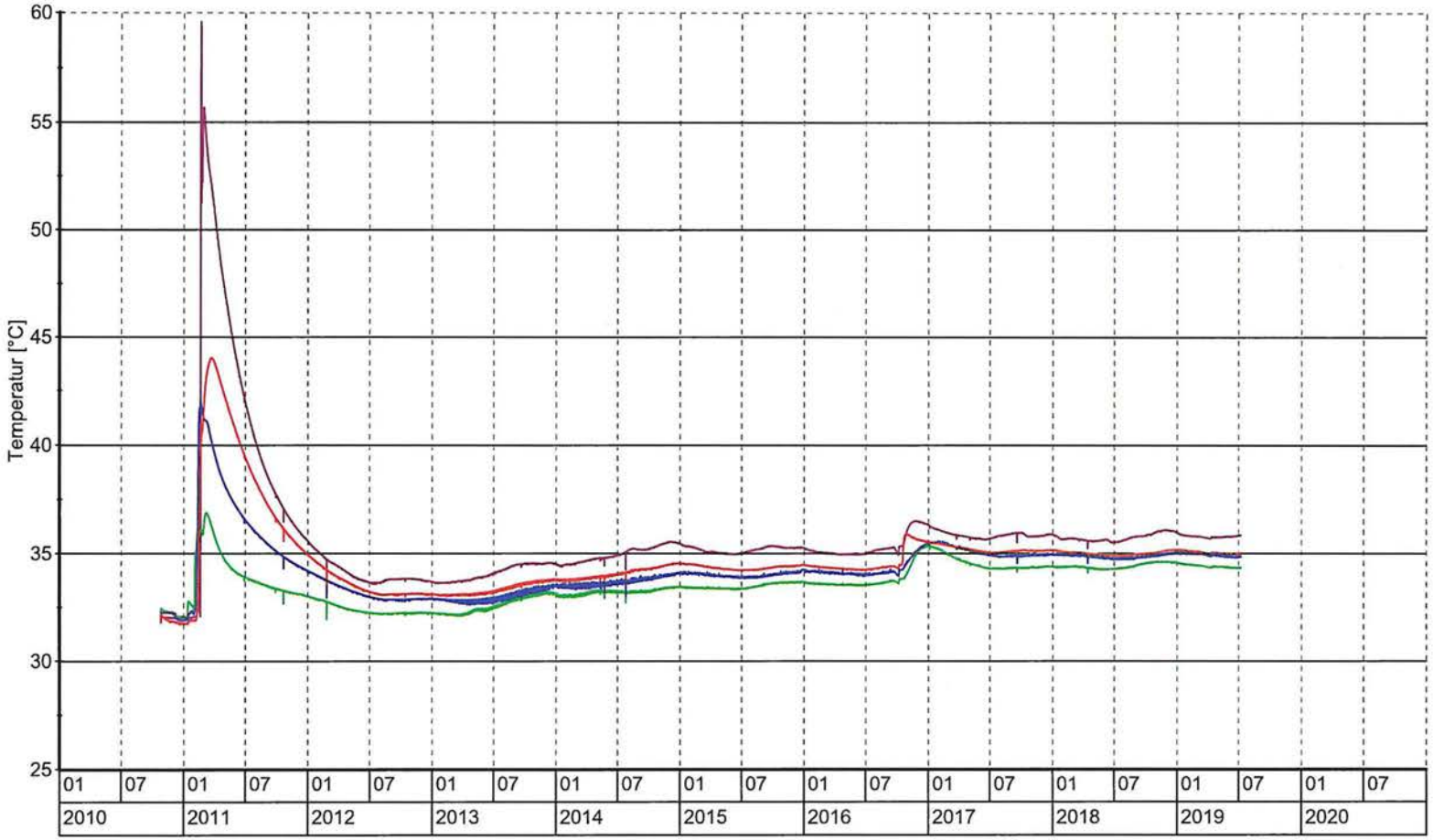
MFA: 490
Teufe: 588 m
Pfeiler: 7/8 Nord

Erstellt mit: GKSpro

Temperaturmessungen in den Schweben

Temperaturmessungen auf der 511-m-Sohle

Schwebe zwischen Abbau 4/511 und 4/490



Symbol	Messstelle	Sohle	Grubenraum	Bohrung	Einbautiefe [m]	Messzeitraum
	ÜFV-15-4/511-182	511-m-Sohle	Abbau 4/511	ÜFV-15-4/511	23,00	25.10.2010 - 01.01.2020
	ÜFV-15-4/511-185	511-m-Sohle	Abbau 4/511	ÜFV-15-4/511	5,00	25.10.2010 - 01.01.2020
	ÜFV-15-4/511-184	511-m-Sohle	Abbau 4/511	ÜFV-15-4/511	11,00	25.10.2010 - 01.01.2020
	ÜFV-15-4/511-183	511-m-Sohle	Abbau 4/511	ÜFV-15-4/511	17,00	25.10.2010 - 01.01.2020

Temperaturmessungen im Versatz

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

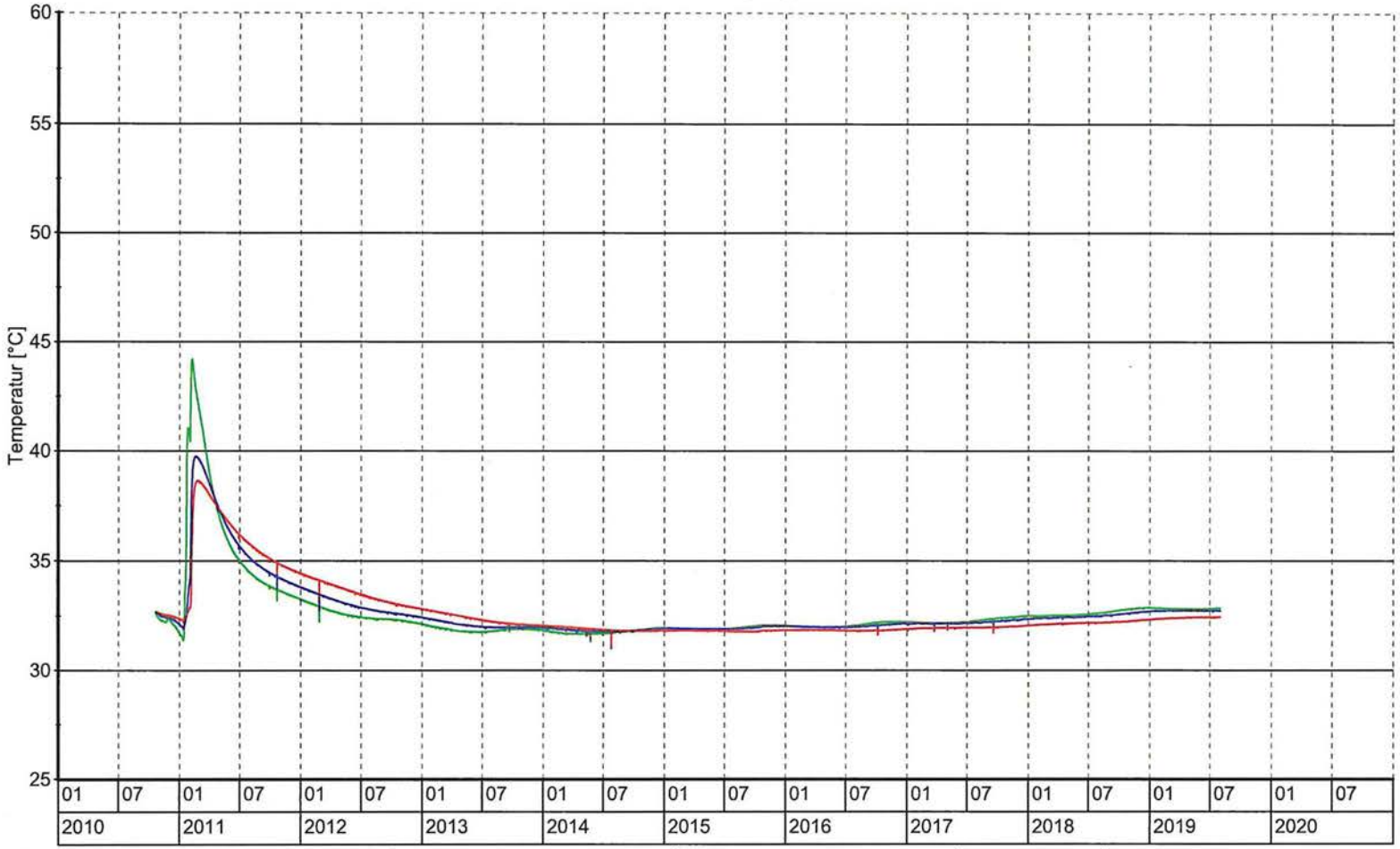
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Ltd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Blatt: 354

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Temperaturmessungen auf der 511-m-Sohle

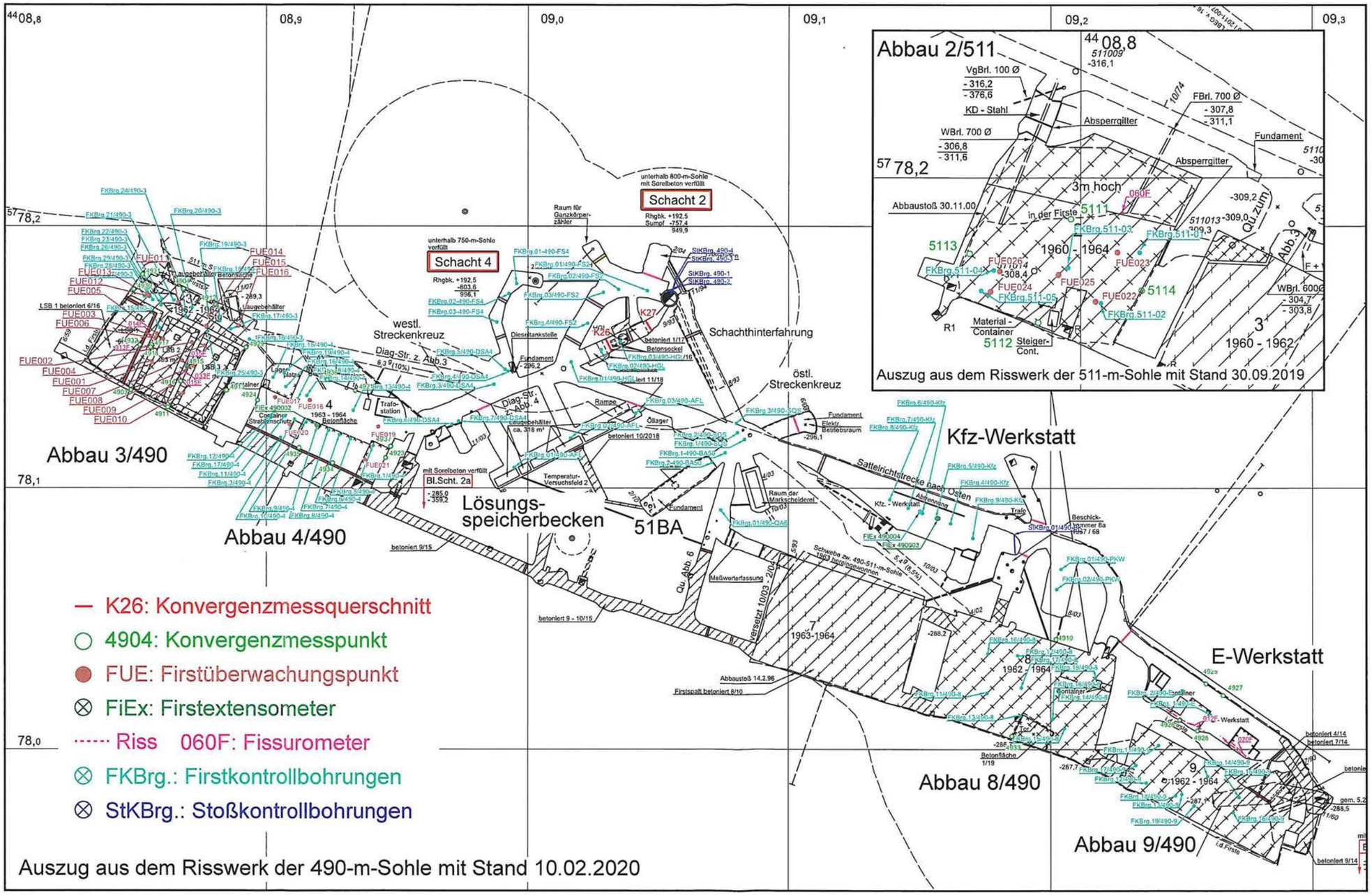
Versatz, westlicher Zugang Abbau 3/511



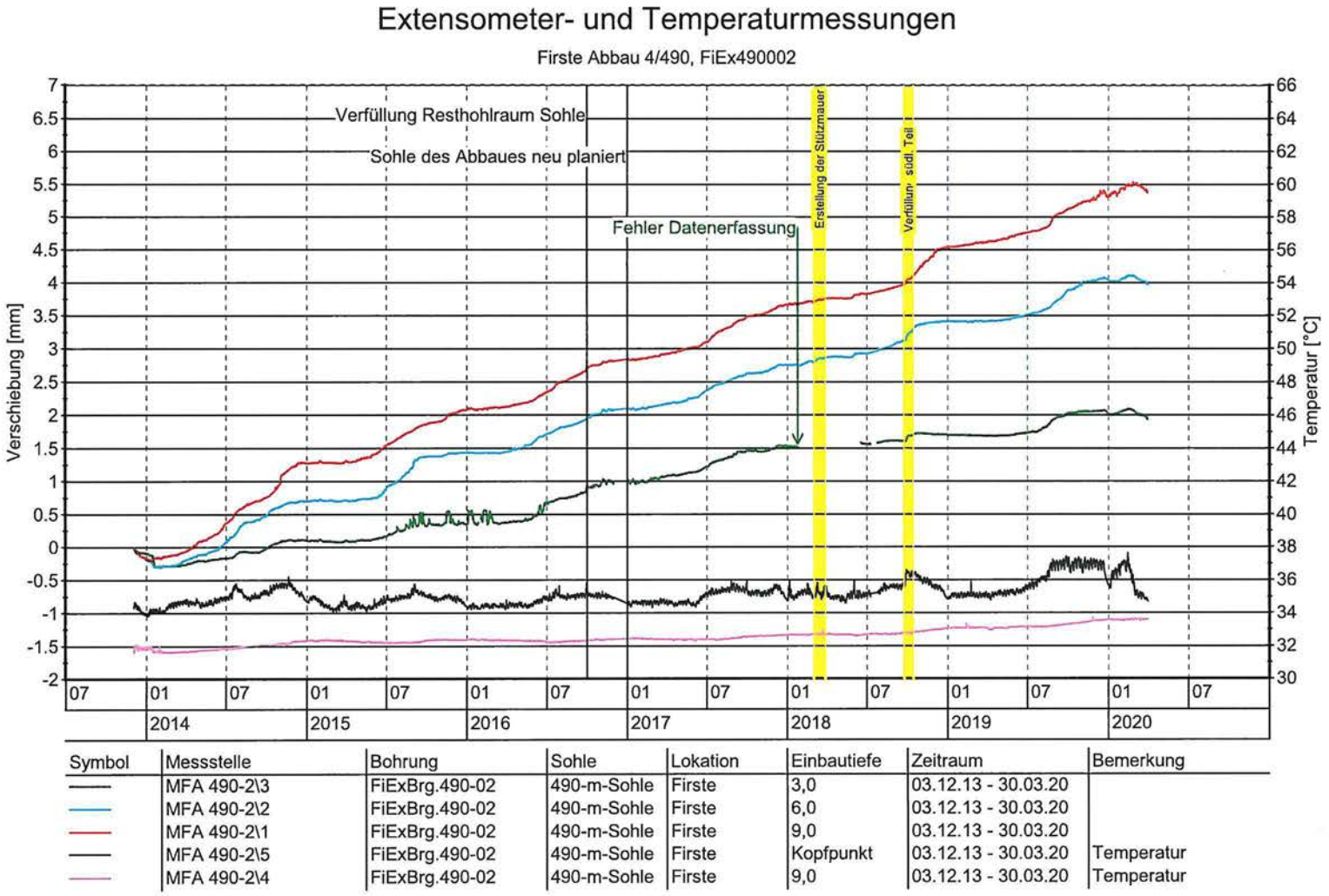
Symbol	Messstelle	Sohle	Grubenraum	Bohrung	Einbautiefe [m]	Messzeitraum
	ÜFV-13-3/511-120	511-m-Sohle	Abbau 3/511	ÜFV-13-3/511	2,00	21.10.2010 - 01.01.2020
	ÜFV-13-3/511-119	511-m-Sohle	Abbau 3/511	ÜFV-13-3/511	4,00	21.10.2010 - 01.01.2020
	ÜFV-13-3/511-118	511-m-Sohle	Abbau 3/511	ÜFV-13-3/511	7,00	21.10.2010 - 01.01.2020

Anhang 8: Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand

Anhang 8.1: Lageplan der geotechnischen Messstellen auf der 490-m-Sohle und im Abbau 2/511 auf der 511-m-Sohle, Stand April 2020



Anhang 8.2: Ergebnisse der Firstextensometermessungen

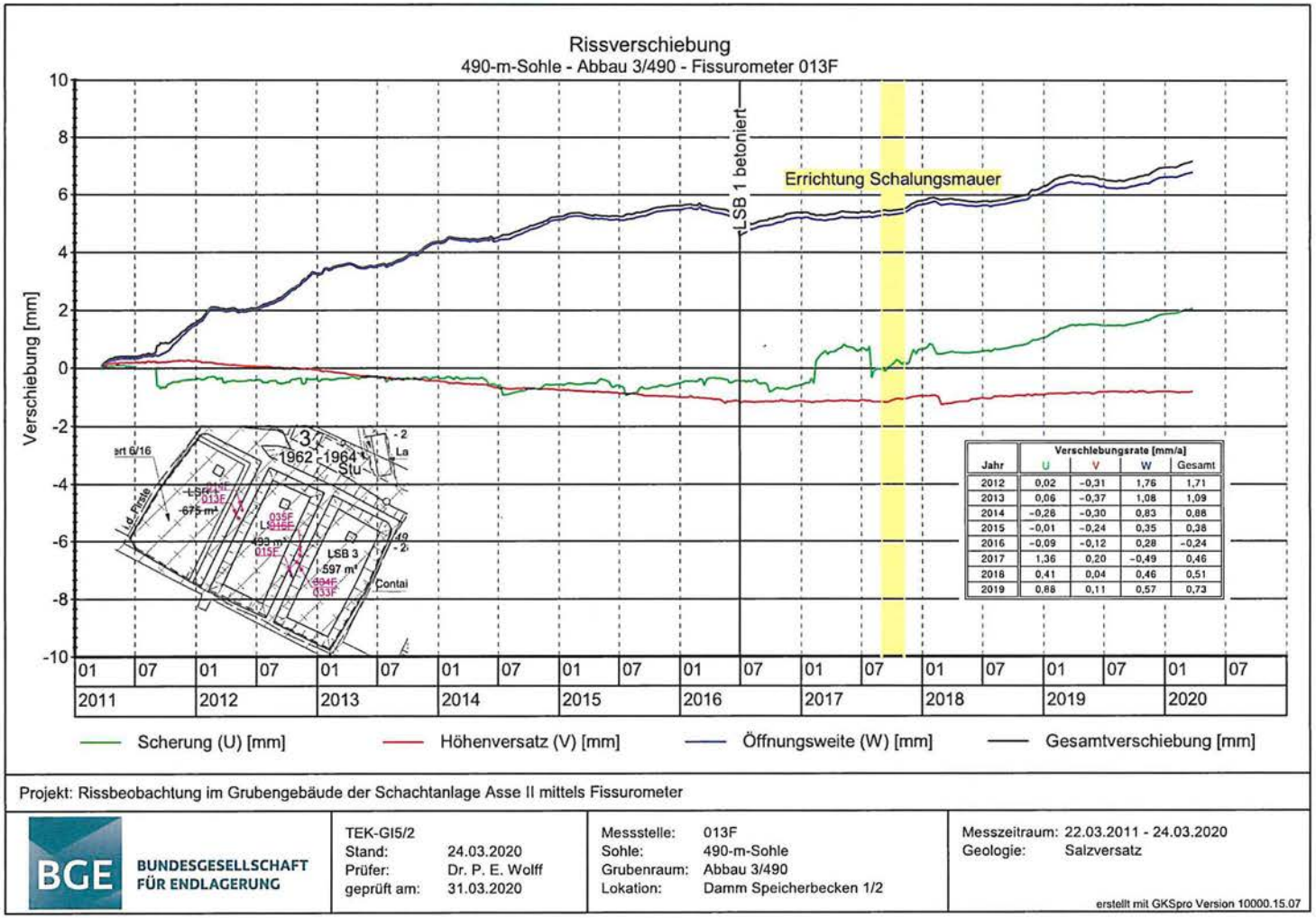


Symbol	Messstelle	Bohrung	Sohle	Lokation	Einbautiefe	Zeitraum	Bemerkung
	MFA 490-2\3	FiExBrg.490-02	490-m-Sohle	Firste	3,0	03.12.13 - 30.03.20	
	MFA 490-2\2	FiExBrg.490-02	490-m-Sohle	Firste	6,0	03.12.13 - 30.03.20	
	MFA 490-2\1	FiExBrg.490-02	490-m-Sohle	Firste	9,0	03.12.13 - 30.03.20	
	MFA 490-2\5	FiExBrg.490-02	490-m-Sohle	Firste	Kopfpunkt	03.12.13 - 30.03.20	Temperatur
	MFA 490-2\4	FiExBrg.490-02	490-m-Sohle	Firste	9,0	03.12.13 - 30.03.20	Temperatur

Anhang 8.3: Ergebnisse der Fissurometermessungen

Abbau 3/490

Fissurometer 013F



Jahr	Verschiebungsrate [mm/a] U	V	W	Gesamt
2012	0,02	-0,31	1,76	1,71
2013	0,06	-0,37	1,08	1,09
2014	-0,26	-0,30	0,83	0,86
2015	-0,01	-0,24	0,35	0,38
2016	-0,09	-0,12	0,28	-0,24
2017	1,36	0,20	-0,49	0,46
2018	0,41	0,04	0,46	0,51
2019	0,86	0,11	0,57	0,73

Projekt: Rissbeobachtung im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II mittels Fissurometer

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

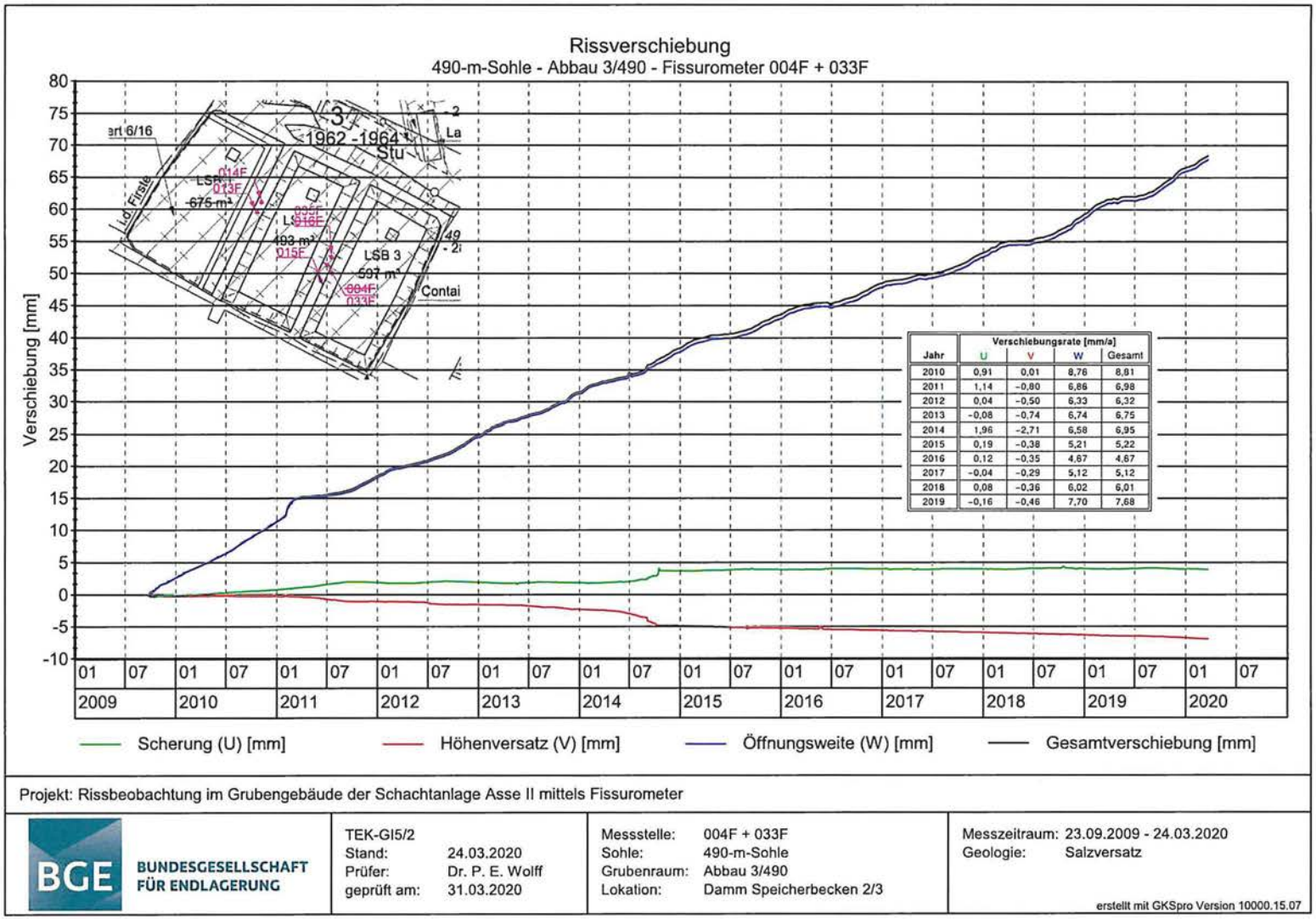
TEK-GI5/2
Stand: 24.03.2020
Prüfer: Dr. P. E. Wolff
geprüft am: 31.03.2020

Messstelle: 013F
Sohle: 490-m-Sohle
Grubenraum: Abbau 3/490
Lokation: Damm Speicherbecken 1/2

Messzeitraum: 22.03.2011 - 24.03.2020
Geologie: Salzversatz

erstellt mit GKSpro Version 10000.15.07

Fissurometer 004F und 033F



Jahr	Verschiebungsrate [mm/a] U	V	W	Gesamt
2010	0,91	0,01	8,76	8,81
2011	1,14	-0,80	6,86	6,98
2012	0,04	-0,50	6,33	6,32
2013	-0,08	-0,74	6,74	6,75
2014	1,96	-2,71	6,58	6,95
2015	0,19	-0,38	5,21	5,22
2016	0,12	-0,35	4,67	4,67
2017	-0,04	-0,29	5,12	5,12
2018	0,08	-0,36	6,02	6,01
2019	-0,16	-0,46	7,70	7,68

Projekt: Rissbeobachtung im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II mittels Fissurometer

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

TEK-GI5/2	
Stand:	24.03.2020
Prüfer:	Dr. P. E. Wolff
geprüft am:	31.03.2020

Messstelle:	004F + 033F
Sohle:	490-m-Sohle
Grubenraum:	Abbau 3/490
Lokation:	Damm Speicherbecken 2/3

Messzeitraum: 23.09.2009 - 24.03.2020
Geologie: Salzversatz

erstellt mit GKSpro Version 10000.15.07

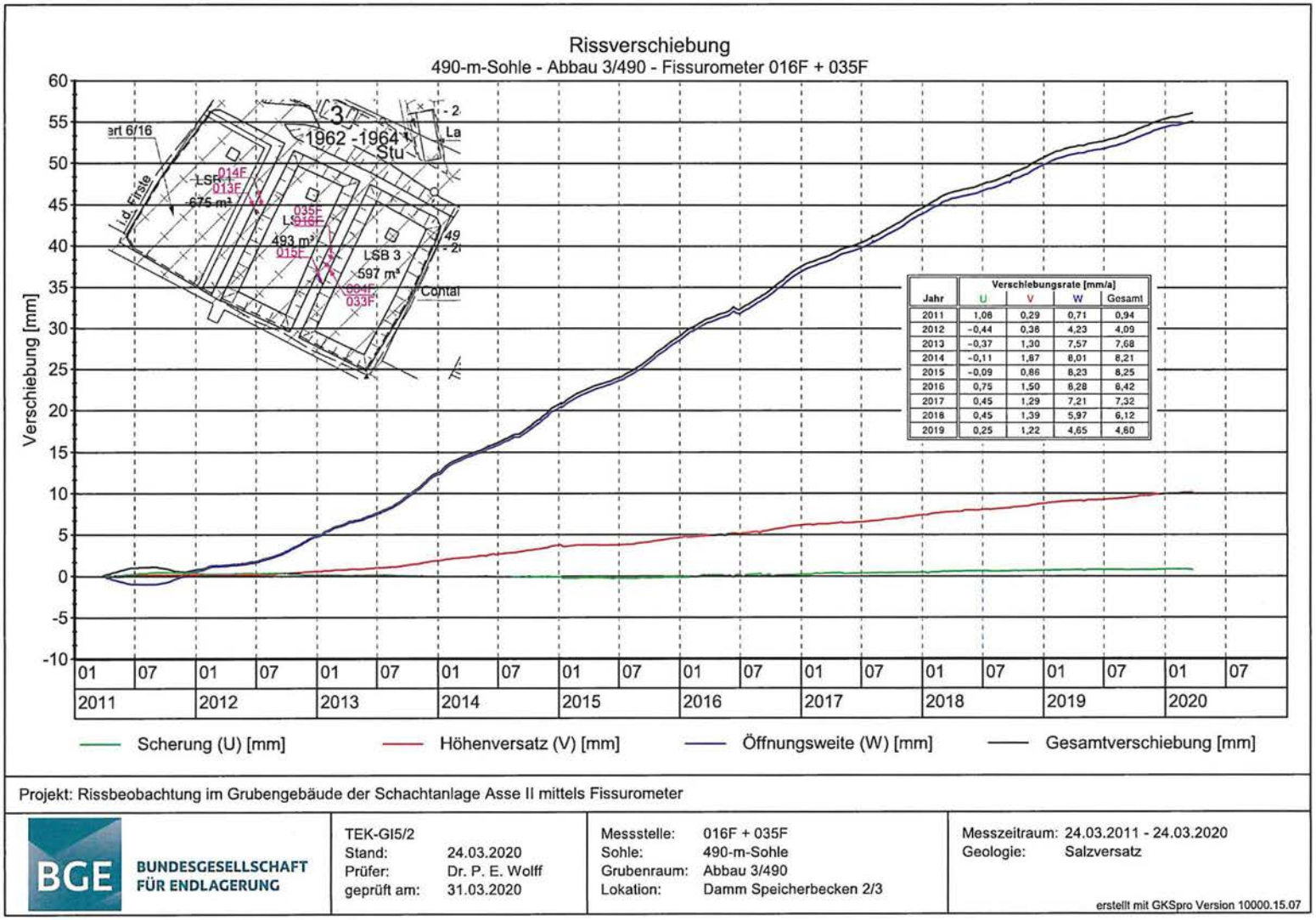
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Ltd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 358

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Fissurometer 016F und 035F



Projekt: Rissbeobachtung im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II mittels Fissurometer

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

TEK-GI5/2	
Stand:	24.03.2020
Prüfer:	Dr. P. E. Wolff
geprüft am:	31.03.2020

Messstelle:	016F + 035F
Sohle:	490-m-Sohle
Grubenraum:	Abbau 3/490
Lokation:	Damm Speicherbecken 2/3

Messzeitraum: 24.03.2011 - 24.03.2020
Geologie: Salzversatz

erstellt mit GKSpro Version 10000.15.07

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

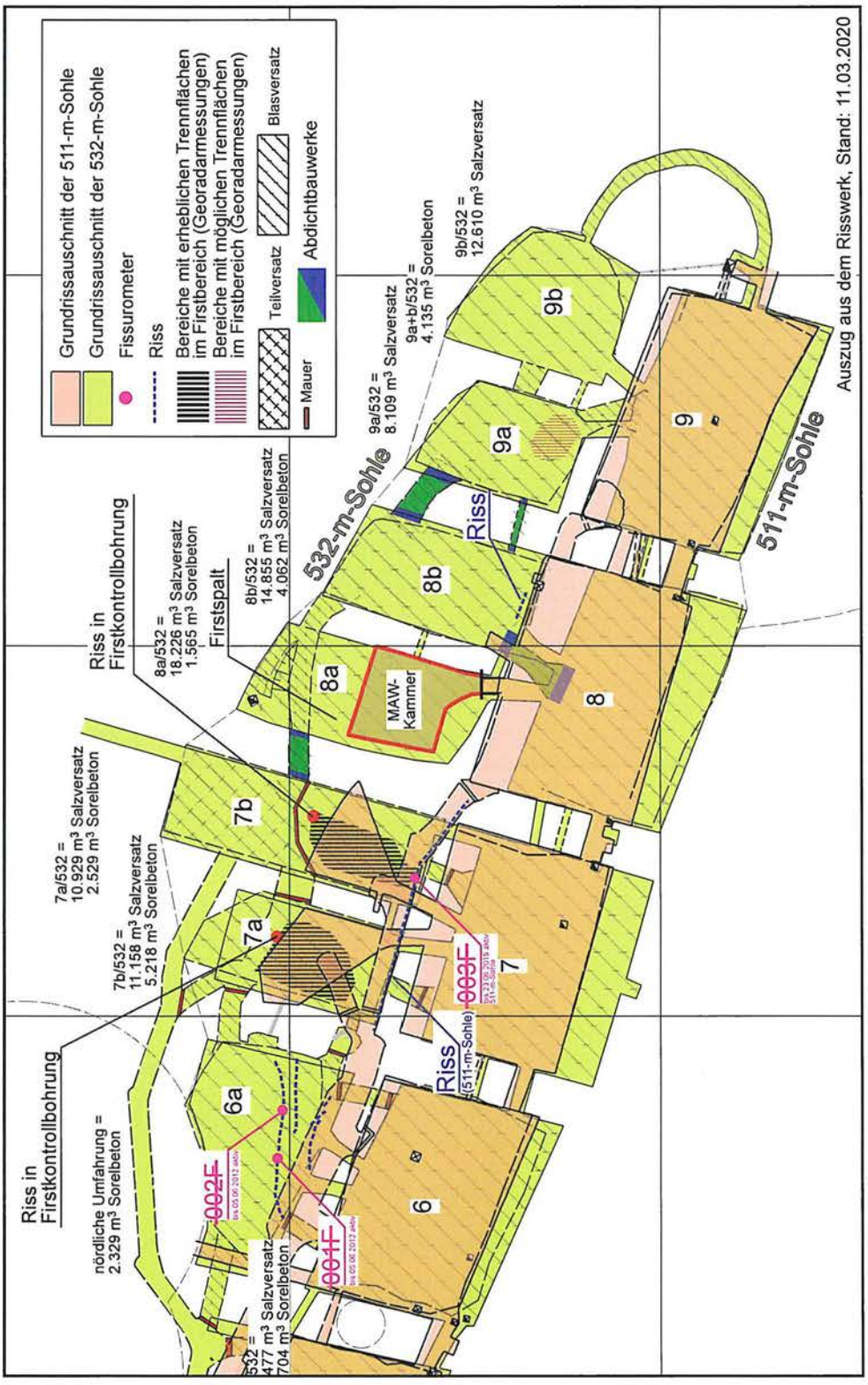
Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 359

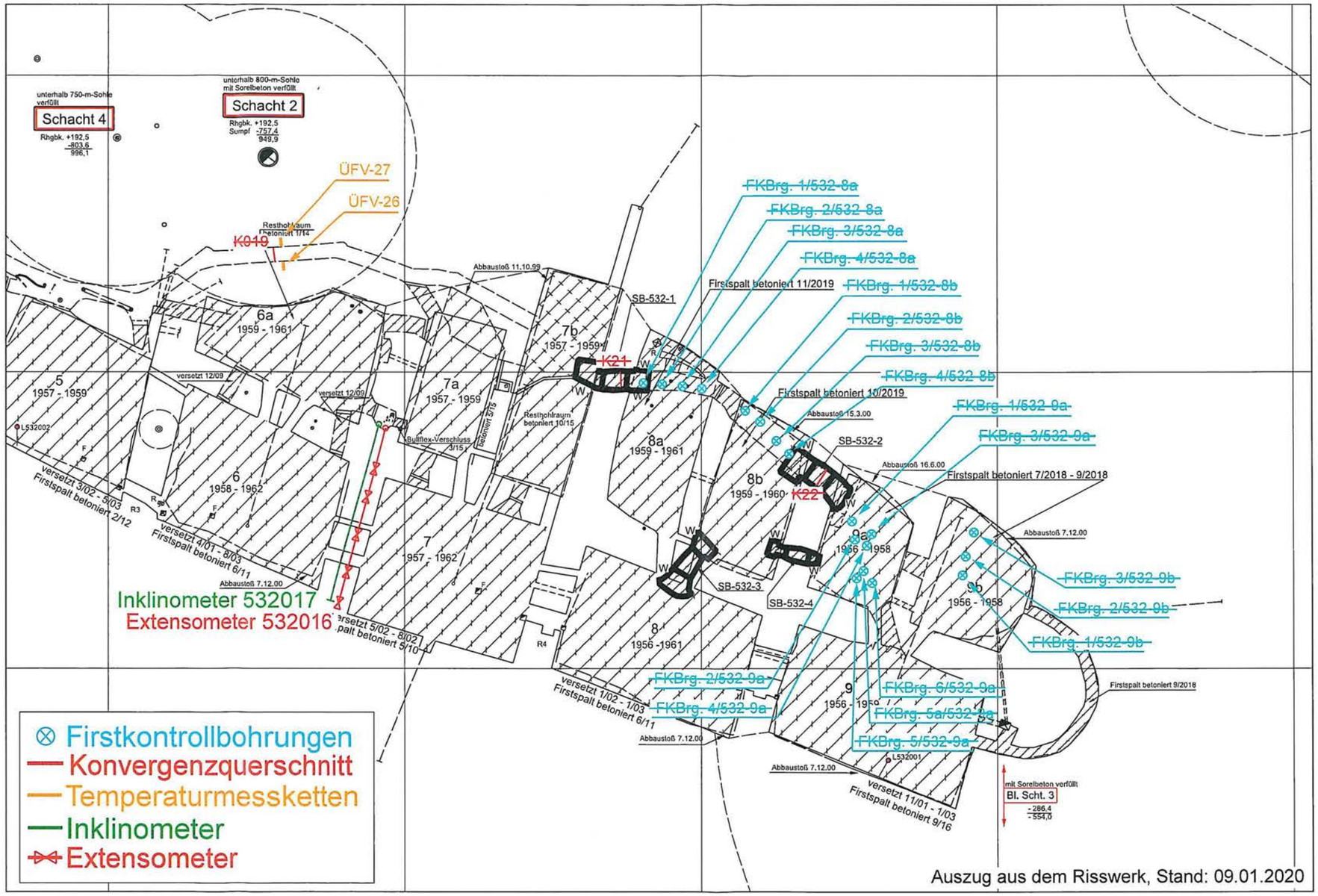
BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Anhang 9: Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle

Anhang 9.1: Draufsicht der 511- und 532-m-Sohle mit Übersicht der Befunde



Anhang 9.2: Lageplan der geotechnischen Messstellen auf der 532-m-Sohle, Stand März 2020

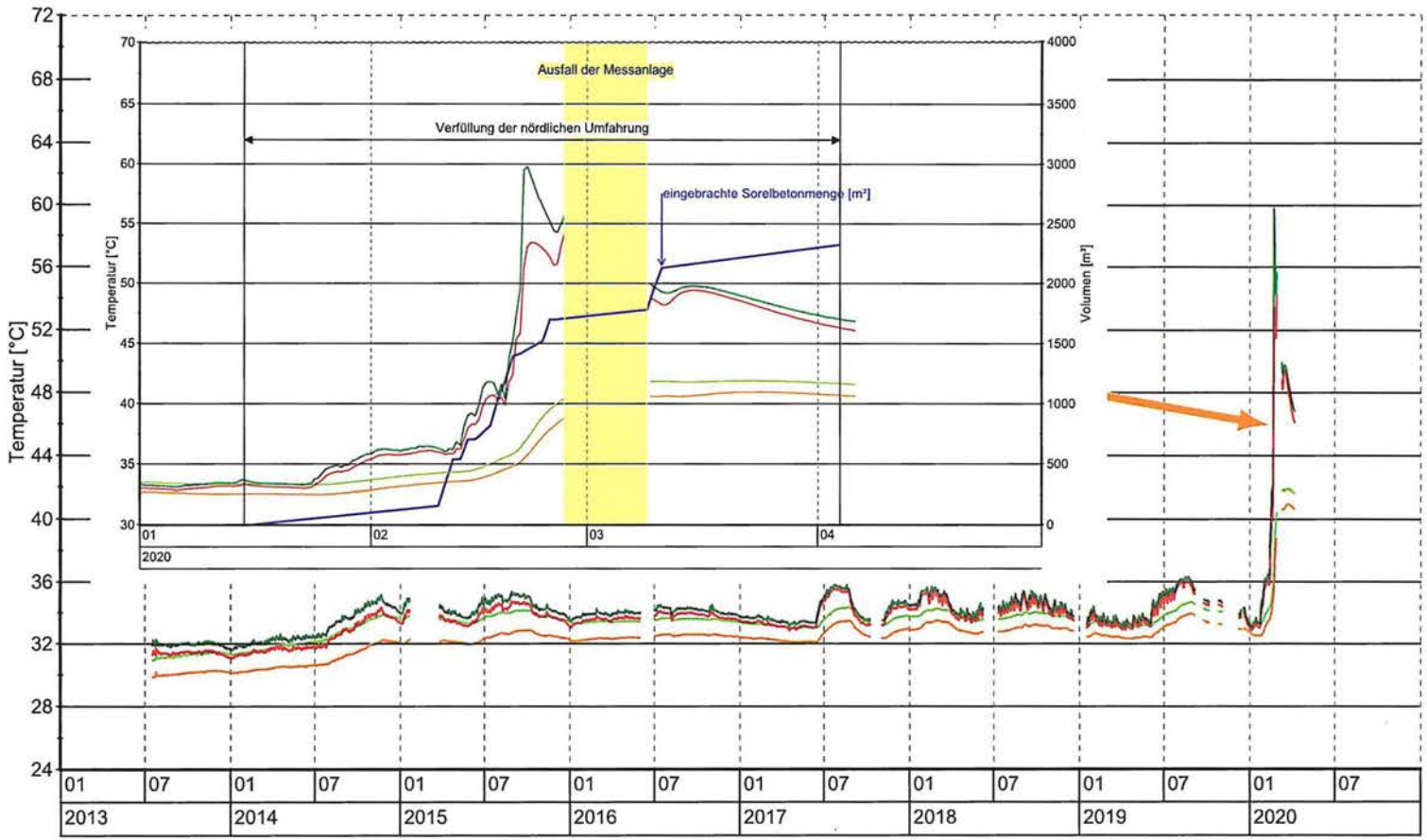


Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Temperaturmessungen

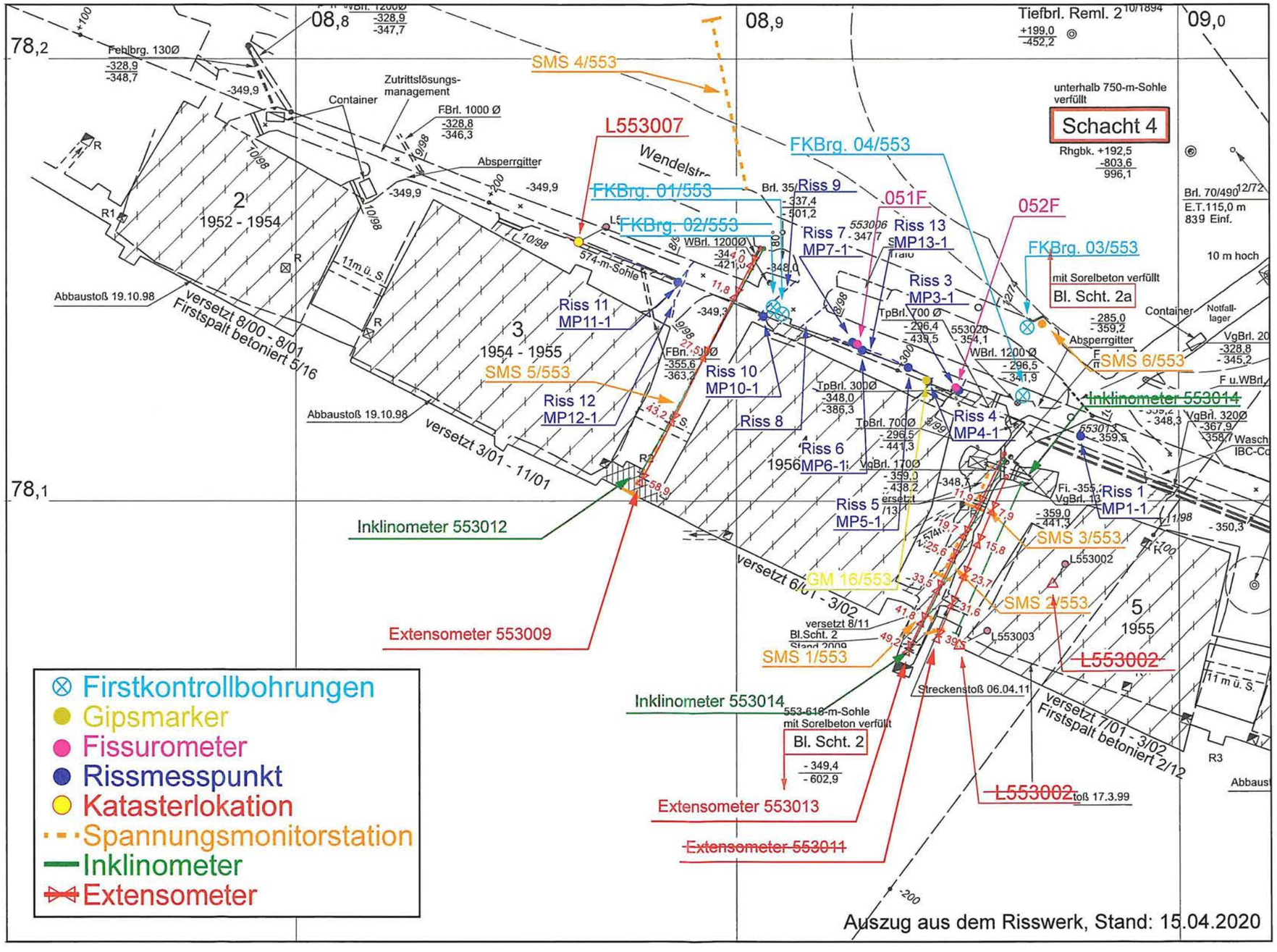
nördliche Umfahrung auf der 532-m-Sohle



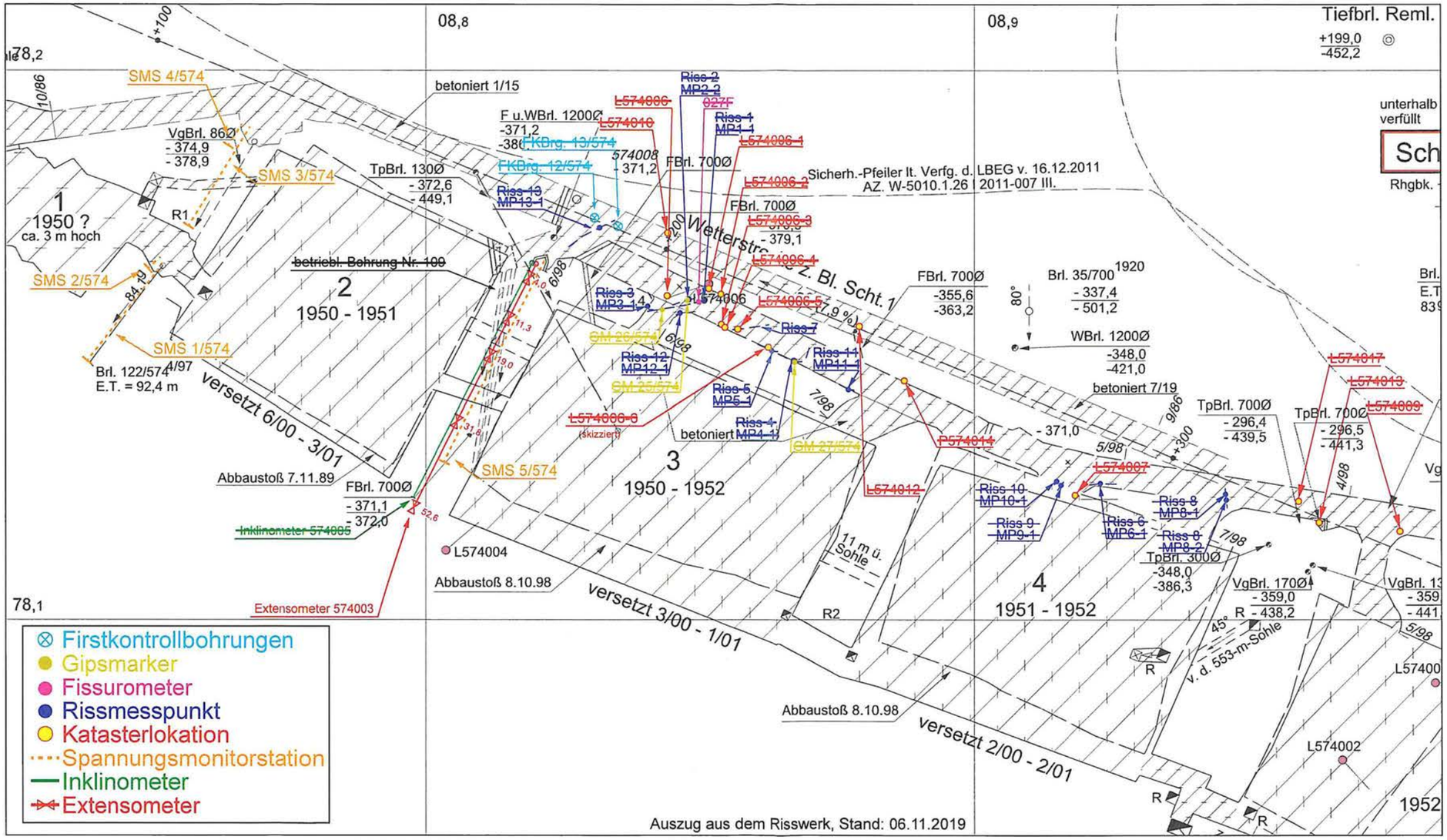
Symbol	Messstelle	Sohle	Grubenraum	Bohrung	Einbautiefe [m]	Messzeitraum
	ÜFV-27-6a/532-01	532-m-Sohle	Umfahrung Nebenabbau 6a/532	ÜFV-27-6a/532	3,00	16.07.2013 - 06.04.2020
	ÜFV-27-6a/532-02	532-m-Sohle	Umfahrung Nebenabbau 6a/532	ÜFV-27-6a/532	1,00	16.07.2013 - 06.04.2020
	ÜFV-26-6a/532-03	532-m-Sohle	Umfahrung Nebenabbau 6a/532	ÜFV-26-6a/532	3,00	16.07.2013 - 06.04.2020
	ÜFV-26-6a/532-04	532-m-Sohle	Umfahrung Nebenabbau 6a/532	ÜFV-26-6a/532	1,00	16.07.2013 - 06.04.2020

Anhang 10: Westflügel der 553- und 574-m-Sohle

Anhang 10.1: Lageplan der geotechnischen Messstellen auf der 553-m-Sohle, Stand April 2020



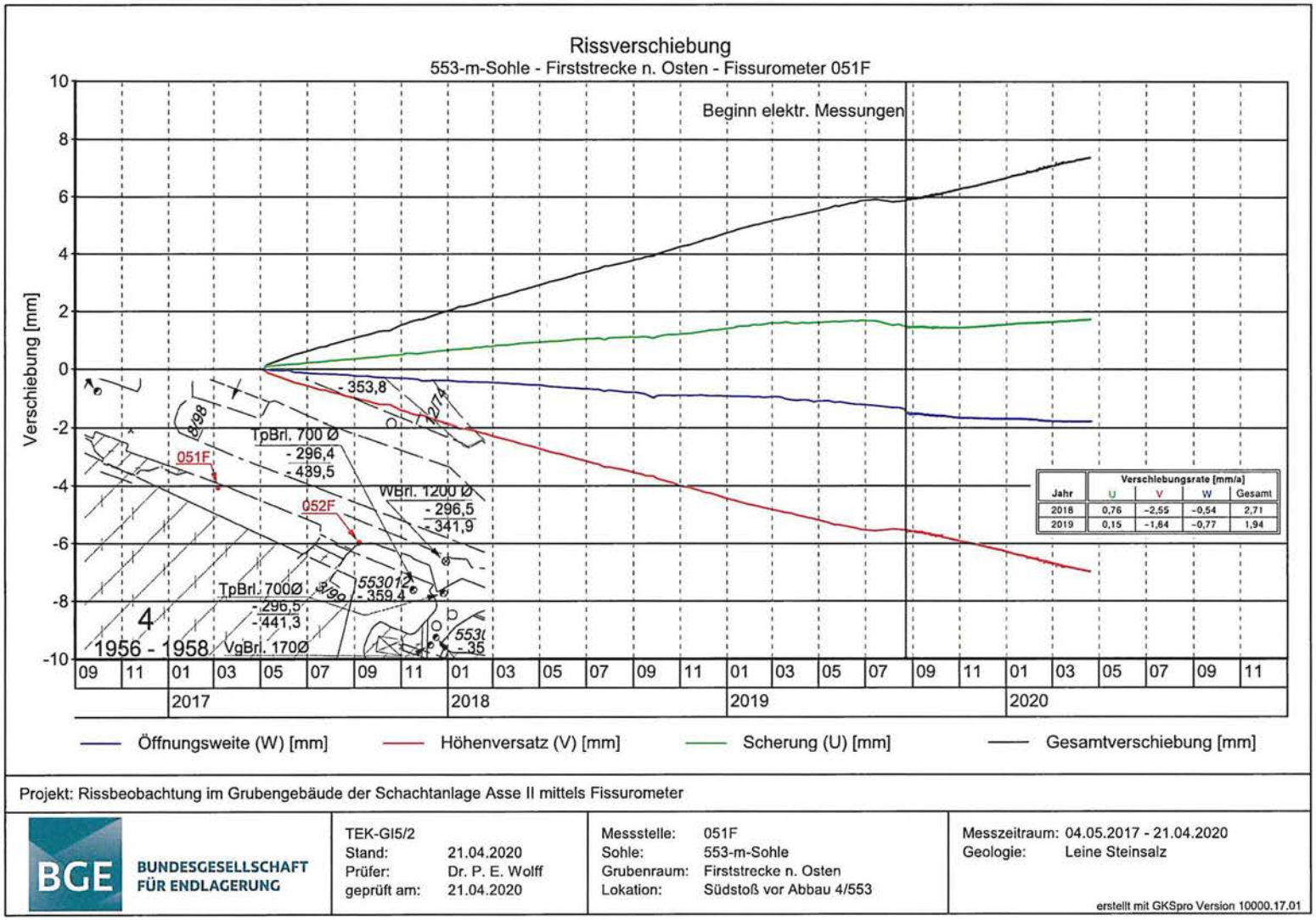
Anhang 10.2: Lageplan der geotechnischen Messstellen auf der 574-m-Sohle, Stand April 2020



KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Anhang 10.3: Ergebnisse der Fissurometermessungen

Fissurometer 051F



Projekt: Rissbeobachtung im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II mittels Fissurometer

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

TEK-GI5/2	
Stand:	21.04.2020
Prüfer:	Dr. P. E. Wolff
geprüft am:	21.04.2020

Messstelle:	051F
Sohle:	553-m-Sohle
Grubenraum:	Firststrecke n. Osten
Lokation:	Südstoß vor Abbau 4/553

Messzeitraum:	04.05.2017 - 21.04.2020
Geologie:	Leine Steinsalz

erstellt mit GKSpro Version 10000.17.01

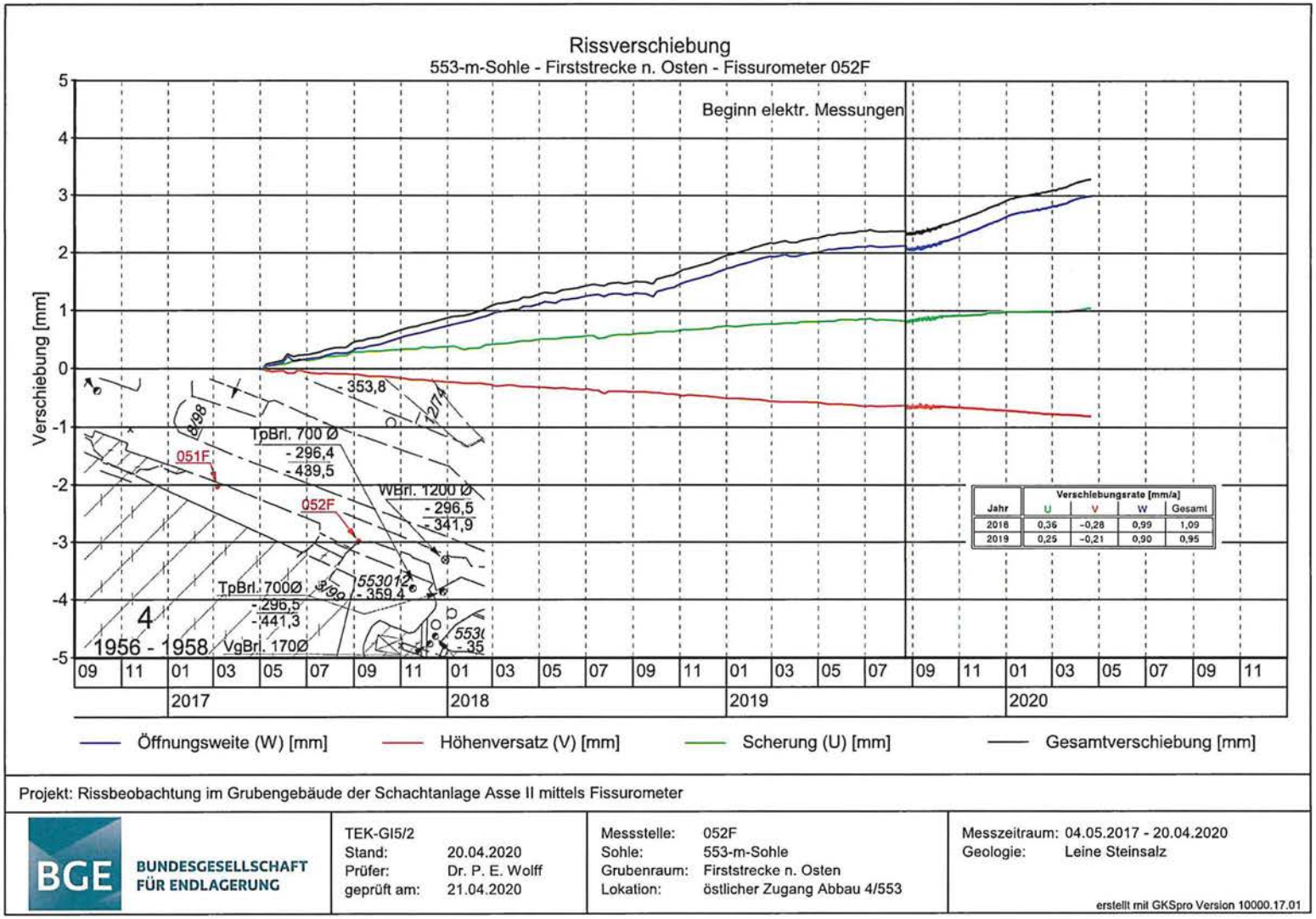
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 365

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Fissurometer 052F



Projekt: Rissbeobachtung im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II mittels Fissurometer

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

TEK-GI5/2	
Stand:	20.04.2020
Prüfer:	Dr. P. E. Wolff
geprüft am:	21.04.2020

Messstelle:	052F
Sohle:	553-m-Sohle
Grubenraum:	Firststrecke n. Osten
Lokation:	östlicher Zugang Abbau 4/553

Messzeitraum: 04.05.2017 - 20.04.2020
Geologie: Leine Steinsalz

erstellt mit GKSpro Version 10000.17.01

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

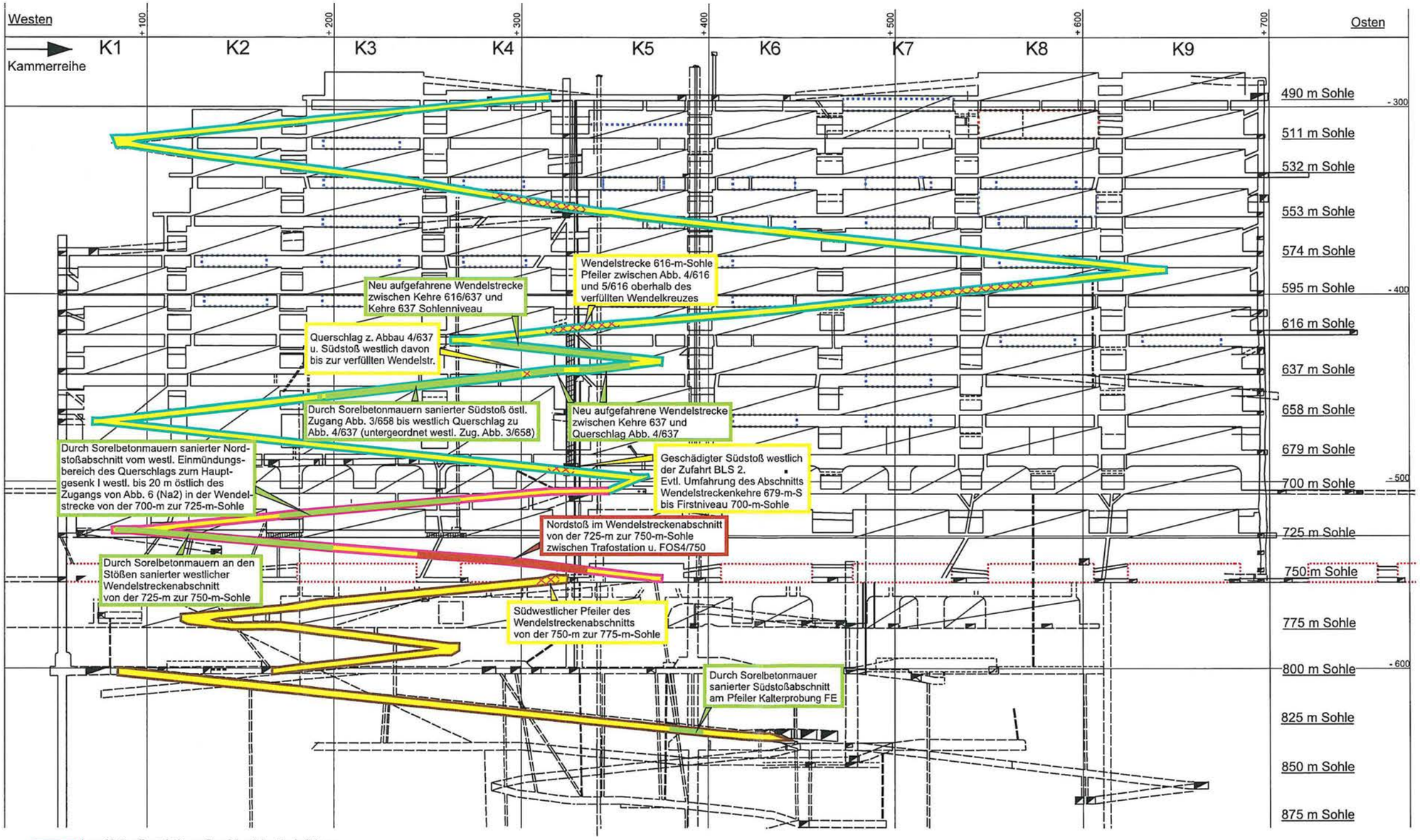
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Ltd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Blatt: 366

Anhang 11: Gebirgsmechanische Situation – Wendelstrecke (490- – 850-m-Sohle)

Anhang 11.1: Sanierungsbedarf der Wendelstrecke (Darstellung: Schnitt 1)



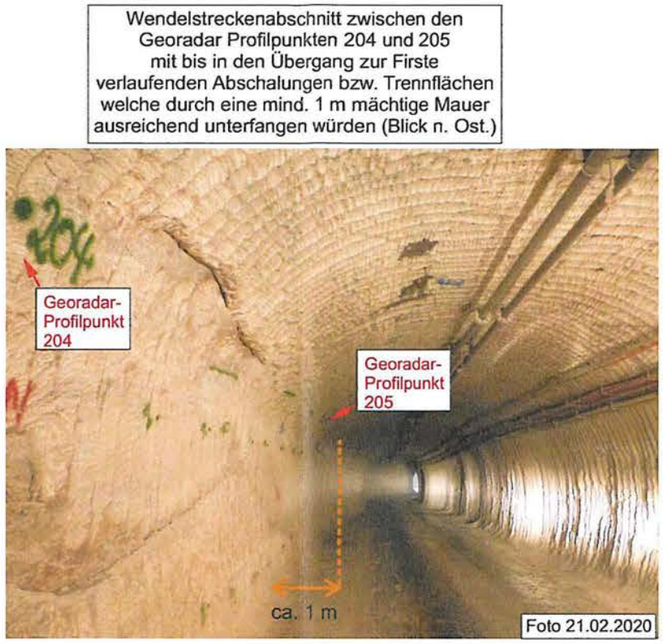
KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

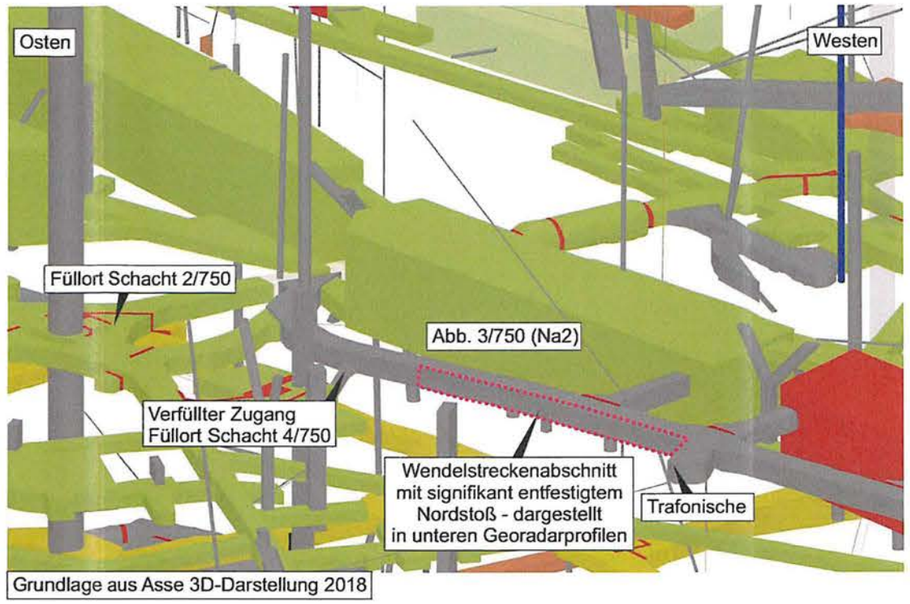
Anhang 11.2: Panoramaaufnahmen der geschädigten Wendelstreckenstöße im Bereich des Pfeilers 4/5 auf der 616-m-Sohle

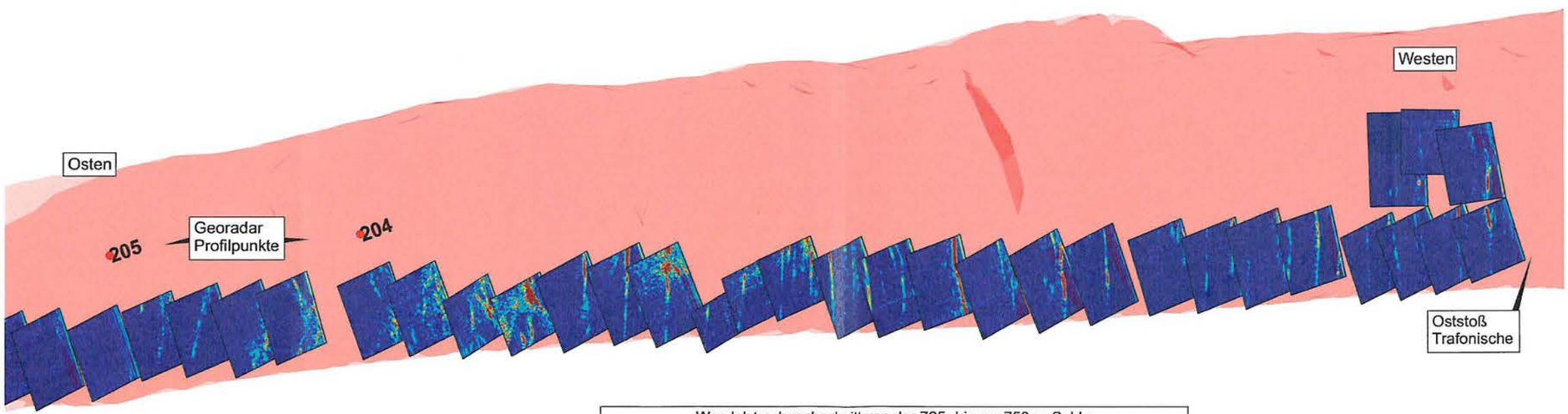
Panoramaaufnahme Nordstoß im Bereich des Pfeilers 4/5

Panoramaaufnahme Südstoß im Bereich des Pfeilers 4/5

Anhang 11.3: Übersicht des geschädigten Nordstoßabschnitts 725-750 m-S mit Lage der Georadarprofile







Wendelstreckenabschnitt von der 725- bis zur 750-m-Sohle
mit exemplarischen Profilen der Georadaruntersuchung
am Nordstoß vom Dezember 2019 mit Profilpunkten 204 und 205.
Erkennbar sind unterschiedlich steil nach Norden-Nordwesten einfallende Trennflächen

Anhang 11.4: Ausgewählte Abbildungen der Firstkontrollbohrungen FKBrg. 637-30, 725-19, 750-50, 750-53, 750-54 und 775-11

Bild 73: durch Salzausblühungen verengte Bohrlochkontur (FKBrg.637-34, Teufe: 2,40 m)

Bild 74: Salzausblühungen in feuchter Kontur (FKBrg.725-19, Teufe: 0,50 m)

Bild 75: Riss mit Öffnungsweite von ca. 1 bis 2 mm (FKBrg.750-50, Teufe: 1,90 m)

Bild 76: Riss mit Öffnungsweite von ca. 1 bis 2 mm (FKBrg.750-53, Teufe: 1,30 m)

Bild 77: Riss mit geringer Öffnungsweite (FKBrg.750-54, Teufe: 2,40 m)

Bild 78: Ausblühungen an beanspruchter Kontur (FKBrg.775-11, Teufe: 0,70 m)

Anhang 11.5: Ausgewählte Abbildungen der Stoßkontrollbohrungen StKBrg. 750-63, 750-64, 750-65 und 750-66

Bild 79: Riss mit Öffnungsweite von ca. 3 bis 4 mm, seitl. versetzt (StKBrg.750-63, Teufe: 0,20 m)

Bild 80: Riss mit Öffnungsweite von ca. 6 bis 7 mm, seitl. versetzt (StKBrg.750-63, Teufe: 4,20 m)

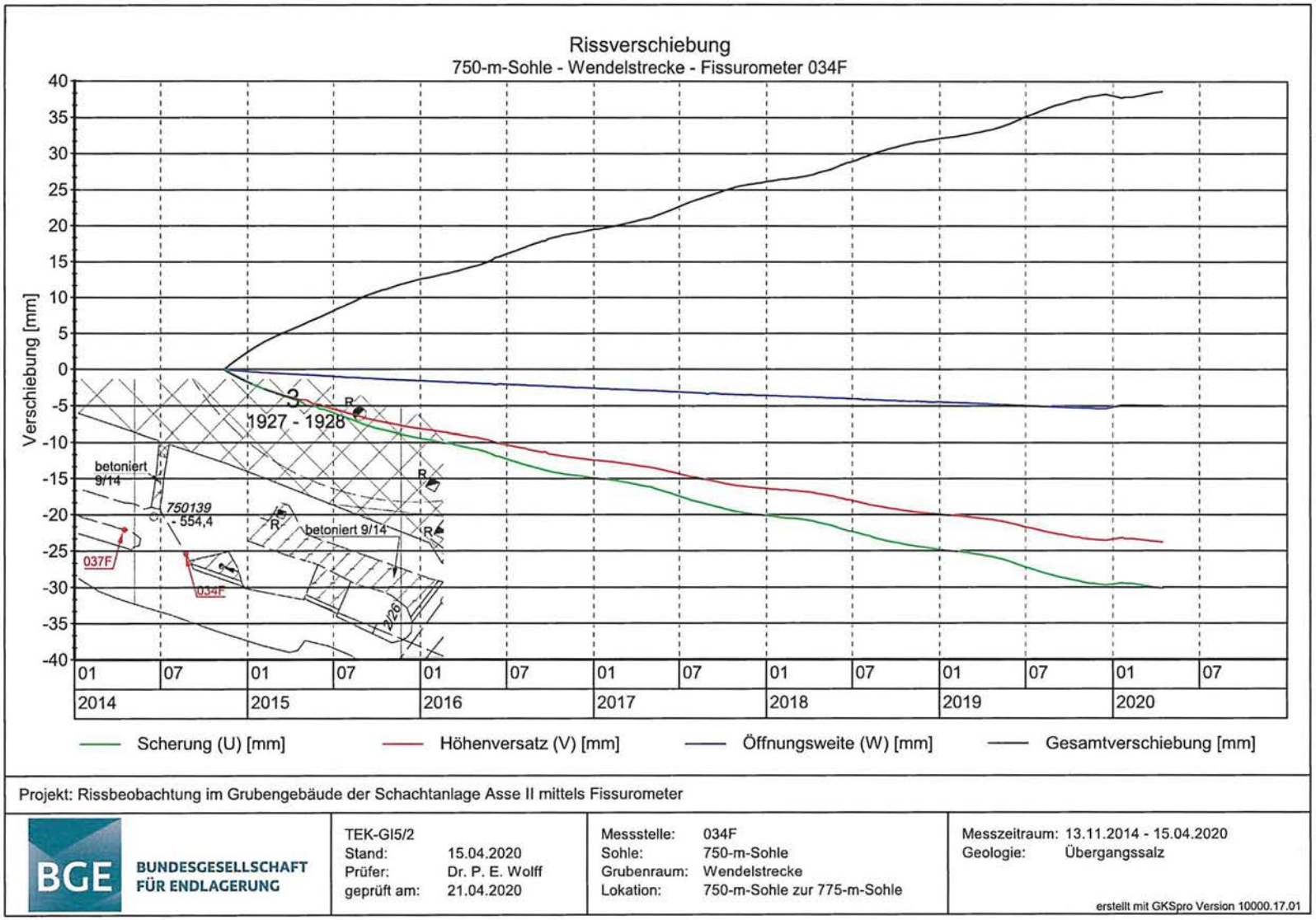
Bild 81: Riss mit Öffnungsweite von ca. 2 bis 4 mm, seitl. versetzt (StKBrg.750-64, Teufe: 0,10 m)

Bild 82: Riss mit Öffnungsweite von ca. 6 bis 7 mm, seitl. versetzt (StKBrg.750-64, Teufe: 0,90 m)

Bild 83: Konturnahe Auflockerung bis 20 cm (StKBrg.750-65, Teufe: 0,05 m)

Bild 84: Salzausblühungen in feuchter Kontur (StKBrg.750-66, Teufe: 4,90 m)

Anhang 11.6: Ergebnisse der Fissurometermessungen (exemplarisch)



Projekt: Rissbeobachtung im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II mittels Fissurometer

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

TEK-GI5/2	
Stand:	15.04.2020
Prüfer:	Dr. P. E. Wolff
geprüft am:	21.04.2020

Messstelle:	034F
Sohle:	750-m-Sohle
Grubenraum:	Wendelstrecke
Lokation:	750-m-Sohle zur 775-m-Sohle

Messzeitraum:	13.11.2014 - 15.04.2020
Geologie:	Übergangssalz

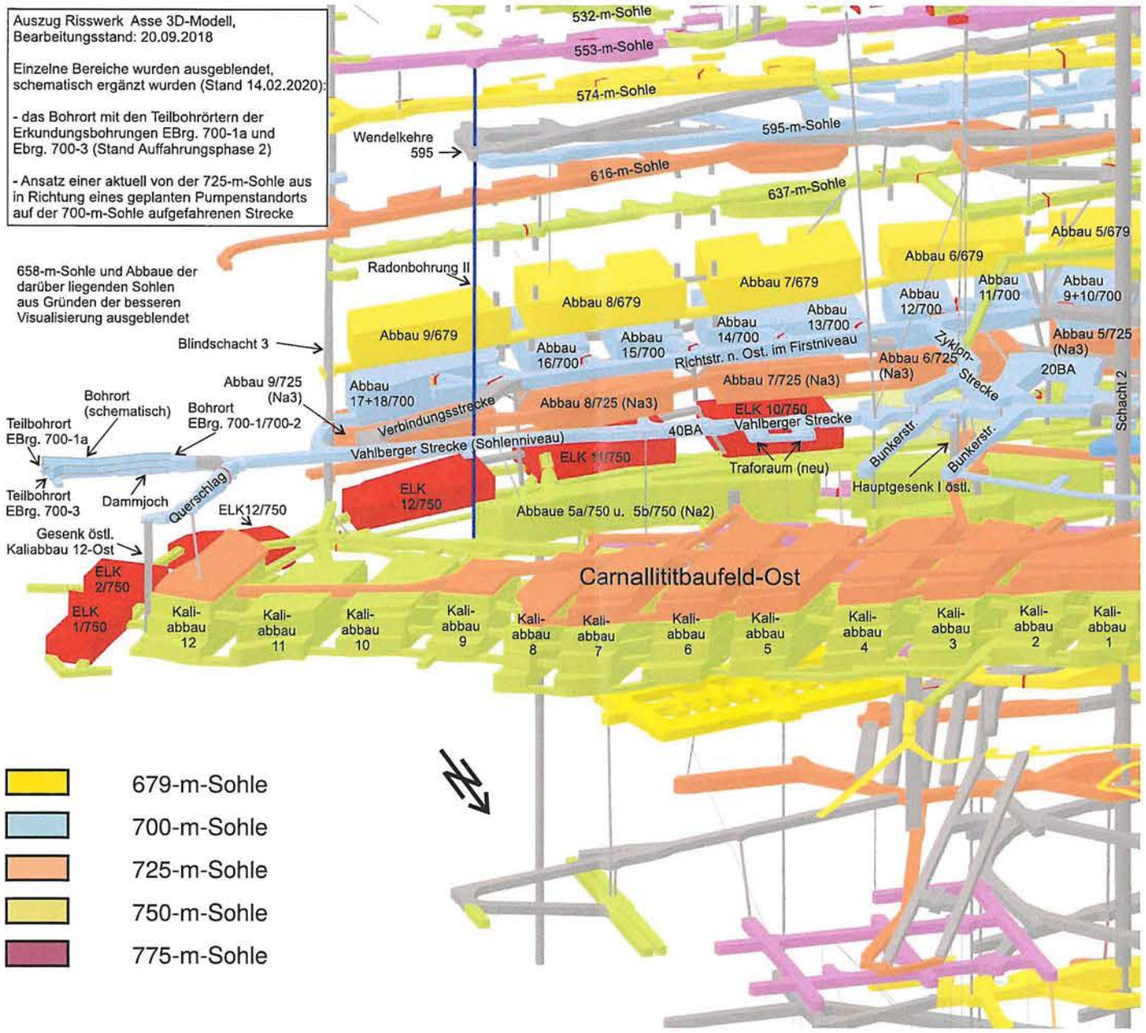
erstellt mit GKSpro Version 10000.17.01

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

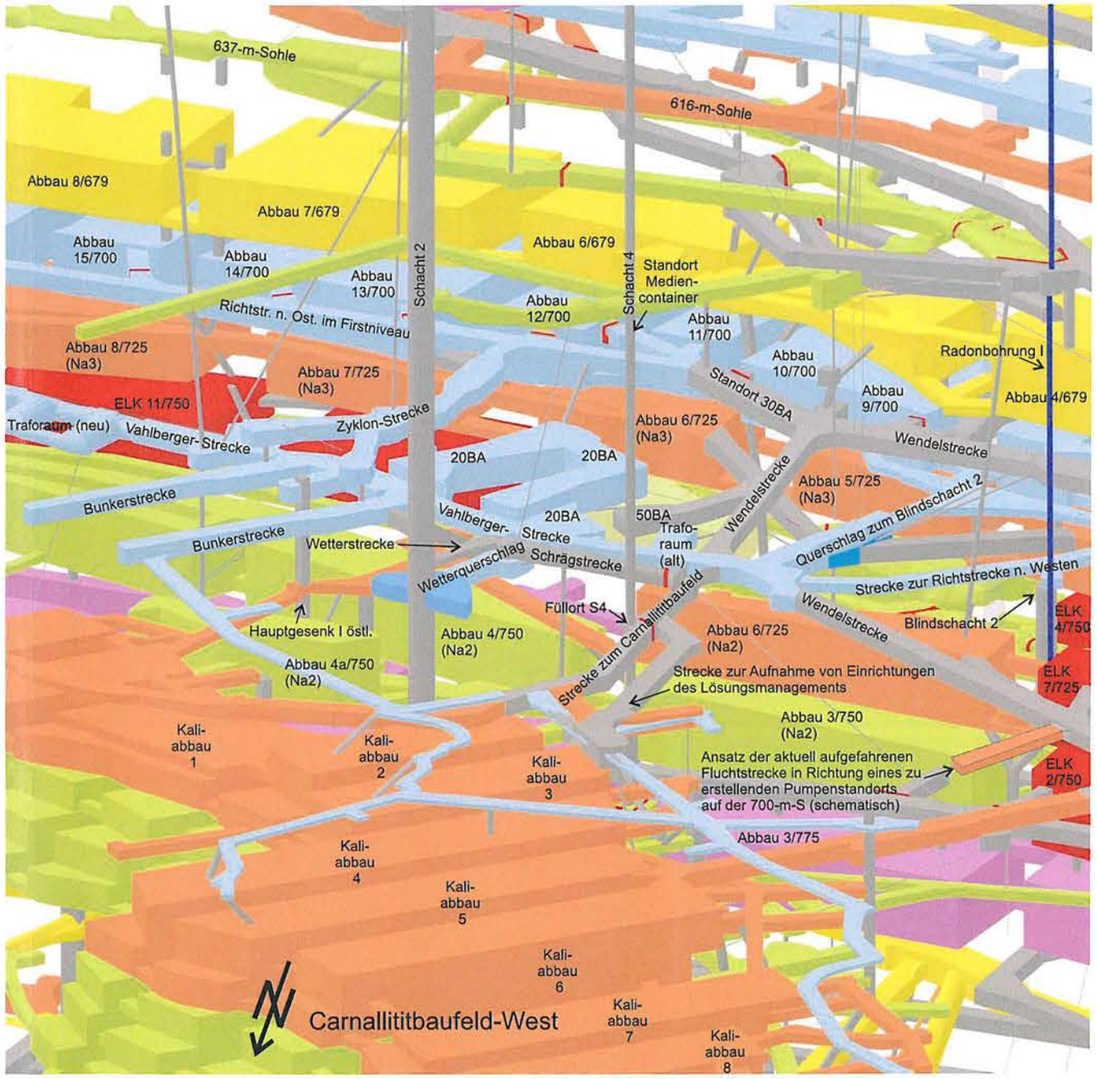
BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Anhang 12: Richtstrecken nach Osten im Sohlen-/Firstniveau der 700-m-Sohle

Anhang 12.1: Räumliche Anordnung der Grubenräume im Monitoringbereich

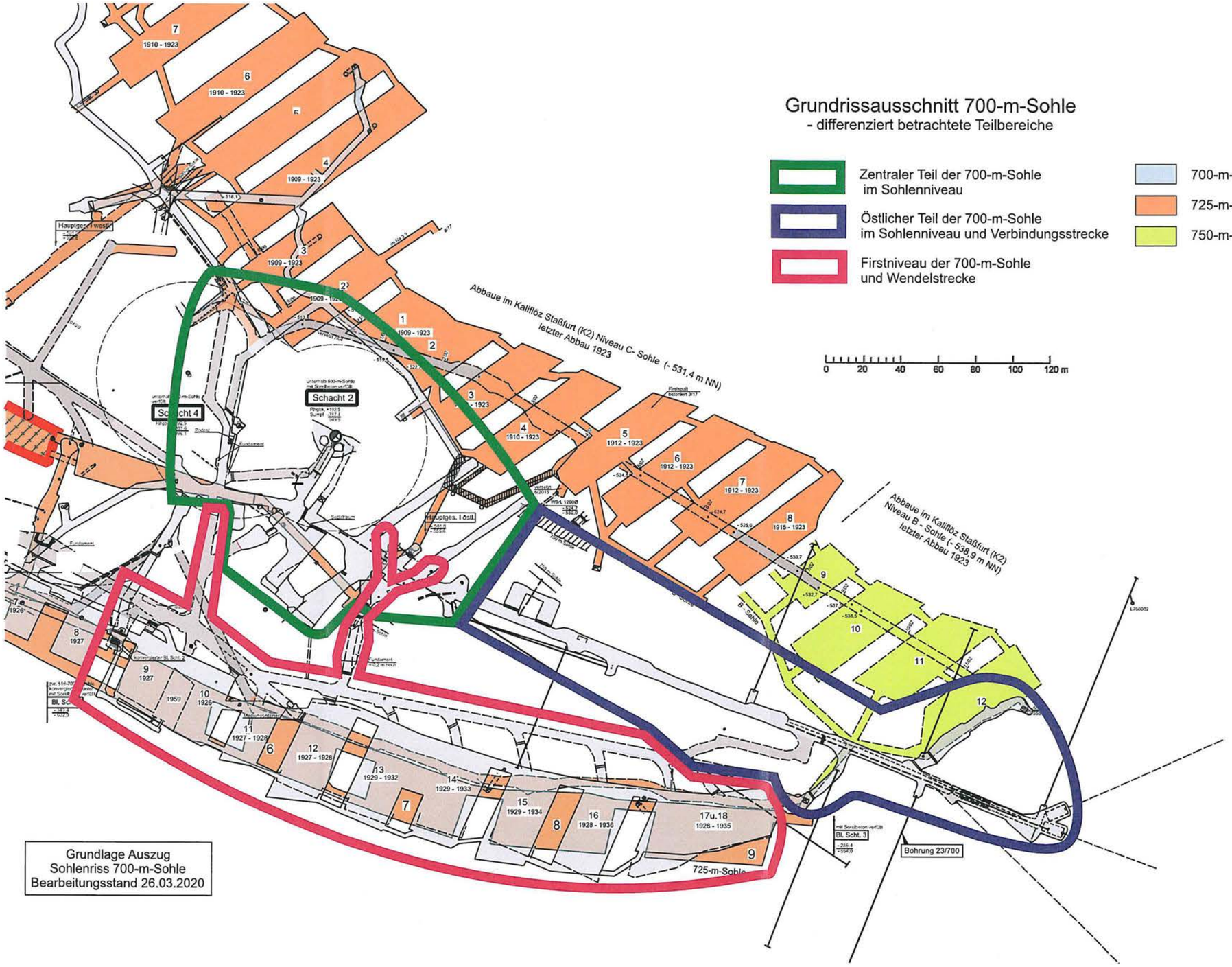


Östlicher Bereich des Grubengebäudes

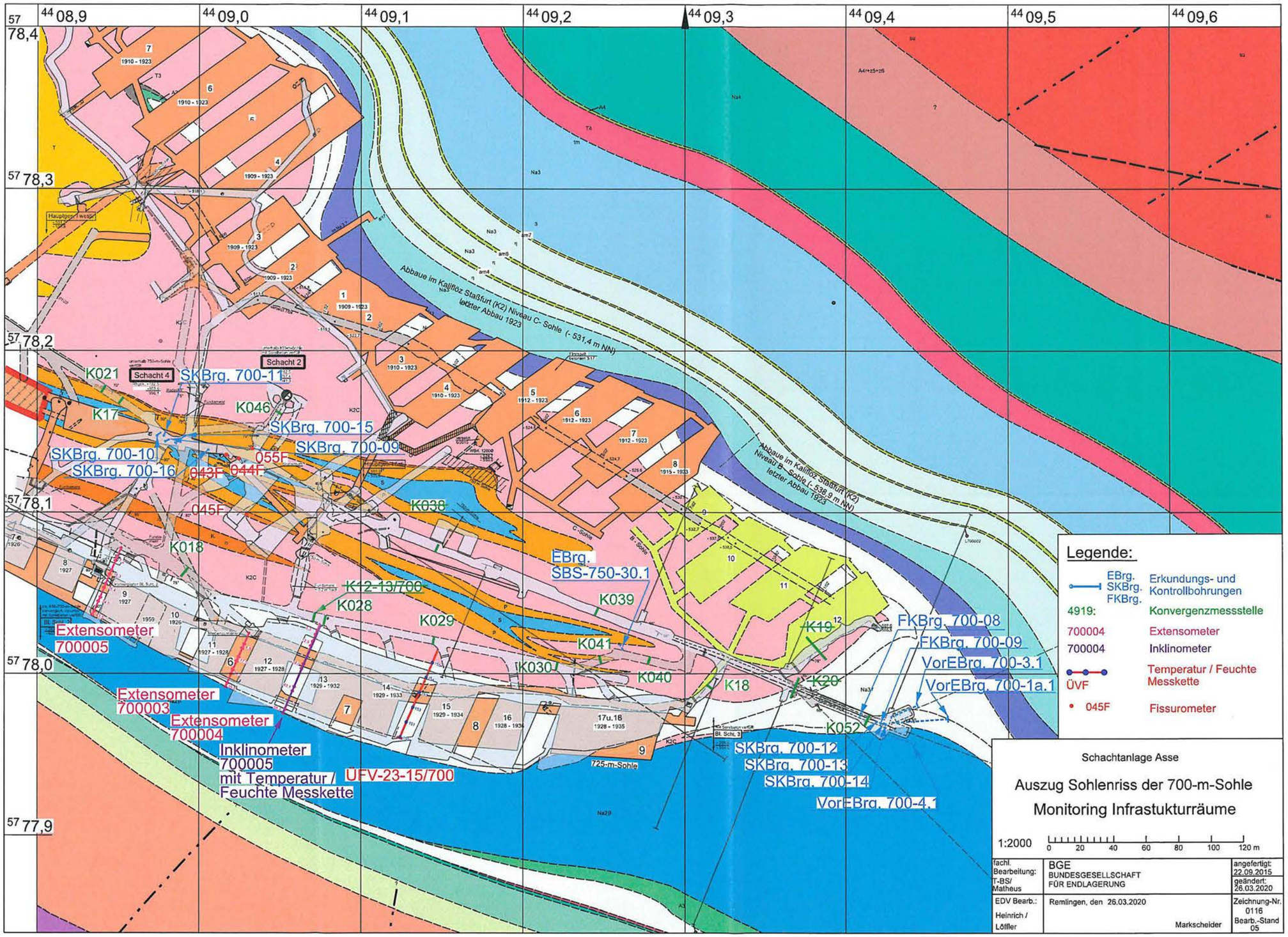


Mittlerer Bereich des Grubengebäudes

Anhang 12.2: Lage der Monitoring-Teilbereiche

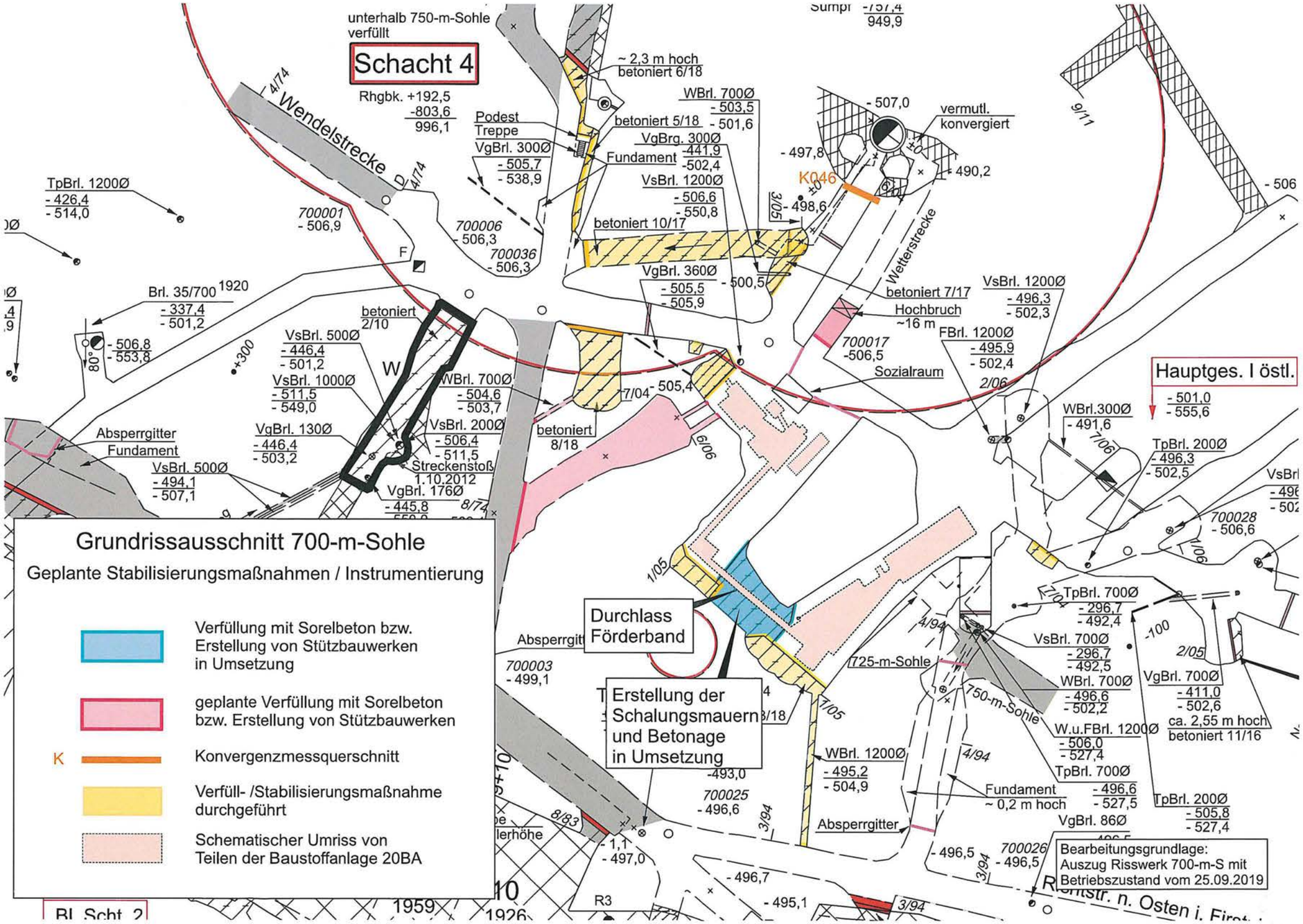


Anhang 12.3: Lage der Kontrollbohrungen und geotechnischen Messstellen

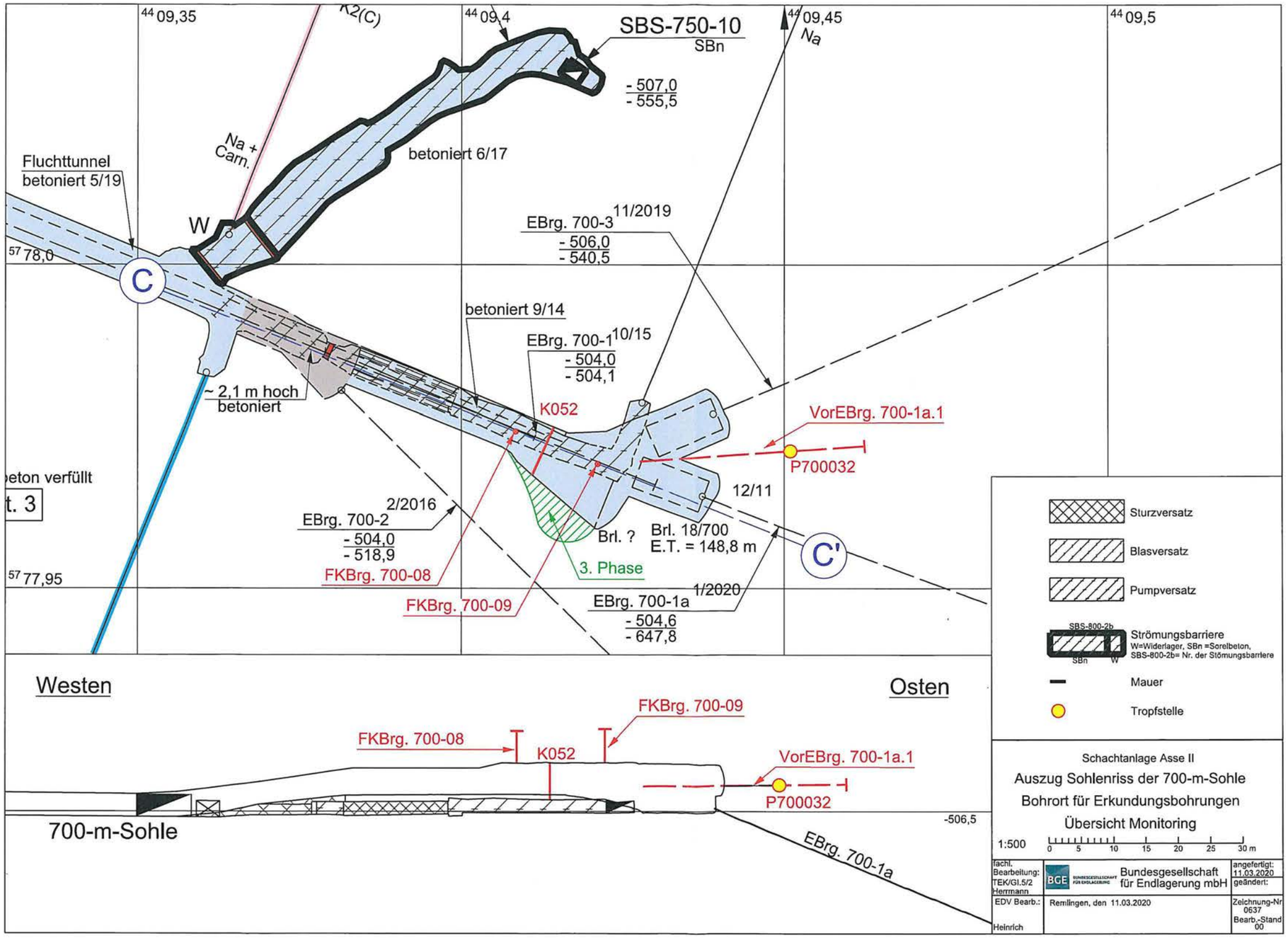


KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Anhang 12.4: Rissausschnitt der 700-m-Sohle mit empfohlenen Stabilisierungsmaßnahmen

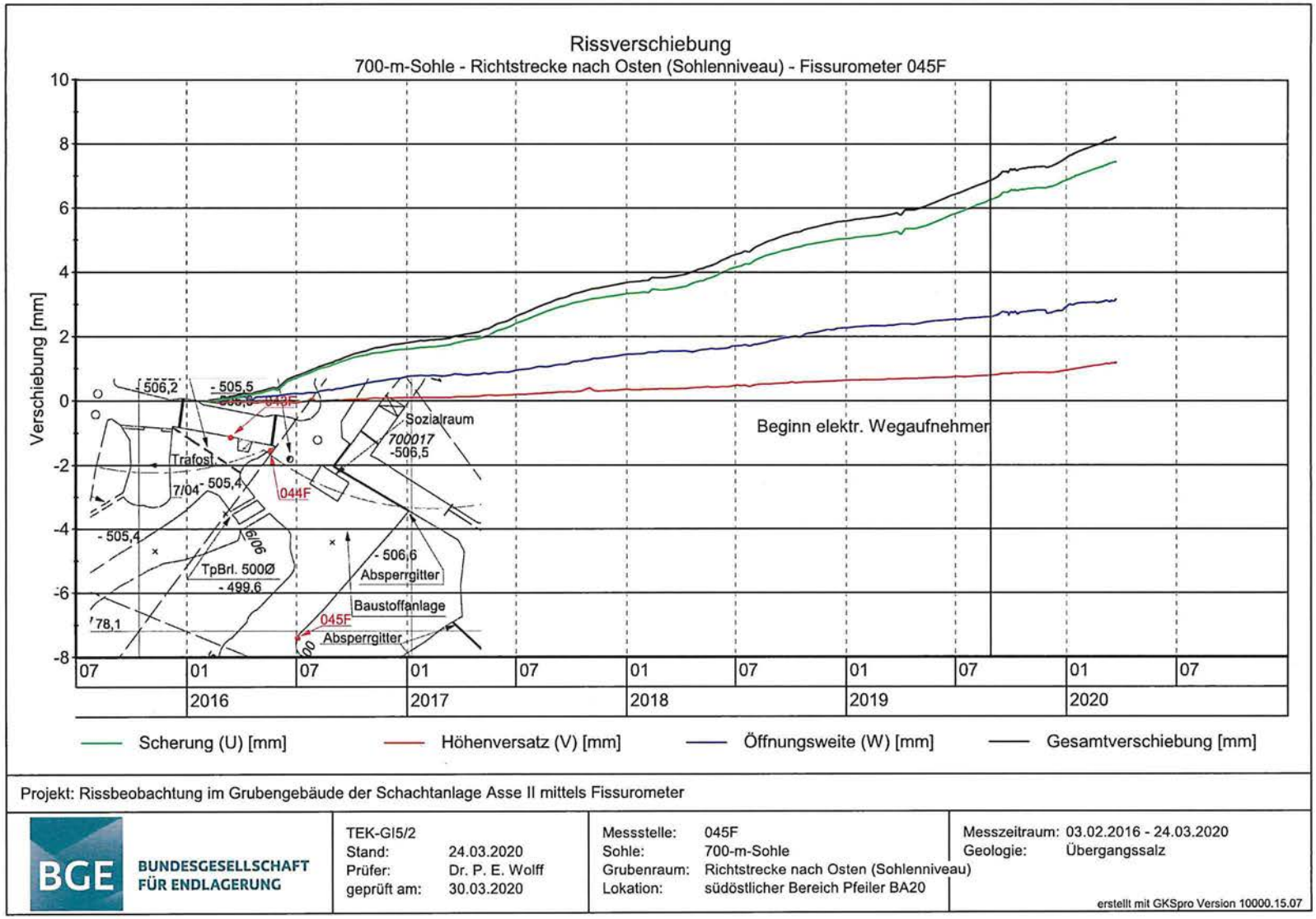


Anhang 12.5: Rissausschnitt der 700-m-Sohle mit Bohrort (Auffahrungsstand 2. Phase) und Lage der Erkundungsbohrungen



KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Anhang 12.6: Fissurometermessungen



Projekt: Rissbeobachtung im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II mittels Fissurometer

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

TEK-GI5/2	
Stand:	24.03.2020
Prüfer:	Dr. P. E. Wolff
geprüft am:	30.03.2020

Messstelle:	045F
Sohle:	700-m-Sohle
Grubenraum:	Richtstrecke nach Osten (Sohlenniveau)
Lokation:	südöstlicher Bereich Pfeiler BA20

Messzeitraum:	03.02.2016 - 24.03.2020
Geologie:	Übergangssalz

erstellt mit GKSpro Version 10000.15.07

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Ltd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

Blatt: 378

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Anhang 13: Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle

Anhang 13.1: Lage der Beobachtungs- und Messpunkte

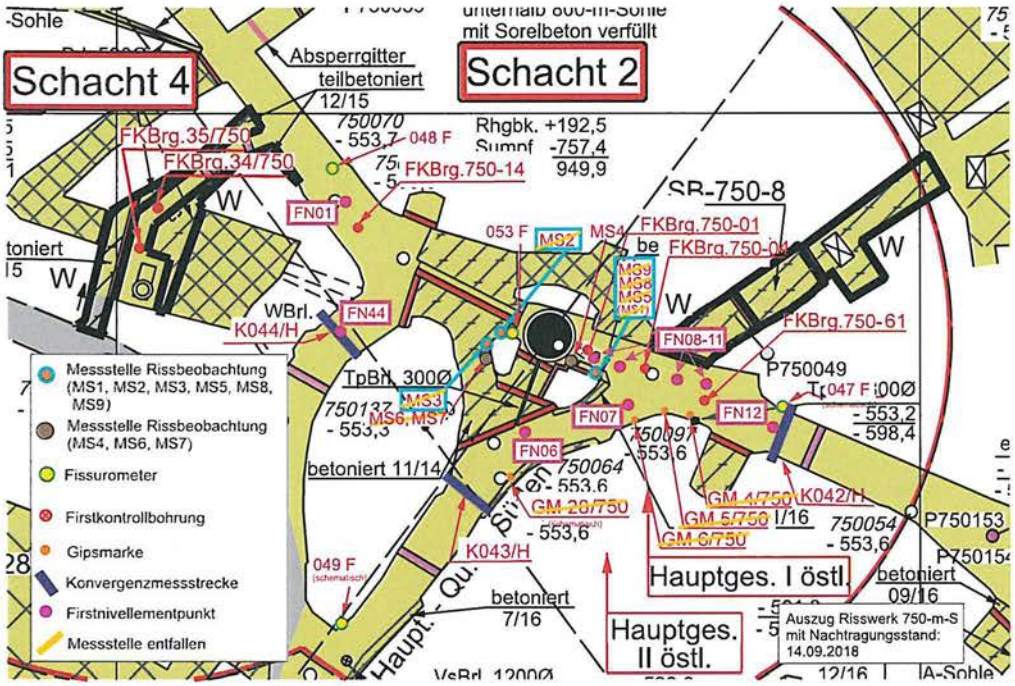


Bild 85: Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle mit Messbohrungen und -systemen

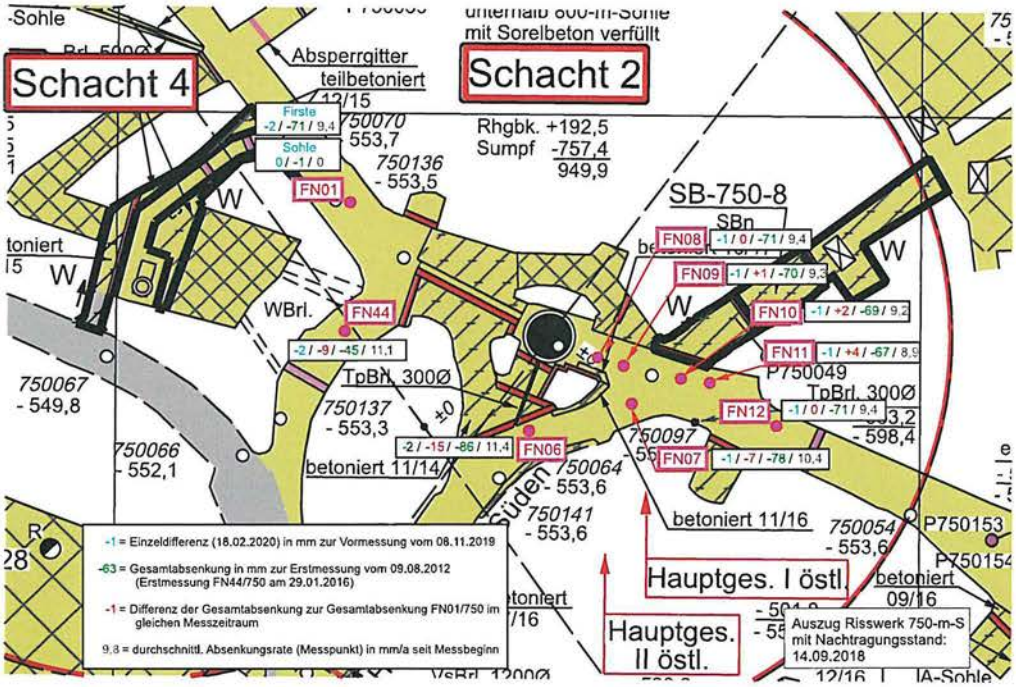


Bild 86: Grundrissausschnitt 750-m-S mit Lage / Senkungsdifferenzen der Firstnivellementpunkte (Messpunkte abgekürzt ohne Angabe der Sohle (/750) dargestellt)

Anhang 13.2: Ausgewählte Abbildungen der Firstkontrollbohrungen

Bild 87: Spuren des Bohrvorgangs und anhaftendes Bohrmehl (FKBrg.750-01, Teufe: 2,00 m)

Bild 88: Beginnende Ausblühungen in leicht feuchter Bohrlochkontur (FKBrg.750-04, Teufe: 2,70 m)

Bild 89: Salzausblühungen in feuchter Bohrlochkontur (FKBrg.750-14, Teufe: 4,30 m)

Bild 90: Geöffneter Riss, Öffnungsweite bis ca. 3 mm (FKBrg.750-34, Teufe: 0,10 m)

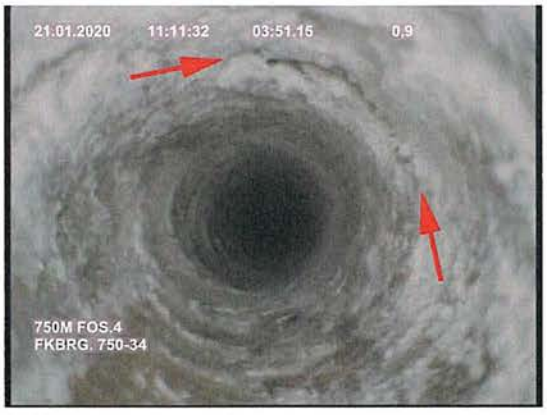
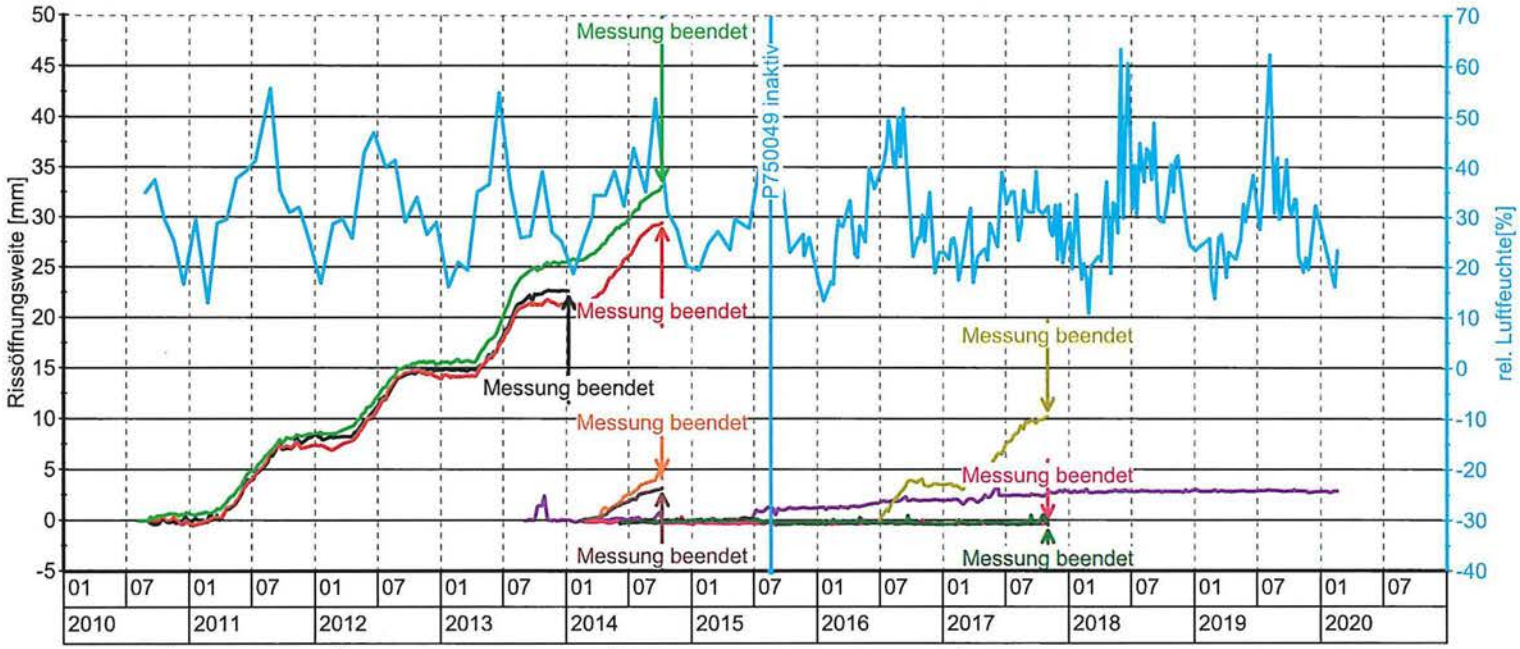


Bild 91: Beginnende Rissöffnung (FKBrg.750-34, Teufe: 0,90 m)

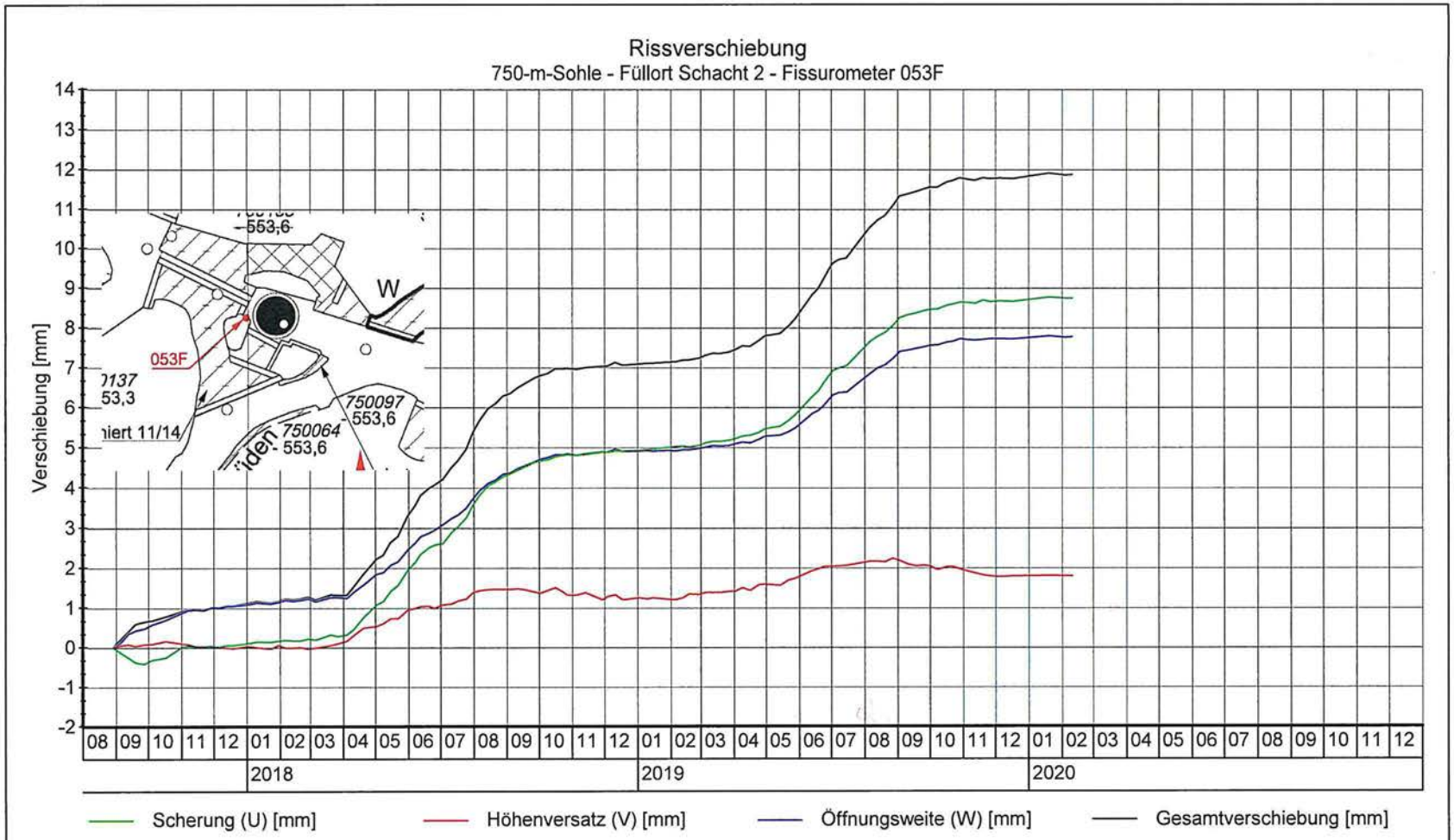
Bild 92: Beginnende Rissöffnung (FKBrg.750-35, Teufe: 2,20 m)

Anhang 13.3: Ergebnisse der Rissbeobachtungen

Rissbeobachtung im Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle



Symbol	Messstelle	Messrichtung	Lage	Bemerkung
	Messstelle 1	Rissöffnungsweite	Südost	Ersetzt durch Messstelle 5
	Messstelle 2	Rissöffnungsweite	Südwest	
	Messstelle 3	Rissöffnungsweite	Südwest	
	Messstelle 4	Rissöffnungsweite	Nordost	
	Messstelle 5	Rissöffnungsweite	Südost	
	Messstelle 6	Rissöffnungsweite	Südwest	
	Messstelle 7	Rissöffnungsweite	Südwest	
	Messstelle 8	Rissöffnungsweite	Südost	
	Messstelle 9	Rissöffnungsweite	Nordwest	
	P750049		Hauptquerschlag nach Norden	Handmessungen erfolgen in unmittelbarer Nähe



Projekt: Rissbeobachtung im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II mittels Fissurometer

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

TEK-GI5/2	
Stand:	11.02.2020
Prüfer:	Dr. P. E. Wolff
geprüft am:	18.02.2020

Messstelle:	053F
Sohle:	750-m-Sohle
Grubenraum:	Füllort Schacht 2
Lokation:	südl. Stoß n. Durchgang Schacht 4

Messzeitraum:	29.08.2017 - 11.02.2020
Geologie:	Leine Steinsalz

erstellt mit GKSpro Version 10000.15.07

Jahresbericht 2019 – Geomonitoring Asse

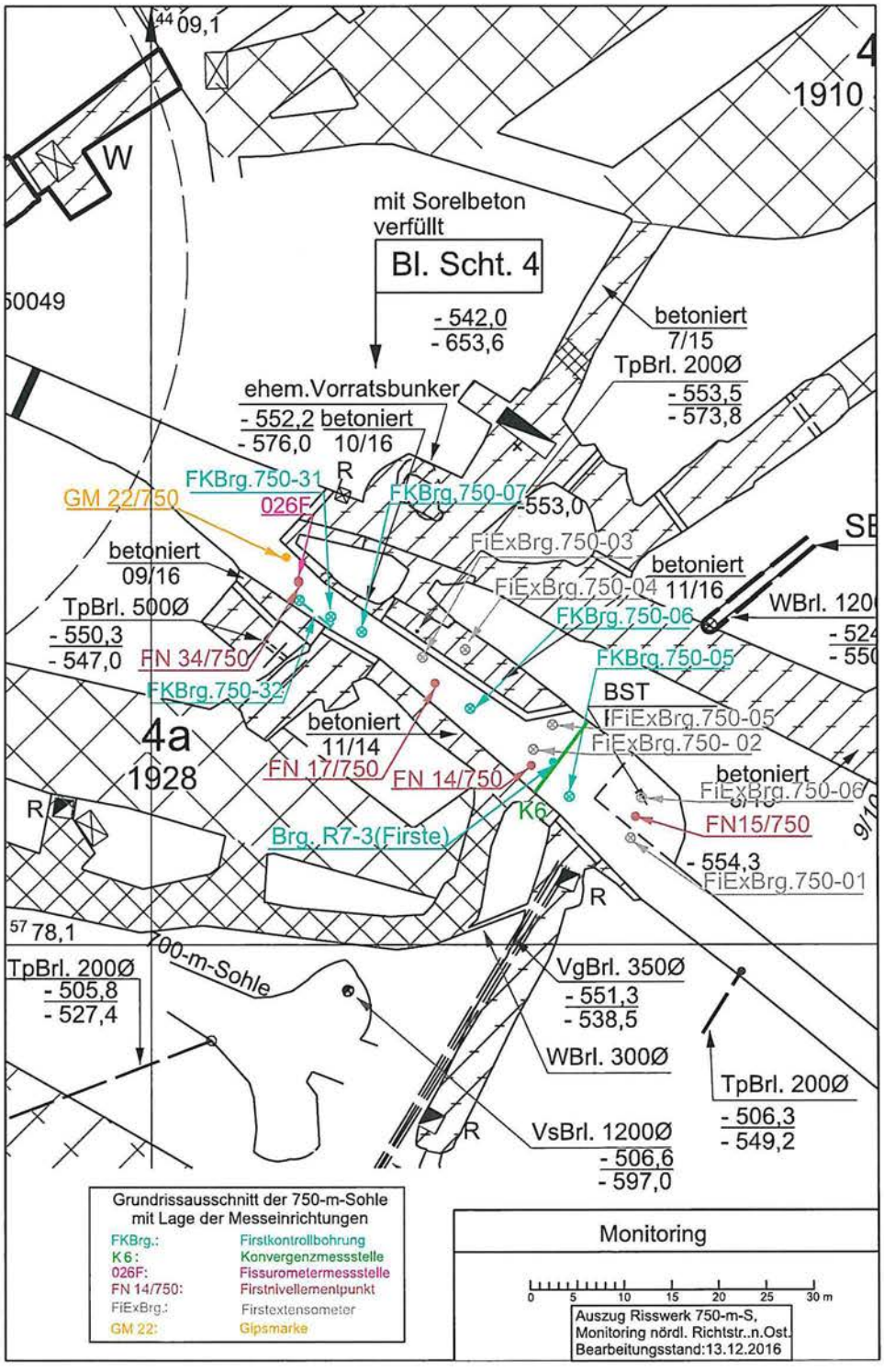
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0021	00

Blatt: 382

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Anhang 14: Nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle

Anhang 14.1: Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle mit Lage der Messbohrungen und Messsysteme im Umfeld der westlichen Streckenaufweitung



Anhang 14.2: Ergebnisse der Videoinspektion in den Firstkontrollbohrungen

Firstkontrollbohrung FKBrg. 750-31

Bild 93: FKBrg. 750-31 – Position bei ca. 2,24 m Öffnungsweite ca. 4 mm

Bild 94: FKBrg. 750-31 – Position bei ca. 2,45 m unvollständig. Verbund Salz / Sorelbeton

Bild 95: FKBrg. 750-31 – Position bei ca. 2,9 m vertikale Haarrisse im Sorelbeton

Bild 96: FKBrg. 750-31 – Position bei ca. 4,60 m Firstspalt, Öffnungsweite ca. 8 mm

Firstkontrollbohrung FKBrg. 750-32 und EBrg. R7-3

Bild 97: FKBrg. 750-32 – Position bei 4,2 m Aufgelockerter Bereich bis 4,5 m

Bild 98: FKBrg. 750-32 – Position bei 4,5 m Übergang Steinsalz–Sorelbeton

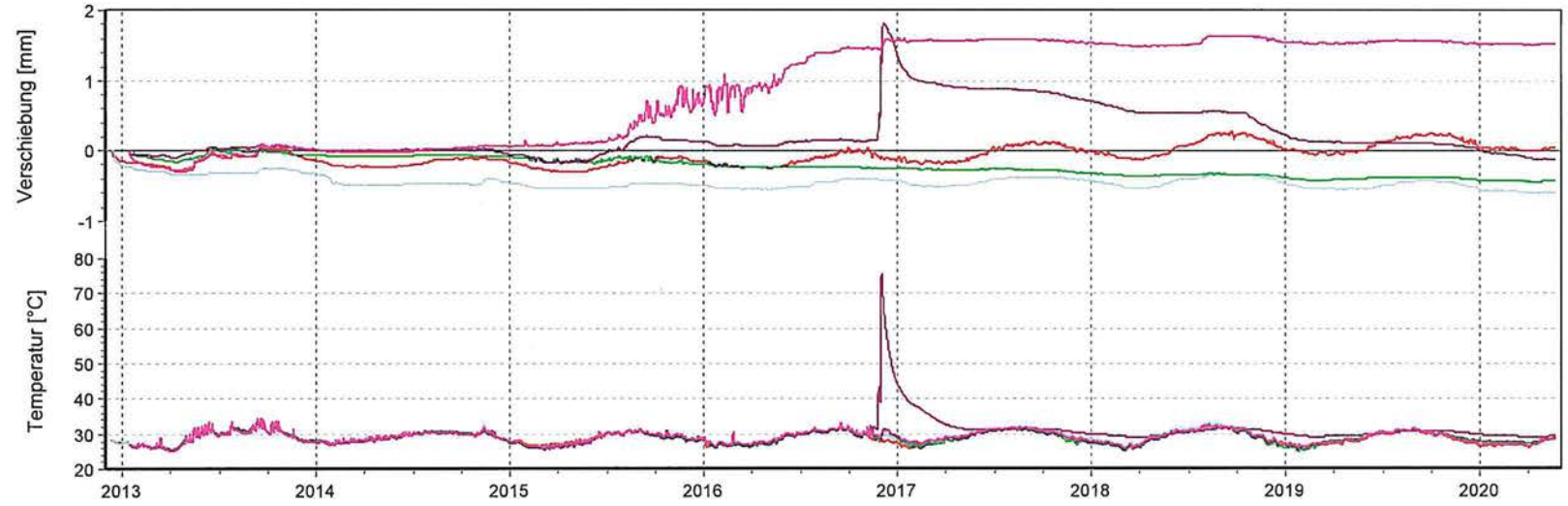
Bild 99: FKBrg. 750-32 – Position bei 7,2 m weitgehend formschlüssiger Übergang Sorelbeton–Steinsalz

Bild 100: EBrg. R7.3 – Position bei ca. 9,9 m Salzausblühungen an potentieller Auflockerung

Anhang 14.3: Zeitreihen der Firstextensometer- und Temperaturmessungen

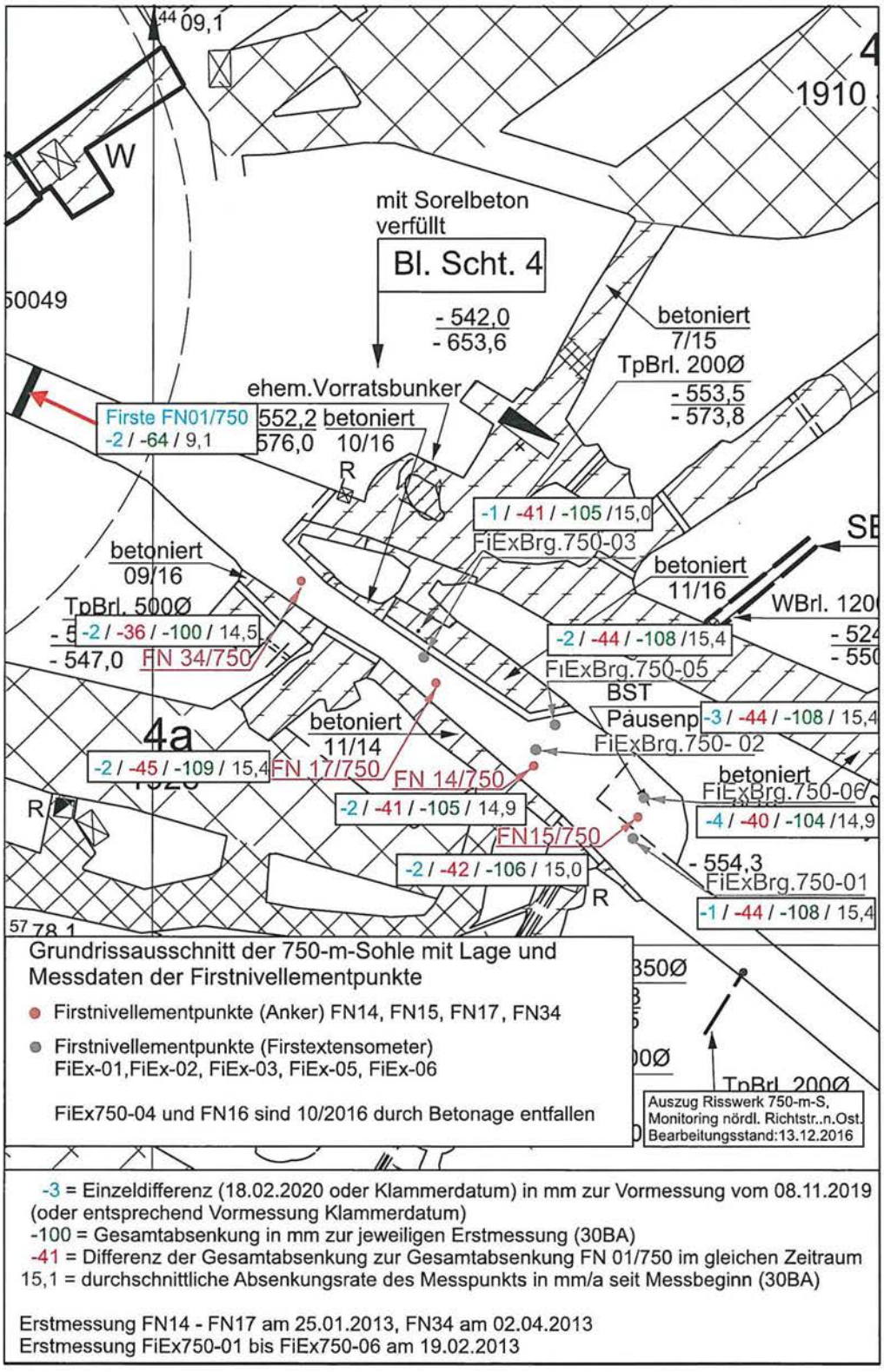
Projekt: 750-m-S nördl. RS n. E

Stand: 09.03.2018
Ausw.: Ex2m_Temp_1-5



Kurve	Messstelle	Messart	Einbautiefe	Messrichtung	Richt./Neigung	Höhe	Zeitraum
	FiEx750-01_02	Extensometer	2,0 m	axial	vertikal/90°	-547,39 mNN	13.12.12 10:00:09 - 20.05.20 05:00:09
	FiEx750-02_05	Extensometer	2,0 m	axial	vertikal/90°	-547,02 mNN	12.12.12 10:40:09 - 20.05.20 05:00:24
	FiEx750-03_08	Extensometer	2,0 m	axial	vertikal/90°	-546,89 mNN	23.01.13 13:00:39 - 20.05.20 05:00:38
	FiEx750-04_11	Extensometer	2,0 m	axial	vertikal/90°	-546,71 mNN	15.01.13 13:00:39 - 20.05.20 05:00:53
	FiEx750-05_14	Extensometer	2,0 m	axial	vertikal/90°	-547,09 mNN	15.01.13 13:00:54 - 20.05.20 05:01:08
	FiEx750-01_03	Temperatur	0,4 m	axial	vertikal/90°	-548,99 mNN	13.12.12 10:00:14 - 20.05.20 05:00:14
	FiEx750-02_06	Temperatur	0,4 m	axial	vertikal/90°	-548,62 mNN	12.12.12 10:40:14 - 20.05.20 05:00:29
	FiEx750-03_09	Temperatur	0,4 m	axial	vertikal/90°	-548,49 mNN	23.01.13 13:00:44 - 20.05.20 05:00:43
	FiEx750-04_12	Temperatur	0,4 m	axial	vertikal/90°	-548,31 mNN	15.01.13 13:00:44 - 20.05.20 05:00:58
	FiEx750-05_15	Temperatur	0,4 m	axial	vertikal/90°	-548,69 mNN	15.01.13 13:00:58 - 20.05.20 05:01:13

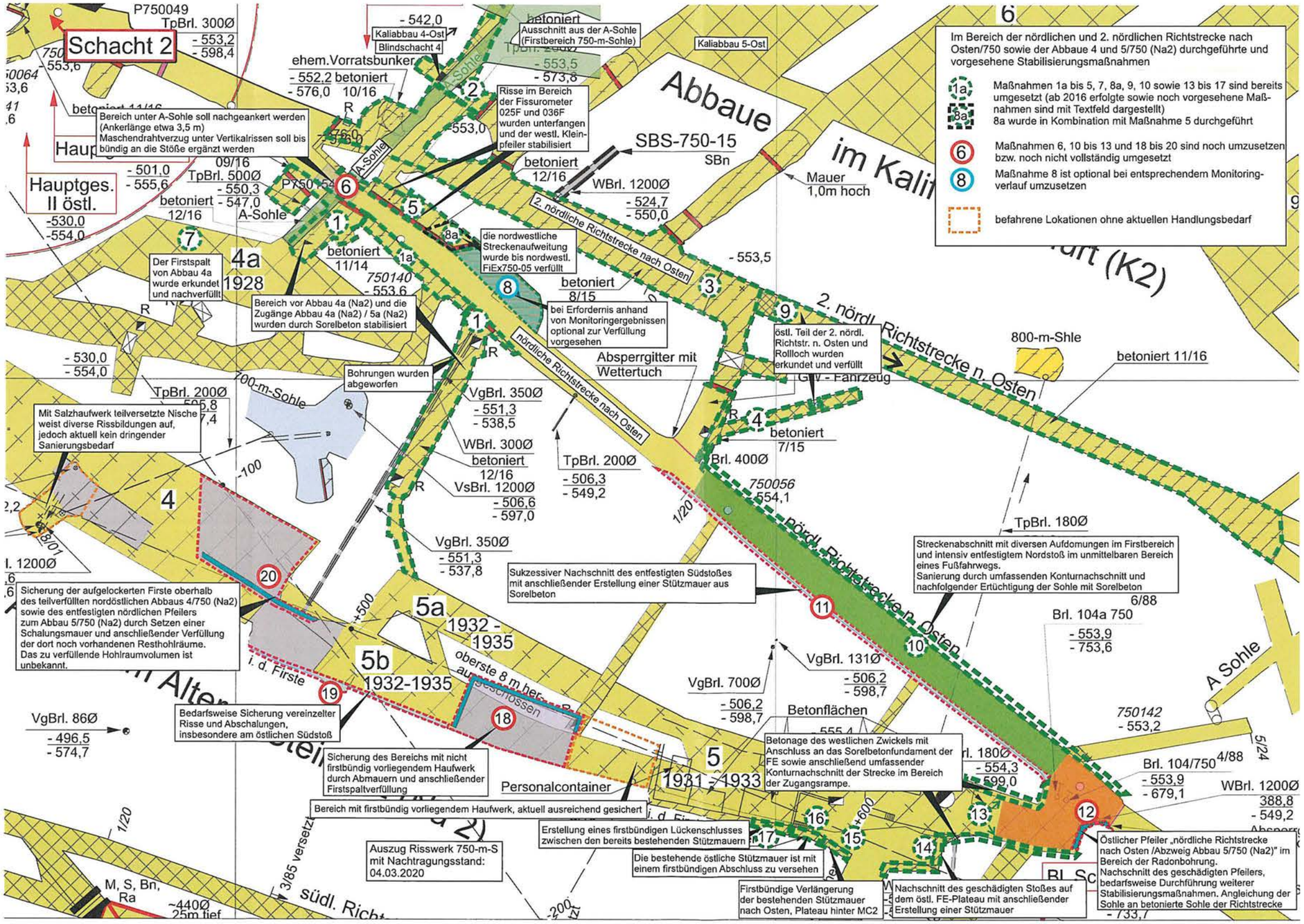
Anhang 14.4: Firstnivellement



-3 = Einzeldifferenz (18.02.2020 oder Klammerdatum) in mm zur Vormessung vom 08.11.2019 (oder entsprechend Vormessung Klammerdatum)
-100 = Gesamtabsenkung in mm zur jeweiligen Erstmessung (30BA)
-41 = Differenz der Gesamtabsenkung zur Gesamtabsenkung FN 01/750 im gleichen Zeitraum
15,1 = durchschnittliche Absenkungsrate des Messpunkts in mm/a seit Messbeginn (30BA)

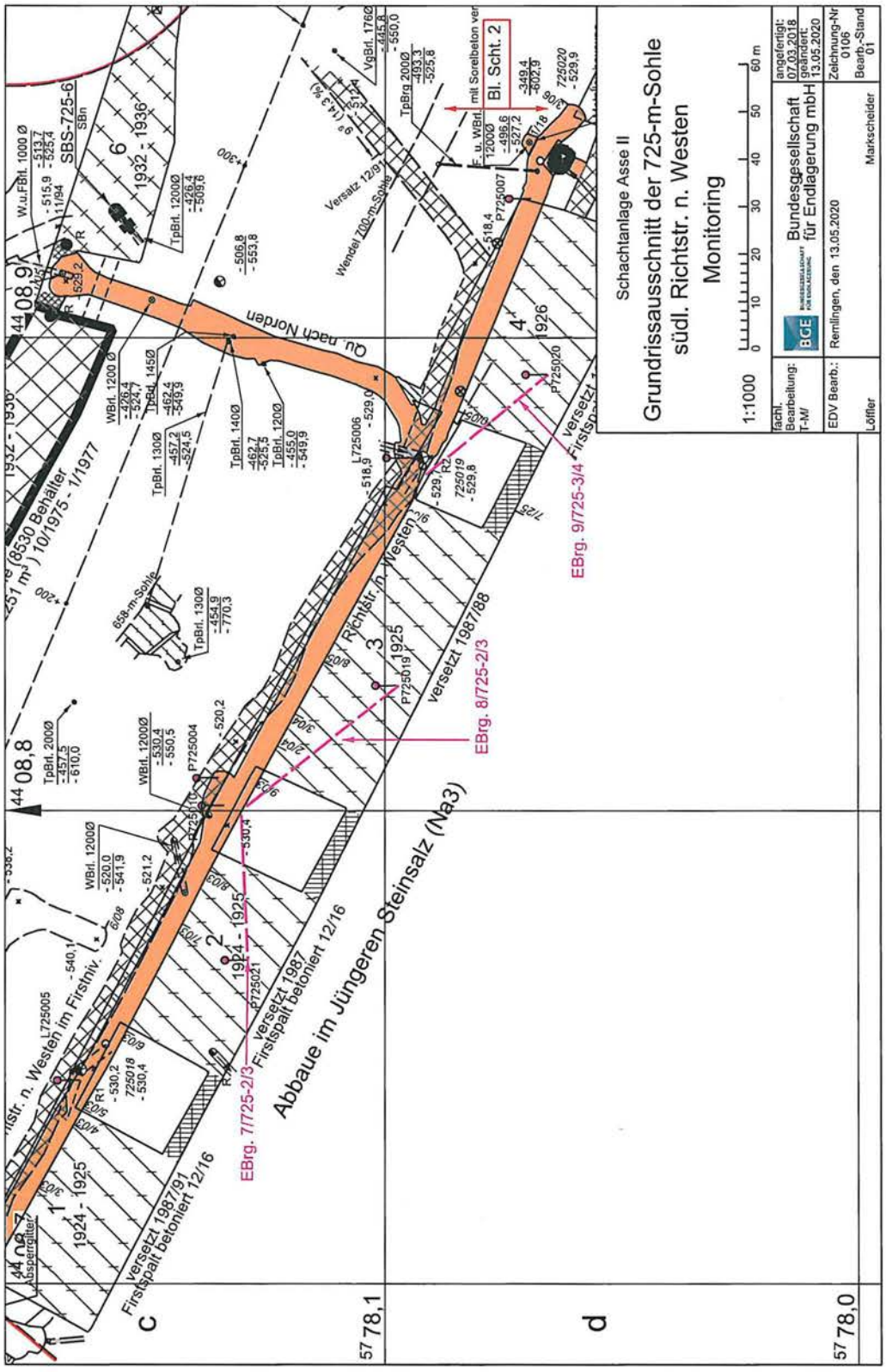
Erstmessung FN14 - FN17 am 25.01.2013, FN34 am 02.04.2013
Erstmessung FiEx750-01 bis FiEx750-06 am 19.02.2013

Anhang 14.5: Vorgesehene Stabilisierungsmaßnahmen im erweiterten Monitoringbereich (nach Befahrung vom 02.11.2018)



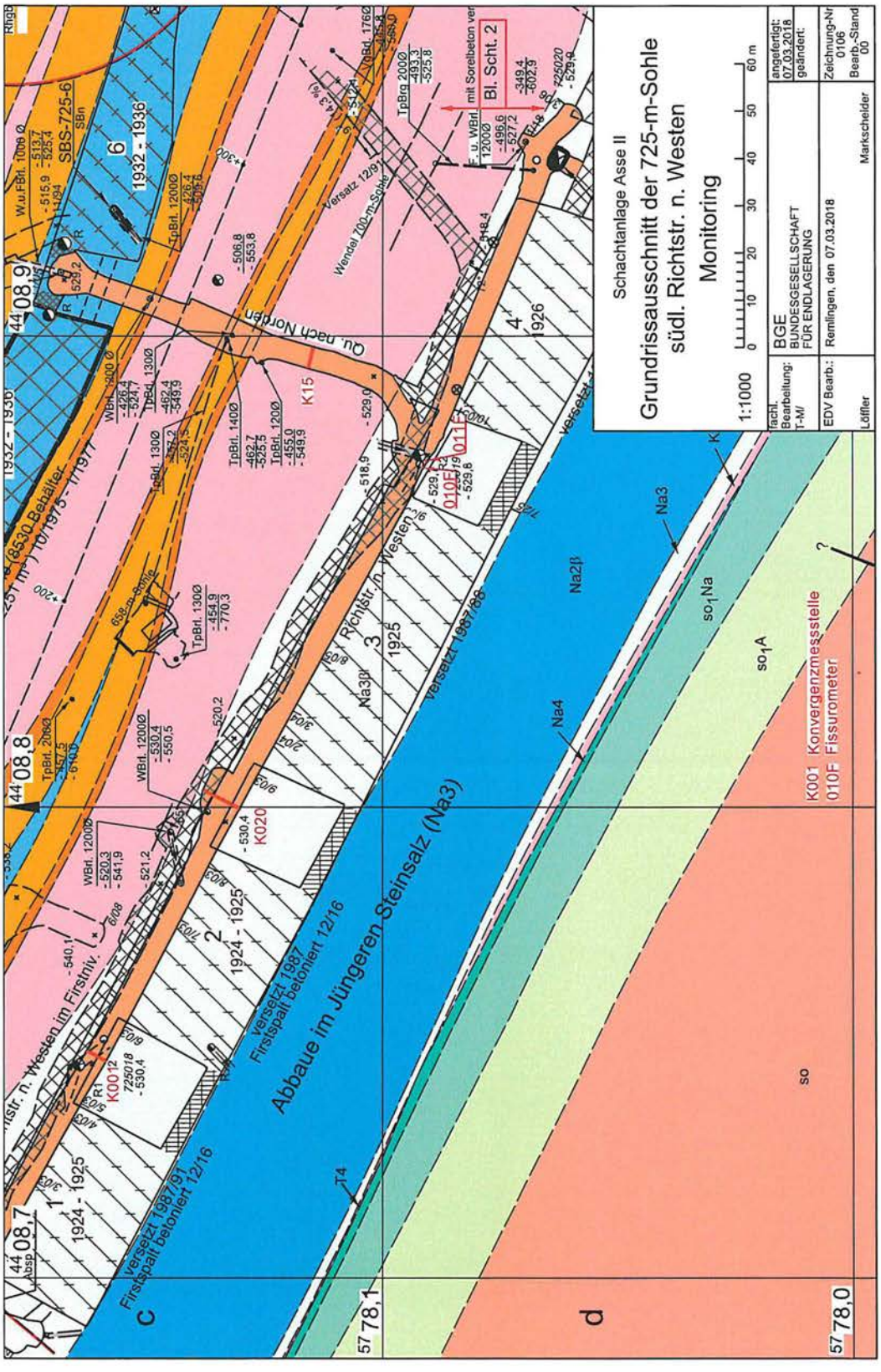
Anhang 15: Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle (Gleitbogenausbau)

Anhang 15.1: Grundrissausschnitt der 725-m-Sohle mit Lage der betrachteten Streckenabschnitte



KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Anhang 15.2: Geologischer Grundrissausschnitt der 725-m-Sohle mit Lage der geotechnischen Instrumentierung



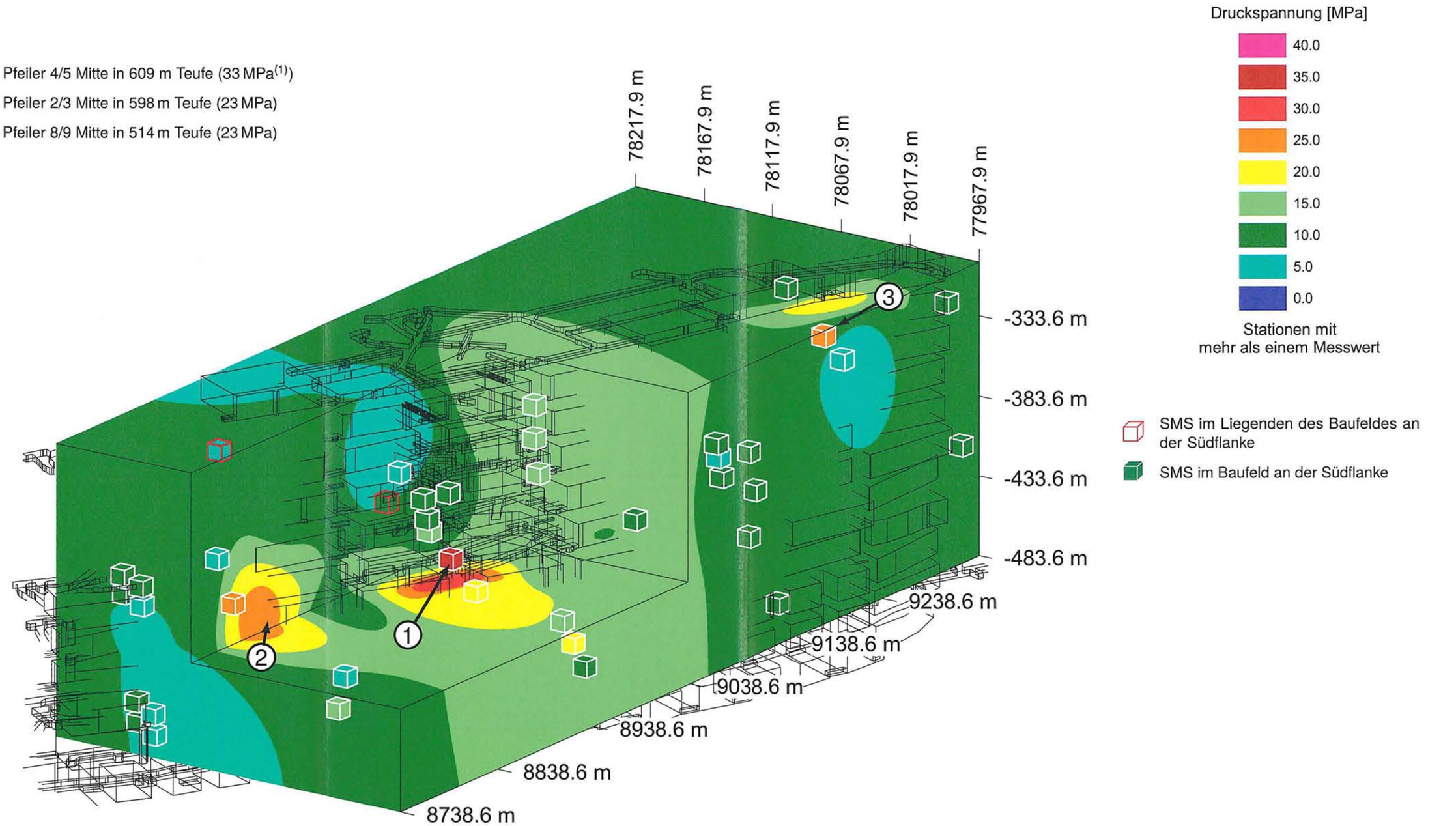
Anhang 16: Übersichten der erfassten Spannungsmesswerte

Anhang 16.1: Gesamte räumliche Verteilung der maximalen Spannungsmesswerte 11/2018

① Pfeiler 4/5 Mitte in 609 m Teufe (33 MPa[1])

② Pfeiler 2/3 Mitte in 598 m Teufe (23 MPa)

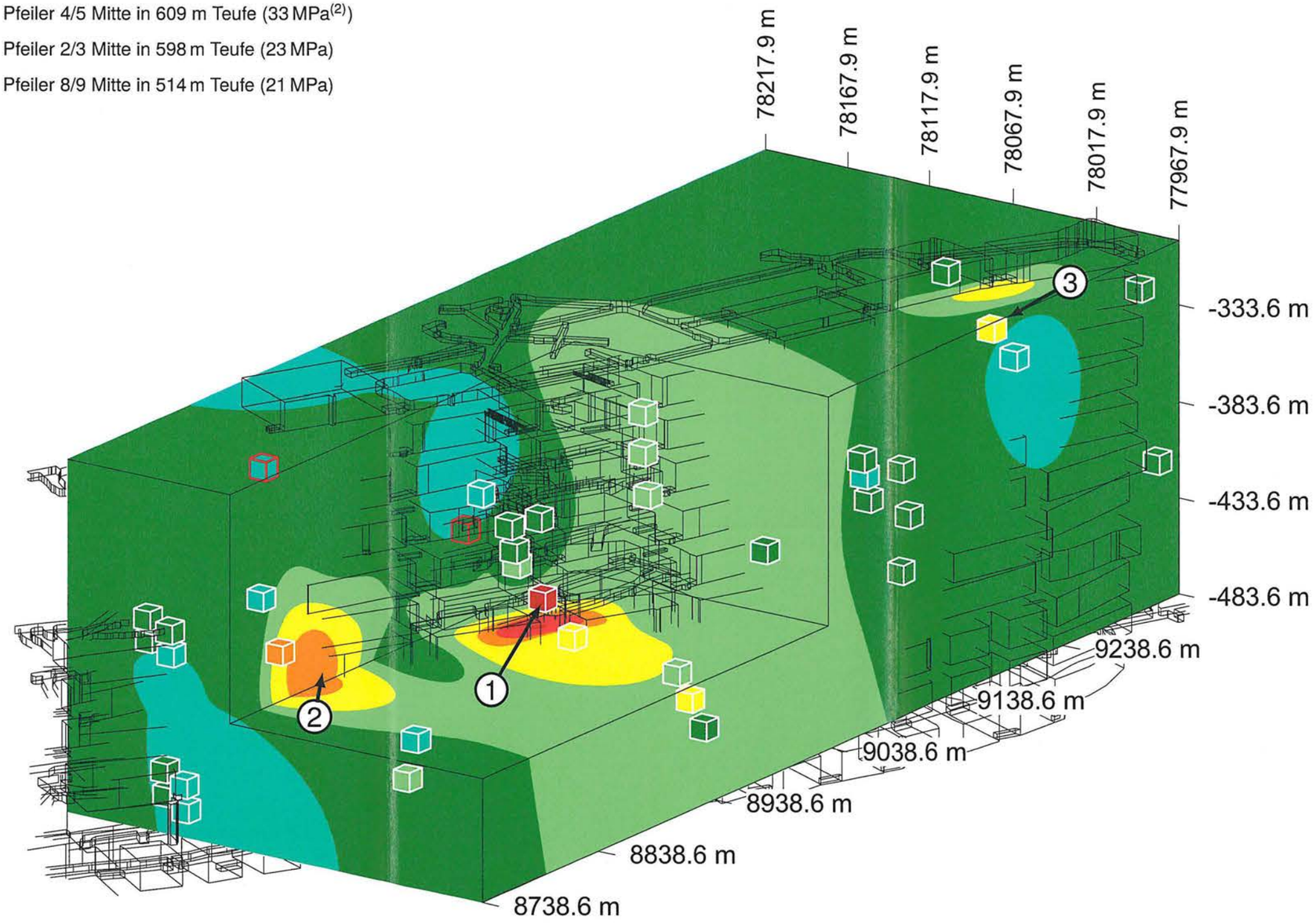
③ Pfeiler 8/9 Mitte in 514 m Teufe (23 MPa)



(1) Spannungsniveau nahezu unverändert. Rückgang gegenüber 2017 messtechnisch bedingt (s. Anhang 2.2 auf Blatt 236).

Anhang 16.2: Gesamte räumliche Verteilung der maximalen Spannungsmesswerte 11/2019

① Pfeiler 4/5 Mitte in 609 m Teufe (33 MPa[(2)])
② Pfeiler 2/3 Mitte in 598 m Teufe (23 MPa)
③ Pfeiler 8/9 Mitte in 514 m Teufe (21 MPa)



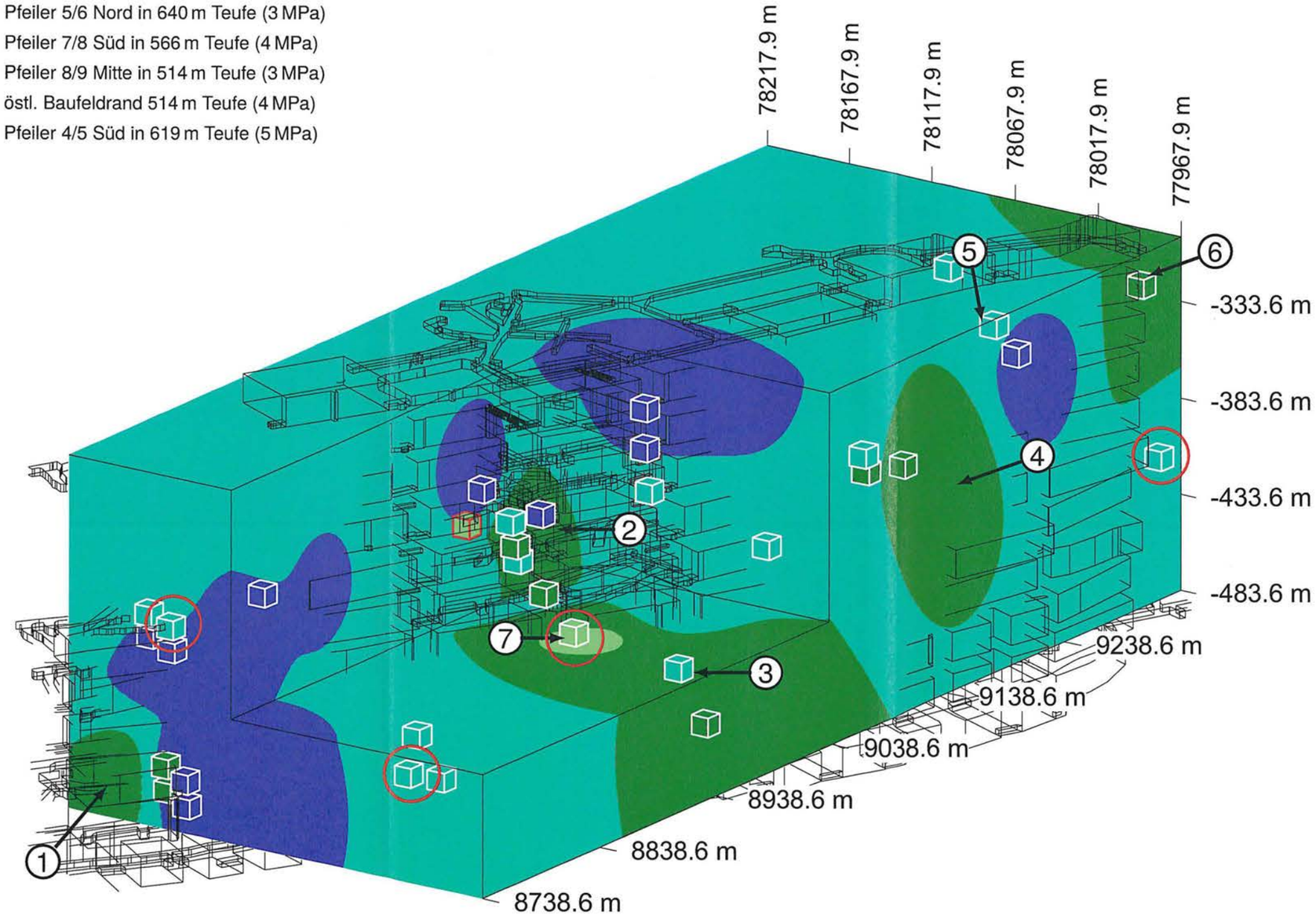
Druckspannung [MPa]
40.0
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
Stationen mit mehr als einem Messwert

SMS im Liegenden des Baufeldes an der Südflanke
SMS im Baufeld an der Südflanke

(2) Aus dem Verlauf der Messkurve kann von einem unveränderten Spannungsniveau ausgegangen werden (s. Anhang 2.2 auf Blatt 236).

Anhang 16.3: Gesamte räumliche Verteilung der minimalen Spannungsmesswerte 11/2018

① Pfeiler 1/2 Nord in 651 m Teufe (4 MPa)
② Pfeiler 4/5 Nord in 577 m Teufe (4 MPa)
③ Pfeiler 5/6 Nord in 640 m Teufe (3 MPa)
④ Pfeiler 7/8 Süd in 566 m Teufe (4 MPa)
⑤ Pfeiler 8/9 Mitte in 514 m Teufe (3 MPa)
⑥ östl. Baufeldrand 514 m Teufe (4 MPa)
⑦ Pfeiler 4/5 Süd in 619 m Teufe (5 MPa)



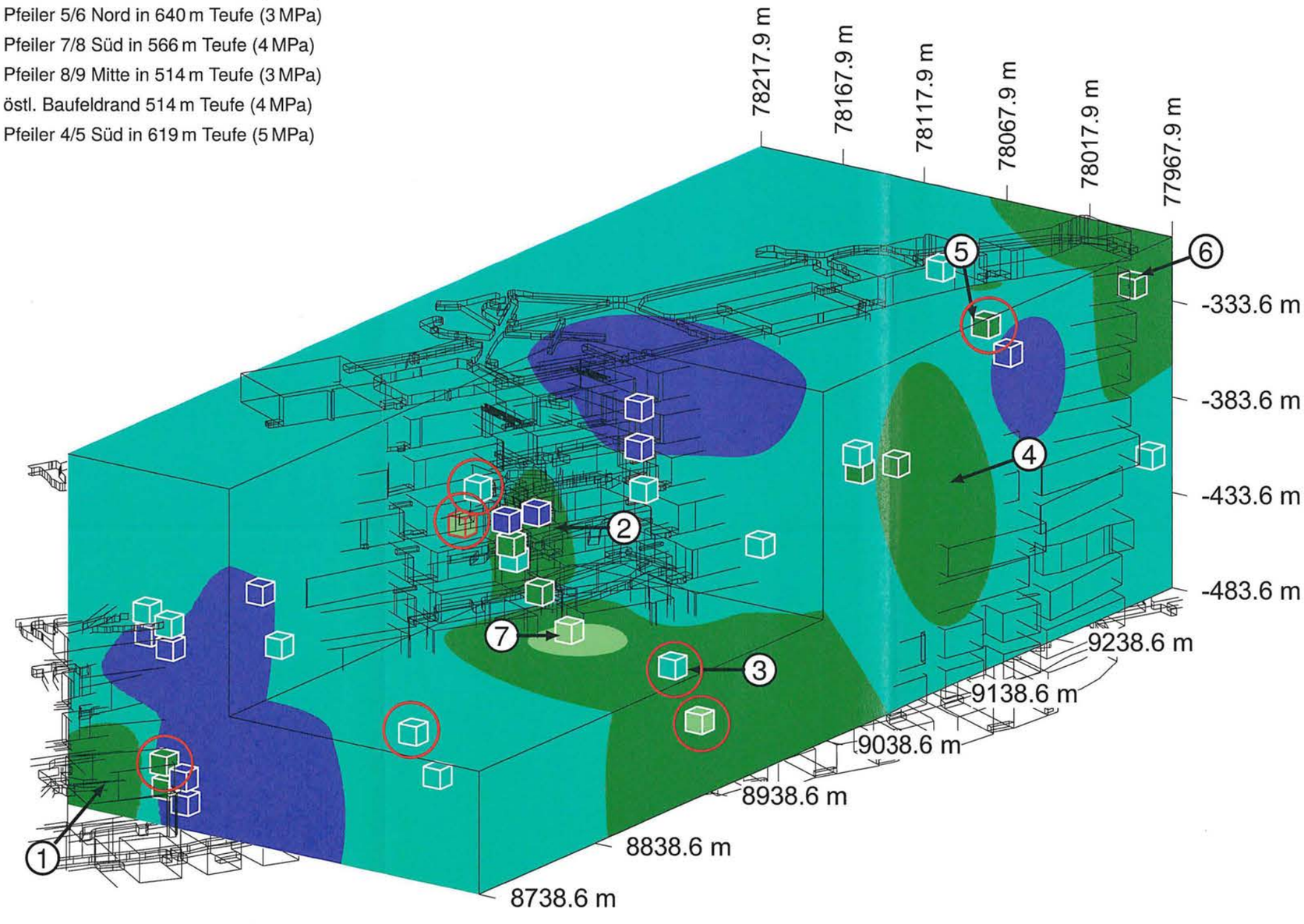
Druckspannung [MPa]
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0

Stationen mit
mehr als einem Messwert

SMS im Liegenden des Baufeldes an der Südflanke
SMS im Baufeld an der Südflanke
Erhöhung der Minimalspannungen in 2018

Anhang 16.4: Gesamte räumliche Verteilung der minimalen Spannungsmesswerte 11/2019

① Pfeiler 1/2 Nord in 651 m Teufe (4 MPa)
② Pfeiler 4/5 Nord in 577 m Teufe (4 MPa)
③ Pfeiler 5/6 Nord in 640 m Teufe (3 MPa)
④ Pfeiler 7/8 Süd in 566 m Teufe (4 MPa)
⑤ Pfeiler 8/9 Mitte in 514 m Teufe (3 MPa)
⑥ östl. Baufeldrand 514 m Teufe (4 MPa)
⑦ Pfeiler 4/5 Süd in 619 m Teufe (5 MPa)



Druckspannung [MPa]

16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0

Stationen mit
mehr als einem Messwert

SMS im Liegenden des Baufeldes an der Südflanke

SMS im Baufeld an der Südflanke

Erhöhung der Minimalspannungen in 2019

Anhang 16.5: Tabellarische Werte der maximalen und minimalen Spannungen

Bohrung	Lage der SMS			Koordinaten			01.11.2010		01.11.2011		01.11.2012		01.11.2013		01.11.2014		01.11.2015		01.11.2016		01.11.2017		01.11.2018		15.11.2019		Beobachtungszeitraum (Differenz 2019–2010)		Berichtszeitraum (Differenz 2019–2018)		Spannungsdifferenzen ($\sigma_{max}-\sigma_{min}$)		**Veränderung der Spannungsdifferenzen**
	Pfeiler	Lage	Teufe m	Rechtswert m	Hochwert m	Höhe mNN	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	$\Delta\sigma_{2018}$ MPa	$\Delta\sigma_{2019}$ MPa	$\Delta\sigma_{2019} - \Delta\sigma_{2018}$ MPa
Westflügel																																	
SMS 1/574	1/2	Süd	661	4408738,61	5778146,71	-469,26	5,93	0,04	5,94	0,04	5,91	0,04	5,92	0,04	5,89	0,04	5,88	0,06	5,82	0,08	5,82	0,09	5,73	0,06	5,67	0,05	–0,27	0,01	–0,07	0,00	5,68	5,61	–0,07
SMS 1/574	1/2	Süd	651	4408740,42	5778149,08	-457,33	4,72	0,04	4,77	0,04	4,80	0,04	4,87	0,17	4,92	0,15	4,95	0,14	4,93	0,17	4,92	0,19	4,99	0,17	5,00	0,13	0,28	0,09	0,01	–0,04	4,82	4,87	0,05
SMS 2/574	1/2	Süd	588	4408749,32	5778163,23	-394,04	6,27	0,22	6,31	0,24	6,36	0,22	6,27	0,23	6,38	0,22	6,38	0,20	6,32	0,21	6,31	0,22	6,38	0,24	6,34	0,25	0,06	0,03	–0,04	0,00	6,14	6,09	–0,05
SMS 2/574	1/2	Süd	577	4408751,07	5778165,45	-383	7,65	1,21	7,63	1,25	7,46	1,17	7,66	1,50	7,34	1,20	8,77	1,10	9,65	1,04	10,13	0,99	10,75	1,27	11,30	1,27	3,65	0,06	0,55	0,01	9,49	10,03	0,54
SMS 5/574	2/3	Süd	609	4408804,13	5778129,77	-415,4	12,17	1,76	12,08	1,85	11,96	1,55	11,94	1,77	11,69																		
SMS 1/679	3/4	Süd	670	4408866,71	5778083,23	-477,5	9,35	2,11		2,31		2,31		2,39		2,50		2,56		2,54		2,62		2,70		2,66		0,55		–0,04			
SMS 5/553	3/4	Süd	534	4408876,36	5778105,91	-340,16	12,63	1,55	12,84	1,88	12,86	1,98	12,50	1,80		1,90																	
Mittelwert Süd																											0,93	0,15	0,11	–0,01			0,12
SMS 5/574	2/3	Mitte	598	4408808,75	5778138,82	-404,36	23,86	1,59	23,77	1,49	23,78	1,45	23,84	1,38	23,96	1,25	23,79	1,19	23,38	1,20	23,49	1,19	23,46	1,13	23,52	1,08	–0,35	–0,51	0,06	–0,05	22,33	22,44	0,11
SMS 5/553	3/4	Mitte	535	4408884,31	5778124,24	-341,16	40,92	1,99	39,90	2,12	40,44		40,80		40,43																		
Mittelwert Mitte																											–0,35	–0,51	0,06	–0,05			0,11
SMS 3/574	1/2	Nord	661	4408757,23	5778171,26	-470,49	9,15	2,93	9,40	3,06	9,51	3,28	9,70	3,47	9,90	3,48	10,02	3,41	10,09	3,41	10,13	3,39	10,23	3,35	10,36	3,31	1,21	0,38	0,14	–0,04	6,88	7,05	0,18
SMS 3/574	1/2	Nord	651	4408758,58	5778173,58	-458,69	8,48	2,65	8,77	2,91	8,90	3,22	9,17	3,55	9,34	3,76	9,28	3,86	9,32	3,83	9,34	3,84	9,38	3,97	9,59	4,35	1,11	1,70	0,22	0,38	5,41	5,24	–0,17
SMS 4/574	1/2	Nord	588	4408764,53	5778186,83	-395,11	10,03	0,94	10,02	0,95	10,01	0,96	10,16	0,99	10,20	0,94	10,55	0,92	10,03	0,86	9,75	0,83	9,60	0,81	9,58	0,79	–0,45	–0,15	–0,01	–0,02	8,79	8,80	0,01
SMS 4/574	1/2	Nord	577	4408765,77	5778188,95	-384,29	9,26	2,13	9,22	2,03	9,22	2,14	9,09	2,13	8,86	2,07	8,63	2,25	8,60	1,90	8,64	1,95	8,67	2,01	8,65	1,87	–0,61	–0,26	–0,02	–0,15	6,65	6,78	0,13
SMS 5/574	2/3	Nord	577	4408817,99	5778156,91	-382,29	5,70	0,28	5,84	0,36	5,93	0,41	6,03	0,49	6,17	0,58	6,24	0,64	6,33	0,74	6,47	0,83	6,51	0,94	6,96	0,95	1,26	0,67	0,45	0,02	5,57	6,01	0,44
SMS 1/679	3/4	Nord	676	4408878,8	5778111,12	-483,55	6,72	0,77	8,03	0,90	8,87	1,46	10,00	1,81	11,34	1,48	11,96	1,33	12,99	1,11	13,78	0,74	14,18	2,06	14,89		8,17		0,71		12,12		
SMS 1/658	3/4	Nord	658	4408883,08	5778109,11	-464,11	5,38	1,26	5,85	1,44	6,15	1,50	6,53	1,48	6,80	1,32	6,79	1,41	7,48	1,75	7,37	2,27	7,36	2,62	7,49	2,90	2,11	1,64	0,12	0,28	4,75	4,59	–0,16
Mittelwert Nord																											1,83	0,66	0,23	0,08			0,07
Mittelwert Westflügel																											1,35	0,35	0,18	0,03			0,09
Hauptpfeiler																																	
SMS 2/595	4/5	Süd	619	4408943,26	5778057,05	-417,04	12,05	4,08	13,52	4,34	14,29	4,47	15,16	4,58	15,98	4,70	16,64	4,80	17,19	4,88	17,70	4,98	18,11	5,07	18,46	5,16	6,41	1,08	0,35	0,09	13,05	13,30	0,25
SMS 1/553	4/5	Süd	577	4408945,71	5778070,59	-384,68	13,83	3,65	14,08	0,93	13,78		13,23				13,74		13,94		14,09		13,76										
SMS 1/553	4/5	Süd	566	4408943,46	5778075,67	-373,95	16,02	0,25	15,55		14,92		14,51		14,84		15,24		16,41		19,10		19,97										
SMS 6/490	4/5	Süd	553	4408936,05	5778071,96	-356,31	7,76	1,50	8,66	2,84	7,89	1,37	7,93	0,97	8,10	0,75	8,28	0,65	8,53	1,16	8,59	1,34	8,61	1,21	8,58	0,46	0,82	–1,04	–0,03	–0,75	7,40	8,13	0,73
Mittelwert Süd																											3,62	0,02	0,16	–0,33			0,49
SMS 2/595	4/5	Mitte	609	4408951,43	5778080,53	-403,52	30,87	4,21	32,70	4,25	33,78	4,17	34,53	4,01	34,62	3,84	34,59	3,70	34,66	3,69	32,92	3,71	33,50	3,68	33,65	3,63	2,78	–0,58	0,16	–0,04	29,82	30,02	0,20
SMS 2/553	4/5	Mitte	577	4408947,24	5778083,22	-384,09	27,96	9,17	21,18	9,36	43,26	8,96																					
Mittelwert Mitte																											2,78	–0,58	0,16	–0,04			0,20
SMS 2/595	4/5	Nord	599	4408958,55	5778101,03	-391,73	8,61	0,08	10,51	0,24	11,73	0,32	12,77	1,01	12,88	0,74	13,24	0,43	13,30	0,35	13,32	1,27	13,52	1,72	13,95	2,01	5,34	1,93	0,43	0,29	11,80	11,94	0,14
SMS 3/553	4/5	Nord	577	4408955,14	5778100,28	-383,14	6,76	0,96	6,69	1,43	6,87	2,00	6,85	2,24	7,00	2,70	8,90	3,94	12,34	3,90	11,10	3,75	10,24	3,60	8,32		1,56		–1,92		6,64		
SMS 3/553	4/5	Nord	566	4408956,85	5778104,35	-371,98	7,09	0,08	7,52	0,09	7,62	0,10	8,25	1,30	8,22	1,39	9,24	1,48	9,55	0,90	9,67	1,69	9,74	2,37	9,80	0,14	2,70	0,06	0,05	–2,23	7,38	9,66	2,28
SMS 7/490	4/5	Nord	553	4408951,76	5778117,98	-374,07	5,64	0,98	6,02		6,33		7,31		6,82																		
SMS 10/490	4/5	Nord	550	4408950,84	5778117,59	-356,09											2,63	0,59	1,97	0,54	2,85	0,57	3,66	0,45	4,27				0,61		3,21		
Mittelwert Nord																											3,20	1,00	–0,20	–0,97			1,21
Mittelwert Hauptpfeiler																											3,27	0,29	–0,05	–0,53			0,72

Legende:

45° E–W (in Streichrichtung)	45°/quer zum Streichen (S–N)	quer zum Streichen (S–N)	45° gegen die Vertikale	in Streichrichtung (E–W)	vertikal

Bohrung	Lage der SMS				Koordinaten			01.11.2010		01.11.2011		01.11.2012		01.11.2013		01.11.2014		01.11.2015		01.11.2016		01.11.2017		01.11.2018		15.11.2019		Beobachtungszeitraum (Differenz 2019–2010)		Berichtszeitraum (Differenz 2019–2018)		Spannungsdifferenzen ($\sigma_{max}-\sigma_{min}$)		**Veränderung der Spannungsdifferenzen**
	Pfeiler	Lage	Teufe m		Rechtswert m	Hochwert m	Höhe mNN	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	σ_{max} MPa	σ_{min} MPa	$\Delta\sigma_{2018}$ MPa	$\Delta\sigma_{2019}$ MPa	$\Delta\sigma_{2019} - \Delta\sigma_{2018}$ MPa
Ostflügel																																		
SMS 1/616	5/6	Süd	666		4408990,04	5778010,37	-467,89	10,49	5,15	10,38	5,13	10,07	4,54	10,22	4,54	10,01	4,43	10,25	4,38	10,61	4,50	11,01	4,62	11,47	4,79	12,04	5,05	1,54	–0,10	0,57	0,27	6,69	6,98	0,30
SMS 1/595	7/8	Süd	651		4409130,23	5777967,91	-457,84	8,52	2,84	8,67	2,74	8,08	2,32	8,26	2,38	8,10		8,27		8,40		8,48		8,55										
SMS 1/490	7/8	Süd	588		4409140,7	5777992,4	-394,29	11,71	2,31	11,37	2,14	10,72	1,58	10,32	1,42	10,13		10,22		10,30		10,45		10,51		10,67		–1,04		0,16				
SMS 1/490	7/8	Süd	577		4409141,53	5777995,34	-382,79	11,31	0,46	11,06	0,41	10,89	0,51	10,90	0,47	10,76	0,43		0,99		0,56												
SMS 1/490	7/8	Süd	566		4409142,32	5777998,15	-371,77	9,26	2,65	9,33	2,65	9,47	2,96	9,60	3,24	9,66	3,36	9,82	3,50	10,21	3,77	10,48	3,84	10,58	4,01	10,70	3,97	1,44	1,32	0,12	–0,04	6,57	6,73	0,16
SMS 4/490	8/9	Süd	525		4409216,29	5777981,63	-330,57	3,14	0,67	3,23	0,76	3,11	0,58	2,99	0,74	2,97	0,39	2,90	0,37	3,03	0,63	2,94	0,58	2,95	0,44	2,89	0,48	–0,25	–0,19	–0,06	0,04	2,50	2,40	–0,10
Mittelwert Süd																												0,43	0,34	0,20	0,09			0,12
SMS 1/616	5/6	Mitte	654		4408994,97	5778022,19	-456,72	22,12	0,66	22,80		22,22		22,37		22,20		21,57		21,70		21,50		21,50		21,52		–0,60		0,02				
SMS 9/490	5/6	Mitte	555		4409010,83	5778058,98	-361,67											12,14	1,32	13,95	2,00	14,50	2,14	14,65	2,20	14,66	2,21			0,01	0,01	12,45	12,45	0,01
SMS 9/490	5/6	Mitte	534		4409011,98	5778062,73	-340,66											13,52	0,02	14,95	0,21	13,90	0,17	13,55	0,18	13,07	0,16			–0,48	–0,01	13,37	12,90	–0,47
SMS 9/490	5/6	Mitte	513		4409011,98	5778062,73	-319,75											12,74	0,32	15,38	0,40	15,93	0,33	16,14	0,32	16,14	0,10			–0,01	–0,22	15,82	16,04	0,22
SMS 5/490	5/6	Mitte	556		4409012,94	5778066,28	-362,7	43,60	8,52	46,13	14,95	46,29	24,75	46,86	25,55																			
SMS 5/490	5/6	Mitte	535		4409012,94	5778066,28	-341,7			30,12	28,00	37,80	15,19	41,00	18,81																			
SMS 5/490	5/6	Mitte	514		4409012,94	5778066,28	-320,7	47,09	16,12	48,16	15,31	49,47	20,40	48,59	33,12	46,77	38,78																	
SMS 1/595	7/8	Mitte	640		4409134,87	5777978,58	-446,86																											
SMS 4/490	8/9	Mitte	514		4409220,88	5777998,22	-320,38	26,67	4,06	25,96	3,67	25,64	3,24	25,42	3,23	25,47	3,06	25,22	2,95	24,88	3,08	23,96	2,88	23,04	2,88	21,49	3,22	–5,18	–0,84	–1,55	0,34	20,16	18,27	–1,89
Mittelwert Mitte																												–2,89	–0,84	–0,40	0,03			–0,53
SMS 1/616	5/6	Nord	640		4408999,61	5778033,33	-446,2	14,56	3,02	14,13	2,93	14,07	2,66	14,12	2,46	14,18	2,50	14,30	2,40	14,39	2,40	14,42	2,50	14,49	2,50	14,46	2,76	–0,10	–0,26	–0,03	0,26	11,99	11,70	–0,29
SMS 2/616	6/7	Nord	599		4409078,95	5778036,47	-404,55	11,44	2,81	11,79	2,78	12,20	2,74	12,03	2,60	12,07	2,42	12,10	2,37	11,91	2,22	12,10	2,21	10,75	1,95	11,69	1,77	0,25	–1,04	0,94	–0,18	8,80	9,92	1,12
SMS 1/595	7/8	Nord	619		4409143,87	5777999,24	-425,57	9,34	1,37	9,35	1,50	9,75	1,48	10,04	1,50	10,66	2,06	11,07	2,12	11,28	2,09	11,43	2,03	11,95	1,91	11,95	2,17	2,61	0,80	0,01	0,27	10,04	9,78	–0,26
SMS 2/490	7/8	Nord	588		4409149,78	5778023,39	-394,3	7,07	0,86	7,43		7,52		7,80		7,89		8,16		8,32		8,38		8,42		7,91		0,84		–0,51				
SMS 2/490	7/8	Nord	577		4409150,61	5778026,32	-382,8	4,25	1,85	4,60	2,52	4,66	2,58	4,81	2,73	4,94	2,80	5,11	2,93	5,36	3,20	5,49	3,26	5,64	3,34	5,72	3,43	1,47	1,58	0,08	0,09	2,31	2,29	–0,02
SMS 2/490	7/8	Nord	566		4409151,19	5778028,37	-374,77	7,33	0,69	7,83	0,54	8,17	0,55	8,48	0,64	8,79	0,70	9,15	0,80	9,77	1,00	10,12	1,06	10,53	1,11	10,80	1,19	3,47	0,50	0,28	0,08	9,42	9,61	0,20
SMS 4/490	8/9	Nord	493		4409230,3	5778032,22	-299,5	8,20	1,77	8,71	1,86	9,09	1,91	8,81	2,00	8,79	1,78	9,17	1,74	9,06	1,95	9,11	1,92	9,27	2,00	8,76	1,83	0,56	0,05	–0,51	–0,18	7,27	6,94	–0,33
Mittelwert Nord																												1,30	0,27	0,04	0,06			0,07
Mittelwert Ostflügel																												0,39	0,18	–0,06	0,06			–0,10
Östlicher Baufeldrand																																		
SMS 3/616			604		4409330,94	5777976,03	-414,01	11,42	0,04	11,52	0,06	11,67	0,07	11,73	0,05	11,83	0,05	11,80	0,04	12,09	0,02	11,90	0,01	11,75		11,69		0,27		–0,06				
SMS 3/490			514		4409316,7	5777976,84	-321,05	9,04	3,66	9,19	3,88	9,58	3,80	9,75	3,93	10,06	3,90	10,17	3,89	11,33	4,57	11,33	4,27	11,18	4,07	11,02	3,92	1,98	0,26	–0,16	–0,15	7,11	7,10	–0,01
Mittelwert																												1,12	0,26	–0,11	–0,15			–0,01
Mittelwert Östlicher Baufeldrand																												1,12	0,26	–0,11	–0,15			–0,01
Im Liegenden (nördlich des Baufeldes an der Südflanke)																																		
SMS 4/553	3/4		539		4408896,53	5778210,36	-345,35	6,29	0,19	6,50	0,50	6,60	0,05	6,47		6,50		6,50		6,60		6,75		6,88		6,96		0,67		0,08				
SMS 6/553	4/5		577		4408969,34	5778139,99	-383,91	8,55	5,22	8,70	5,30	8,77	5,45	8,70	5,53	8,83	5,70	8,94	5,80	9,00	5,90	9,08	6,00	9,20	6,13	9,52	6,32	0,97	1,09	0,32	0,19	3,07	3,20	0,13
Mittelwert																												0,82	1,09	0,20	0,19			0,13
Mittelwert im Liegenden																												0,82	1,09	0,20	0,19			0,13

Legende:

45° E–W (in Streichrichtung) | 45°/quer zum Streichen (S–N) | quer zum Streichen (S–N) | 45° gegen die Vertikale | in Streichrichtung (E–W) | vertikal