

# Geotechnisches, geophysikalisches Monitoringprogramm und Salzlösungsmonitoring

Gebirgsbeobachtungen 2017

Lutz Teichmann, Dr. Paul Eric Wolff, Tobias Herrmann, Falk Herrmann, Denise De Nil,  
Marc Andre Strutz und Diana Müller

Remlingen den 28. Juni 2018



**BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG**

# Gliederung der Vorträge

- Teil I Einleitung
- Teil II Spannungs- und Verformungszustand
- Teil III Lastmessungen im Versatz
- Teil IV Mikroseismische Überwachung
- Teil V Lokale Monitoringprogramme
- Teil VI Salzlösungsmonitoring
- Teil VII Zusammenfassung

# Teil I

## Einleitung

Folgende Gesichtspunkte haben sich für die geotechnische Standortüberwachung seit 2012 neu ergeben:

- **Deutlich verlängerte Betriebsphase**

Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen und Vorbereitung der Rückholung. Dauer der Rückholung mehrere Jahrzehnte.

- **Stabilisierung des Tragsystems**

Zur Herstellung der Notfallplanung und als sichere Planungsgrundlage für die Rückholung sind weitere Stabilisierungsmaßnahmen und ein robustes Lösungsmanagement notwendig.

- **Lokale Monitoringprogramme**

Durch zunehmende Schädigungen im Bereich genutzter Infrastrukturräume sind lokale Monitoringprogramme zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit initiiert worden. Auf dieser Grundlage werden zielgerichtete Sanierungsmaßnahmen empfohlen und sukzessive umgesetzt.

Seit Ende 2009 geophysikalische und geotechnische Überwachung der Verfüllung des Baufeldes an der Südflanke

- Überwachung der Firstspaltverfüllung
- von den 100 Abbauen des Baufeldes der Südflanke sind mit Stand 05/2018 70 verfüllt.
- Abbaureihe 1 nahezu komplett und der Ostflügel (Abbaureihen 5 bis 9) vollständig verfüllt.
- Am oberen Baufeldrand sind die Firstspalte der Abbaue der 511- und 532-m-Sohle nahezu verfüllt.

⇒ Für eine dauerhafte und nachhaltige Stabilisierung sind weitere Firstspalt- und Resthohlraumverfüllungen notwendig.

Seit 2012 wurden in folgenden Bereichen lokale Monitoringprogramme (MP) initiiert bzw. in 2017/2018 fortgeführt:

|   | <b>Infrastrukturraum</b>   | <b>MP vom</b>   |
|---|--|-----------------|
| 1 | Infrastrukturbereiche auf der 490-m-Sohle und Abbau 2/511 (obere Baufeldrand)  | 31.07.2014      |
|   | Ergänzung um den Bereich der ELK 8a/511  | 05.04.2017      |
| 2 | Nebenabbaue 6a bis 9b im Osten der 532-m-Sohle                                 | 21.10.2013      |
| 3 | westlicher Teil der 574-m-Sohle  | 16.07.2013      |
|   | Erweiterung um die 553-m-Sohle   | 11.05.2017      |
| 4 | Wendelstrecke von der 490- zur 850-m-Sohle                                     | 20.01.2017      |
|   | Wendelstrecke im Bereich der 616-/637-m-Sohle                                  | 23.07.2013      |
|   | Wendelstrecke im Bereich der 725-/775-m-Sohle                                  | 21.01.2013      |
| 5 | 700-m-Sohle (Richtstrecken im First-/Sohlenniveau)                             | 13.05.2014      |
|   | Ergänzung um den Bereich „BA 20“   | 20.10.2015      |
| 6 | westlicher Bereich der nördlichen Richtstrecken nach Osten auf der 750-m-Sohle | 22.06.2012      |
| 7 | Füllortbereich Schacht 2 auf der 750-m-Sohle                                   | 12.07.2012      |
|   | Ergänzung um Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle                             | 24.04.2015      |
| 8 | 725-m-Sohle (Gleitbogenstrecke) und Querschlag nach Norden                     | geplant in 2018 |

## Verfüllmaßnahmen in 2017/2018

Um den Schädigungsprozess zu verlangsamen und die geschädigten Bereiche zu stabilisieren wurden folgende Maßnahmen in 2017 und 2018 umgesetzt:

- 1 Firstspaltverfüllung im Baufeld an der Südflanke
  - Firstspaltverfüllung in Abbaureihe 9 (595- bis zur 679-m-Sohle)
  - Zugang zu Abbau 11-12/700 auf der 700-m-Sohle
  - Abbau 7/700 und 8/700 auf der 700-m-Sohle
- 2 Verfüllmaßnahmen zur Stabilisierung in Abbau 3/490 und 4/490 vorbereitet
- 3 Richtstrecke nach Osten auf der 616-m-Sohle
- 4 Erkundungsstrecke nach Norden und Abbaubegleitstrecke auf der 637-m-Sohle

## Verfüllmaßnahmen in 2017/2018 *(Forts.)*

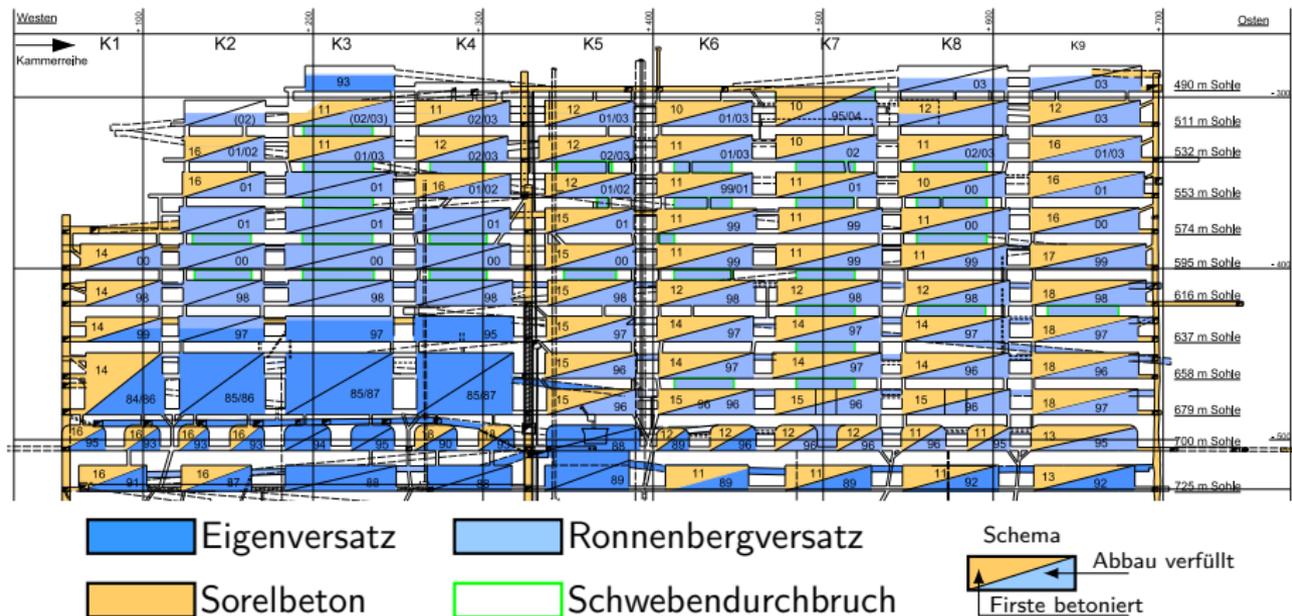
- 5 Querschlag zum Blindschacht 3 und Verfüllung der Firstspalte in der alten Wendelstrecke auf der 658-m-Sohle
- 6 2. südliche Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle
- 7 westl. Teil der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle und 1. westl. Querschlag auf der 750-m-Sohle
- 8 Firstspaltverfüllung im Carnallitbaufeld
  - Abbau 5 Ost auf der 750-m-Sohle

# Maßnahmen mit Einfluss auf die gebirgsmechanische Situation im Grubengebäude

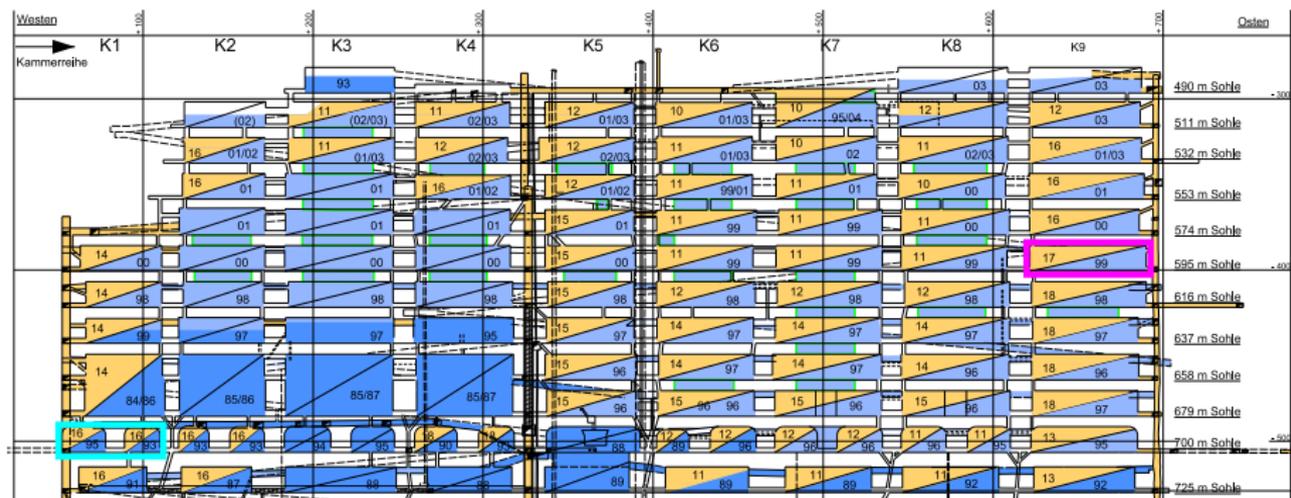
- **Südflanke 490- bis 725-m-Sohle**

Im **Jahr 2017** wurde in nur einem Abbau der Firstspalt verfüllt. Im **Jahr 2018** wurden bislang in 5 Abbauen die Firstspalte verfüllt. Weiterhin wurden Resthohlräume in nicht mehr benötigten Streckenabschnitten verfüllt. Mit Stand 05/2018 wurden insgesamt seit Ende 2009 ca. 132.000 m<sup>3</sup> Sorelbeton im Baufeld an der Südflanke eingebracht.

# Status – Resthohlraum- und Firstspaltverfüllung Stand 05/2018



# Status – Resthohlraum- und Firstspaltverfüllung Stand 05/2018



Eigenversatz

Ronnenbergversatz

Sorelbeton

Schwebendurchbruch

2017 verfüllt

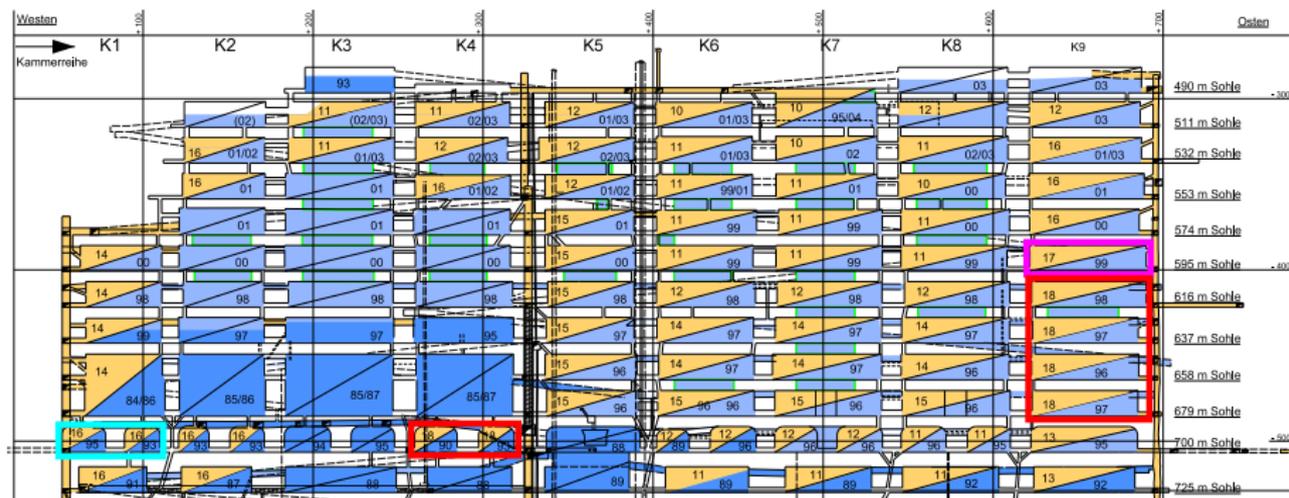
Verfüllung begonnen

Schema  

▶
◀
 Abbau verfüllt  

▶
 Firste betoniert

# Status – Resthohlraum- und Firstspaltverfüllung Stand 05/2018



- |   |               |   |                     |   |                          |
|---|---------------|---|---------------------|---|--------------------------|
|  | Eigenversatz  |  | Ronnenbergversatz   |  | Schema<br>Abbau verfüllt |
|  | Sorelbeton    |  | Schwebendurchbruch  |  | Firste betoniert         |
|  | 2017 verfüllt |  | Verfüllung begonnen |   |                          |
|  | 2018 verfüllt |   |                     |   |                          |

# Maßnahmen mit Einfluss auf die gebirgsmechanische Situation im Grubengebäude

- **Sattelkern 750- bis 775-m-Sohle**

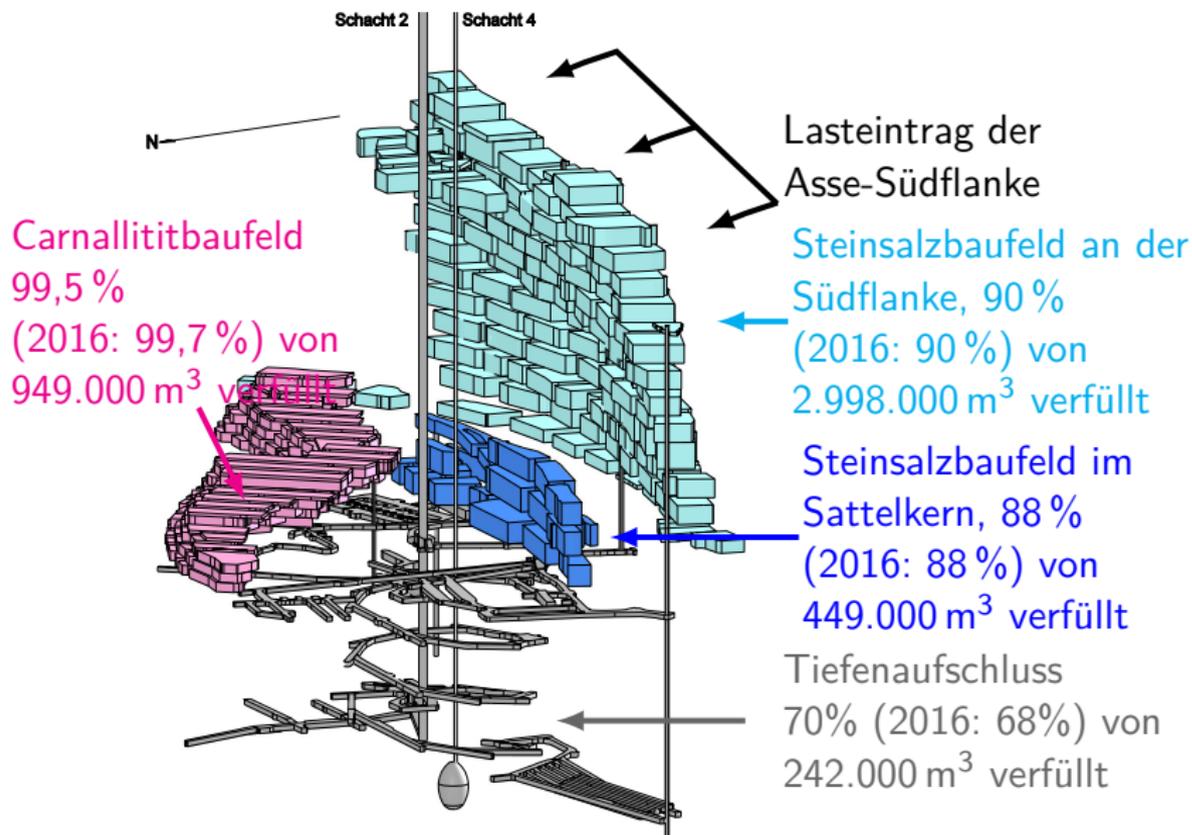
Die Firstspaltverfüllung auf der 775-m-Sohle wurde im September 2013 abgeschlossen. Die 9 Abbau wurden mit insgesamt ca. 8.200 m<sup>3</sup> Sorelbeton nachversetzt. Der Abbau 4a/750 wurde im Jahr 2017 mit ca. 4.700 m<sup>3</sup> Sorelbeton nachversetzt.

- **Carnallitbaufeld an der Nordflanke (750 bis 710 m Teufe)**

In den Abbauen und Streckenabschnitten wurden Resthohlräume erkundet.

- ⇒ Verfüllmaßnahmen haben 2016 begonnen.
- ⇒ Firstspalte in den Kali-Abbauen 1 bis 5 Ost und 12 Ost mit insgesamt ca. 2.200 m<sup>3</sup> verfüllt.
- ⇒ Resthohlräume in umliegenden Grubenbauen (Strecken und Gesenke) ca. 1.600 m<sup>3</sup>.

# Volumenbilanz – Grubengebäude (Stand 2018)



## Teil II

# Spannungs- und Verformungszustand

# Übersicht Teil II

- 1 Spannungsmessungen in den Tragelementen
- 2 Verformungsmessungen
- 3 Markscheiderische Messungen















































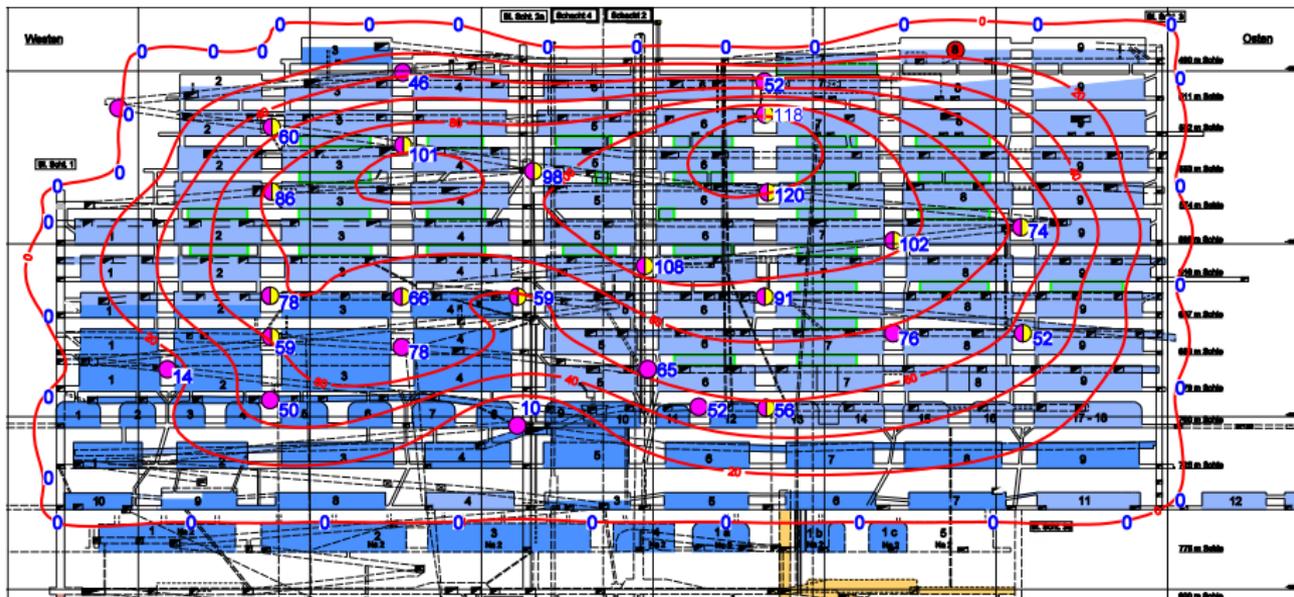






# Isolinien der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten

Stand: 08/2008 bis 08/2009 in [mm/a]



● Extensometermessstellen

● Extensometer- und Inclinometermessstellen

● Konvergenzmessstellen

□ Schwebendurchbruch

□ Ronnenbergversatz

□ Eigenversatz

















# Übersicht

- 1 Spannungsmessungen in den Tragelementen
- 2 **Verformungsmessungen**
  - Extensometermessungen
  - **Konvergenzmessungen**
- 3 Markscheiderische Messungen



# Konvergenzmessungen

## Änderungen im Messstellennetz für das Berichtsjahr 2017

- **Neuinstrumentierung:**
  - im Abbau 3/490 auf der 490-m-Sohle (als Ersatz)
  - im Bereich der Hauptfassungsstelle auf der 658-m-Sohle
  - in der Wendelstrecke von der 775- zur 800-m-Sohle
- **Erweiterung**
  - in der Wendelstrecke auf der 725-m-Sohle um eine weitere horizontale Messstrecke
- **Wegfall**
  - im Zuge der Fertigstellung der Schalungswand oberhalb des Lösungsbeckens 1
  - im Querschlag zum Kali-Abbau 12/Ost „Gesenk 10“ auf der 700-m-Sohle im Zuge von Verfüllmaßnahmen im Rahmen der Notfallvorsorge



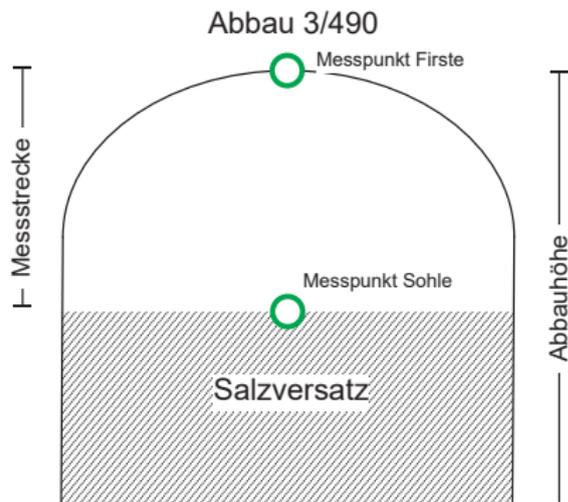
# Konvergenzmessungen

vertikale und horizontale Konvergenzraten im Abbau 3/490

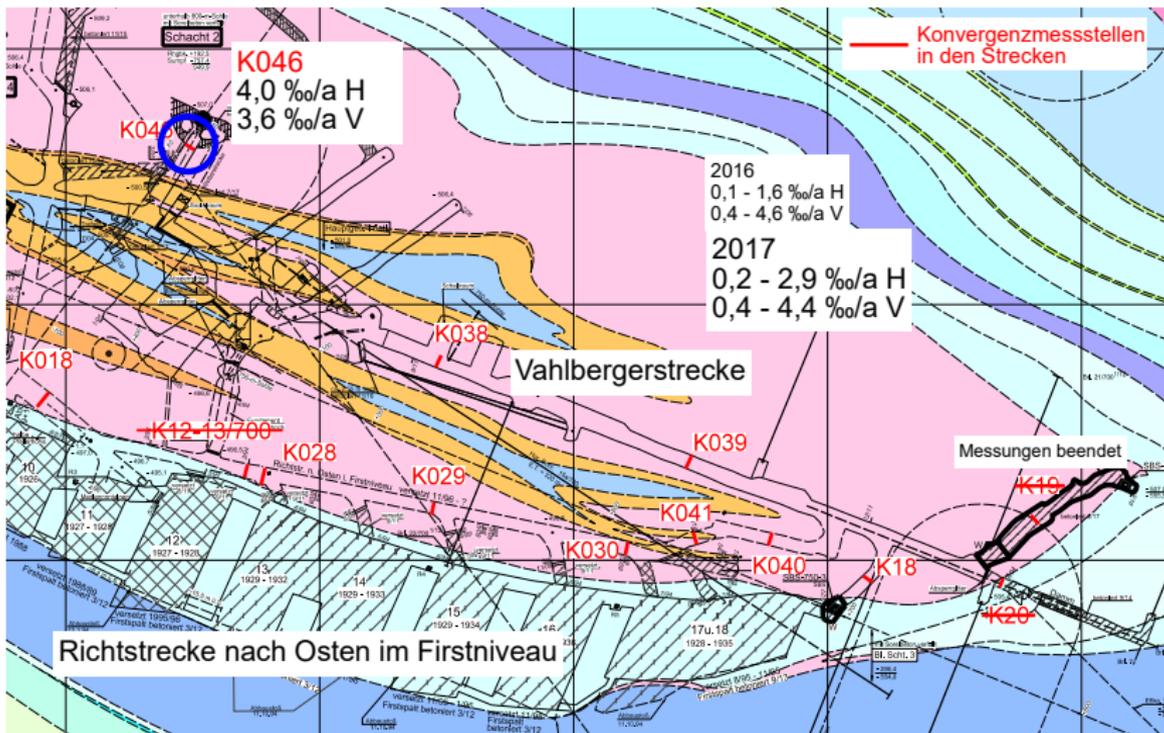
## Verformungsdaten im Abbau 3/490

- horizontale Verformungsdaten  
0,03–0,18 ‰/a
  - beinhaltet **querschlägig** und **streichend**
- vertikale Verformungsdaten  
4,3–8,3 ‰/a bezogen auf die Messlänge
  - vertikale Messungen stellen eine Besonderheit, da die Messstrecke vom Salzversatz zur Firste verläuft
  - Überschätzung der Verformungsrate
  - Verformungsrate bezogen auf Abbauhöhe **1,4–2,5 ‰/a**

## Prinzipische Skizze vert. Konvergenz



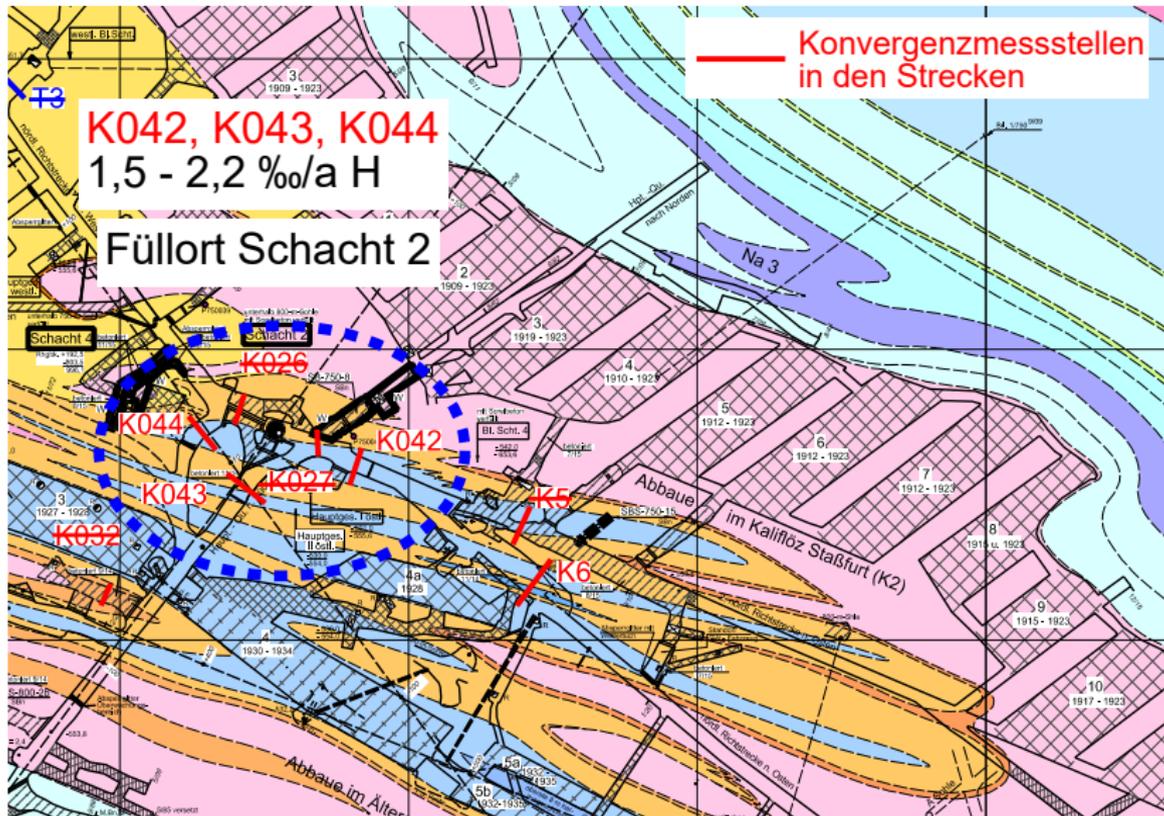
# Konvergenzmessungen - Bereiche mit erhöhter Konvergenz östlicher Bereich auf der 700-m-Sohle





# Konvergenzmessungen - Bereiche mit erhöhter Konvergenz

## Füllort Schacht 2 - 750-m-Sohle





# Übersicht

## 1 Spannungsmessungen in den Tragelementen

## 2 Verformungsmessungen

## 3 Markscheiderische Messungen

- Überblick der Messungen
- Veränderungen im Festpunktfeld
- Lage- und Höhenmessungen über Tage
- Lage- und Höhenmessungen unter Tage
- Inklinometermessungen und visuelle Beobachtungen
- Zusammenfassung



# Übersicht

## 1 Spannungsmessungen in den Tragelementen

## 2 Verformungsmessungen

## 3 Markscheiderische Messungen

- Überblick der Messungen
- **Veränderungen im Festpunktfeld**
- Lage- und Höhenmessungen über Tage
- Lage- und Höhenmessungen unter Tage
- Inklinometermessungen und visuelle Beobachtungen
- Zusammenfassung



# Übersicht

1 Spannungsmessungen in den Tragelementen

2 Verformungsmessungen

3 **Markscheiderische Messungen**

- Überblick der Messungen
- Veränderungen im Festpunktfeld
- **Lage- und Höhenmessungen über Tage**
- Lage- und Höhenmessungen unter Tage
- Inklinometermessungen und visuelle Beobachtungen
- Zusammenfassung

# Lage- und Höhenmessungen über Tage

## Ausführung der Lagemessung

- Messzeitraum: 22.03. bis 07.04.2017
- GPS-Messung auf 74 Messpunkten des Höhenfestpunktnetzes
- Punktlagegenauigkeit ca. 1 bis 8 mm

## Ergebnisse der Lagemessungen über Tage

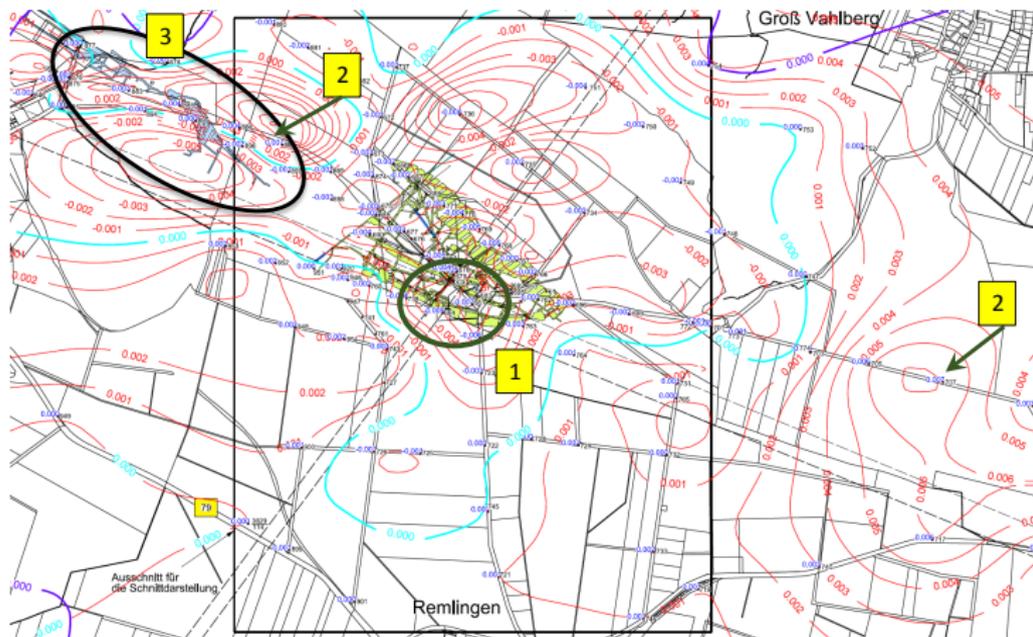
- Weitgehende Fortsetzung des bisherigen Bewegungstrends:
  - Messstellen nördlich und in der Längsausdehnung des Grubengebäudes Asse II verschieben sich nach Südwesten in Richtung des Senkungsschwerpunkts
    - 2016/17 ca. 2 bis 10 mm/a
  - Messstellen südlich des Grubengebäudes Asse II bewegen sich in nordwestliche Richtung
    - 2016/17 ca. 1 bis 9 mm/a





# Lage- und Höhenmessungen über Tage

## Ausdehnung des Senkungstrog

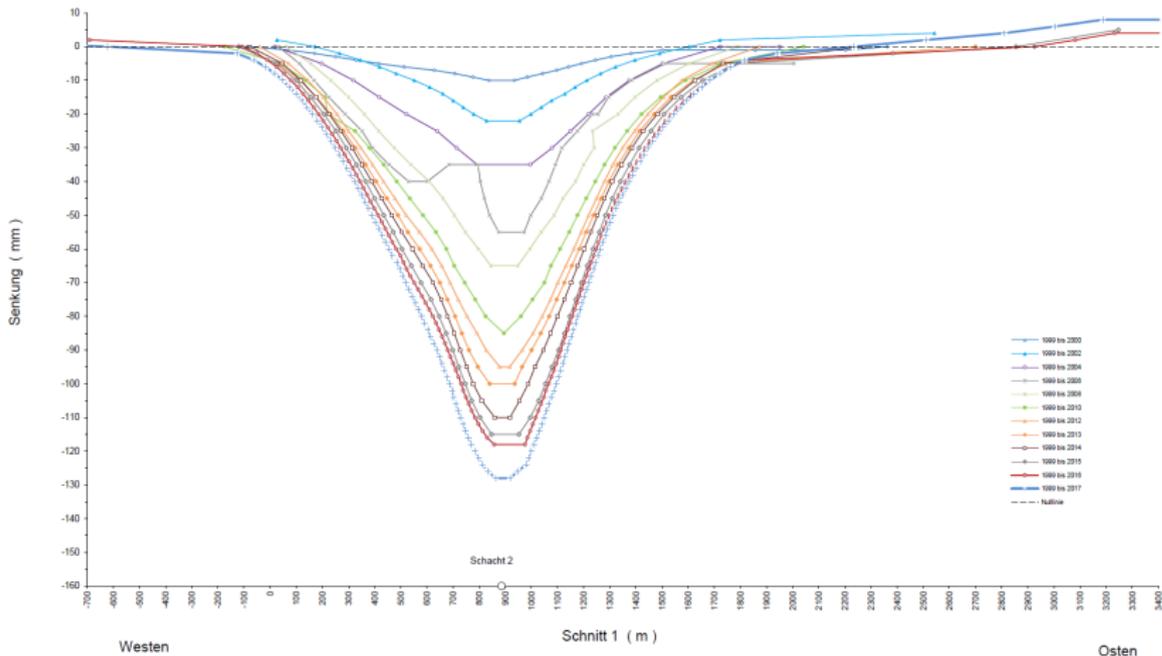


1. Max. Senkungsrate: - 6 mm/a (Punkt 681)
2. Max. Hebungsrate: + 7 mm/a (Punkte 707 & 888)
3. Senkungen: - 2 mm über Schachtanlage Asse I

Nulllinie:  
2015 – 2016  
2016 – 2017

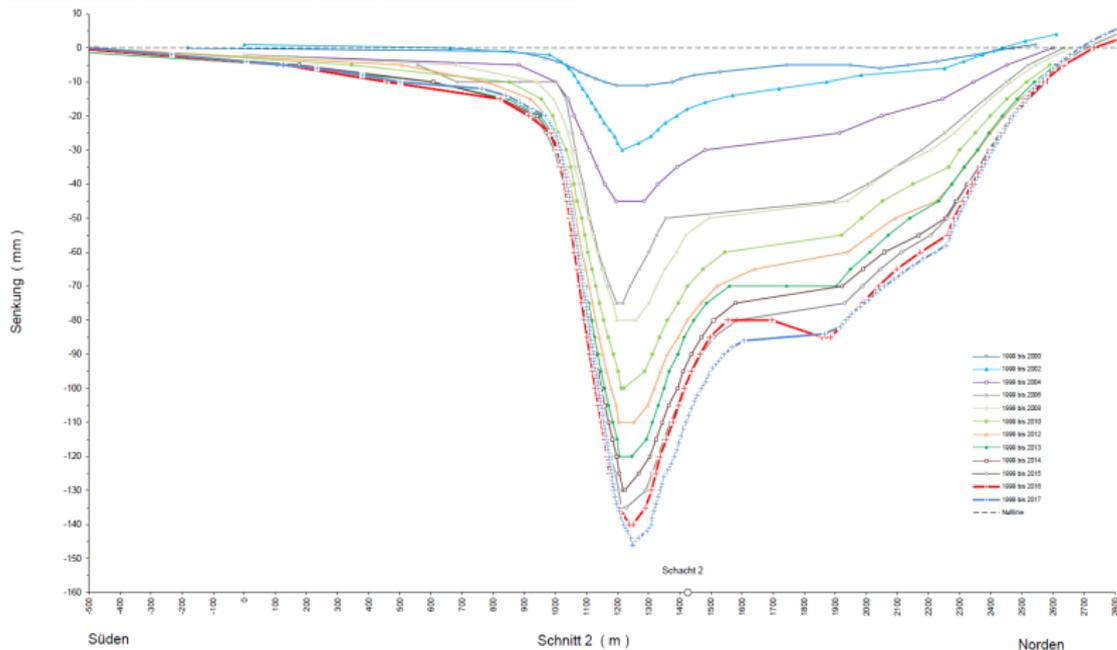
# Lage- und Höhenmessungen über Tage

Ausbildung des Senkungstroges 1999 - 2017 (Schnitt 1)



# Lage- und Höhenmessungen über Tage

Ausbildung des Senkungstroges 1999 - 2017 (Schnitt 2)



# Übersicht

## 1 Spannungsmessungen in den Tragelementen

## 2 Verformungsmessungen

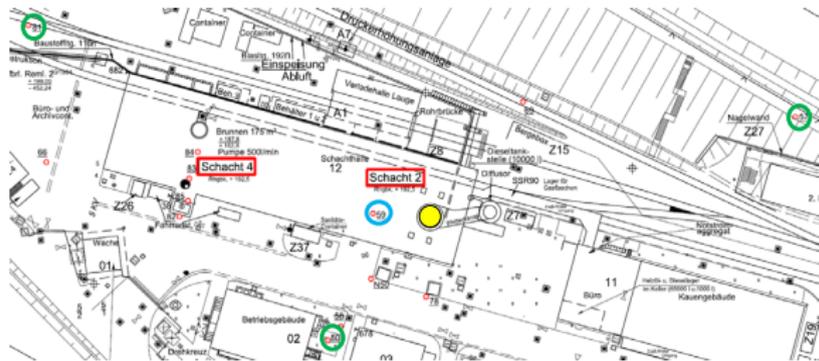
## 3 Markscheiderische Messungen

- Überblick der Messungen
- Veränderungen im Festpunktfeld
- Lage- und Höhenmessungen über Tage
- Lage- und Höhenmessungen unter Tage
- Inklinometermessungen und visuelle Beobachtungen
- Zusammenfassung

# Lage- und Höhenmessungen unter Tage

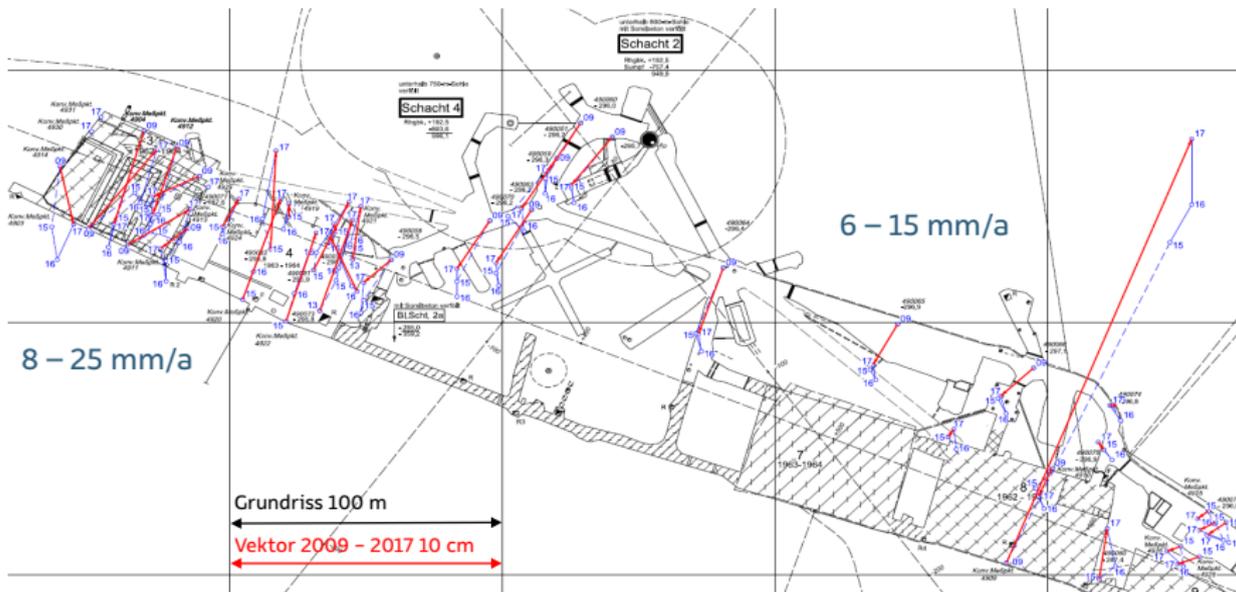
## Koordinaten- und Richtungsübertragung über Schacht 2

- Tagesanschluss über 3 Anschlusspunkte per GPS ( ) ○
- Trigonometrische Bestimmung eines Punktes in der Schachthalle ( ) und der Lotposition (●) ~ ca. +/- 3 mm
- Mechanische Lotung nach unter Tage
- Elektrooptische Distanzmessung zur Höhenübertragung
- Richtungsanschluss unter Tage durch 11 Kreismessungen auf 6 Sohlen und 4 Wendelabschnitten
- Ausgleichung der untertägigen Lagemessungen wie in Vorjahren unter Zwang nach vermittelnden Beobachtungen



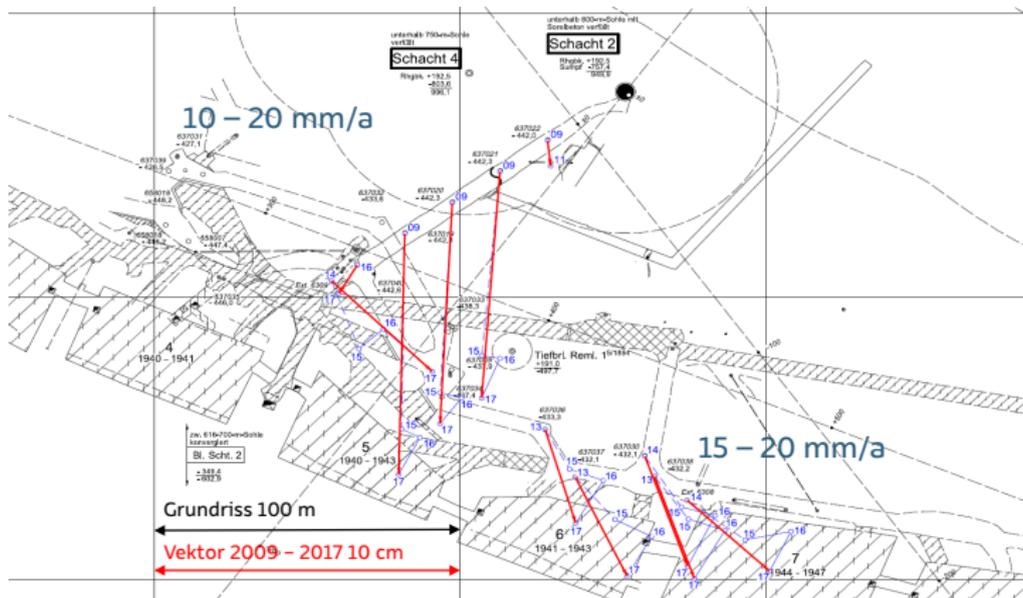
# Lage- und Höhenmessungen unter Tage

## Lageverschiebungen 490-m-Sohle



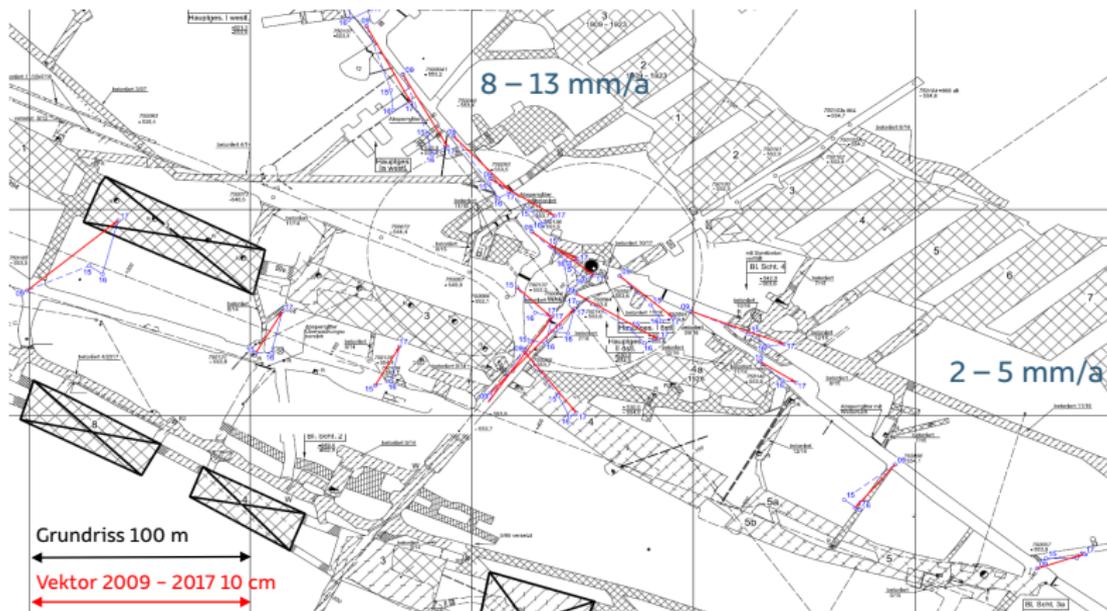
# Lage- und Höhenmessungen unter Tage

## Lageverschiebungen 637-m-Sohle



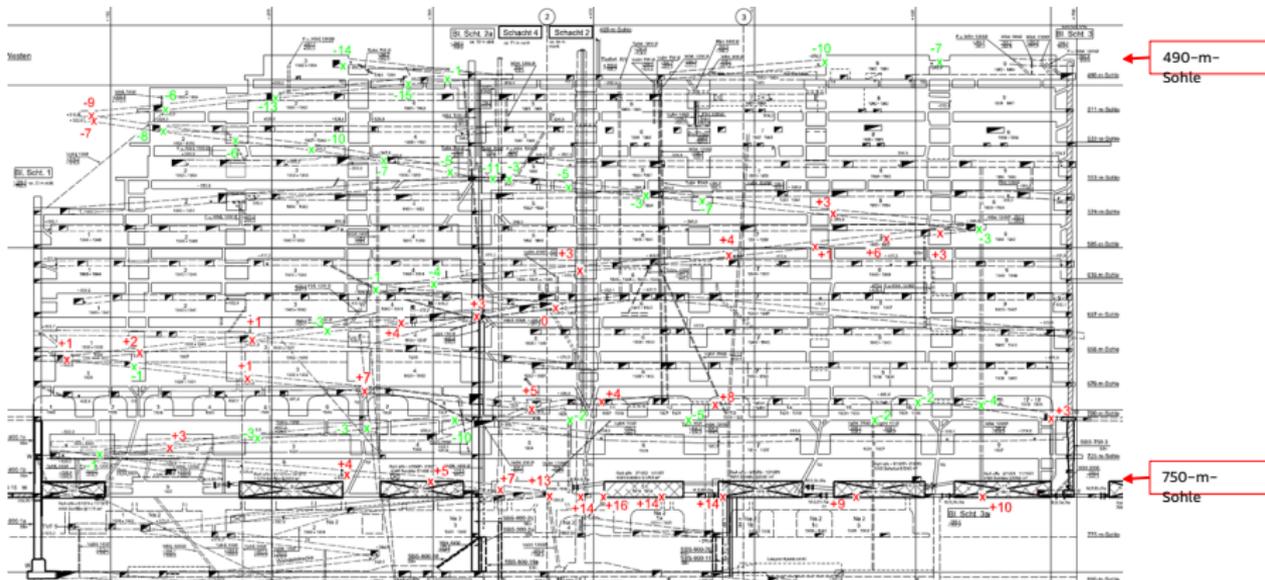
# Lage- und Höhenmessungen unter Tage

## Lageverschiebungen 750-m-Sohle



# Lage- und Höhenmessungen unter Tage

## Vertikalbewegungen 2015/2016



# Lage- und Höhenmessungen unter Tage

## Vertikalbewegungen 2016/2017





# Übersicht

## 1 Spannungsmessungen in den Tragelementen

## 2 Verformungsmessungen

## 3 Markscheiderische Messungen

- Überblick der Messungen
- Veränderungen im Festpunktfeld
- Lage- und Höhenmessungen über Tage
- Lage- und Höhenmessungen unter Tage
- **Inklinometermessungen und visuelle Beobachtungen**
- Zusammenfassung



# Inklinometermessungen und visuelle Beobachtungen

## Zustand im Westen der Südflanke

574-m-Sohle / Pfeiler 2-3

- Gebohrt 1997 / Länge: 50,3 m
- Bohrlochwand stark beansprucht (querschlägige Risse und Ausbrüche)
- Ausbruchmaterial im Bohrlochtiefsten
- Max. Senkungsrate -13 mm/a

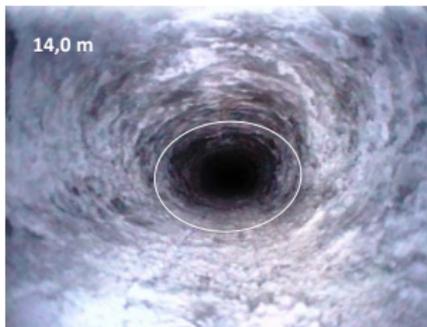


# Inklinometermessungen und visuelle Beobachtungen

## Zustand im Westen der Südflanke

658-m-Sohle / Pfeiler 2-3

- Gebohrt 1998 / Länge: 38,4 m
- Stellenweise elliptische Verformung
- Poröse Stellen
- Starke Konvergenz (< 70 mm ab 14 m)
- In der Mitte und am Ende feucht



# Inklinometermessungen und visuelle Beobachtungen

## Zustand in der Mitte der Südflanke

553-m-Sohle / Pfeiler 4-5

- Gebohrt 2013 / Länge 48,1 m
- Lage in dem mit Sorelbeton verfüllten Querschlag nach Süden zum Blindschacht 2
- Bohrlochwand ab ca. 17 m stark beansprucht (querschlägige Risse, Klüfte und Ausbrüche)

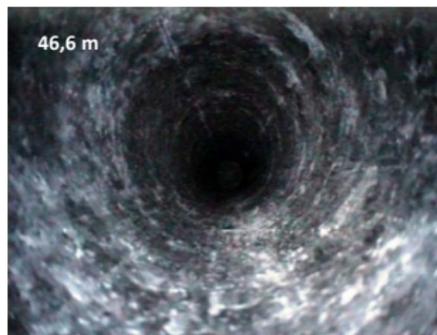


# Inklinometermessungen und visuelle Beobachtungen

## Zustand im Osten der Südflanke

574-m-Sohle Pfeiler 6-7

- Gebohrt 2014 / Länge 47,3 m
- Bohrlochwand ab ca. 25 m beansprucht (elliptische Ausbildung, querschlägige Risse und Ausbrüche)

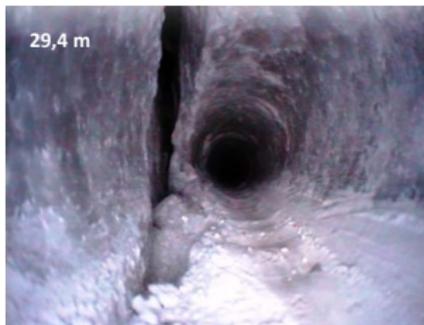


# Inklinometermessungen und visuelle Beobachtungen

## Zustand im Osten der Südflanke

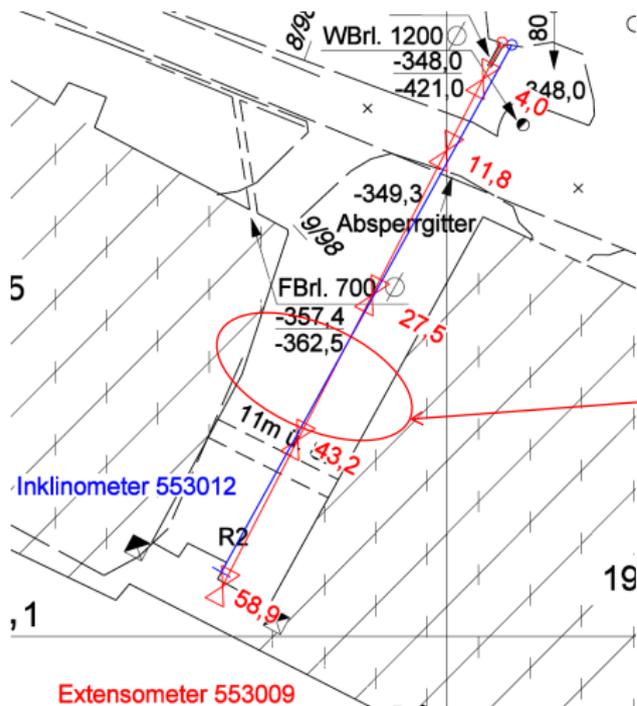
595-m-Sohle Pfeiler 7-8

- Gebohrt 2014 / Länge 44,1 m
- Messbar bis 28 m
- Max. Senkung -12 mm/a
- Bohrlochwand stark beansprucht (Risse, Klüfte und Ausbrüche)

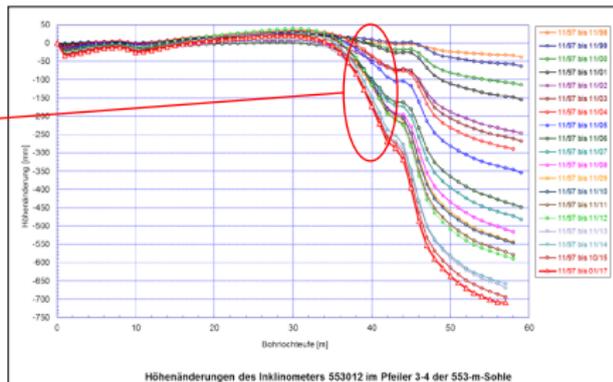




# Inklinometermessungen und visuelle Beobachtungen



Hinweis auf eine Scherbeanspruchung  
553-m-S im Pfeiler 3-4



# Übersicht

1 Spannungsmessungen in den Tragelementen

2 Verformungsmessungen

**3 Markscheiderische Messungen**

- Überblick der Messungen
- Veränderungen im Festpunktfeld
- Lage- und Höhenmessungen über Tage
- Lage- und Höhenmessungen unter Tage
- Inklinometermessungen und visuelle Beobachtungen
- **Zusammenfassung**

# Zusammenfassung

## Lage- und Höhenmessungen unter Tage:

- Bewegungsbild weiterhin überwiegend durch Südflanke bestimmt:
  - Oberhalb der 725-m-Sohle fortschreitende Verschiebung in Richtung der Abbaue der Südflanke.
  - Auf der 750-m-Sohle überwiegend fortschreitende Verschiebungen in Richtung des zentralen Baufelds im Staßfurt-Steinsalz.
- Kein Eindeutiges Bild der Vertikalverschiebungen:
  - Von der 490-m-Sohle bis zur 553-m-Sohle überwiegend Senkungen
  - Von der 553-m-Sohle bis 700-m-Sohle (Firststrecke) überwiegend Hebungen
  - Von der 700-m-Sohle bis zur 725-m-Sohle überwiegend Senkungen
  - Auf der 750-m-Sohle Hebungen
  - Stärkere Hebungen im südwestlichen Bereich des Grubenbaues



## Teil III

# Lastmessungen im Versatz

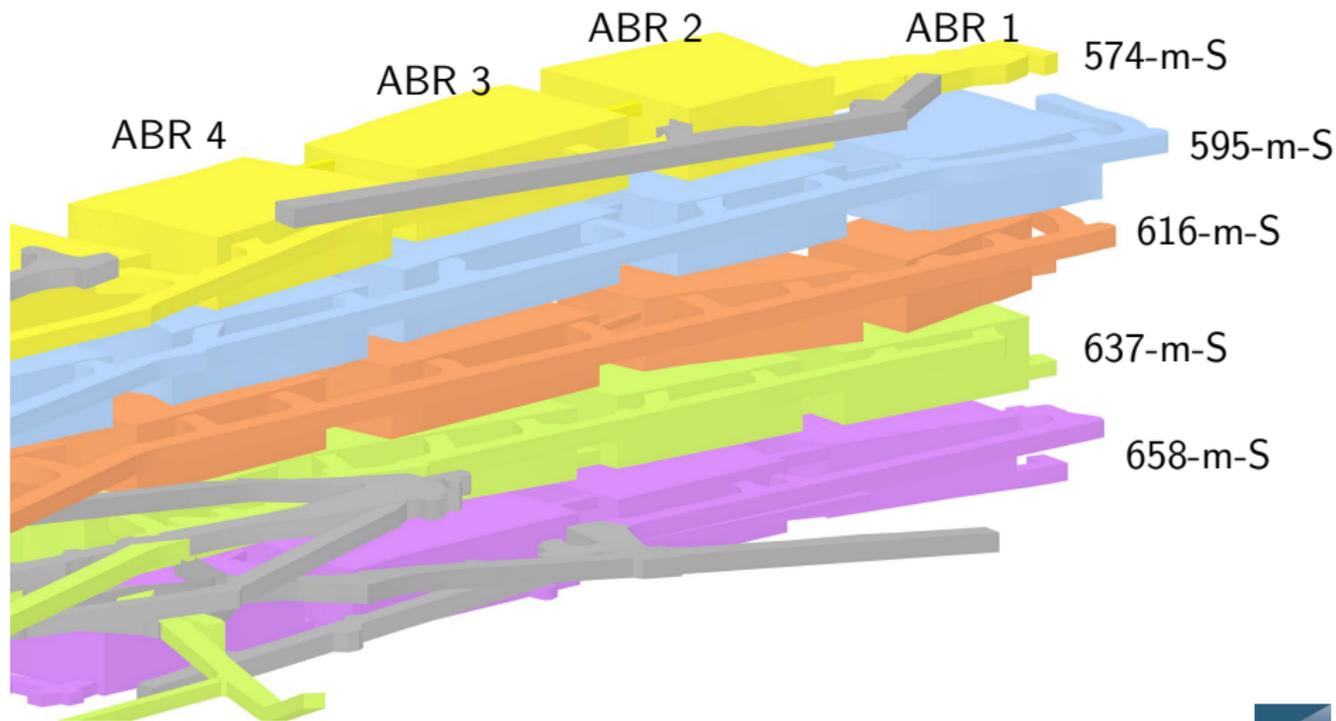
# Übersicht Teil III

- 1 Messtellen
- 2 Messergebnisse
- 3 Zusammenfassung

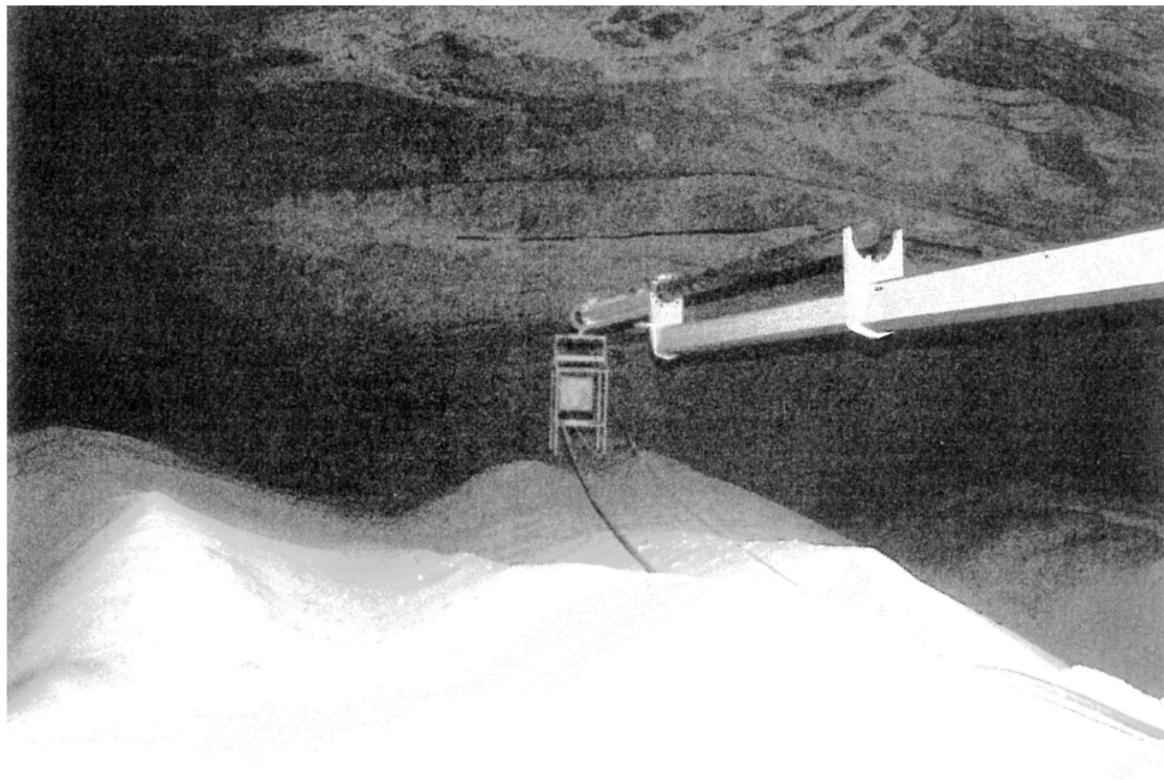
# Übersicht

- 1 Messstellen
- 2 Messergebnisse
- 3 Zusammenfassung

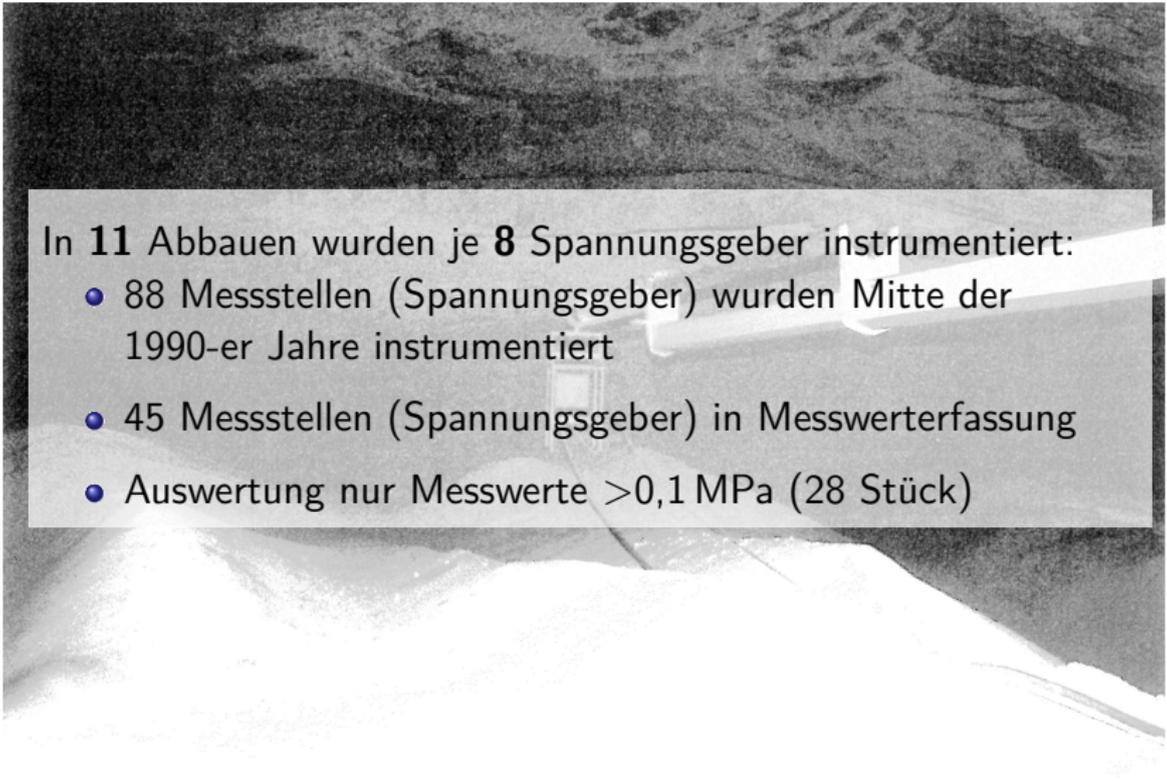
# Ausgangssituation – Instrumentierung



# Foto



## Foto



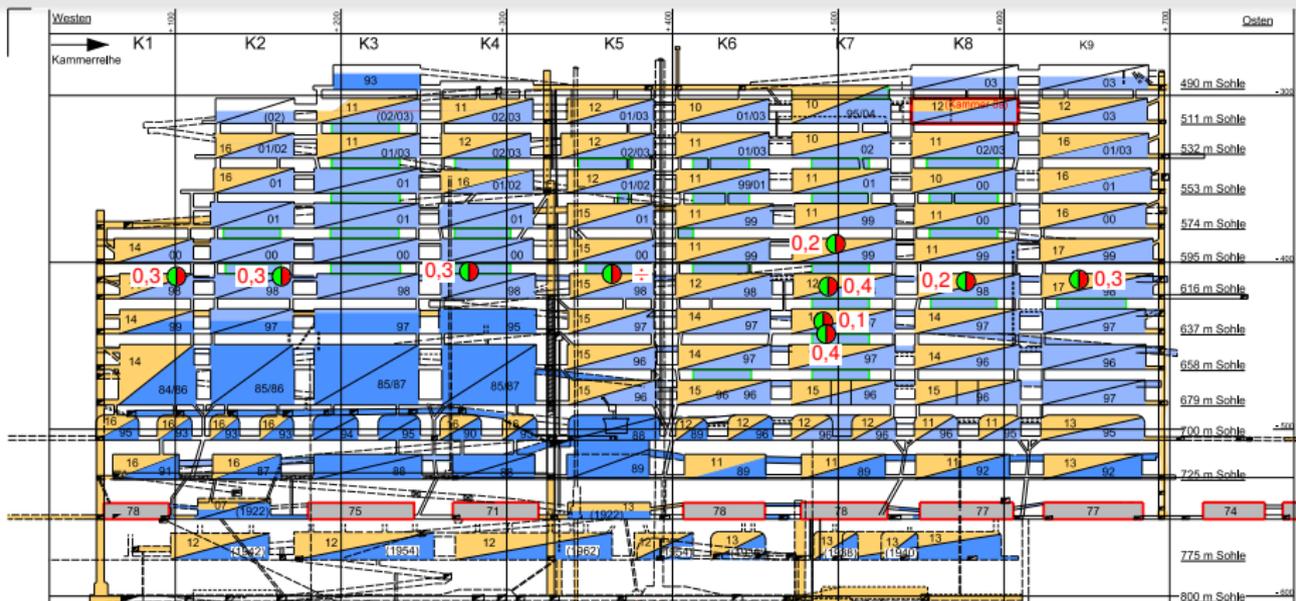
In **11** Abbauen wurden je **8** Spannungsgeber instrumentiert:

- 88 Messstellen (Spannungsgeber) wurden Mitte der 1990-er Jahre instrumentiert
- 45 Messstellen (Spannungsgeber) in Messwerterfassung
- Auswertung nur Messwerte  $>0,1$  MPa (28 Stück)

# Übersicht

- 1 Messtellen
- 2 Messergebnisse**
- 3 Zusammenfassung

# Mittlere gemessene Versatzdrücke (12/17)



-  Versatzdruckmessstellen
-  Eigenversatz
-  Schwebendurchbruch
-  Ronnenbergversatz
-  Sorelbeton
-  Schema
-  Abbau verfüllt
-  Firste betoniert



# Übersicht

- 1 Messtellen
- 2 Messergebnisse
- 3 Zusammenfassung**

- ⇒ Ein großer Teil der instrumentierten Versatzdruckgeber ist ausgefallen oder zeigt unsichere Messwerte.
- ⇒ Der Mittelwert aller signifikanter Messstellen im Jahr 2017 liegt bei 0,3 MPa (2016: 0,3 MPa).
- ⇒ Aus den noch intakten Versatzdrucksensoren kann kein belastbarer Trend der Versatzdruckentwicklung abgeleitet werden.

## Teil IV

# Mikroseismische Überwachung

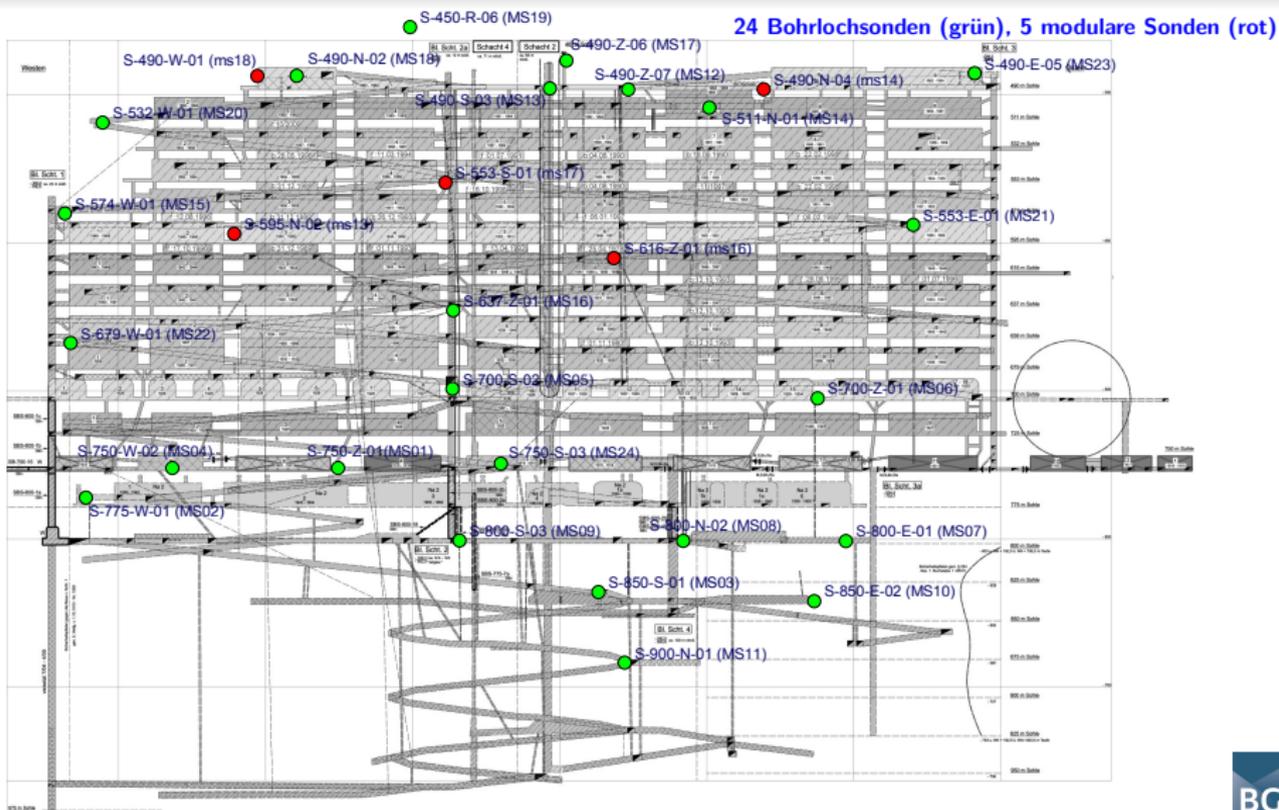
# Übersicht Teil IV

- 1 Mikroseismiknetz
- 2 Überblick über die Mikroseismizität
- 3 Mikroseismizität am oberen Baufeldrand
- 4 Cluster bei den Einlagerungskammern 4/750 und 6/750
- 5 Cluster im Bereich des Sattelkerns
- 6 Zusammenfassung

# Übersicht

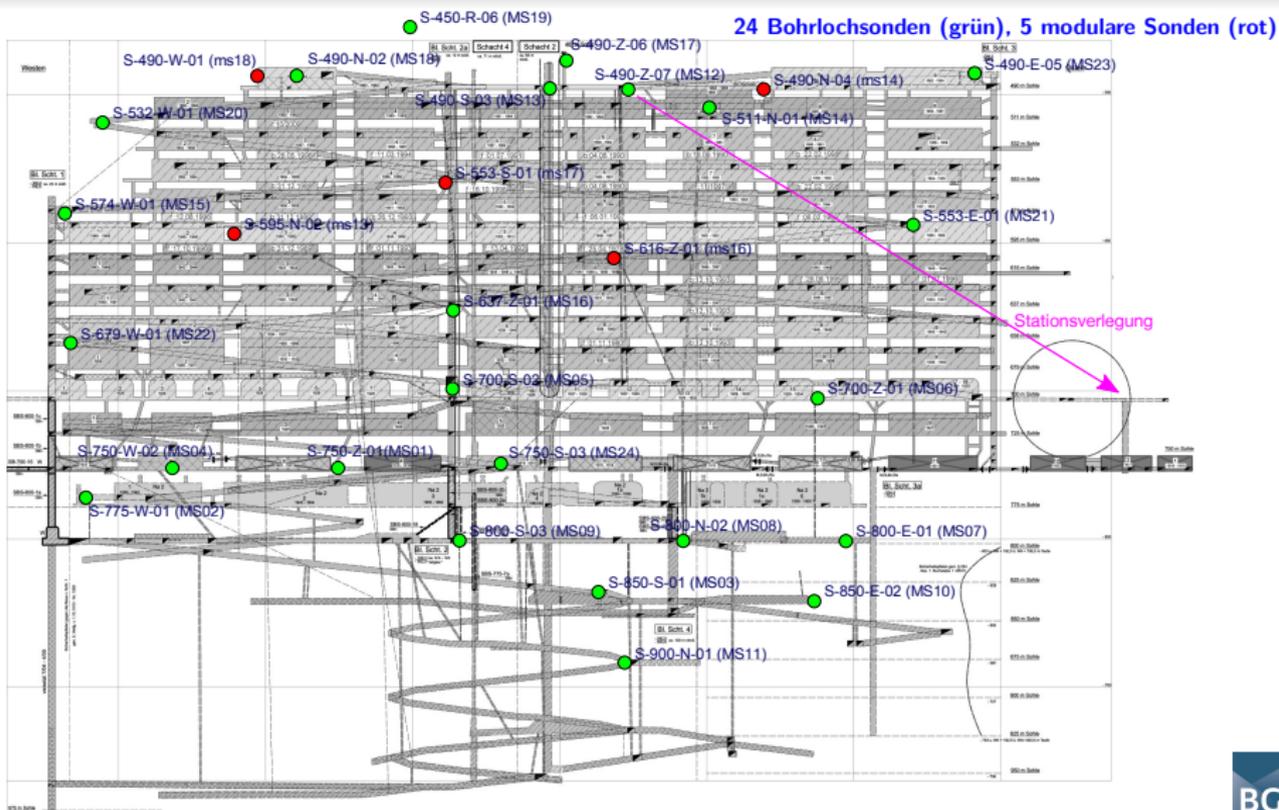
- 1 Mikroseismiknetz
- 2 Überblick über die Mikroseismizität
- 3 Mikroseismizität am oberen Baufeldrand
- 4 Cluster bei den Einlagerungskammern 4/750 und 6/750
- 5 Cluster im Bereich des Sattelkerns
- 6 Zusammenfassung

## Netzgeometrie: Lage der 29 Mikroseismikstationen projiziert auf Schnitt 1



Die Ortungsgenauigkeit innerhalb des Netzes ist besser als außerhalb.

## Netzgeometrie: Lage der 29 Mikroseismikstationen projiziert auf Schnitt 1

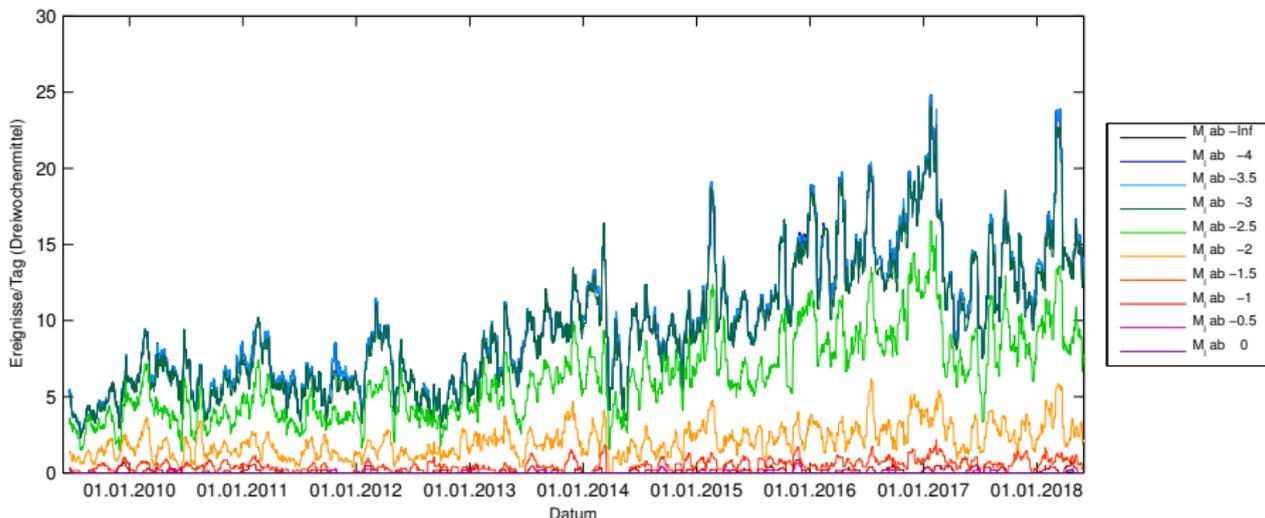


Die Ortungsgenauigkeit innerhalb des Netzes ist besser als außerhalb.

# Übersicht

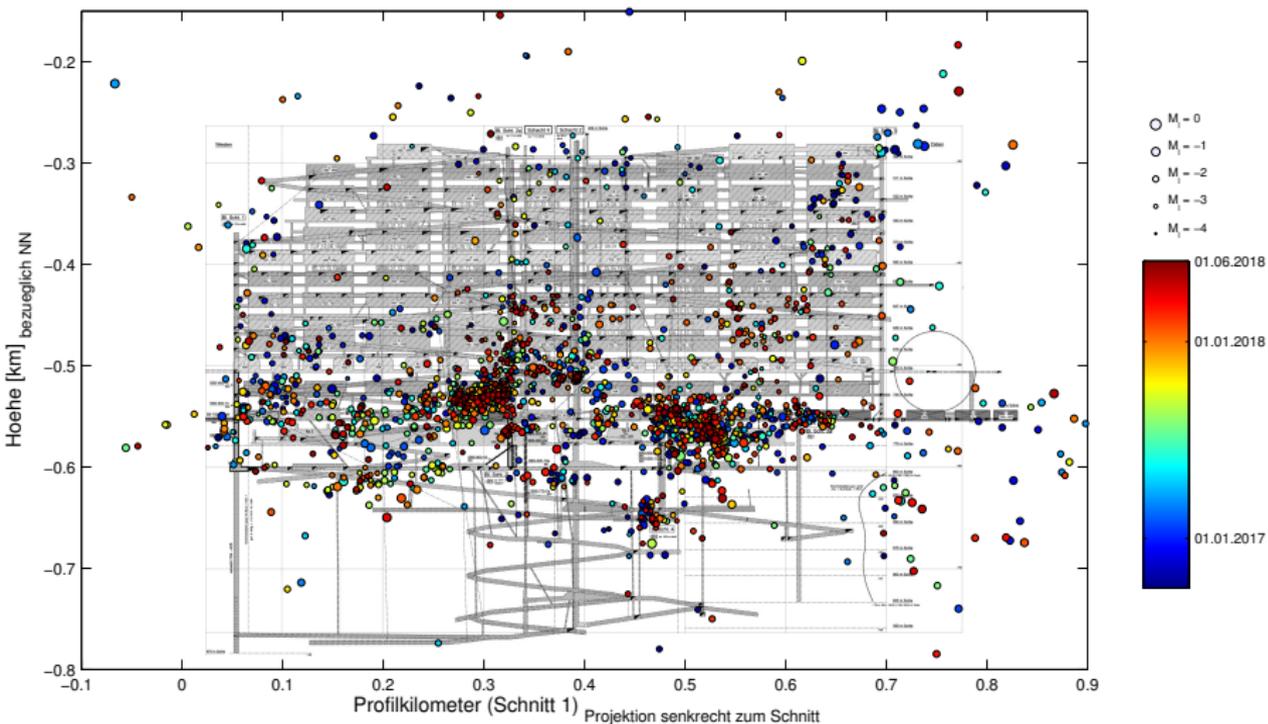
- 1 Mikroseismiknetz
- 2 Überblick über die Mikroseismizität**
- 3 Mikroseismizität am oberen Baufeldrand
- 4 Cluster bei den Einlagerungskammern 4/750 und 6/750
- 5 Cluster im Bereich des Sattelkerns
- 6 Zusammenfassung

## Ereignisrate im gesamten überwachten Bereich (Betriebsruhe, Automatik)

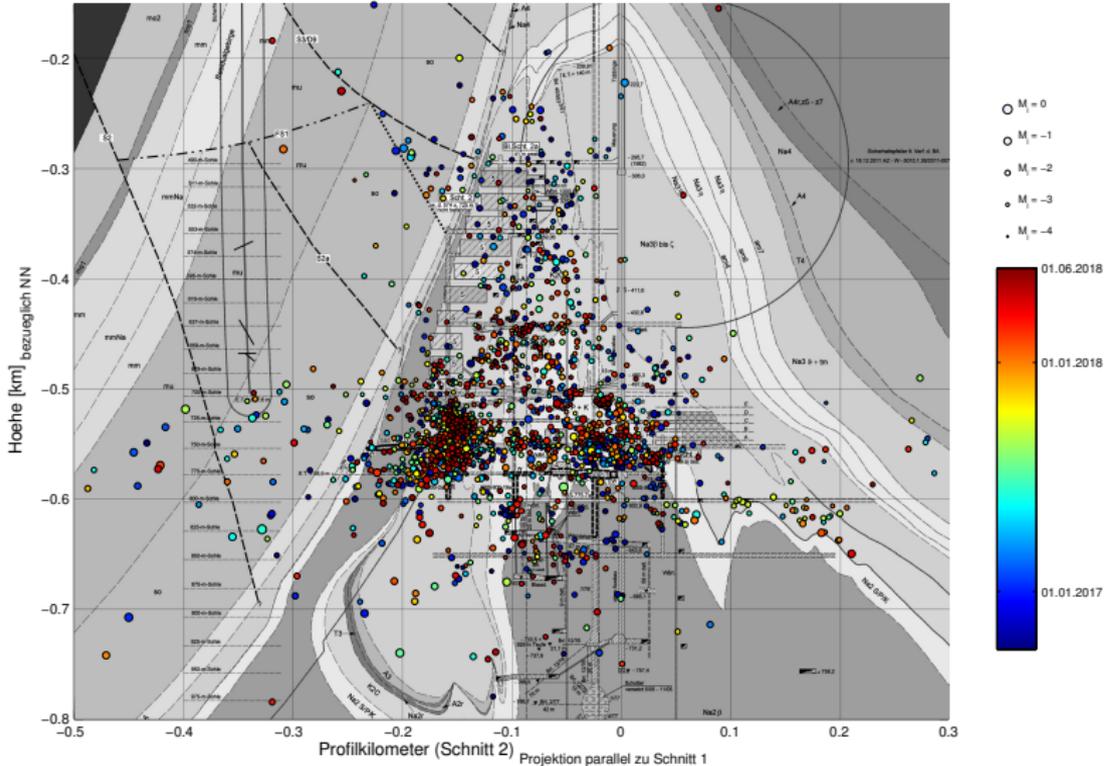


Die Ereignisrate ist im langfristigen Mittel angestiegen. Im Berichtszeitraum 2017 lag die mittlere Gesamtereignisrate auf einem hohem Niveau, jedoch etwas unter der Rate im Jahre 2016. Nach sehr hohen Raten im Winter 2016/2017 ist sie temporär abgefallen. Im März 2018 erreichte der Dreiwochenmittelwert der Gesamtereignisrate im Maximum fast wieder den Peakwert von etwa 25 Ereignissen pro Tag vom Beginn des Jahres 2017.

# Mikroseismizität von Oktober 2016 bis Mai 2018 (Betriebsruhe, Automatik, Ausschnitt)



# Mikroseismizität von Oktober 2016 bis Mai 2018 (Betriebsruhe, Automatik, Ausschnitt)

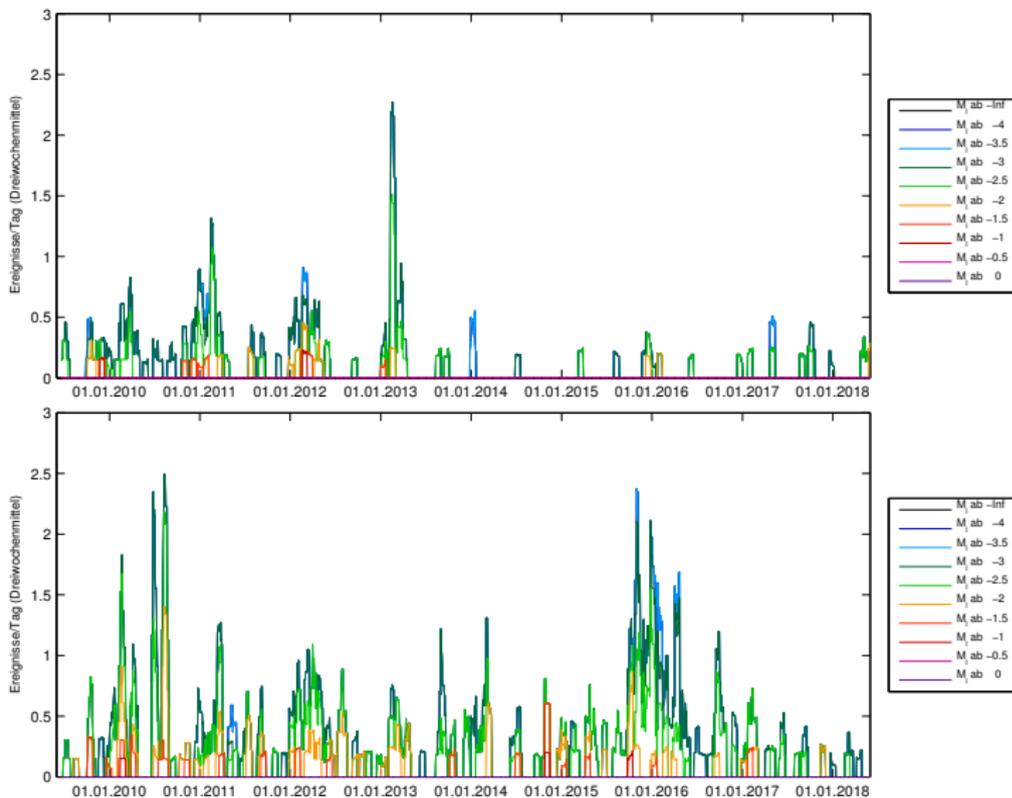


# Übersicht

- 1 Mikroseismiknetz
- 2 Überblick über die Mikroseismizität
- 3 Mikroseismizität am oberen Baufeldrand**
- 4 Cluster bei den Einlagerungskammern 4/750 und 6/750
- 5 Cluster im Bereich des Sattelkerns
- 6 Zusammenfassung

## Cluster am zentralen oberen Baufeldrand (Betriebsruhe, Automatik)

Erignisrate beim Blindschacht 2a (oben) und bei der südlichen Richtstrecke auf der 490-m-Sohle östlich des BS2a (unten)



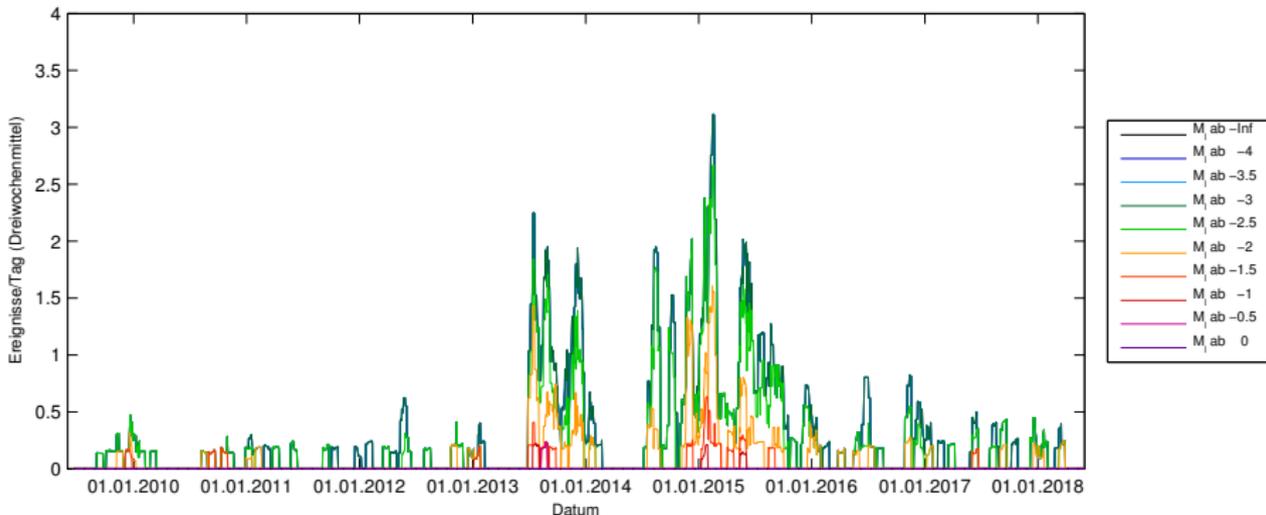
Die Mikroseismizität war in den stark geschädigten Bereichen am zentralen südlichen oberen Baufeldrand deutlich erhöht. Im Zusammenhang mit den Verfüllungen (Blindschacht 2a: Verfüllung Anfang 2013 bzw. südliche Richtstrecke auf der 490-m-Sohle: Herbst 2016) kam es zu temporären Anstiegen der Aktivität. Mittlerweile werden in beiden Bereichen deutlich weniger Ereignisse beobachtet, als vor den Stabilisierungsmaßnahmen.

→ Die Maßnahmen sind wirksam. Ein langfristig stabiler Gleichgewichtszustand mit seismischer Ruhe hat sich jedoch bislang nicht eingestellt.



## Cluster am westlichen Baufeldrand bei der 574-m-Sohle (Betriebsruhe, Automatik)

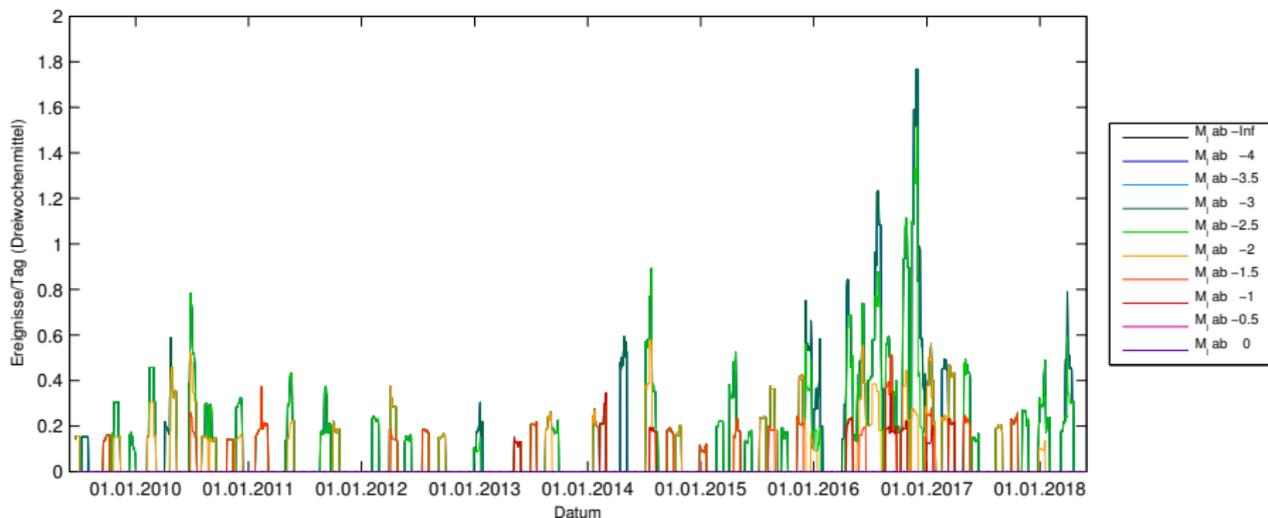
Ereignisrate beim Abbau 1 auf der 574-m-Sohle und seiner Umgebung



Die Mikroseismizität bei Abbau 1/574, die im Zusammenhang mit Stabilisierungsmaßnahmen temporär stark erhöht war, ist danach eher langsam, aber mittlerweile deutlich abgeklungen, jedoch nicht bis unter die Aktivität vor 2013.

## Cluster am östlichen oberen Baufeldrand (Betriebsruhe, Automatik)

Ereignisrate am östlichen oberen Baufeldrand

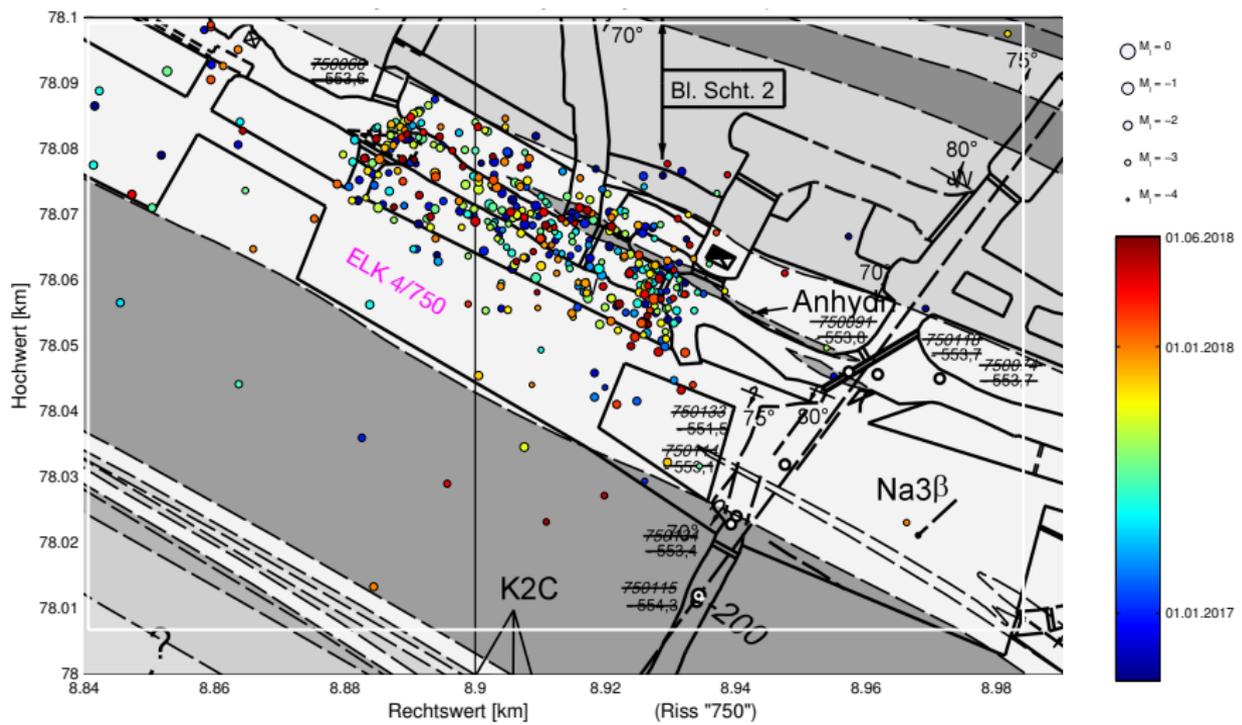


Die Ereignisrate am östlichen oberen Baufeldrand (Clusterschwerpunkt südlich der Abbaureihe 9) war im Zusammenhang mit der Verfüllung des Blindschachts 3 und benachbarter Strecken sowie der Firstspaltverfüllung in Abbaureihe 9 insbesondere im zweiten Halbjahr 2016 temporär erhöht. Eine längerfristige Beeinflussung des Clusters ist bisher nicht eindeutig zu erkennen.

# Übersicht

- 1 Mikroseismiknetz
- 2 Überblick über die Mikroseismizität
- 3 Mikroseismizität am oberen Baufeldrand
- 4 Cluster bei den Einlagerungskammern 4/750 und 6/750**
- 5 Cluster im Bereich des Sattelkerns
- 6 Zusammenfassung

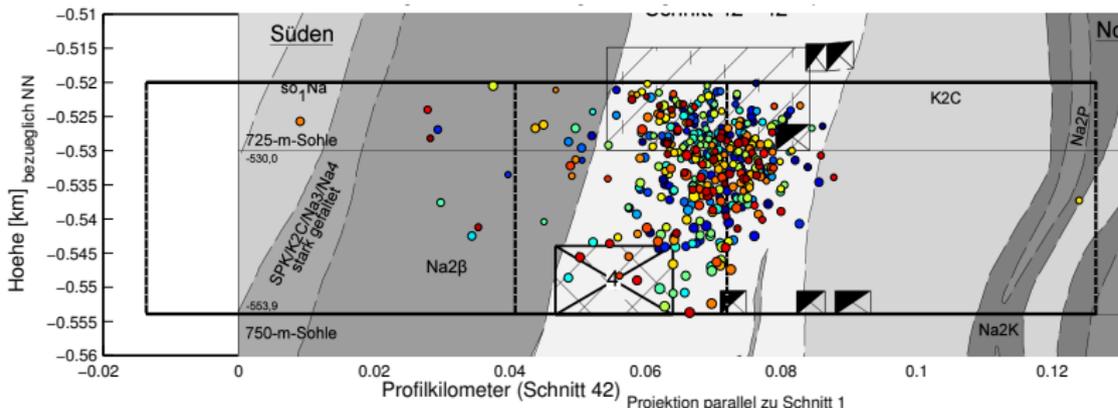
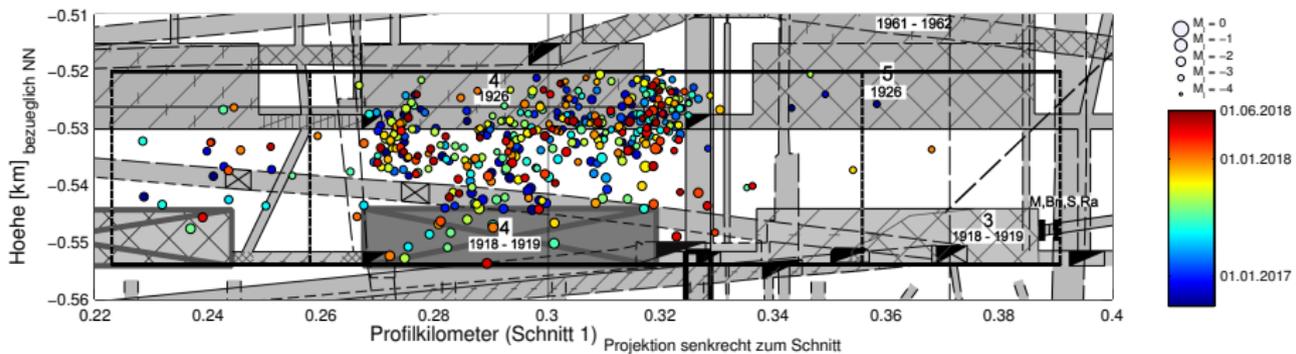
## Cluster bei der ELK 4/750 (Oktober 2016 bis Mai 2018, Betriebsruhe, Automatik)



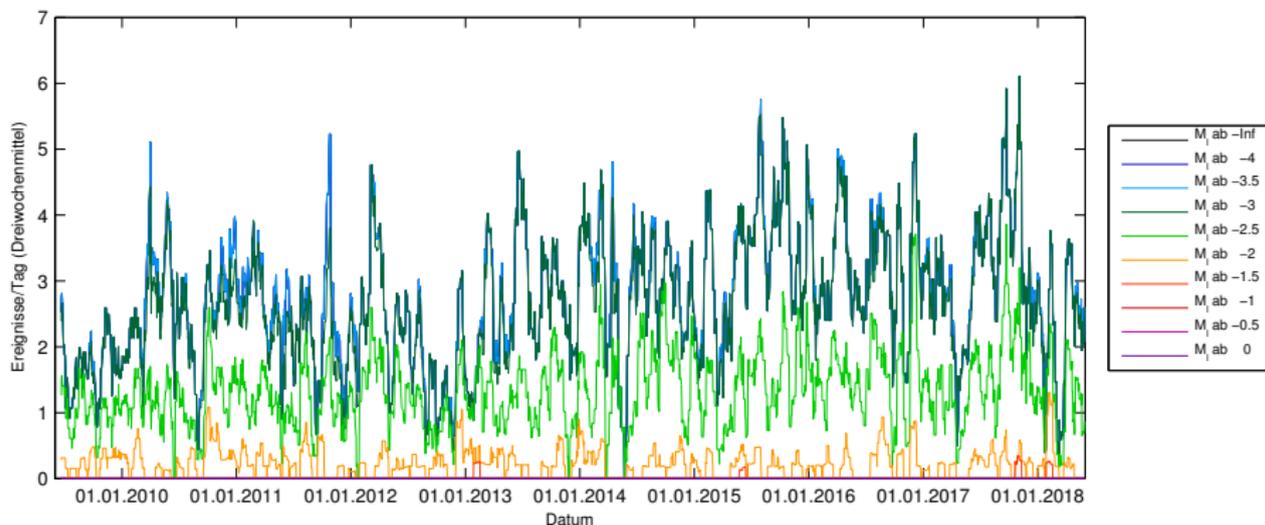
Der Schwerpunkt des Clusters liegt weiterhin nördlich oberhalb der ELK 4/750 unterhalb des Abbaus 4/725.



# Cluster bei der ELK 4/750 (Oktober 2016 bis Mai 2018, Betriebsruhe, Automatik)

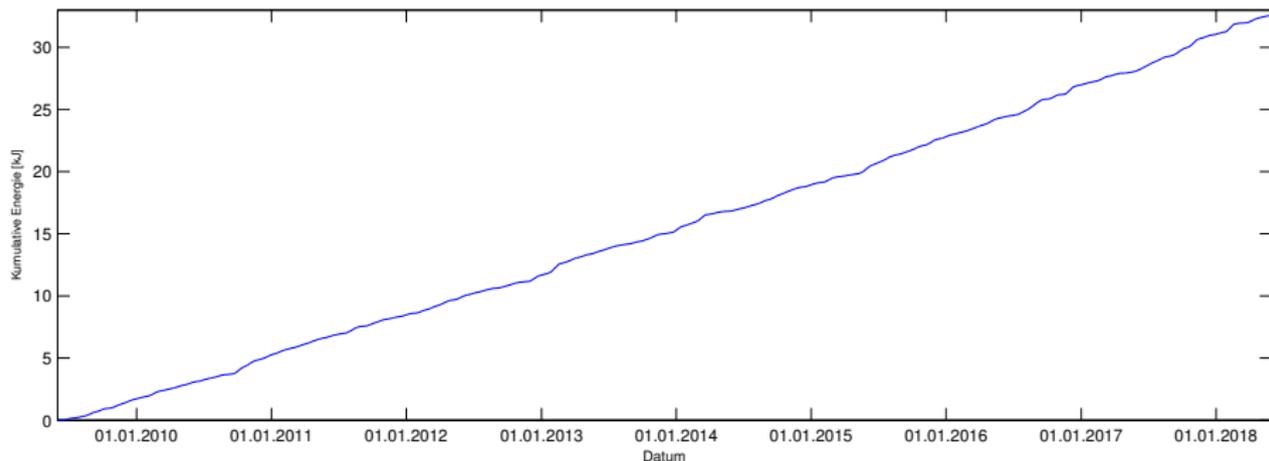


## Ereignisrate bei der Einlagerungskammer 4/750 (Betriebsruhe, Automatik)



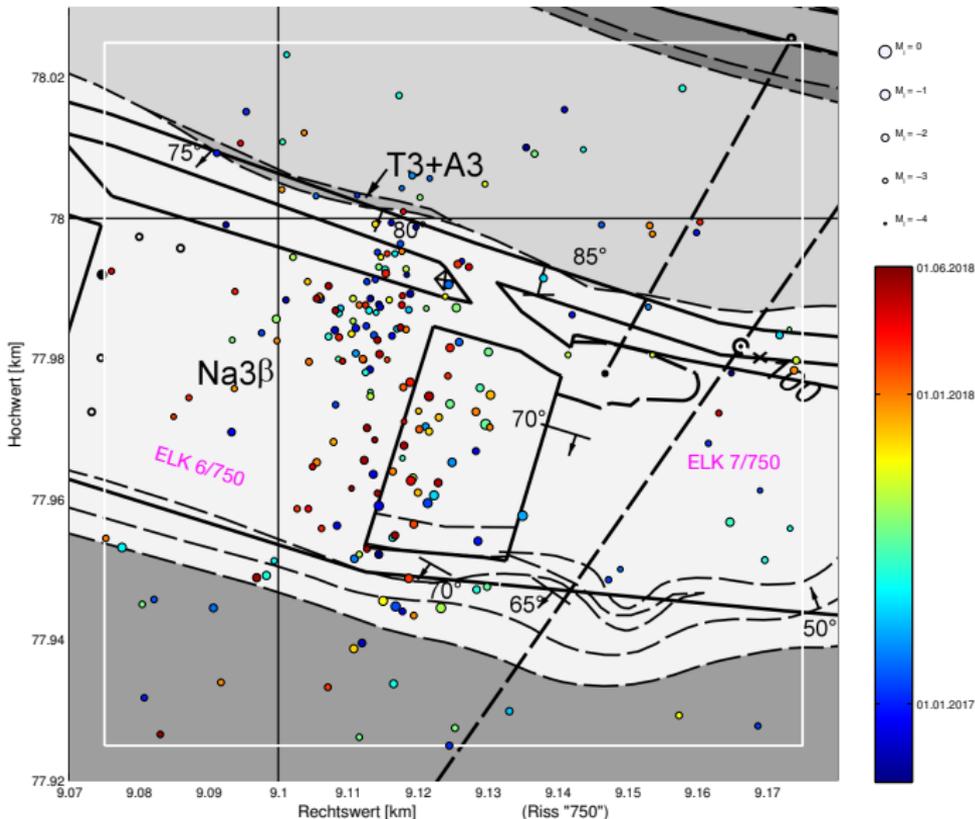
Das Cluster bei der ELK 4/750 ist seit Ende 2007 und so auch im Berichtszeitraum 2017 sehr aktiv. Die Ereignisrate zeigt deutliche kurzzeitige Variationen. Aktuell ist die Aktivität eher relativ niedrig. Längerfristige Änderungen durch die Stabilisierungsmaßnahmen sind bislang nicht eindeutig zu erkennen.

## Kumulative Energie der bei Einlagerungskammer 4/750 (Betriebsruhe, Automatik)

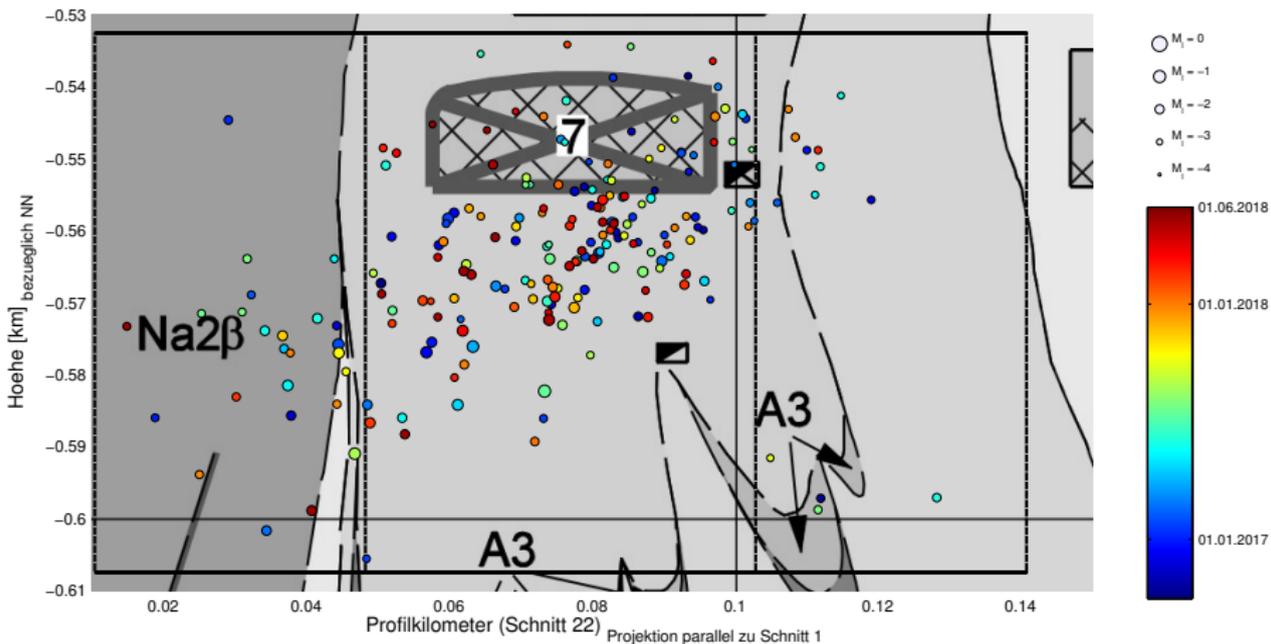


Der Anstieg der kumulativen Energie zeigt nur geringe Veränderungen. Der nahezu lineare Anstieg der kumulativen Energie hat sich im langfristigen Vergleich etwas beschleunigt.

# Cluster im Bereich der ELK 6/750 (Oktober 2016 bis Mai 2018, Betriebsruhe, Automatik)

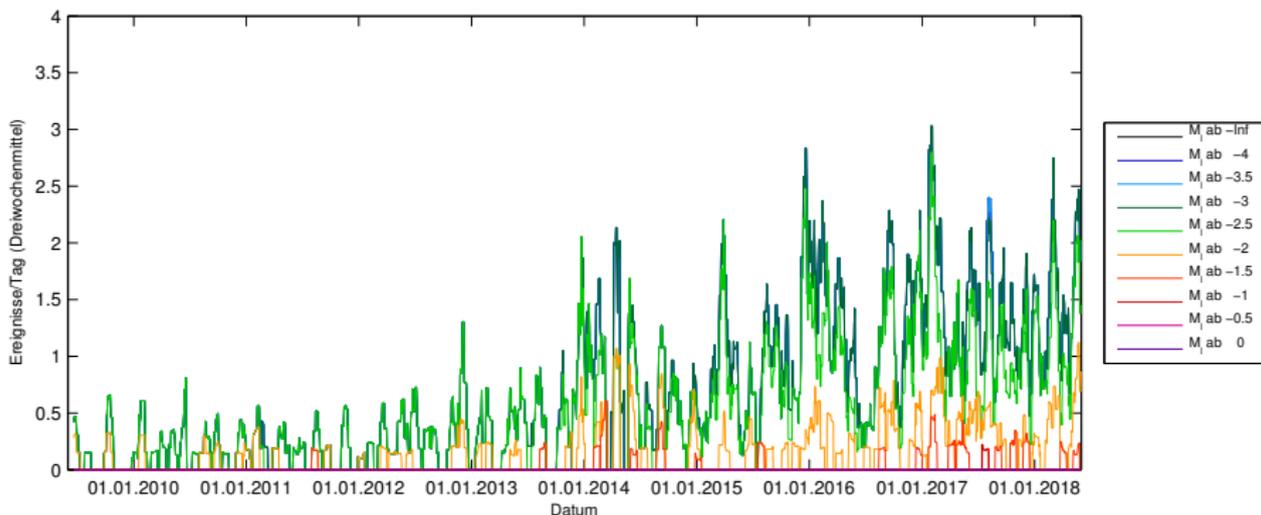


## Cluster im Bereich der ELK 6/750 (Oktober 2016 bis Mai 2018, Betriebsruhe, Automatik)



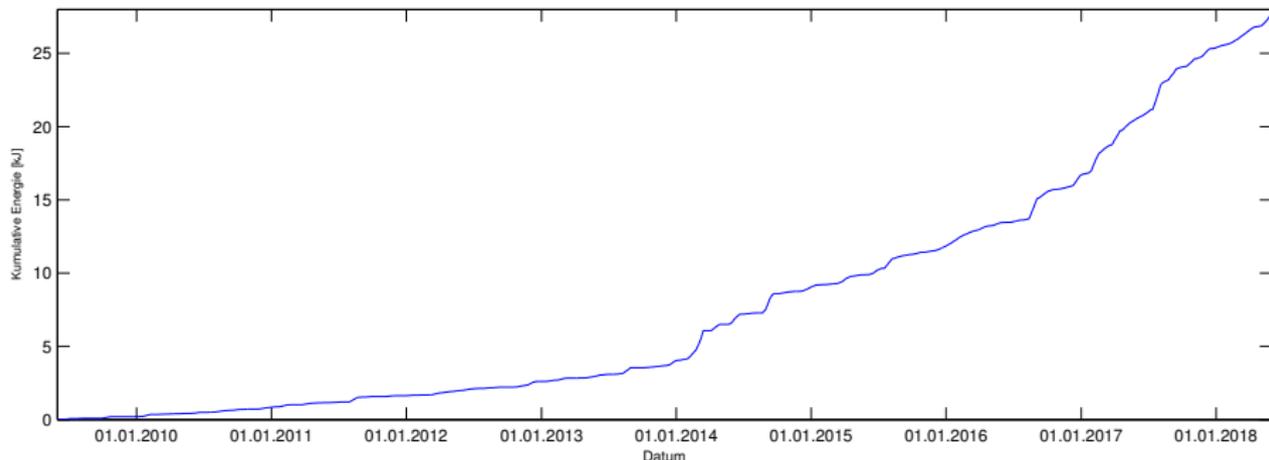
Der Schwerpunkt des Hauptclusters im der Bereich ELK 6/750 liegt weiterhin etwas unterhalb ihres östlichen Teils.

## Ereignisrate bei der Einlagerungskammer 6/750 (Betriebsruhe, Automatik)



Die Aktivität des Clusters im Bereich der Einlagerungskammer 6/750 hat im Verlauf der letzten Jahre im Mittel zugenommen. Die Ereignisrate unterliegt dabei deutlichen Schwankungen. Die Zunahme der Ereignisanzahl im Berichtszeitraum 2017 gegenüber dem Berichtszeitraum 2016 war geringer als im Vergleich zu den Jahren 2016 und 2015. Sie betraf jedoch nicht vornehmlich schwache Ereignisse.

## Kumulative Energie bei der Einlagerungskammer 6/750 (Betriebsruhe, Automatik)

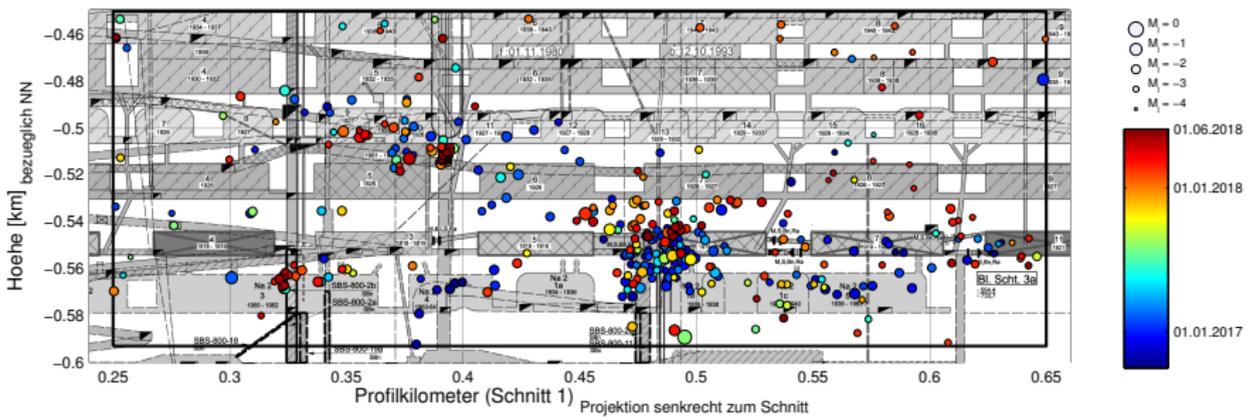


Die Zunahme der kumulativen Energie unterliegt deutlichen Variationen. Der Anstieg hat sich in den letzten Jahren im langfristigen Mittel beschleunigt. Der Anstieg der kumulativen Energie bei der ELK 6/750 ist aktuell größer als bei der ELK 4/750, obwohl die mittlere Steigung aktuell wieder etwas unter der mittleren Steigung des Berichtszeitraums 2017 liegt.

# Übersicht

- 1 Mikroseismiknetz
- 2 Überblick über die Mikroseismizität
- 3 Mikroseismizität am oberen Baufeldrand
- 4 Cluster bei den Einlagerungskammern 4/750 und 6/750
- 5 Cluster im Bereich des Sattelkerns**
- 6 Zusammenfassung

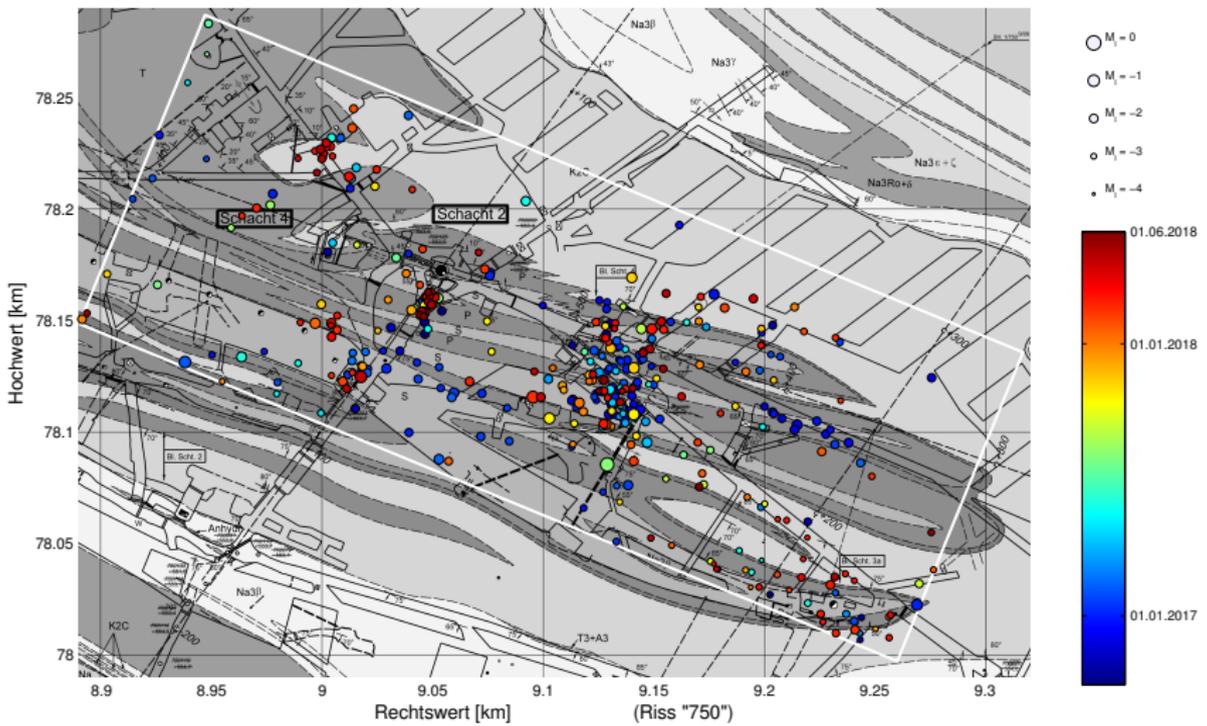
## Sattelkern: Cluster im zentralen Teil der 700-m-Sohle und bei der nördlichen und 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle (Betriebsruhe, Automatik)



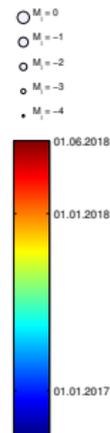
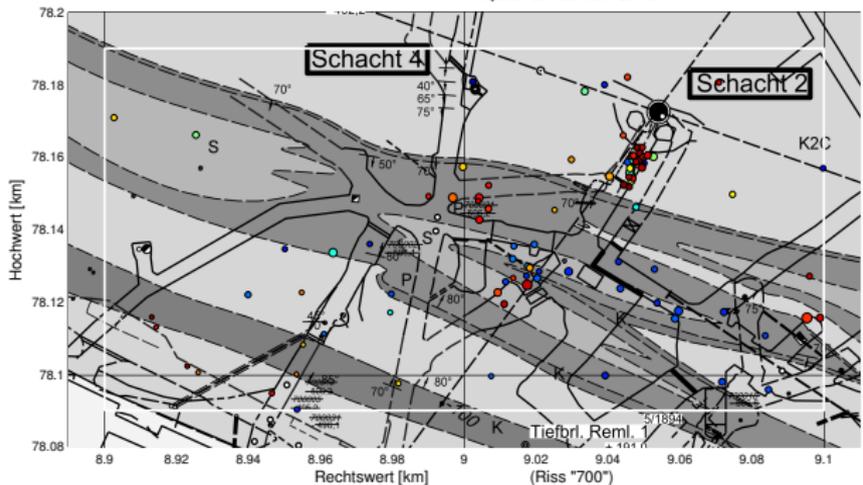
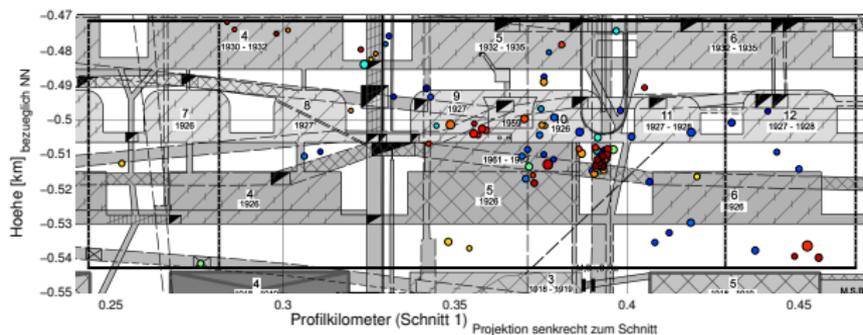
Wesentliche Gemeinsamkeiten des zentralen Bereichs der 700-m-Sohle und des Bereichs der Gabelung der nördlichen und 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle sind starke Vorschädigungen und ein hoher Durchbauungsgrad, sowie noch vorhandene Resthohlräume.



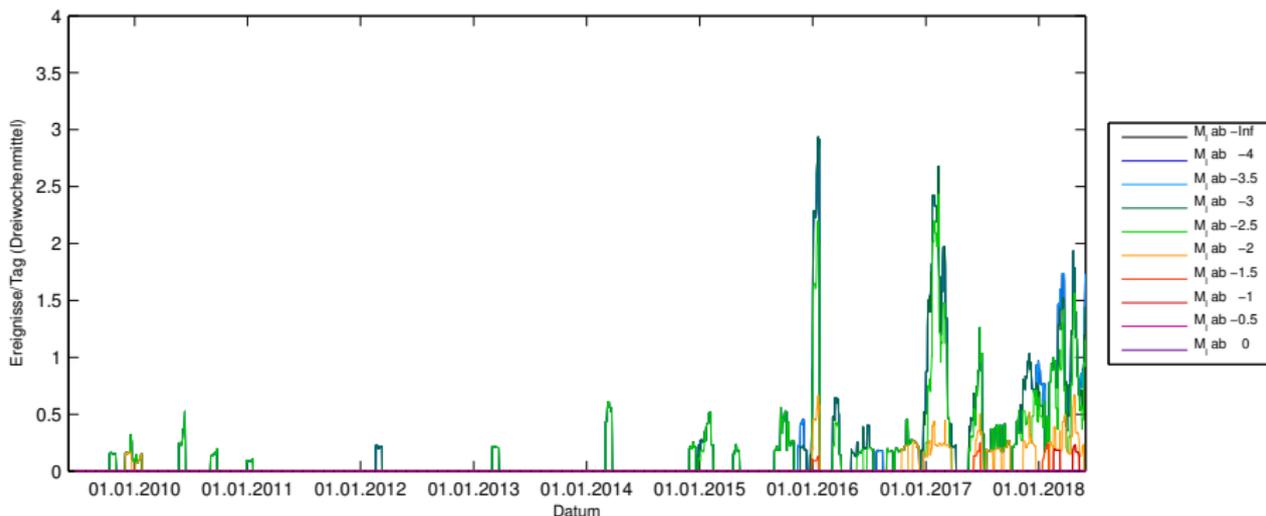
## Sattelkern: Cluster im zentralen Teil der 700-m-Sohle und bei der nördlichen und 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle (Betriebsruhe, Automatik)



## Cluster im zentralen Bereich der 700-m-Sohle (Betriebsruhe, Automatik)

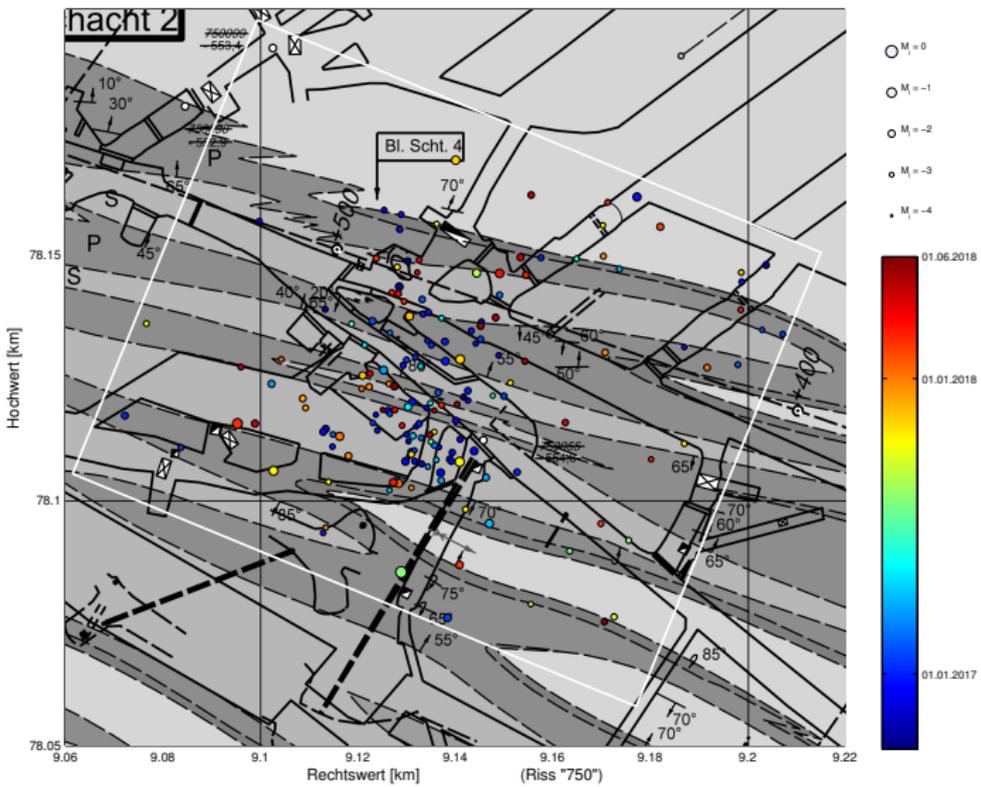


## Cluster im zentralen Bereich der 700-m-Sohle (Betriebsruhe, Automatik)



An den Jahreswechseln 2015/2016 und 2016/2017 wurden deutliche temporäre Cluster im Zusammenhang mit visuell erkennbaren Schädigungen beobachtet. Seit Ende 2017 erfolgt ein gleichmäßiger Anstieg der mikroseismischen Aktivität, welcher vermutlich im Zusammenhang mit weiter ablaufenden Schädigungen steht. Bisher ist nur ein kleiner Teil der vorgesehenen Stabilisierungsmaßnahmen umgesetzt.

## Cluster bei der nördlichen und 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle südlich des Blindschachts 4 (Betriebsruhe, Automatik)

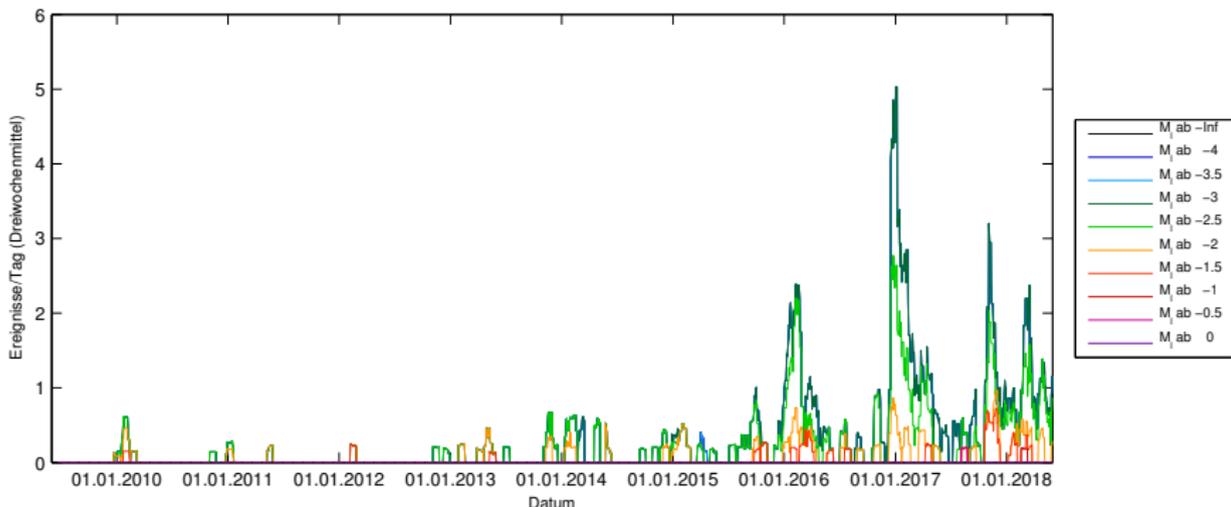


**Ab Ende 2016: Reaktion auf die Verfüllung kleiner Nischen.**

**Ab Ende 2017: Insbesondere Reaktion auf die Verfüllung des Abbaus 4a/750.**



## Cluster bei der nördlichen und 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle südlich des Blindschachts 4 (Betriebsruhe, Automatik)



Deutliche bzw. sehr deutliche temporäre Cluster wurden um die Jahreswechsel 2015/2016 (mit Schwerpunkt im Bereich der 2. nördlichen Richtstrecke) und 2016/2017 (mit Schwerpunkt bei der nördlichen Richtstrecke) südlich des Blindschachts 4 im Zusammenhang mit Stabilisierungsmaßnahmen in den stark geschädigten Bereichen beobachtet.

Ende 2016 fanden nur kleinräumige Verfüllungen statt. Die deutlichen Reaktionen hierauf wurden insbesondere auch dem daraufhin Ende 2017 verfüllten großen Hohlraum im Abbau 4a/750 zugeschrieben. Dessen Verfüllung löste teils relativ starke mikroseismische Ereignisse aus. Aktuell klingt die Aktivität ab.

# Übersicht

- 1 Mikroseismiknetz
- 2 Überblick über die Mikroseismizität
- 3 Mikroseismizität am oberen Baufeldrand
- 4 Cluster bei den Einlagerungskammern 4/750 und 6/750
- 5 Cluster im Bereich des Sattelkerns
- 6 Zusammenfassung**

## Zusammenfassung (Mikroseismizität und Stabilisierung)

Ursachen der Mikroseismizität sind

- Vorschädigungen,
- geologisch vorgeprägte Trennflächen,
- hohe Beanspruchung,
- ungünstige Geometrie,
- hoher Durchbauungsgrad und Resthohlräume,
- lange Standzeit

bzw. deren Zusammenspiel.

**Stabilisierungsmaßnahmen sind notwendig, um weitere Schädigungsprozesse zu begrenzen.**

## Zusammenfassung (Mikroseismizität im Berichtszeitraum 2017)

- Die mikroseismische Aktivität liegt insgesamt weiter auf hohem Niveau.
- Das Cluster bei der ELK 4/750 ist weiter sehr aktiv. Sein Schwerpunkt liegt in der Schwebenördlich oberhalb der ELK 4/750.
- Das Cluster im Bereich der ELK 6/750 ist weiter aktiv. Seine Aktivität hat zugenommen.
- Die Mikroseismizität am oberen Baufeldrand ist zurückgegangen.
- Die Mikroseismizität im Bereich des Sattelkerns im zentralen Teil der 700- bis 750-m-Sohle hat zugenommen.
- Es wurde weiterhin erhöhte mikroseismische Aktivität südöstlich bis östlich unterhalb der Grube beobachtet.

# Teil V

## Lokale Monitoringprogramme

# Übersicht Teil V

- 1 Oberer Baufeldrand
- 2 Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle
- 3 Westflügel der 553- und 574-m-Sohle (Abbaureihe 3)
- 4 Wendelstrecke im Bereich der 637- bis zur 775-m-Sohle
- 5 Monitoring 700-m-Sohle
- 6 750-m-Sohle: Füllorte Schacht 2 und Schacht 4
- 7 750-m-Sohle: nördliche Richtstrecken nach Osten







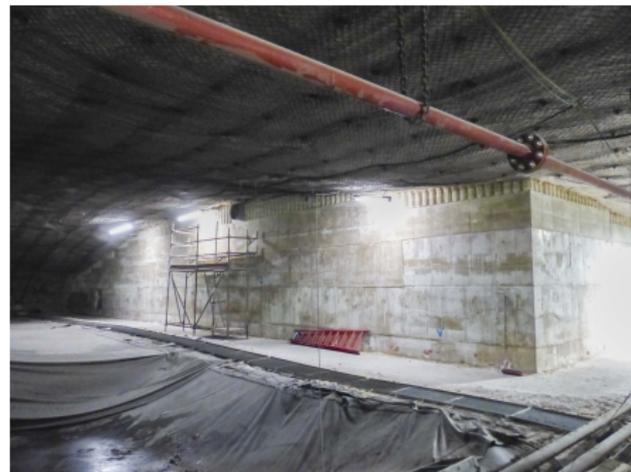






# Oberer Baufeldrand

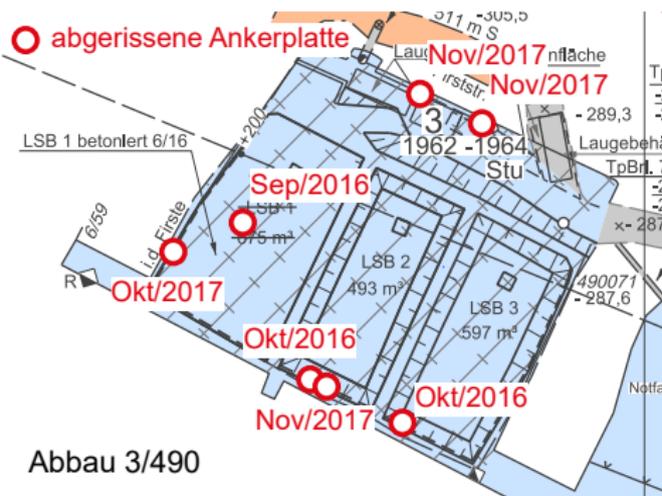
## Abbau 3/490 - Rissbildungen im Firstbereich



Abbau 3/490 Schalungswand LSB 1

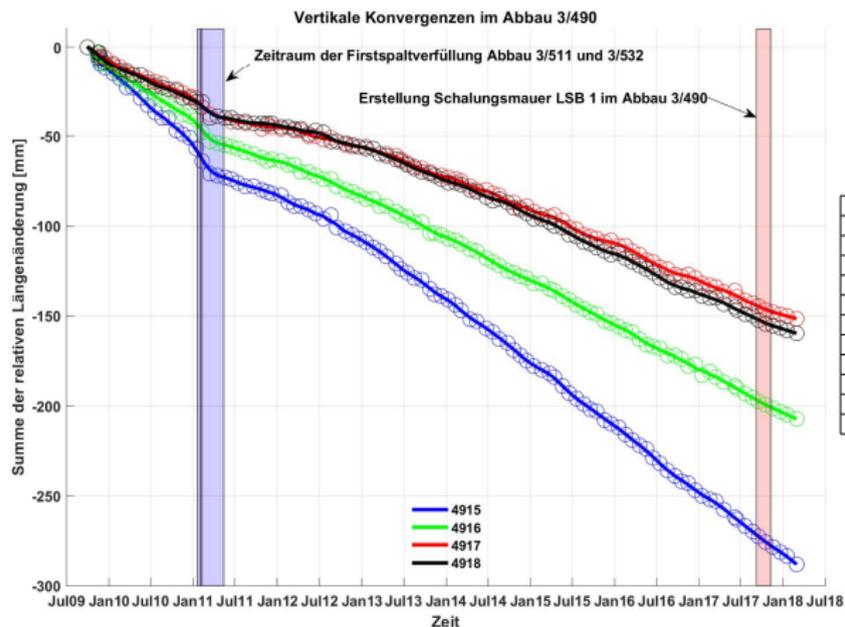
# Oberer Baufeldrand

## Abbau 3/490 - Abgerissene Ankerplatten Abbau 3/490



# Oberer Baufeldrand

## Abbau 3/490 - Vertikale Konvergenzmessungen

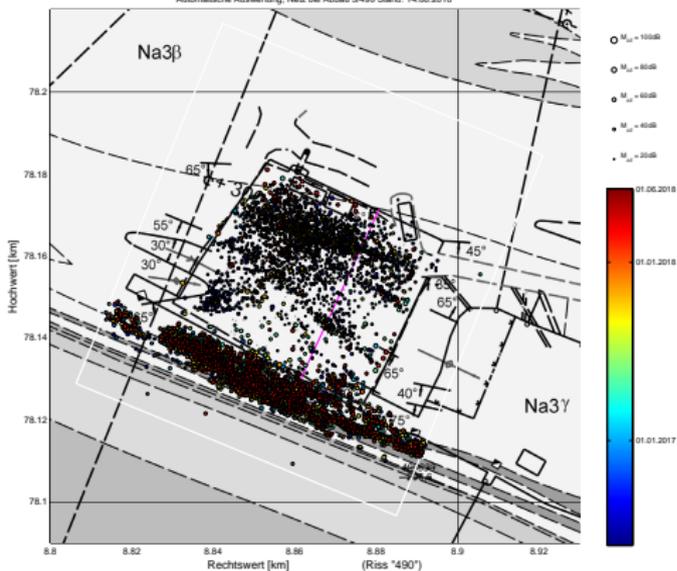


|   |      | Messstellenbezeichnung |      |      |      |
|---|------|------------------------|------|------|------|
| Jahr  | Tage | 4915                   | 4916 | 4917 | 4918 |
| Jahresmittelwerte der Konvergenzraten in mm/a |      |                        |      |      |      |
| 2009  | 94   | 54                     | 48   | 30   | 37   |
| 2010  | 365  | 42                     | 30   | 22   | 21   |
| 2011  | 365  | 28                     | 23   | 16   | 14   |
| 2012  | 366  | 25                     | 19   | 11   | 12   |
| 2013  | 365  | 33                     | 23   | 17   | 19   |
| 2014  | 365  | 36                     | 24   | 18   | 19   |
| 2015  | 365  | 35                     | 25   | 19   | 21   |
| 2016  | 366  | 37                     | 25   | 21   | 22   |
| 2017  | 365  | 34                     | 24   | 19   | 20   |

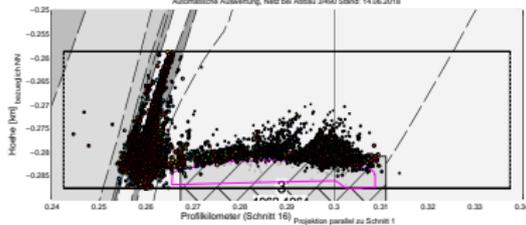
# Oberer Baufeldrand

## Abbau 3/490 - Mikroakustische Überwachung (01.06.2016–31.05.2018)

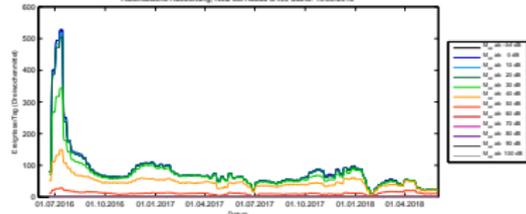
Mikroakustische Ereignisse vom 01.06.2016 bis 31.05.2018, Umgebung der Firste Abbau 3/490: 14660 Ereignisse (nur Betriebsruhephasen)  
Automatische Auswertung, Netz bei Abbau 3/490 Stand: 14.06.2018



Mikroakustische Ereignisse vom 01.06.2016 bis 31.05.2018, Umgebung der Firste Abbau 3/490: 14660 Ereignisse (nur Betriebsruhephasen)  
Automatische Auswertung, Netz bei Abbau 3/490 Stand: 14.06.2018

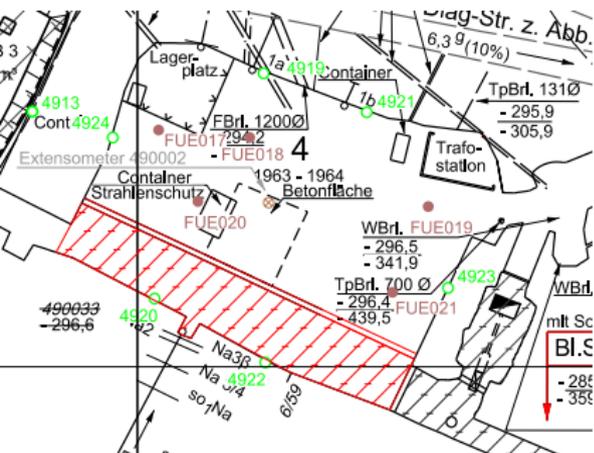


Mikroakustische Ereignisse vom 01.06.2016 bis 31.05.2018, Umgebung der Firste Abbau 3/490: 14660 Ereignisse (nur Betriebsruhephasen)  
Automatische Auswertung, Netz bei Abbau 3/490 Stand: 19.06.2018



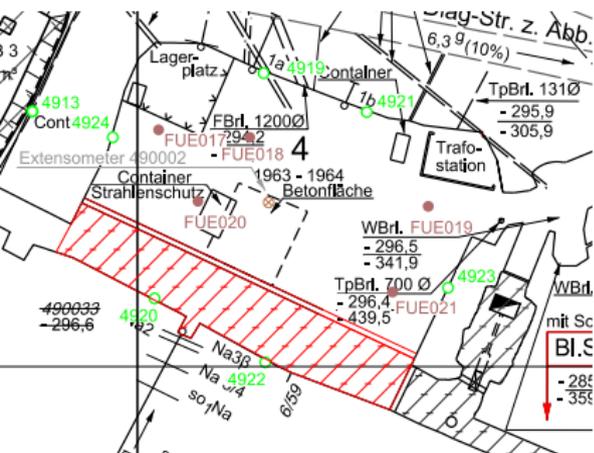
# Oberer Baufeldrand

## Abbau 4/490 - Monitoring



# Oberer Baufeldrand

## Abbau 4/490 - Monitoring

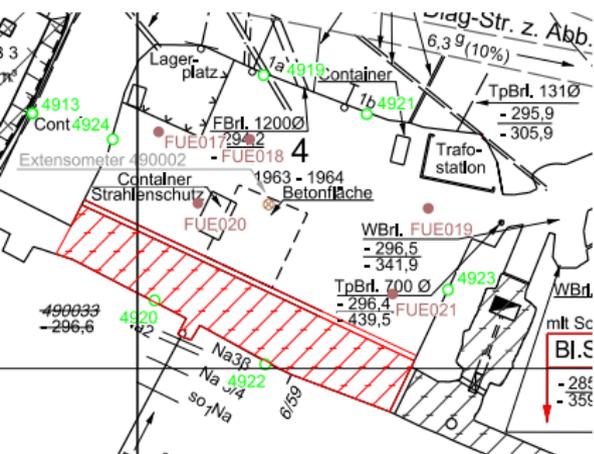


- Konvergenzmessungen (horizontal)
- Firstkontrollbohrungen
- Firstextensometer
- Firstüberwachungspunkte
- Georadarmessungen

|      |      | Messstelle:           |           |           |
|------|------|-----------------------|-----------|-----------|
|      |      | 4919-4920             | 4921-4922 | 4923-4924 |
| Jahr | Tage | Konvergenzrate [mm/a] |           |           |
| 2014 | 224  | 20,1                  | 16,1      | 2,9       |
| 2015 | 365  | 18,3                  | 16,0      | 3,9       |
| 2016 | 366  | 18,2                  | 22,1      | 4,3       |
| 2017 | 365  | 15,8 <sup>(1)</sup>   | 17,3      | 6,1       |

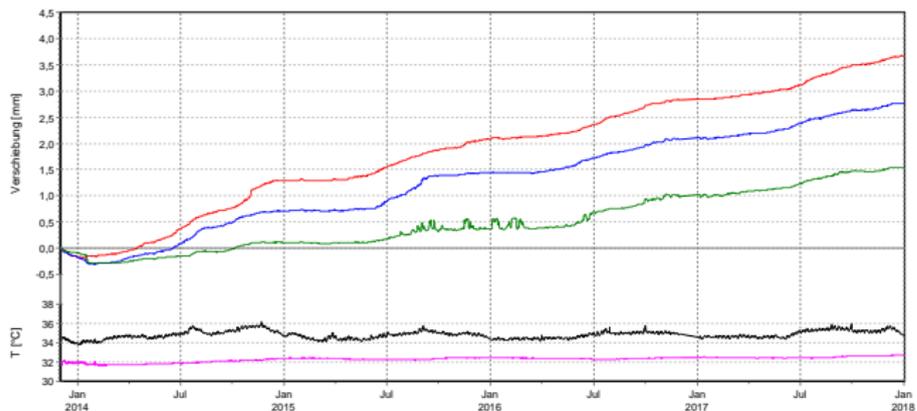
# Oberer Baufeldrand

## Abbau 4/490 - Monitoring



# Oberer Baufeldrand

## Abbau 4/490 - Firstextensometer FiEx490002

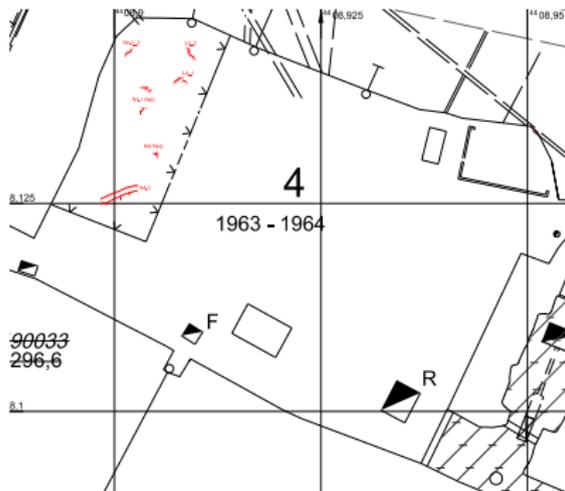


|      |      | FiEx-490002                    |                 |                 |
|------|------|--------------------------------|-----------------|-----------------|
|      |      | $\Delta_{0-3m}$                | $\Delta_{3-6m}$ | $\Delta_{6-9m}$ |
| Jahr | Tage | Verformungsrate $\frac{mm}{a}$ |                 |                 |
| 2013 | 29   | -0,378                         | -0,420          | 0,090           |
| 2014 | 365  | 0,067                          | 0,233           | 0,200           |
| 2015 | 365  | 0,090                          | 0,157           | 0,021           |
| 2016 | 366  | 0,216                          | 0,003           | 0,036           |
| 2017 | 365  | 0,177                          | 0,043           | 0,057           |

| Kurve | Messstelle   | Messart      | Messrichtung | Lokation           | Einbauteufe | Höhe        | Zeitraum                              |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------------|-------------|-------------|---------------------------------------|
| —     | MFA 490-2_01 | Extensometer | axial        | Firste Abbau 4/490 | 09,00 m     | -280,81 mNN | 03.12.13 10:01:12 - 01.01.18 23:59:59 |
| —     | MFA 490-2_02 | Extensometer | axial        | Firste Abbau 4/490 | 06,00 m     | -283,81 mNN | 03.12.13 10:05:25 - 01.01.18 23:59:59 |
| —     | MFA 490-2_03 | Extensometer | axial        | Firste Abbau 4/490 | 03,00 m     | -286,81 mNN | 03.12.13 10:05:38 - 01.01.18 23:59:59 |
| —     | MFA 490-2_04 | Temperatur   | -            | Firste Abbau 4/490 | 09,00 m     | -280,81 mNN | 03.12.13 10:05:59 - 01.01.18 23:59:59 |
| —     | MFA 490-2_05 | Temperatur   | -            | Firste Abbau 4/490 | Kopfpunkt   | -289,81 mNN | 03.12.13 10:06:01 - 01.01.18 23:59:59 |

# Oberer Baufeldrand

## Abbau 4/490 - Rissbildungen



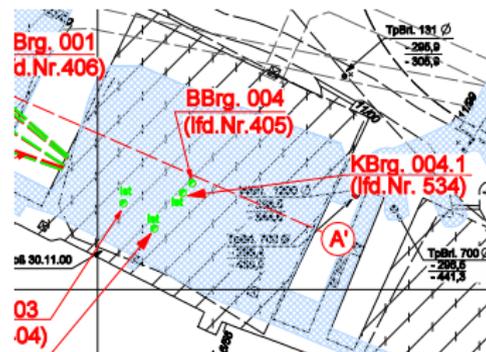
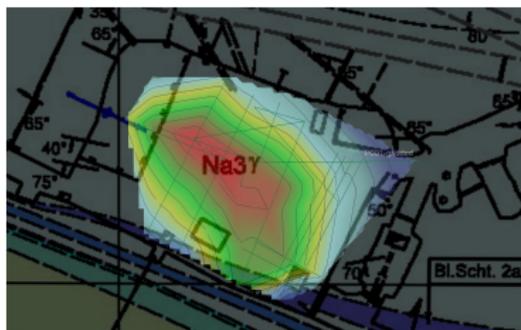
Rissbildungen im ehemaligen Notfalllager



Rissbildungen im südlichen Bereich

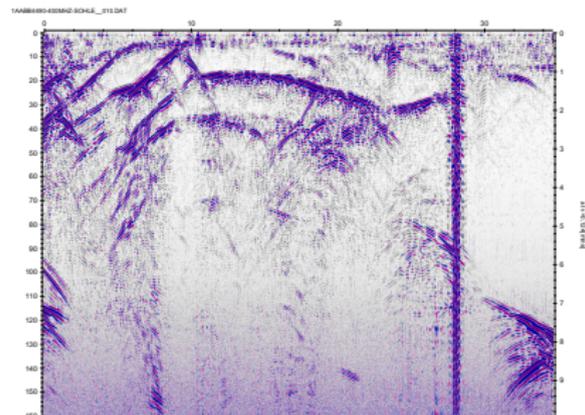
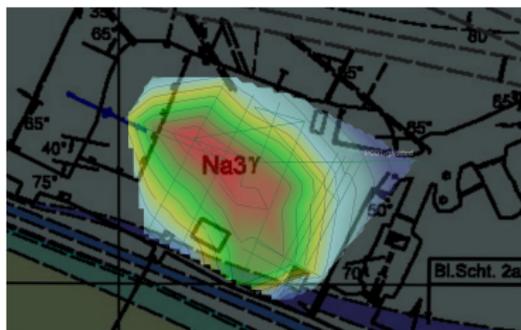
# Oberer Baufeldrand

## Abbau 4/490 - Sohlenaufwölbung



# Oberer Baufeldrand

## Abbau 4/490 - Sohlenaufwölbung



- Georadaruntersuchung auf der Sohle des Abbaus 4/490 (April 2016)
- Hinweise auf Sohlenauflockerungen, Risse und Klüfte in der Schweb
- Erstellung von weiteren Sohlenkontrollbohrungen

# Oberer Baufeldrand

## Abbau 4/490 - Nachverfüllung

### Skizze



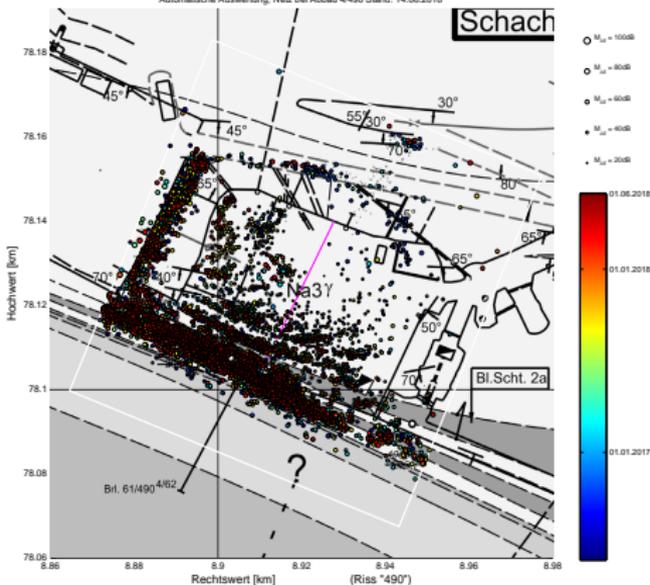
Nachverfüllung im Oktober 2016

- Gelb: ca. 3 m<sup>3</sup> (EBrg. 4.490.6)
- Grün: ca. 120 m<sup>3</sup> (EBrg. 4.490.1)
- Blau: ca. 65 m<sup>3</sup> (KBrg. 004.1)

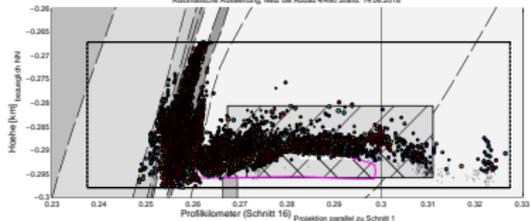
# Oberer Baufeldrand

## Abbau 4/490 - Mikroakustische Überwachung (01.06.2016–31.05.2018)

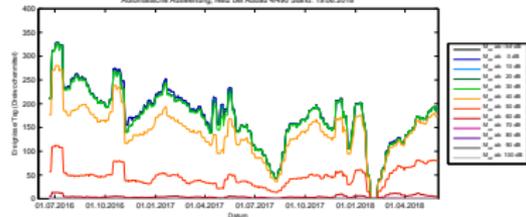
Mikroakustische Ereignisse vom 01.06.2016 bis 31.05.2018, Umgebung der Firse Abbau 4490: 31268 Ereignisse (nur Betriebsphasen)  
Automatische Auswertung, Netz bei Abbau 4490 Stand: 14.06.2018



Mikroakustische Ereignisse vom 01.06.2016 bis 31.05.2018, Umgebung der Firse Abbau 4490: 31268 Ereignisse (nur Betriebsphasen)  
Automatische Auswertung, Netz bei Abbau 4490 Stand: 14.06.2018

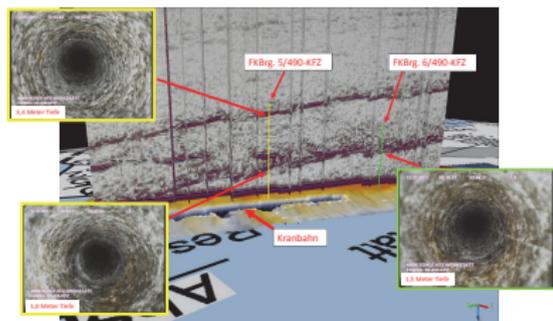
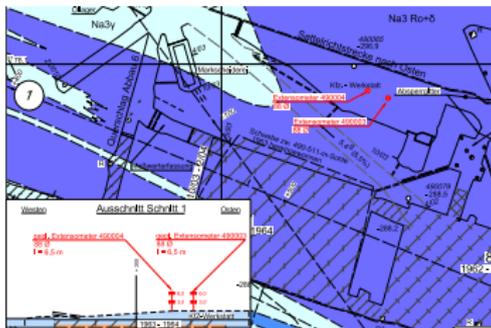
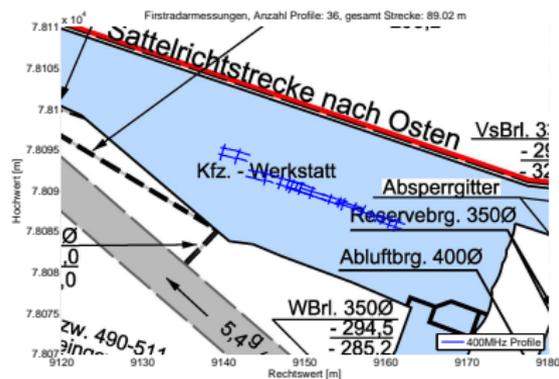


Mikroakustische Ereignisse vom 01.06.2016 bis 31.05.2018, Umgebung der Firse Abbau 4490: 31268 Ereignisse (nur Betriebsphasen)  
Automatische Auswertung, Netz bei Abbau 4490 Stand: 19.06.2018



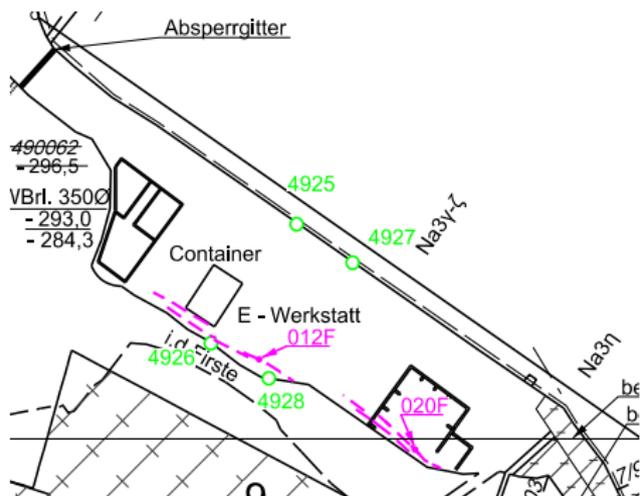
# Oberer Baufeldrand

Kfz-Werkstatt/490 - GPR Jan 2017 und gepl. Firstextensometer



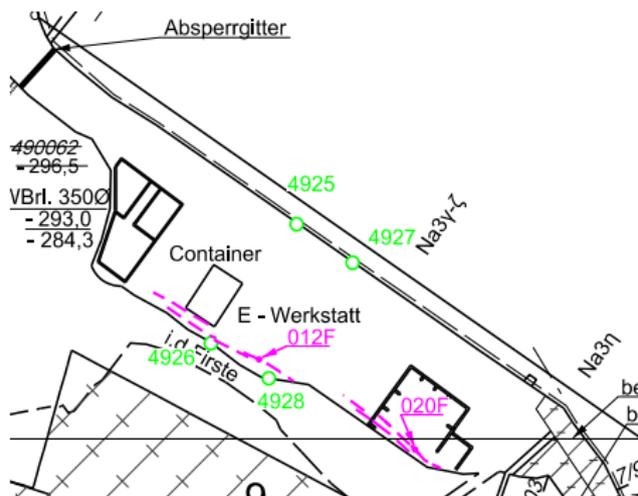
# Oberer Baufeldrand

## E-Werkstatt/490 - Monitoring



# Oberer Baufeldrand

## E-Werkstatt/490 - Monitoring



- Firstkontrollbohrungen
- Konvergenzmessungen
- Fissurometermessungen

|      |      | Messstelle:           |           |
|------|------|-----------------------|-----------|
|      |      | 4925-4926             | 4927-4928 |
| Jahr | Tage | Konvergenzrate [mm/a] |           |
| 2014 | 224  | 1,4                   | -2,3      |
| 2015 | 365  | 0,8                   | -0,1      |
| 2016 | 366  | -0,5                  | -0,5      |
| 2017 | 365  | 1,0                   | 1,5       |

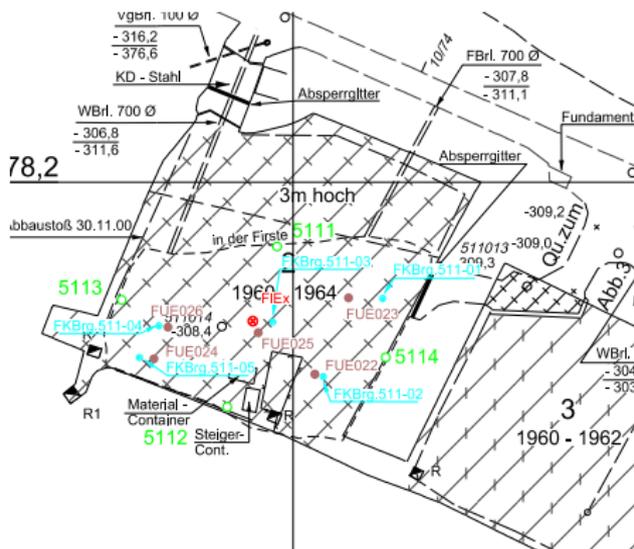
# Oberer Baufeldrand

## E-Werkstatt/490 - Rissüberwachung



# Oberer Baufeldrand

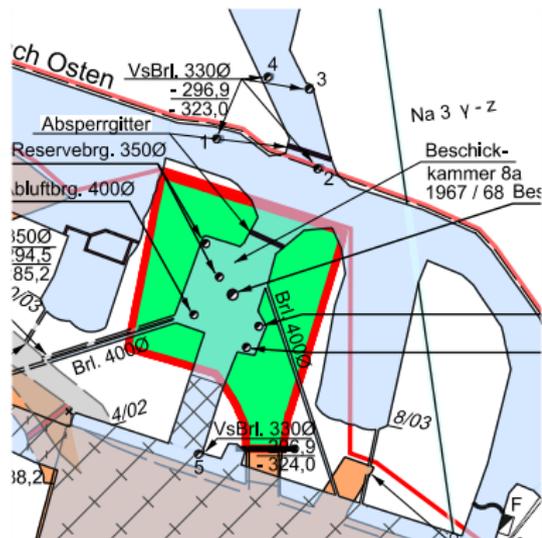
## Abbau 2/511





# Oberer Baufeldrand

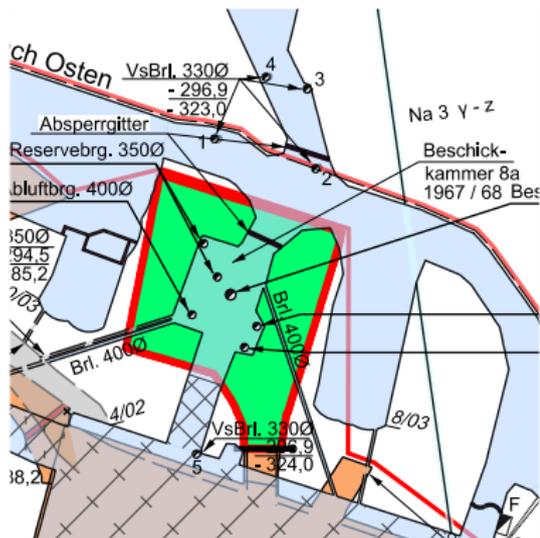
## Beschickungskammer/490, MAW-Kammer/511



- Radiologisches Ereignis im September 2015
- Der Bereich Beschickungskammer/490 und MAW-Kammer/511 wurden ins Monitoringprogramm am oberen Baufeldrand aufgenommen
- Georadarmessungen zur Untersuchung der Schwebelast zwischen der Beschickungskammer/490 und MAW-Kammer/511

# Oberer Baufeldrand

## Beschickungskammer/490, MAW-Kammer/511



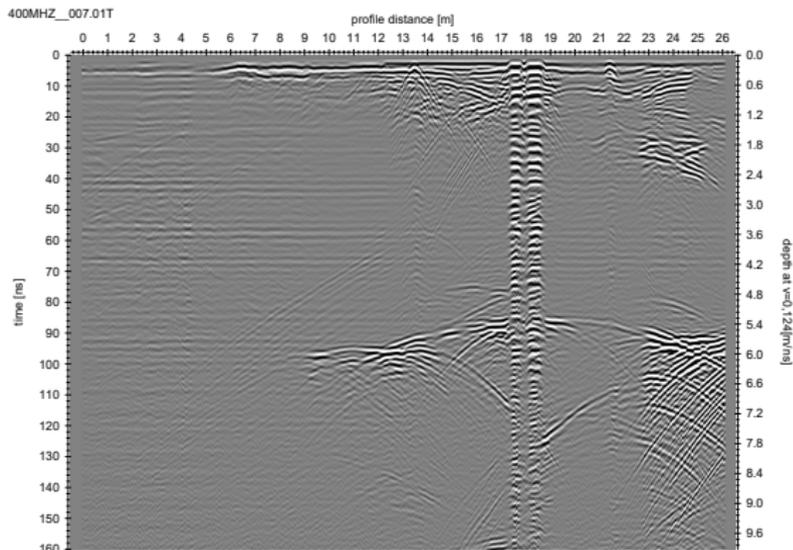
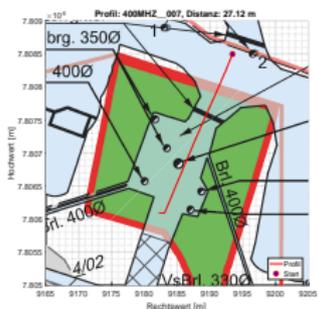
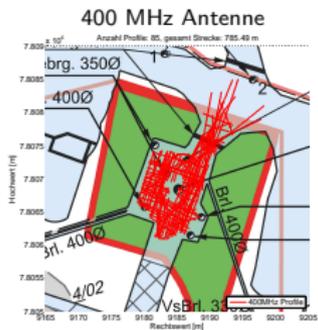
Beschickungskammer 490-m-Sohle



MAW-Kammer 511-m-Sohle, Jahr: 1984

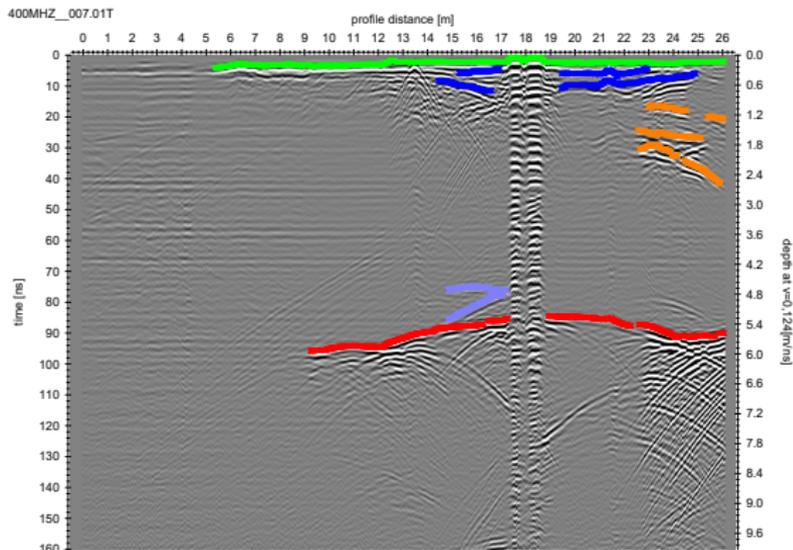
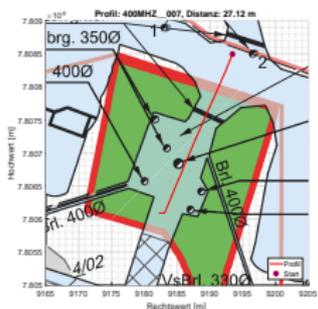
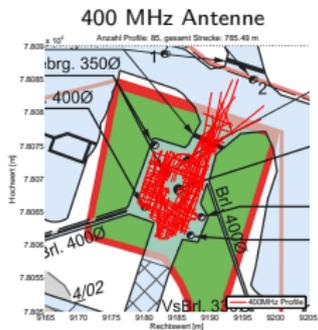
# Oberer Baufeldrand

Beschickungskammer/MAW-Kammer - Georadarmessungen August und November 2016



# Oberer Baufeldrand

Beschickungskammer/MAW-Kammer - Georadarmessungen August und November 2016



# Oberer Baufeldrand

## Zusammenfassung & Fazit

### Abbau 3/490

- Rückbau des LSB 1: Versatzeinbringung und abschließende Betonschicht (268 m<sup>3</sup>) erfolgte im Juni 2016
- Schalungswand um LSB 1 erstellt → bei Verschlechterung der Situation firstbündige Betonage des LSB 1
- Firstkontrollbohrungen im nördlichen Abbauteil ohne Befund (Ausnahme: FkBrG.15/490-3)
- Konturnahe Rissbildungen (oberhalb LSB 2 & 3) deuten auf eine weitere Verschlechterung der Gesamtsituation hin.
- Mikroakustische Aktivität insbesondere im nördlichen Bereich (Streifenmuster), temporär erhöhte mikroakustische Aktivität durch Betonage des LSB 1
- Eine vorgezogene Verfüllung des Abbaus 3/490 ist in Vorbereitung

### Abbau 4/490

- Keine Hinweise auf Rissbildungen in der Firste (Firstkontrollbohrungen)
- Mikroakustische Aktivität entlang auf streifenförmigen Strukturen insbesondere im südlichen Firstbereich
- Stabilisierungsmaßnahmen im südlichen Bereich des Abbaus 4/490 befinden sich in Umsetzung

### Abbau 8, Abbau 9, Kfz-Werkstatt & E-Werkstatt (490-m-Sohle)

- Keine Hinweise auf Rissbildungen in Firstkontrollbohrungen
- Einbau von zwei Firstextensometern in der Kfz-Werkstatt (voraussichtlich 2018)
- Risslängenwachstum in der E-Werkstatt setzt sich weiter fort

### Abbau 2/511

- Keine Hinweise auf Rissbildungen in Firstkontrollbohrungen
- gleichförmige Senkung der Firste

### Beschickungskammer/MAW-Kammer

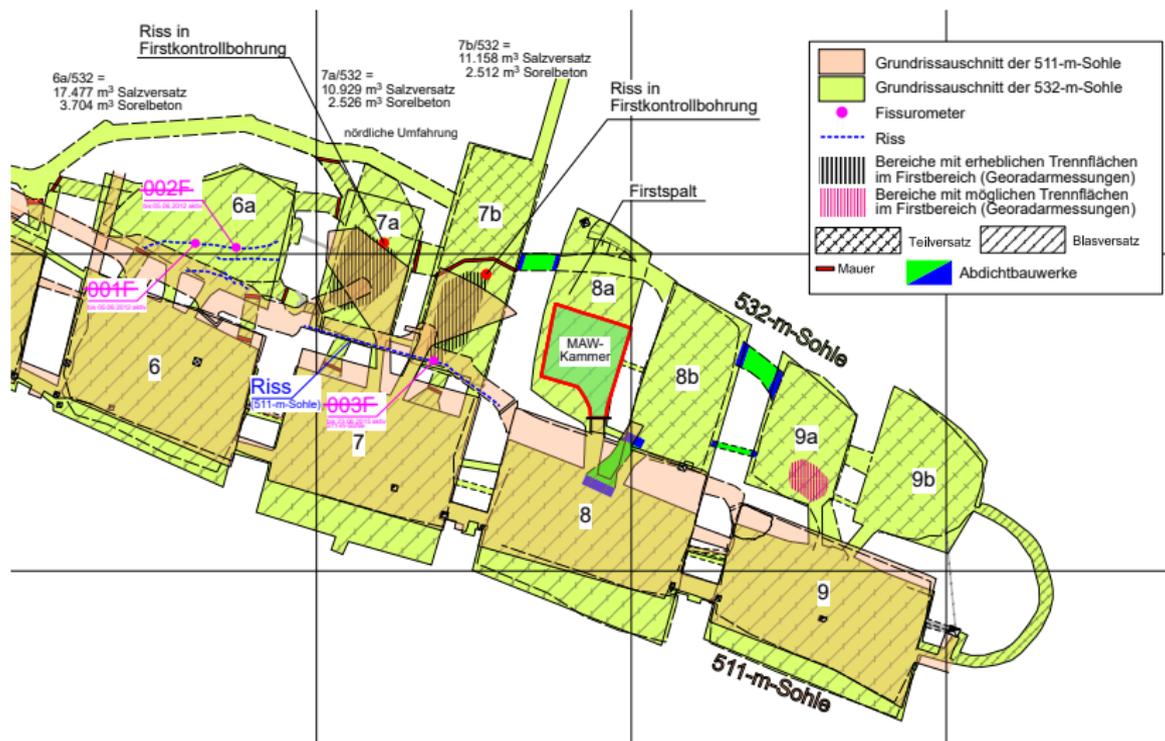
- Georadmessungen zeigten wenig Reflektoren im Kernbereich der Schweben → noch intakt
- Zur Bewertung der Gesamtsituation ist die Inspektion der Schweben zwischen Beschickungs-/MAW-Kammer durch vorhandene Bohrungen notwendig

# Übersicht

- 1 Oberer Baufeldrand
- 2 Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle**
- 3 Westflügel der 553- und 574-m-Sohle (Abbaureihe 3)
- 4 Wendelstrecke im Bereich der 637- bis zur 775-m-Sohle
- 5 Monitoring 700-m-Sohle
- 6 750-m-Sohle: Füllorte Schacht 2 und Schacht 4
- 7 750-m-Sohle: nördliche Richtstrecken nach Osten

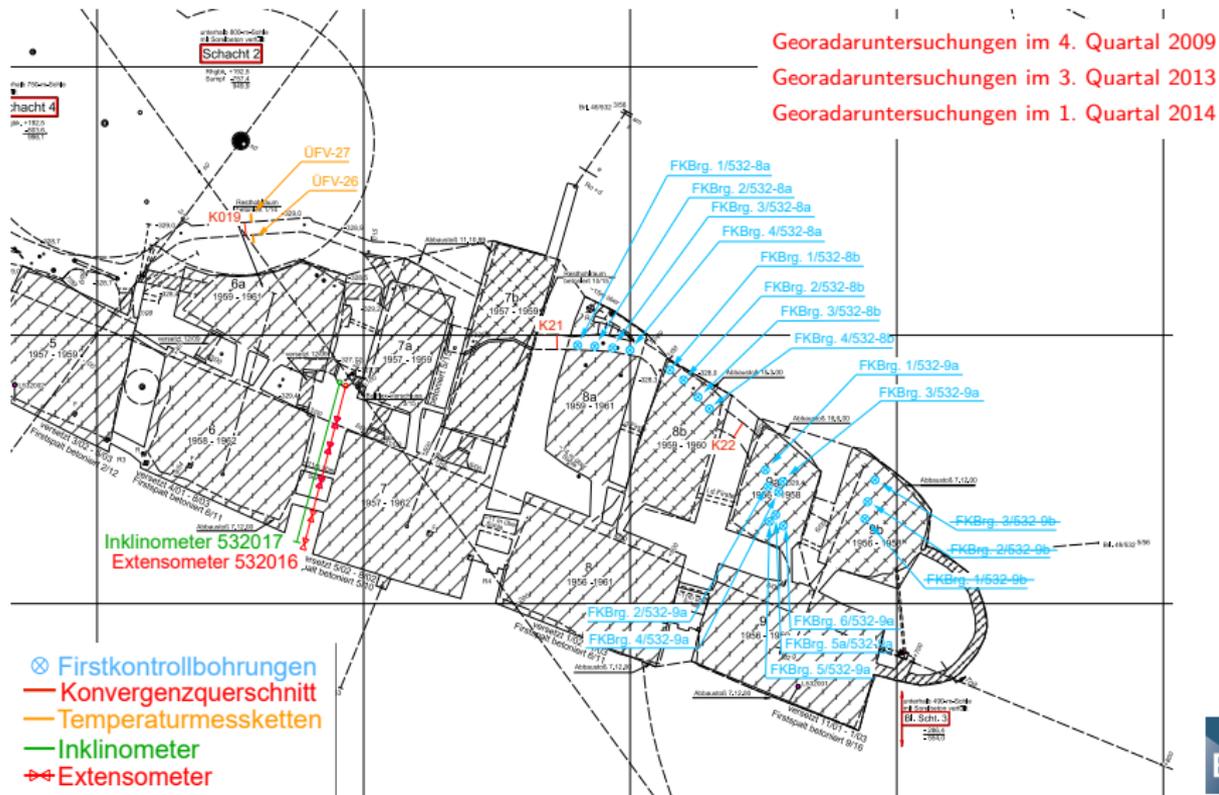
# Nebenabbaue 532-m-Sohle

## Grundriss



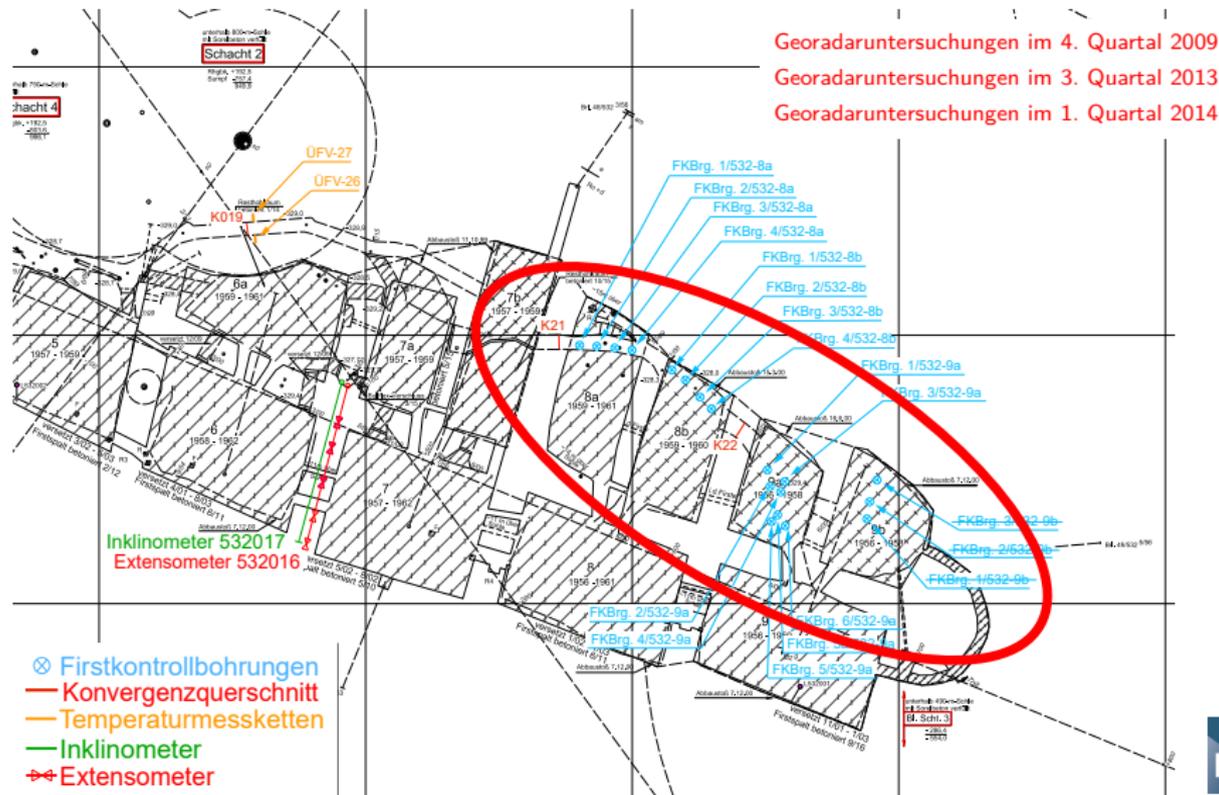
# Nebenabbaue 532-m-Sohle

## Übersicht des Monitoringprogramms, Stand 01.03.2018



# Nebenabbaue 532-m-Sohle

## Nebenabbaue 8a/532 bis 9b/532



# Nebenabbaue 532-m-Sohle

## Nebenabbau 8a/532



- Gebirgsmechanische Situation der Schweben zwischen den Abbauen 8a/511 und 8a/532 vgl. mit Situation im Bereich der Abbaue 7a/532 und 7b/532.
- Verfüllung unterhalb der MAW-Kammer mit Salzversatz Anfang der 1980er Jahre.
- Firstspalt wurde Anfang der 2000er Jahre teilweise mit Beton verfüllt.
- Firstspalt verläuft durchgängig. Höhe nimmt von ca. 0,4 m an der Böschungskante auf ca. 1,0 m in südl. Richtung zu.

# Nebenabbaue 532-m-Sohle

## Nebenabbaue 9a/532 – beginnende Verfüllung



- Blick vom nordwestlichen Zugang in den Nebenabbau 9a/532 bei der Umlagerung des Salzhautwerks, Stand 25.01.2018



- Bereich um den nordwestlichen Zugang des Nebenabbaus 9a/532 mit erstem Betonfundament zur Erstellung der Abdichtbauwerke, Stand: 21.02.2018

# Nebenabbaue 532-m-Sohle

## Bewertung

Um weiteren Schädigungsprozessen (u. a. durch die erhöhten Pfeilerstauchungsraten) in diesem nahe der MAW-Kammer liegenden Bereich entgegenzuwirken:

- Vorbereitungen zur Verfüllung der Nebenabbaue 9a/532 und 9b/532 haben begonnen.
- ⇒ Verfüllung der Resthohlräume der Nebenabbaue 8a/532 und 8b/532 für 2019 vorgesehen.

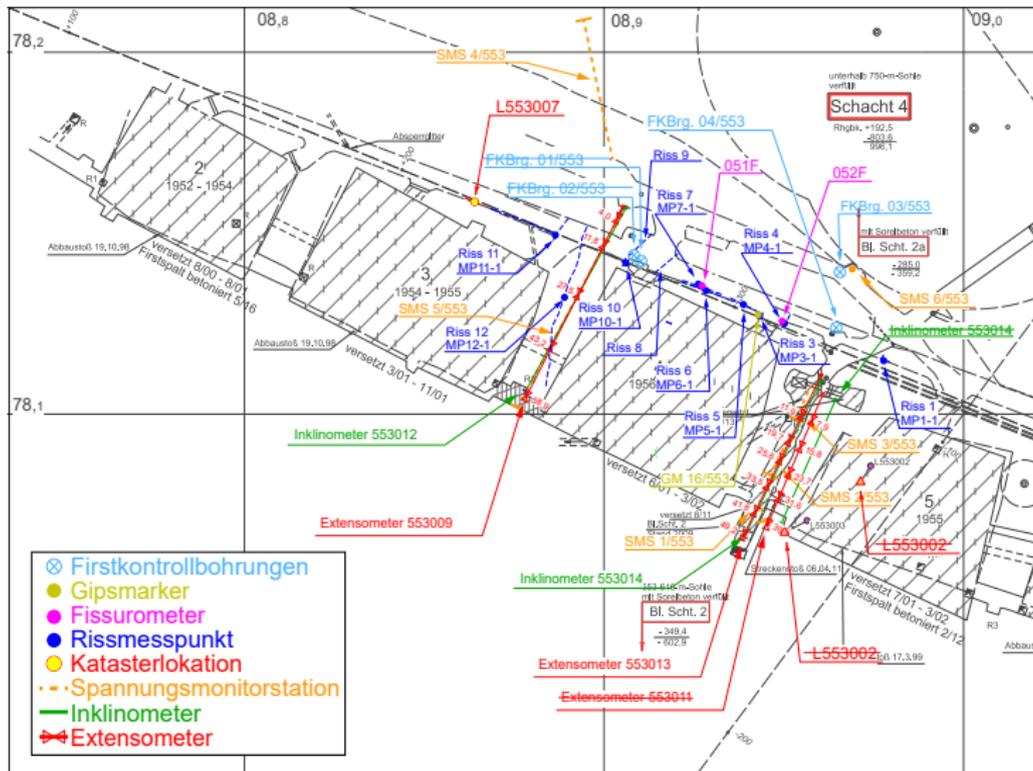
# Übersicht

- 1 Oberer Baufeldrand
- 2 Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle
- 3 Westflügel der 553- und 574-m-Sohle (Abbaureihe 3)**
- 4 Wendelstrecke im Bereich der 637- bis zur 775-m-Sohle
- 5 Monitoring 700-m-Sohle
- 6 750-m-Sohle: Füllorte Schacht 2 und Schacht 4
- 7 750-m-Sohle: nördliche Richtstrecken nach Osten



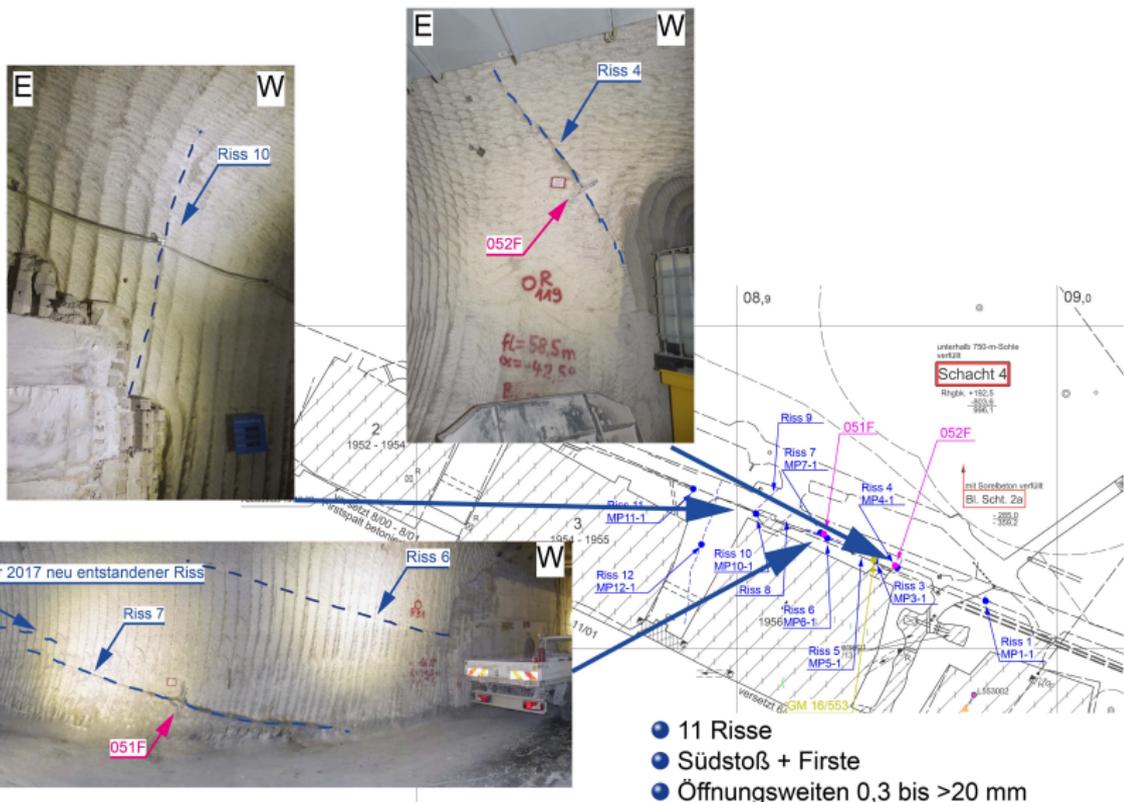
# Westflügel der 553-m-Sohle

## Monitoringprogramm



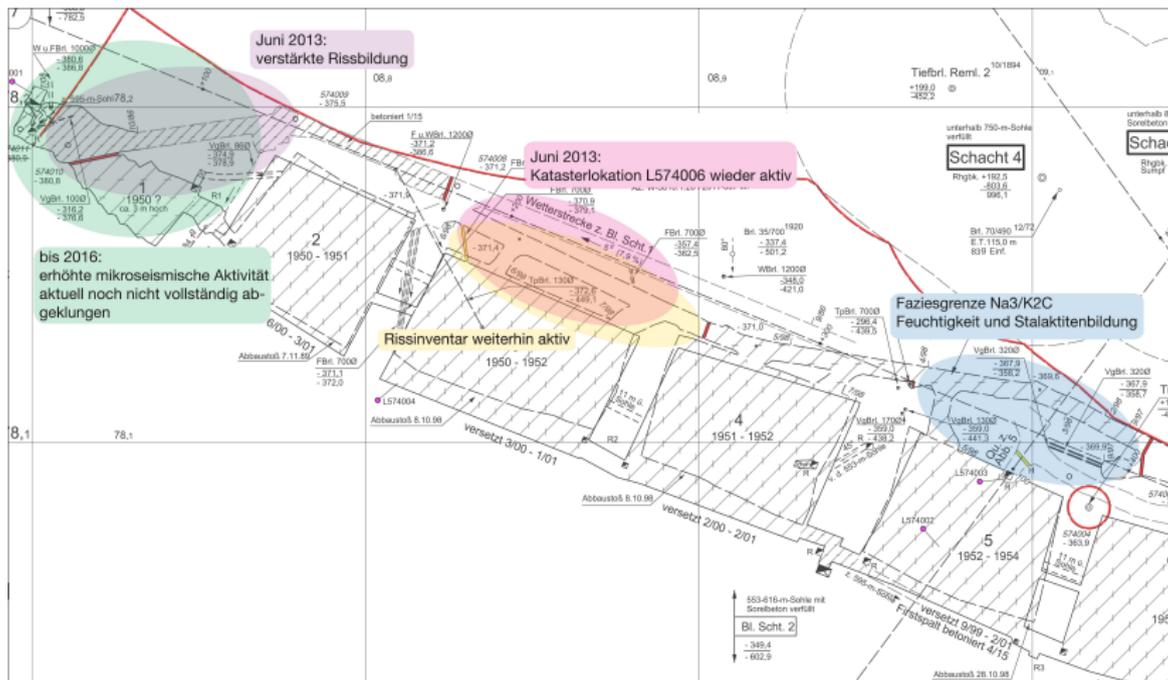
# Westflügel der 553-m-Sohle

## Rissbeobachtung – Südstoß Abbaubegleitstrecke vor Abbau 3/553



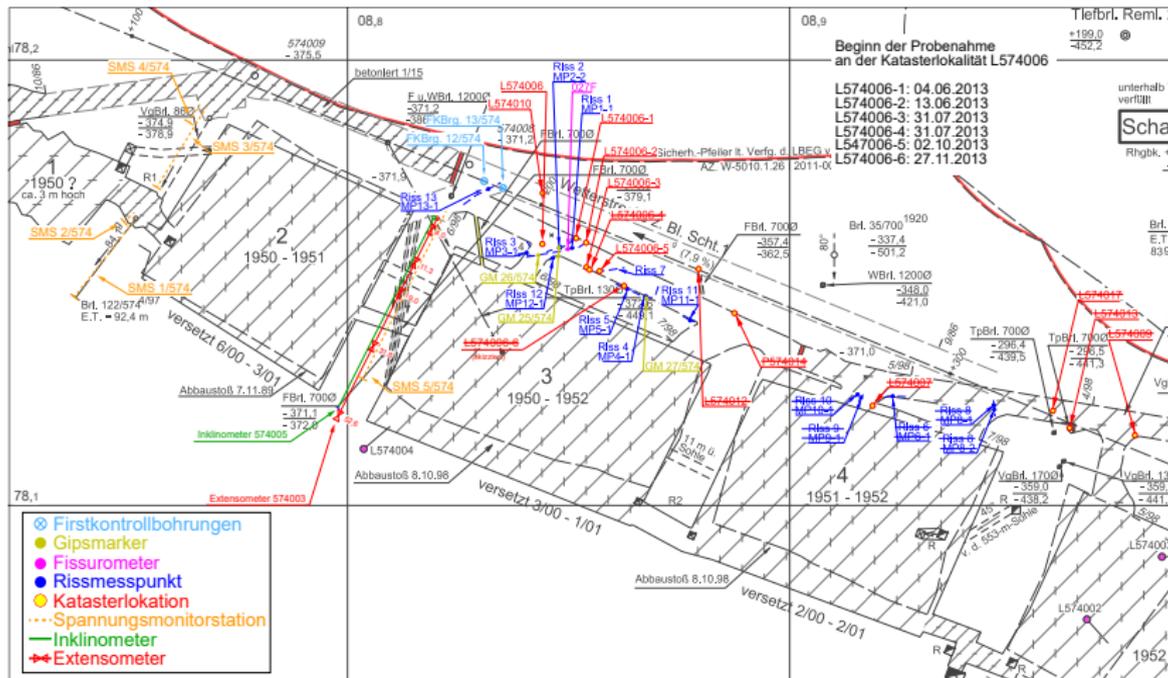
# Westflügel der 574-m-Sohle

## Schädigung



# Westflügel der 574-m-Sohle

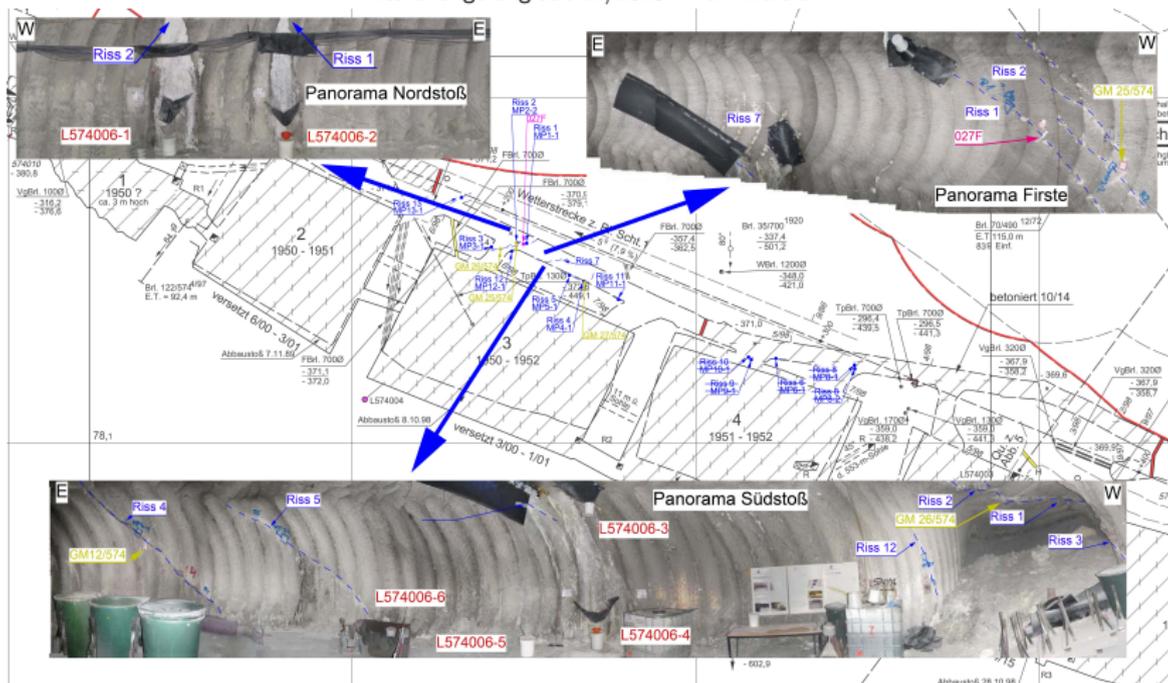
## Monitoringprogramm



# Westflügel der 574-m-Sohle

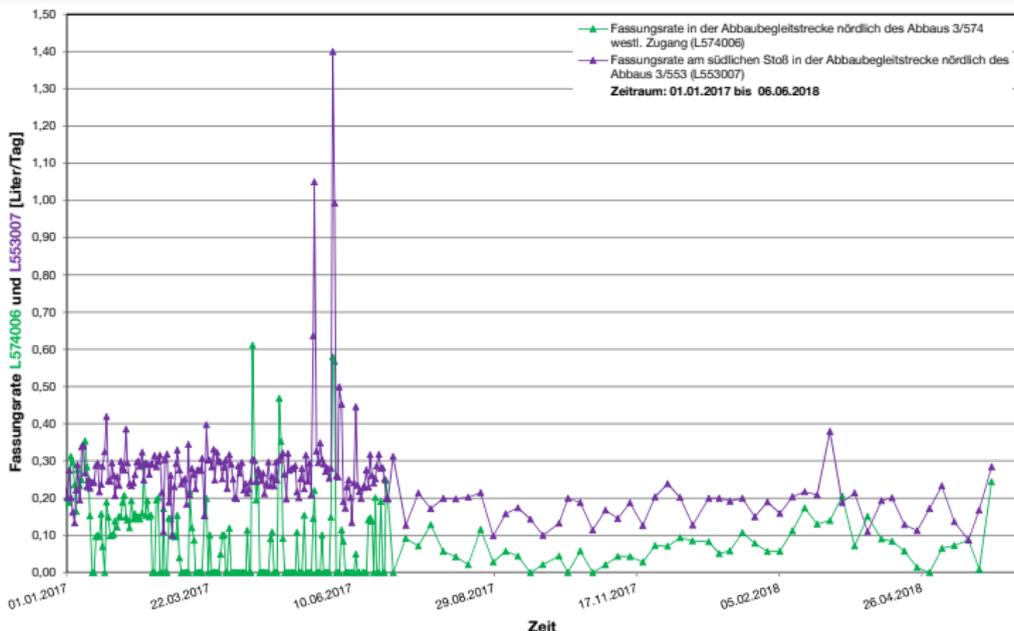
## Rissbeobachtungen – Abbaubegleitstrecke Bereich Abbau 3/574

9 Risse, Öffnungsweiten von 1 bis ca. 15 mm, Streichrichtungen tendenziell SW-NO, Längen bis ca. 15 m  
Rissverlängerung seit 11/2013 im dm-Bereich



# Westflügel der 553- und 574-m-Sohle

Auffangrate an den Katasterlokationen L553007 und L574006 (Stand: 06.06.2018)



- ⇒ Auffangrate im Jahr 2017 auf einem sehr niedrigen Niveau ( $<0,5$  L/d).
- ⇒ Katasterlokationen werden weitgehend als trocken gefallen bewertet.
- ⇒ Seit Mitte 2017 nicht mehr meldepflichtig.

# Westflügel der 553- und 574-m-Sohle

## Fazit und Bewertung

- Der Bereich um die Abbaureihe 3 auf der 553-m-Sohle befindet sich in einem stark geschädigten Bereich (Verformungsmaximum im Westflügel).
- Rissverlängerungen im dm-Bereich und Ausbildung von neuen Risse erkennbar. Orientierung der Risse nicht an geologische Trennflächen gebunden.

# Westflügel der 553- und 574-m-Sohle *(Forts.)*

## Fazit und Bewertung

- Das Tragsystem befindet sich in diesem Bereich im Nachbruchbereich. Bei einer Reaktivierung der Katasterstellen entlang der Rissysteme ist ein verstärktes Feuchtekrichen, Versatzsackungen und damit eine weitere Entfestigung der Tragelemente zu besorgen.
- ⇒ Sukzessiver Rückzug aus dem Bereich Abbau 3/574 in Verbindung mit Verfüllung der Abbaubegleitstrecke und in einem weiteren Schritt auch der Schrägstrecke von der 553-m-Sohle zum Blindschacht 1 auf der 574-m-Sohle ist in Planung.
- ⇒ Zur Stabilisierung des Tragsystems ist zusätzlich eine zeitnahe Firstspaltverfüllung in den Abbauen 3/553 sowie 2/574 bis 4/574 vorzunehmen.

# Übersicht

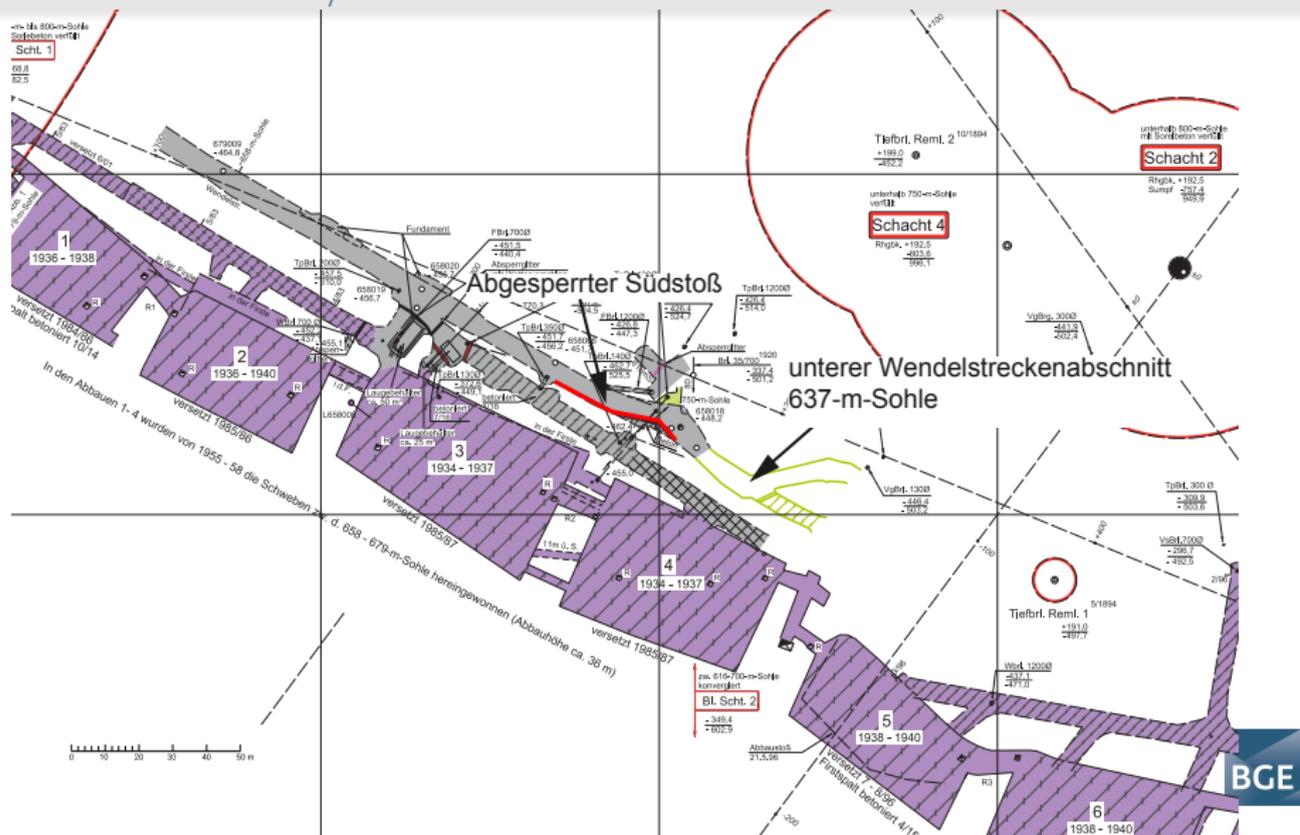
- 1 Oberer Baufeldrand
- 2 Nebenabbau auf der 532-m-Sohle
- 3 Westflügel der 553- und 574-m-Sohle (Abbaureihe 3)
- 4 **Wendelstrecke im Bereich der 637- bis zur 775-m-Sohle**
  - Wendelstrecke im Bereich der 637- bis 658-m-Sohle
  - Wendelstrecke im Bereich der 700- bis 725-m-Sohle
  - Wendelstrecke im Bereich der 725- bis 750-m-Sohle
  - Wendelstrecke im Bereich der 750- bis 775-m-Sohle
- 5 Monitoring 700-m-Sohle
- 6 750-m-Sohle: Füllorte Schacht 2 und Schacht 4

# Übersicht

- 1 Oberer Baufeldrand
- 2 Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle
- 3 Westflügel der 553- und 574-m-Sohle (Abbaureihe 3)
- 4 **Wendelstrecke im Bereich der 637- bis zur 775-m-Sohle**
  - **Wendelstrecke im Bereich der 637- bis 658-m-Sohle**
  - Wendelstrecke im Bereich der 700- bis 725-m-Sohle
  - Wendelstrecke im Bereich der 725- bis 750-m-Sohle
  - Wendelstrecke im Bereich der 750- bis 775-m-Sohle
- 5 Monitoring 700-m-Sohle
- 6 750-m-Sohle: Füllorte Schacht 2 und Schacht 4

# Wendelstrecke 637–658: Übersicht des Monitoringbereiches

## Grundausschnitt der 658/637-m-Sohle



# Wendelstrecke 637–658: Abschnitt westl. der unteren Streckenumfahrung bis Zugang Abb. 3/658

Aufnahme vom 14.06.2017



- Blick nach Südwesten
- Abschaltungen (Südstoßbereich abgesperrt)

Aufnahme vom 14.06.2018



- Blick nach Südwesten
- Intensive Abschaltungen am abgesperrten Südstoß

## Wendelstrecke 637–658: Fazit

- Es sind fortschreitende Schädigungen im Wendelstreckenabschnitt zwischen der 637-m bis 658-m-Sohle festzustellen.
- Teilabschnitte des Südstoßes sind bereits abgesperrt.
- Weitere Sicherungsmaßnahmen sind erforderlich.

# Übersicht

- 1 Oberer Baufeldrand
- 2 Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle
- 3 Westflügel der 553- und 574-m-Sohle (Abbaureihe 3)
- 4 **Wendelstrecke im Bereich der 637- bis zur 775-m-Sohle**
  - Wendelstrecke im Bereich der 637- bis 658-m-Sohle
  - **Wendelstrecke im Bereich der 700- bis 725-m-Sohle**
  - Wendelstrecke im Bereich der 725- bis 750-m-Sohle
  - Wendelstrecke im Bereich der 750- bis 775-m-Sohle
- 5 Monitoring 700-m-Sohle
- 6 750-m-Sohle: Füllorte Schacht 2 und Schacht 4



# Wendelstrecke 700–725: Abschnitt östl. der Strecke (oberer

Teil)

Festgestellte Schädigungen und Sanierungsmaßnahmen

## Schädigungen



Aufnahme vom 08.12.2016

- Blick nach Südwesten
- Abschalungen am Nordstoß

## Sanierung



Aufnahme vom 18.06.2018

- Blick nach Südwesten
- Nordstoß mit Stützmauer

# Übersicht

- 1 Oberer Baufeldrand
- 2 Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle
- 3 Westflügel der 553- und 574-m-Sohle (Abbaureihe 3)
- 4 **Wendelstrecke im Bereich der 637- bis zur 775-m-Sohle**
  - Wendelstrecke im Bereich der 637- bis 658-m-Sohle
  - Wendelstrecke im Bereich der 700- bis 725-m-Sohle
  - **Wendelstrecke im Bereich der 725- bis 750-m-Sohle**
  - Wendelstrecke im Bereich der 750- bis 775-m-Sohle
- 5 Monitoring 700-m-Sohle
- 6 750-m-Sohle: Füllorte Schacht 2 und Schacht 4





# Wendelstrecke 725–750: westlicher Abschnitt (obere Teil)

## Festgestellte Schädigungen und Sanierungsmaßnahmen

### Schädigungen



Aufnahme vom 23.04.2013

- Blick nach Südosten
- intensive Abschalungen an den Stößen

### Sanierung



Aufnahme vom 18.06.2018

- Blick nach Südosten
- Süd- und Nordstoß, stabilisiert durch beidseitige Stützmauern

# Wendelstrecke 725–750: östlicher Abschnitt (unterer Teil)

## Festgestellte Schädigungen und Sanierungsmaßnahmen

### Schädigungen



- Blick nach Südosten
- intensive Abschalungen an den Stößen

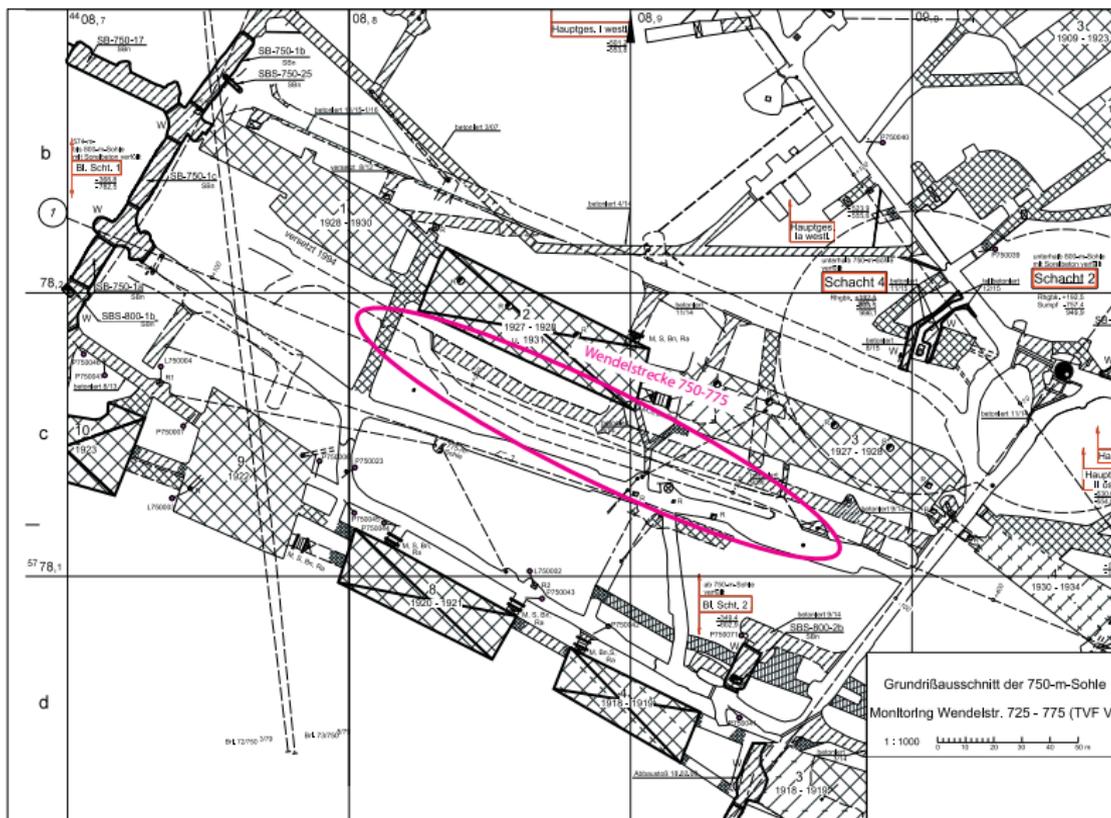


- Blick nach Südosten
- Nachgeschnittene Kontur
- Verbliebene Abschalungen

# Übersicht

- 1 Oberer Baufeldrand
- 2 Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle
- 3 Westflügel der 553- und 574-m-Sohle (Abbaureihe 3)
- 4 **Wendelstrecke im Bereich der 637- bis zur 775-m-Sohle**
  - Wendelstrecke im Bereich der 637- bis 658-m-Sohle
  - Wendelstrecke im Bereich der 700- bis 725-m-Sohle
  - Wendelstrecke im Bereich der 725- bis 750-m-Sohle
  - **Wendelstrecke im Bereich der 750- bis 775-m-Sohle**
- 5 Monitoring 700-m-Sohle
- 6 750-m-Sohle: Füllorte Schacht 2 und Schacht 4

# Wendelstrecke 750–775: Übersicht des Monitoringbereiches

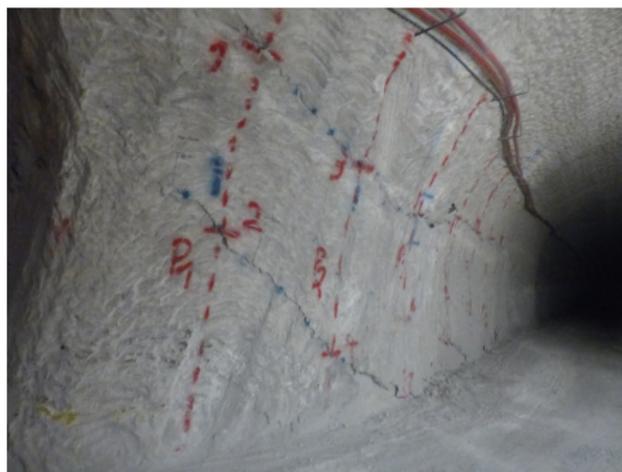




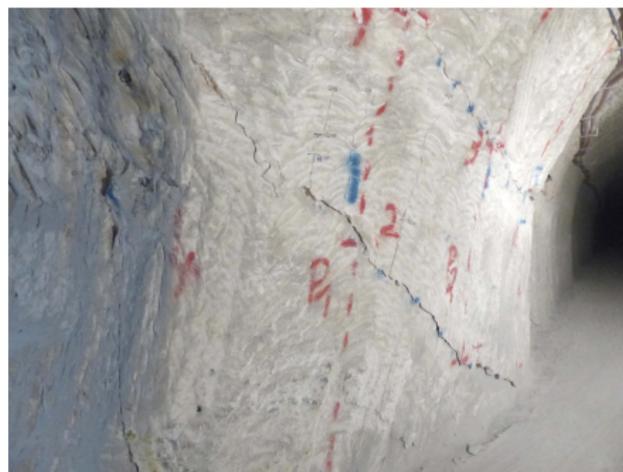
# Wendelstrecke 750–775: 2014 aufgefahrener Abschnitt

## Festgestellte Schädigungen – Oberer Abschnitt

Aufnahme vom 24.05.2017



Aufnahme vom 14.06.2018



# Wendelstrecke 750–775: 2014 aufgefahrener Abschnitt

## Festgestellte Schädigungen – Mittlerer Abschnitt

Aufnahme vom 07.03.2017



Aufnahme vom 14.06.2018

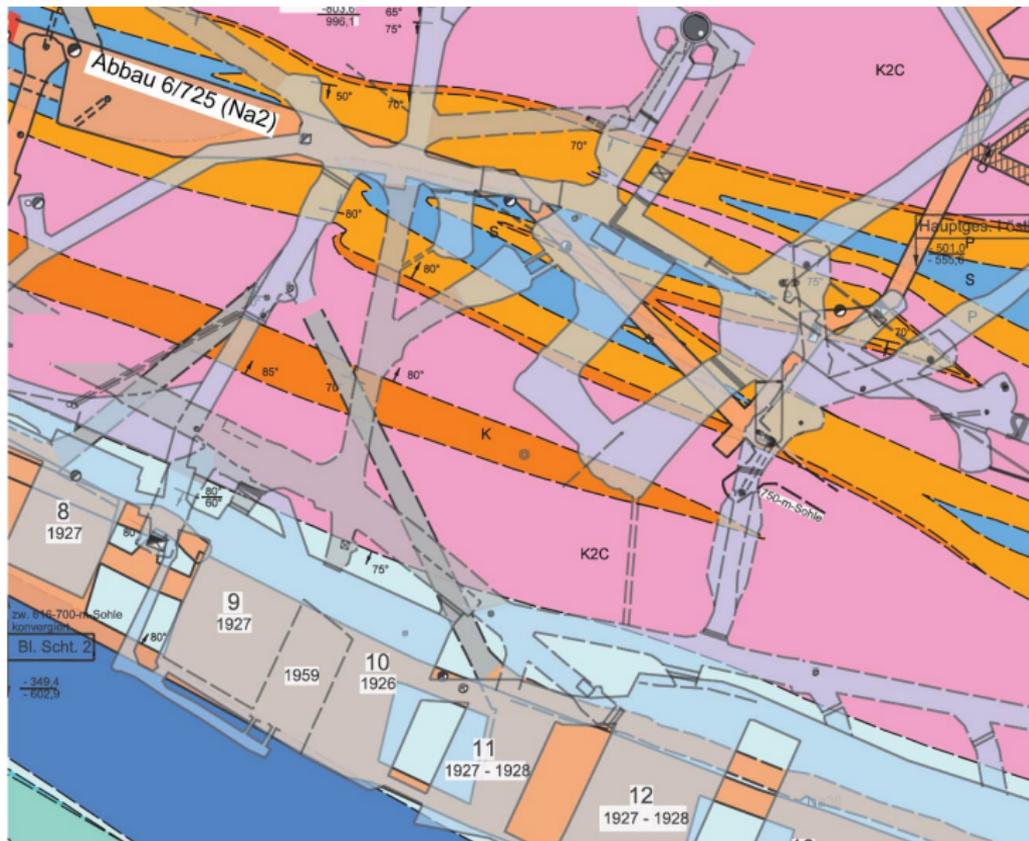


# Übersicht

- 1 Oberer Baufeldrand
- 2 Nebenabbau auf der 532-m-Sohle
- 3 Westflügel der 553- und 574-m-Sohle (Abbaureihe 3)
- 4 Wendelstrecke im Bereich der 637- bis zur 775-m-Sohle
- 5 Monitoring 700-m-Sohle**
- 6 750-m-Sohle: Füllorte Schacht 2 und Schacht 4
- 7 750-m-Sohle: nördliche Richtstrecken nach Osten



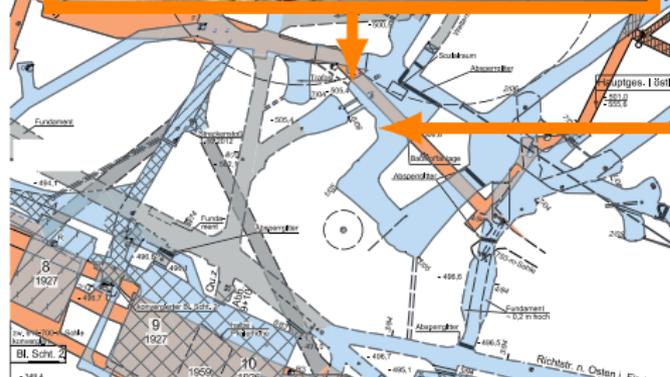
# Geologischer Grundriss der 700-m-Sohle



# Fotos der Schädigungen / Sanierungen



Abbaue im Kaliflöz Staßfurt (K2) Niveau C- Sohle (-531,4 m NN)  
 letzter Abbau 1923



# Fotos der Schädigungen



# Fotos der Schädigungen



# Fotos der Schädigungen



**Rolloch in der Firste des Abbaus 6/725 mit horizontalen Rissen**

# Fazit

- Es sind zunehmende Schädigungen im zentralen Teil der 700-m-Sohle insbesondere im Bereich der Baustoffanlage festzustellen.

⇒ Maßnahmen zum Erhalt der Gebrauchstauglichkeit in Umsetzung bzw. Planung

⇒ Schnellstmögliche Verfüllung des Resthohlraumes in Abbau 6/725

# Übersicht

- 1 Oberer Baufeldrand
- 2 Nebenabbau auf der 532-m-Sohle
- 3 Westflügel der 553- und 574-m-Sohle (Abbaureihe 3)
- 4 Wendelstrecke im Bereich der 637- bis zur 775-m-Sohle
- 5 Monitoring 700-m-Sohle
- 6 750-m-Sohle: Füllorte Schacht 2 und Schacht 4
  - Füllort Schacht 2
  - Füllort Schacht 4
- 7 750-m-Sohle: nördliche Richtstrecken nach Osten



# Übersicht

- 1 Oberer Baufeldrand
- 2 Nebenabbau auf der 532-m-Sohle
- 3 Westflügel der 553- und 574-m-Sohle (Abbaureihe 3)
- 4 Wendelstrecke im Bereich der 637- bis zur 775-m-Sohle
- 5 Monitoring 700-m-Sohle
- 6 750-m-Sohle: Füllorte Schacht 2 und Schacht 4
  - Füllort Schacht 2
  - Füllort Schacht 4
- 7 750-m-Sohle: nördliche Richtstrecken nach Osten





# Fortschreitende Entfestigung

## Nördl. Pfeiler an Schachtbühne



- Stand: 15.06.2018
- Deutlich entfestigter Pfeiler mit Rissen und Abschalungen

## Südöstlicher Pfeiler



- Stand: 24.11.2017
- Stützbauwerk

# Übersicht

- 1 Oberer Baufeldrand
- 2 Nebenabbau auf der 532-m-Sohle
- 3 Westflügel der 553- und 574-m-Sohle (Abbaureihe 3)
- 4 Wendelstrecke im Bereich der 637- bis zur 775-m-Sohle
- 5 Monitoring 700-m-Sohle
- 6 750-m-Sohle: Füllorte Schacht 2 und Schacht 4
  - Füllort Schacht 2
  - Füllort Schacht 4
- 7 750-m-Sohle: nördliche Richtstrecken nach Osten

# 750-m-Sohle: Sanierter Füllort Schacht 4

## Nördliches Wettertor



- Blick von der nördl. Richtstr. nach W
- fertiggestelltes Wettertor
- Stützbauwerke im Zugangsbereich

## Südliches Wettertor

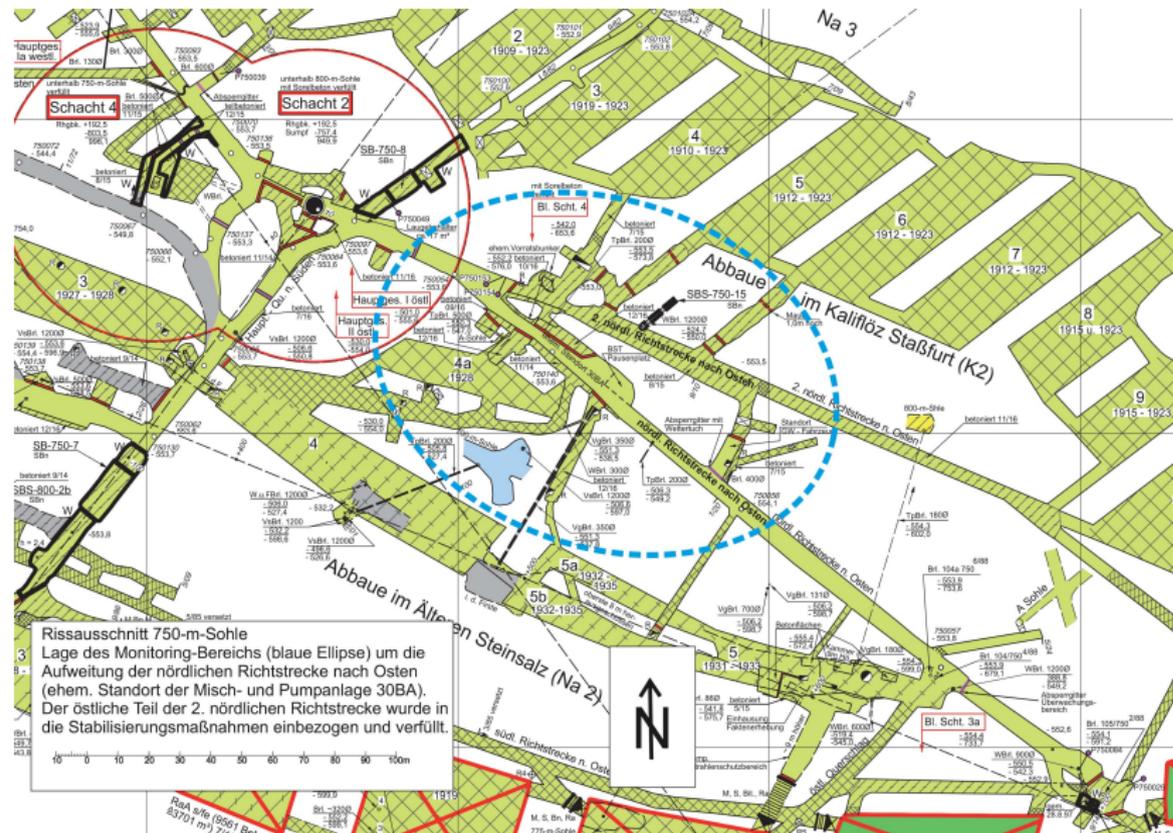


- Blick aus dem Füllort nach Norden
- Stützbauwerke an West- u. Oststoß
- fertiggestelltes Wettertor

# Übersicht

- 1 Oberer Baufeldrand
- 2 Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle
- 3 Westflügel der 553- und 574-m-Sohle (Abbaureihe 3)
- 4 Wendelstrecke im Bereich der 637- bis zur 775-m-Sohle
- 5 Monitoring 700-m-Sohle
- 6 750-m-Sohle: Füllorte Schacht 2 und Schacht 4
- 7 750-m-Sohle: nördliche Richtstrecken nach Osten

# Übersicht des Monitoringbereiches



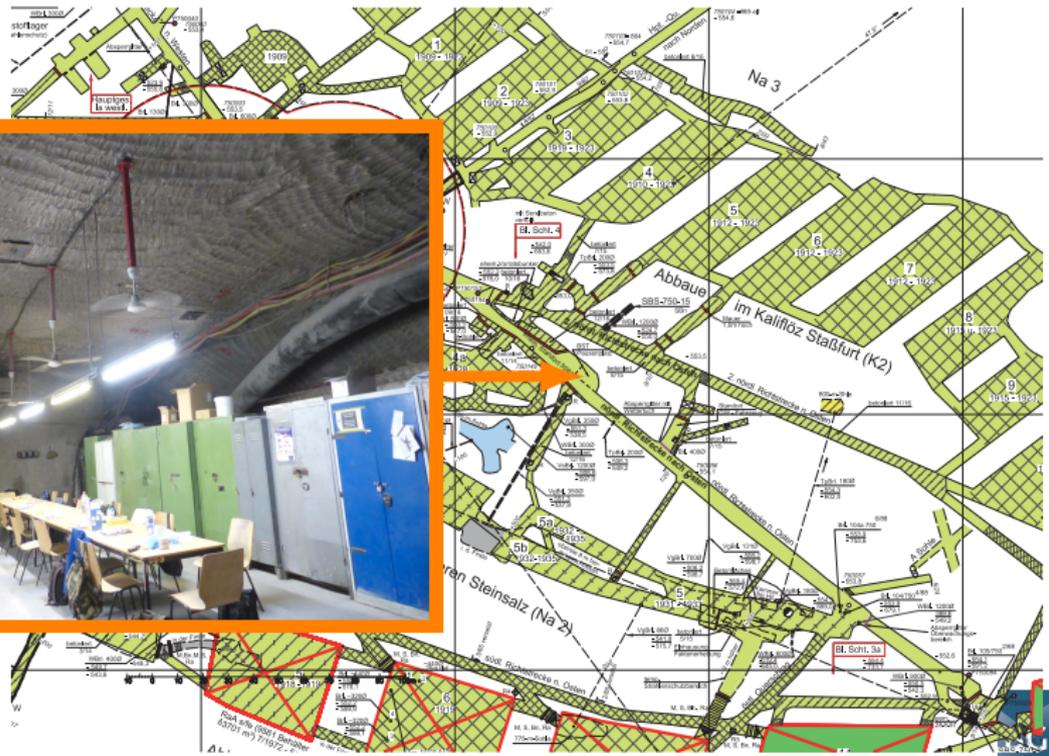
# Streckenaufweitung nördliche Richtstrecke nach Osten

Stand: 15.06.2018



# Streckenaufweitung nördliche Richtstrecke nach Osten

Stand: 15.06.2018







# Teil VI

## Salzlösungsmonitoring

# Übersicht Teil VI

- 1 Baufeld an der Südflanke
- 2 Carnallititbaufeld
- 3 Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring

# Bericht zur Situation 2017 und aktuelle Entwicklungen

## Kontinuierliches geochemisches Monitoring und Kontrolle der Austrittsstellen von Salzlösungen im Grubengebäude

- Regelmäßige Befahrungen, in-situ Messung von Temperatur und Dichte
- Beprobung und Überwachung der chemischen und physikalischen Parameter durch interne und externe chemische Untersuchungen





















# Übersicht

## 1 Baufeld an der Südflanke

- Lösungen 637-/658-m-Sohle
- 700-m-Sohle: Erkundungsbohrung in Richtung Remlingen 15 (EBrg. 700-2)
- **725-m-Sohle: Sammelstellen in der Richtstrecke nach Westen**
- 750-m-Sohle: Sammelstellen östl. Abbau 9, nördlich ELK 8 und ELK 4) sowie nördlich Blindschacht 2
- 750-m-Sohle: Bereich vor der ELK 12/750

## 2 Carnallitbaufeld

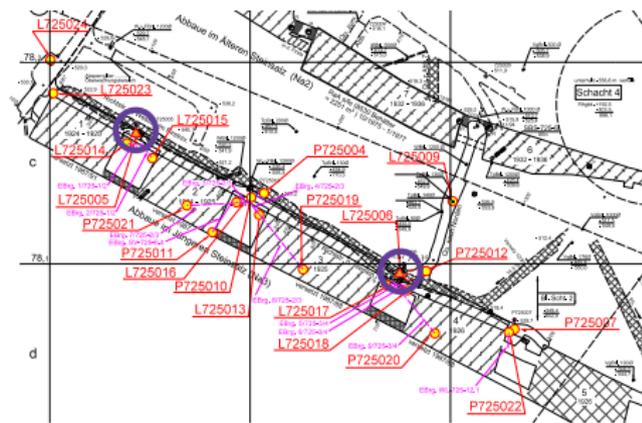
## 3 Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring

# Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogenausbaustrecke“

## Bezeichnung

- Rolloch 1 (L725005) und Rolloch 2 (L725006)
- Bereich Abbau 2 (P725010)
- Bereich Abbau 3 (P725004 und P725019)
- Bereich Abbau 4 (P725007 und P725020)

## Lage der Lokalitäten



## Legende:

- Tropfstelle
- ▲ alte Tropfstelle

# Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogenausbaustrecke“

## Bezeichnung

- Rolloloch 1 (L725005) und Rolloloch 2 (L725006)
- Bereich Abbau 2 (P725010)
- Bereich Abbau 3 (P725004 und P725019)
- Bereich Abbau 4 (P725007 und P725020)

## Lage der Lokalitäten



## Legende:

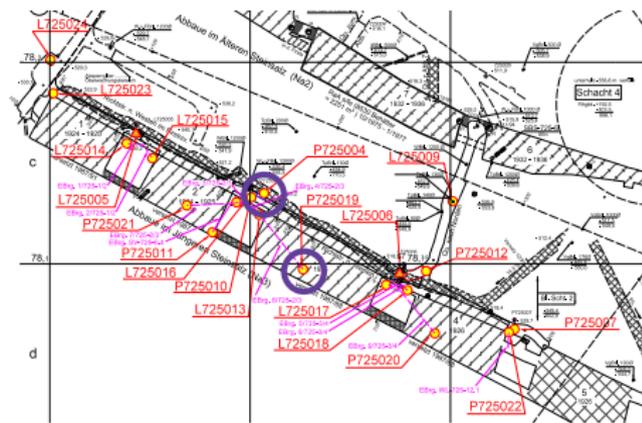
- Tropfstelle
- ▲ alte Tropfstelle

# Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogensausbaustrecke“

## Bezeichnung

- Rolloloch 1 (L725005) und Rolloloch 2 (L725006)
- Bereich Abbau 2 (P725010)
- Bereich Abbau 3 (P725004 und P725019)
- Bereich Abbau 4 (P725007 und P725020)

## Lage der Lokalitäten



## Legende:

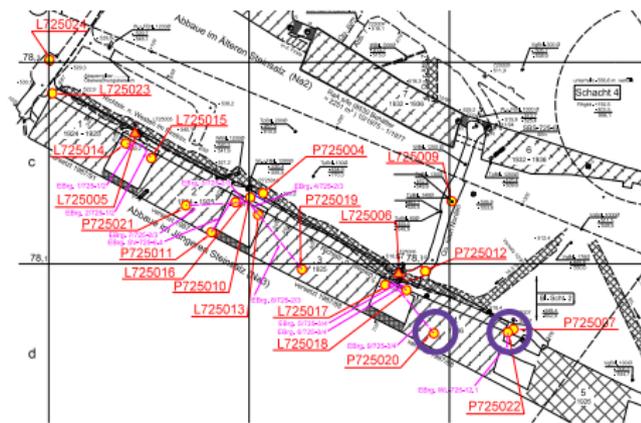
- Tropfstelle
- ▲ alte Tropfstelle

# Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogensausbaustrecke“

## Bezeichnung

- Rolloloch 1 (L725005) und Rolloloch 2 (L725006)
- Bereich Abbau 2 (P725010)
- Bereich Abbau 3 (P725004 und P725019)
- Bereich Abbau 4 (P725007 und P725020)

## Lage der Lokalitäten



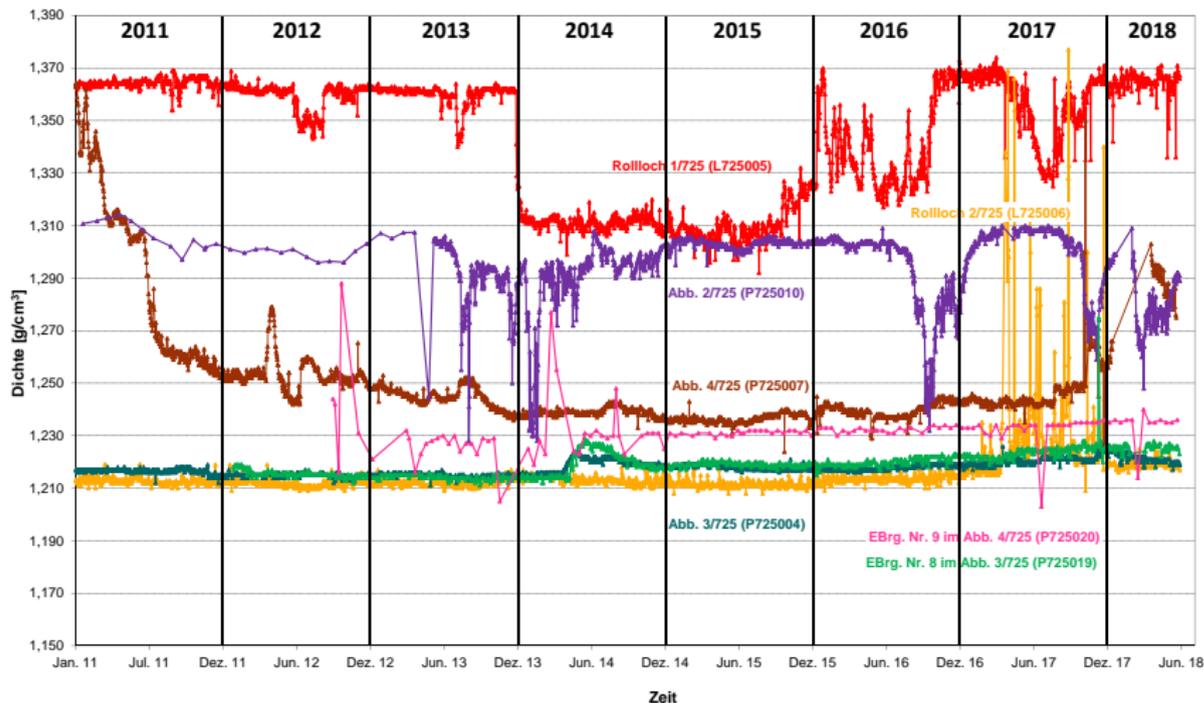
## Legende:

- Tropfstelle
- ▲ alte Tropfstelle



# Dichte der Salzlösungen auf der 725-m-Sohle

von 01.01.2011 bis 18.06.2018





# Übersicht

## 1 Baufeld an der Südflanke

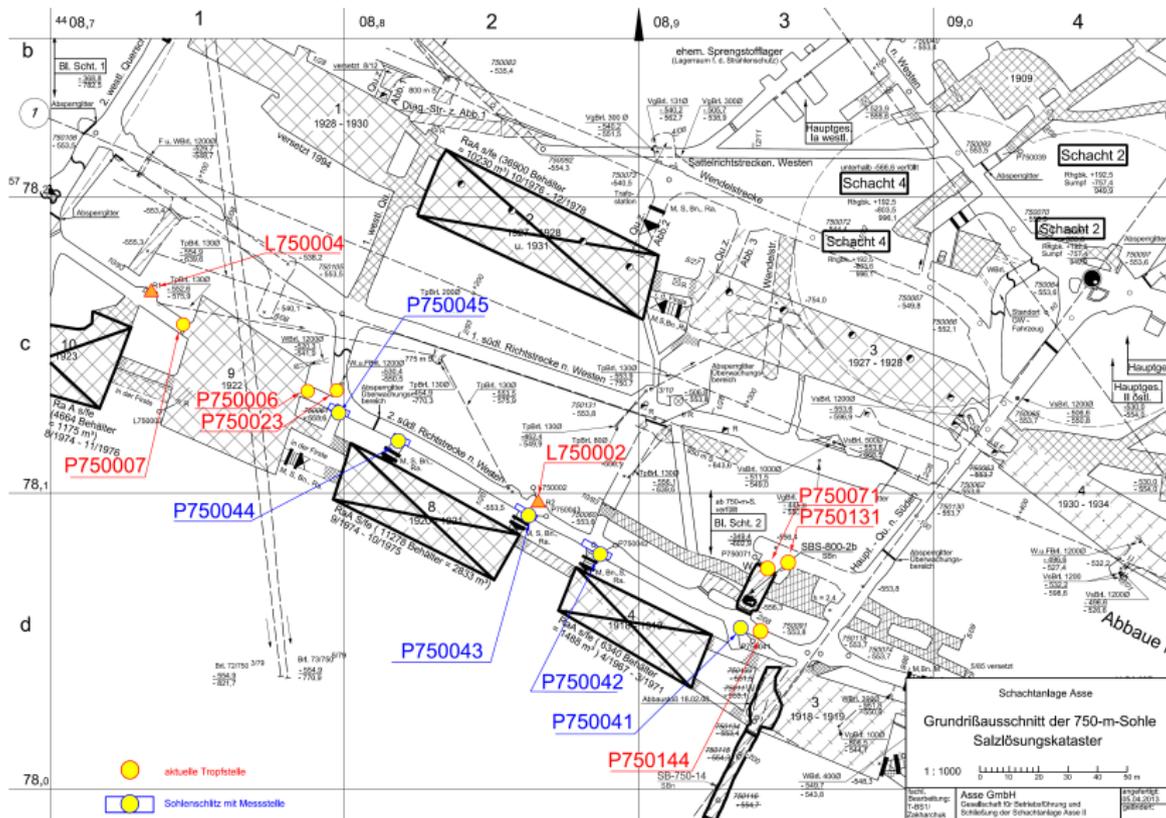
- Lösungen 637-/658-m-Sohle
- 700-m-Sohle: Erkundungsbohrung in Richtung Remlingen 15 (EBrg. 700-2)
- 725-m-Sohle: Sammelstellen in der Richtstrecke nach Westen
- 750-m-Sohle: Sammelstellen östl. Abbau 9, nördlich ELK 8 und ELK 4) sowie nördlich Blindschacht 2
- 750-m-Sohle: Bereich vor der ELK 12/750

## 2 Carnallitbaufeld

## 3 Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring

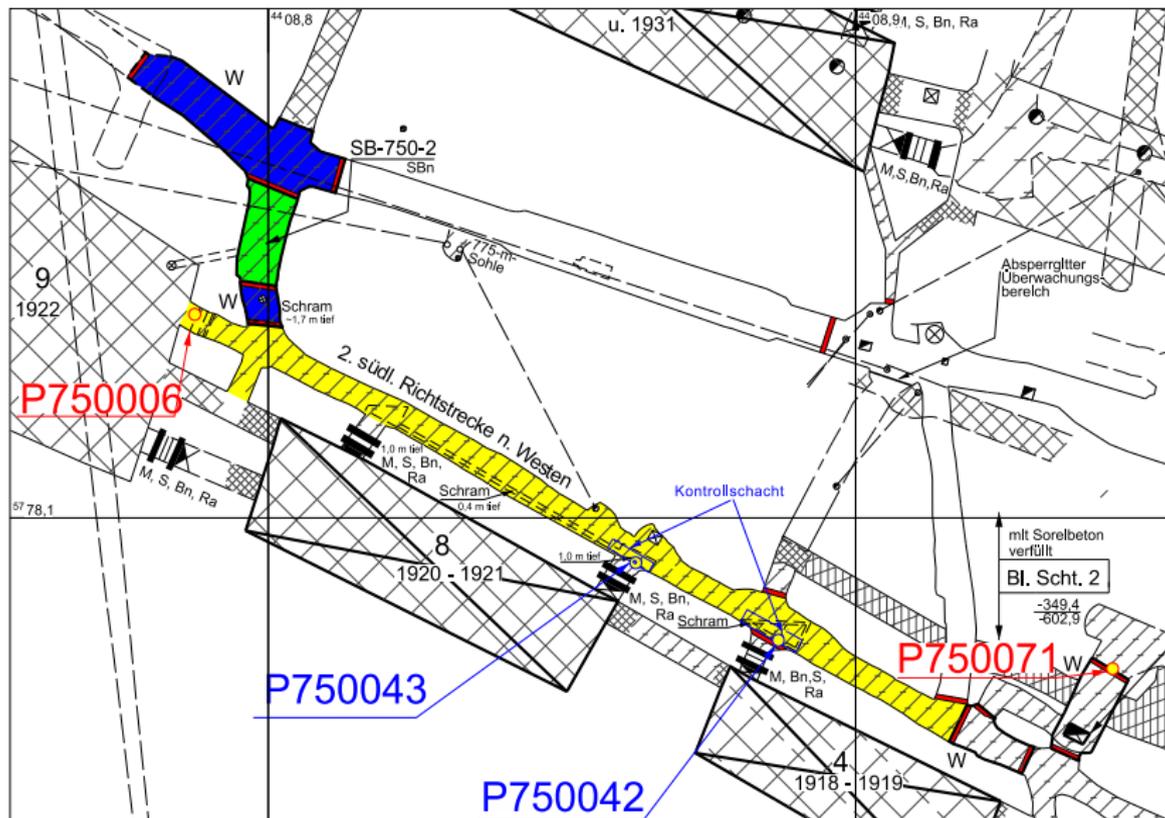
# Lage der Sammelstellen auf der 750-m-Sohle

Stand: 2016



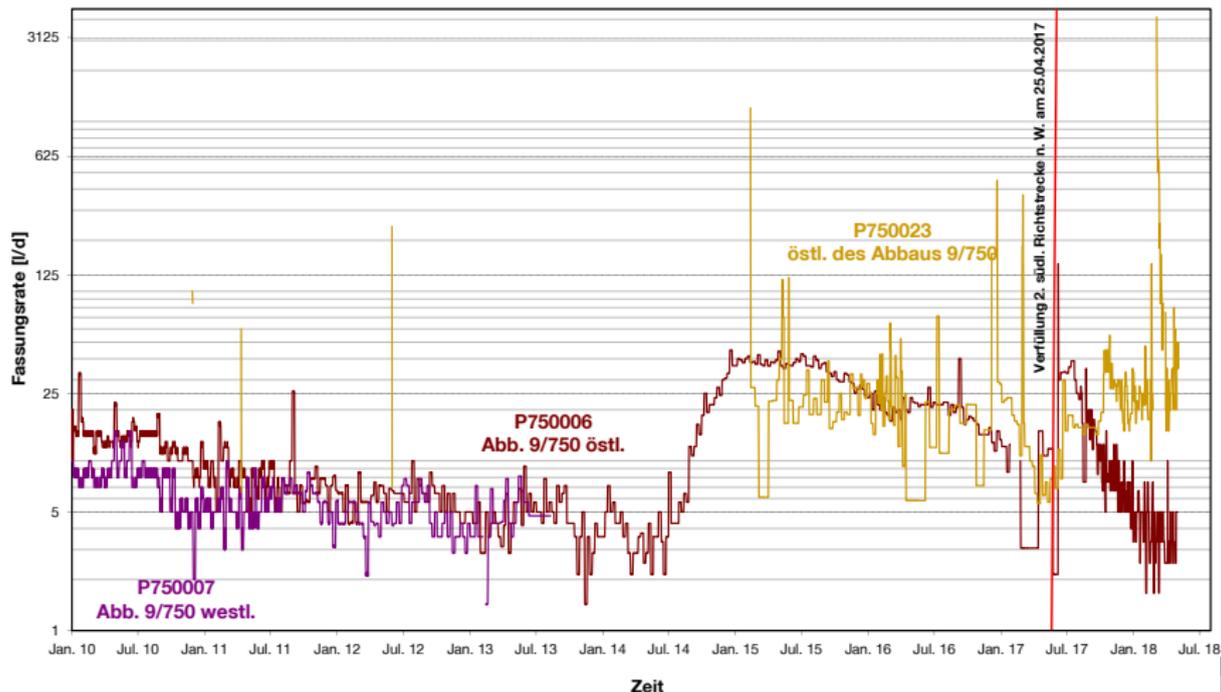
# Lage der Sammelstellen auf der 750-m-Sohle

in der 2. süd. Richtstrecke nach Westen, Stand: 04/2018



# Fassungsraten in der Südflanke Abbau 9/750

Zeitraum: 01.01.2010 bis 18.06.2018



# Tritiumaktivität 2. südl. Richtstrecke n. W. (750-m-S)

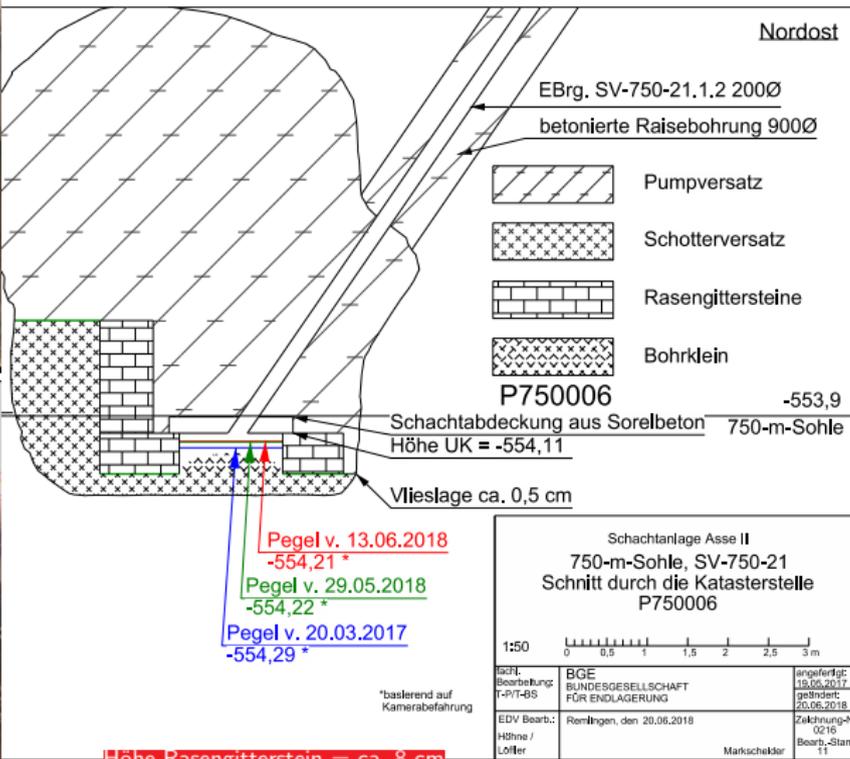
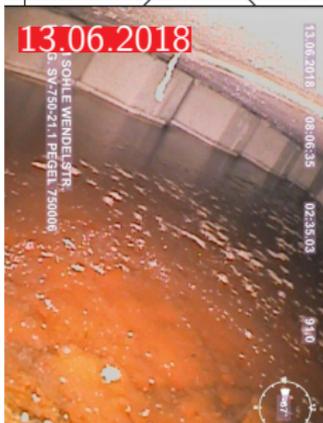
Östl. Zugang zum Abbau 9/750, Lokalitäten P750006 und P750023, [kBq/l]; Stand: 03.05.2018



| Symbol | Messstelle | Grubenraum                   | Bemerkung | Zeitraum                |
|--------|------------|------------------------------|-----------|-------------------------|
| ▲      | P750006-01 | östlicher Zugang Abbau 9/750 | Sohle     | 22.07.2015 - 25.04.2018 |
| ■      | P750006-02 | östlicher Zugang Abbau 9/750 | Firste    | 22.07.2015 - 19.01.2017 |
| ●      | P750023    | 1. westlicher Querschlag     |           | 22.07.2015 - 03.05.2018 |

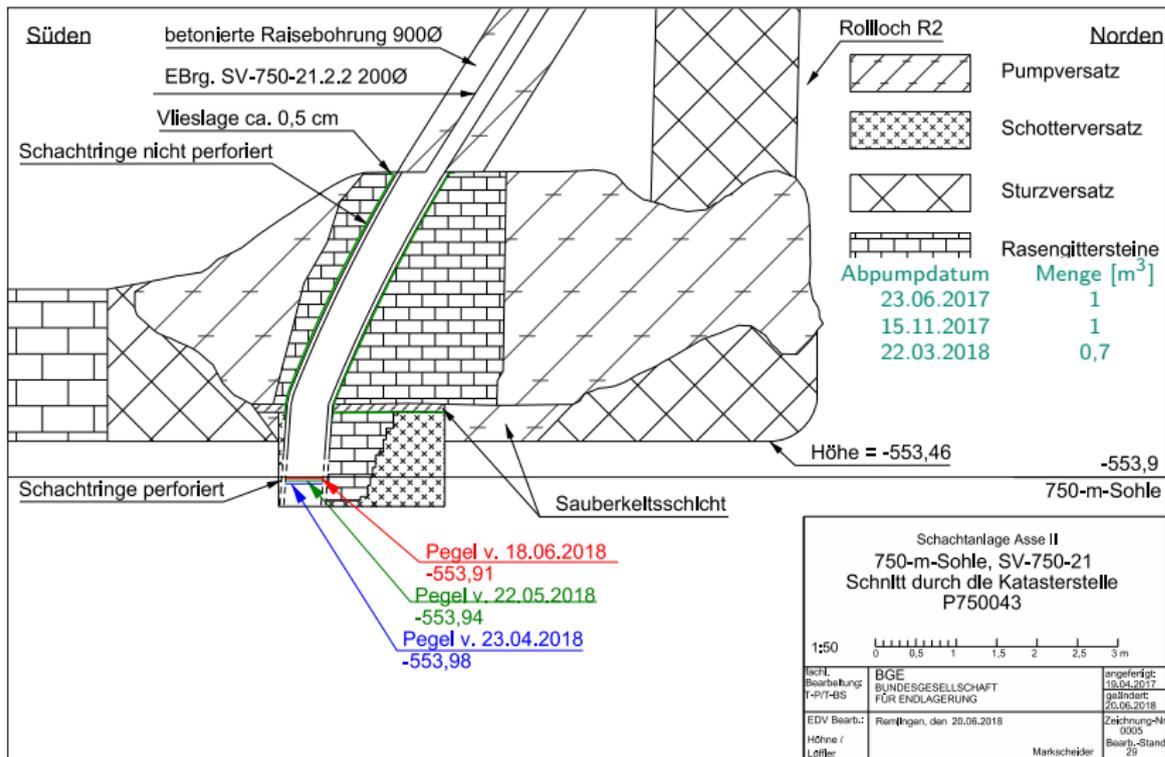
# 750-m-Sohle: Salzlösungsmonitoring

Östl. Zugang zum Abbau 9/750, Lokalität P750006; Stand: 13.06.2018



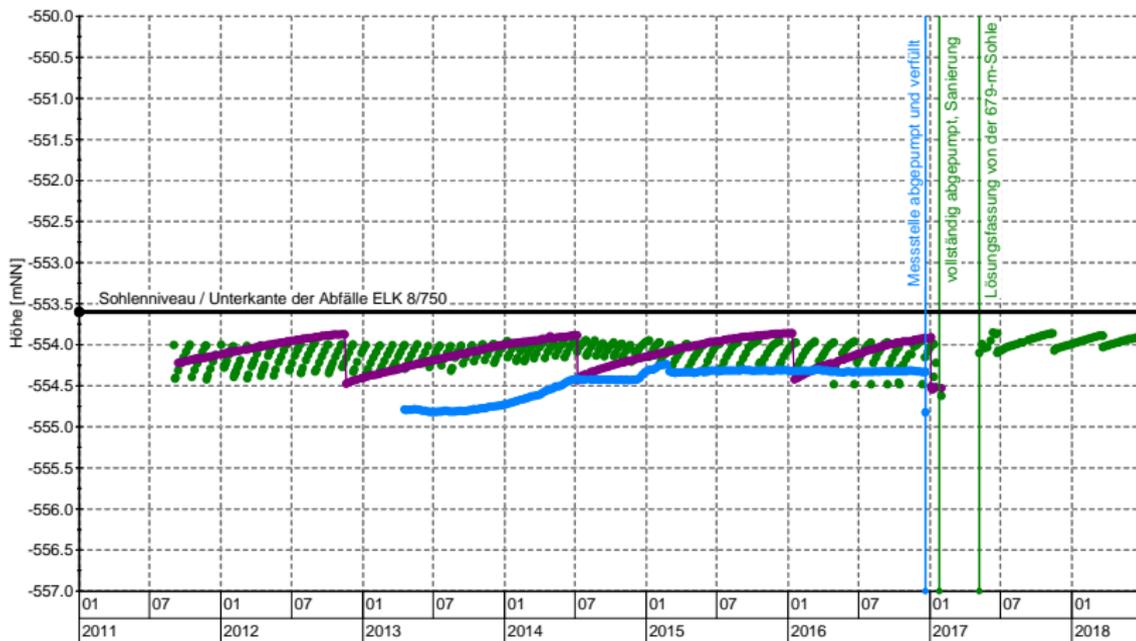
# Salzlösungsspiegel vor ELK 8/750, Lokalität P750043

Zeitraum: 23.04.2018 bis 18.06.2018



# Salzlösungsspiegel vor ELK 8/750, Lokalität P750043

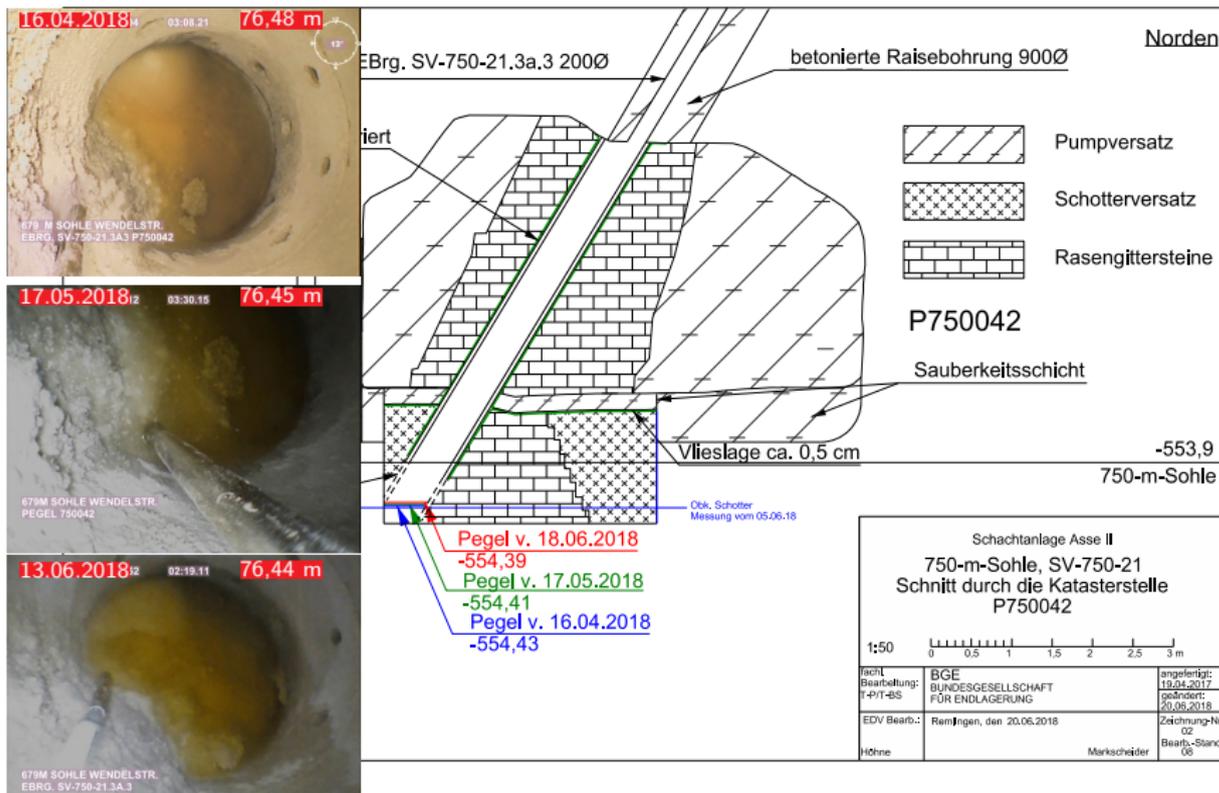
Zeitraum: 02.09.2011 bis 18.06.2018



| Symbol | Messstelle | Lokation                    | Zeitraum                |
|--------|------------|-----------------------------|-------------------------|
| ●      | P750043    | östlicher Zugang ELK 8/750  | 02.09.2011 - 18.06.2018 |
| —      | P750044    | westlicher Zugang ELK 8/750 | 13.09.2011 - 30.01.2017 |
| —      | P750045    | westlich ELK 8/750          | 18.04.2013 - 20.12.2016 |

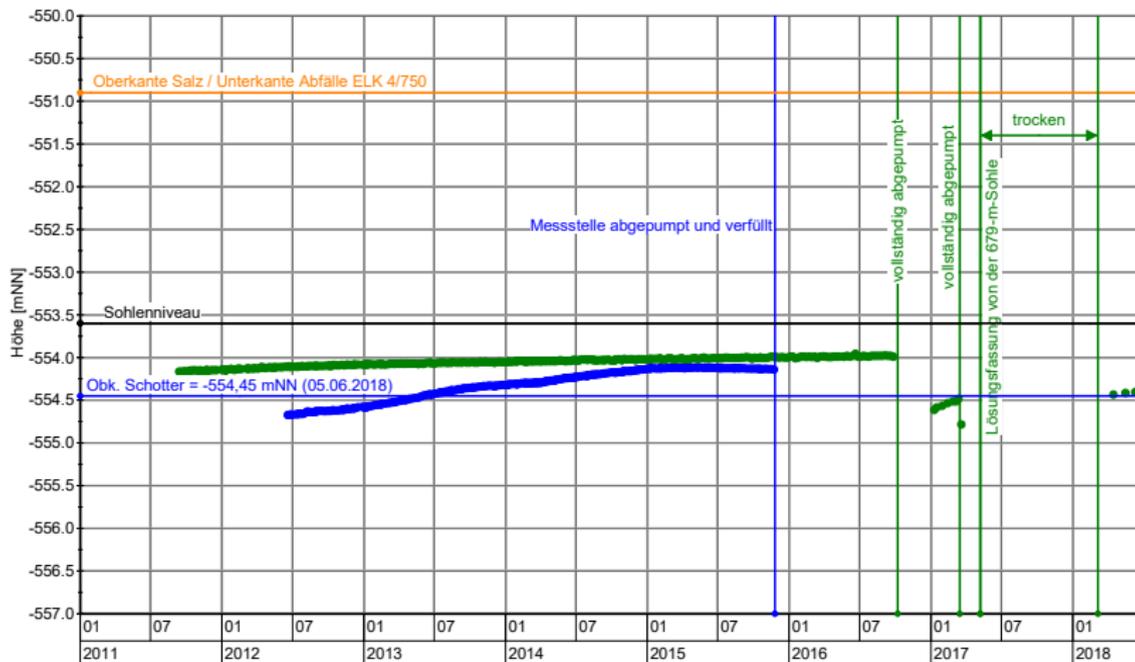
# Salzlösungsspiegel vor ELK 4/750, Lokalität P750042

Zeitraum: 16.04.2018 bis 18.06.2018



# Salzlösungsspiegel vor ELK 4/750

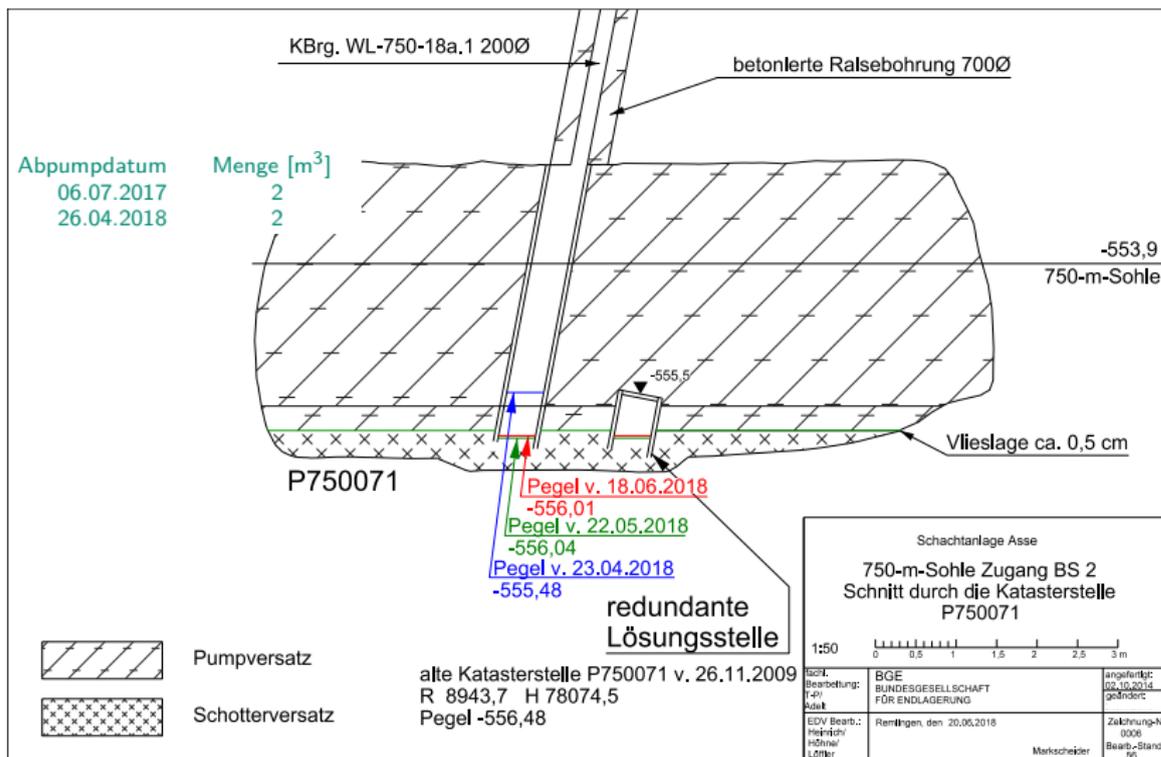
Zeitraum: 13.09.2011 bis 18.06.2018



| Symbol    | Messstelle | Lokation                    | Zeitraum                |
|-----------|------------|-----------------------------|-------------------------|
| ● (blue)  | P750041    | östlich ELK 4/750           | 19.06.2012 - 26.11.2015 |
| ● (green) | P750042    | westlicher Zugang ELK 4/750 | 13.09.2011 - 18.06.2018 |

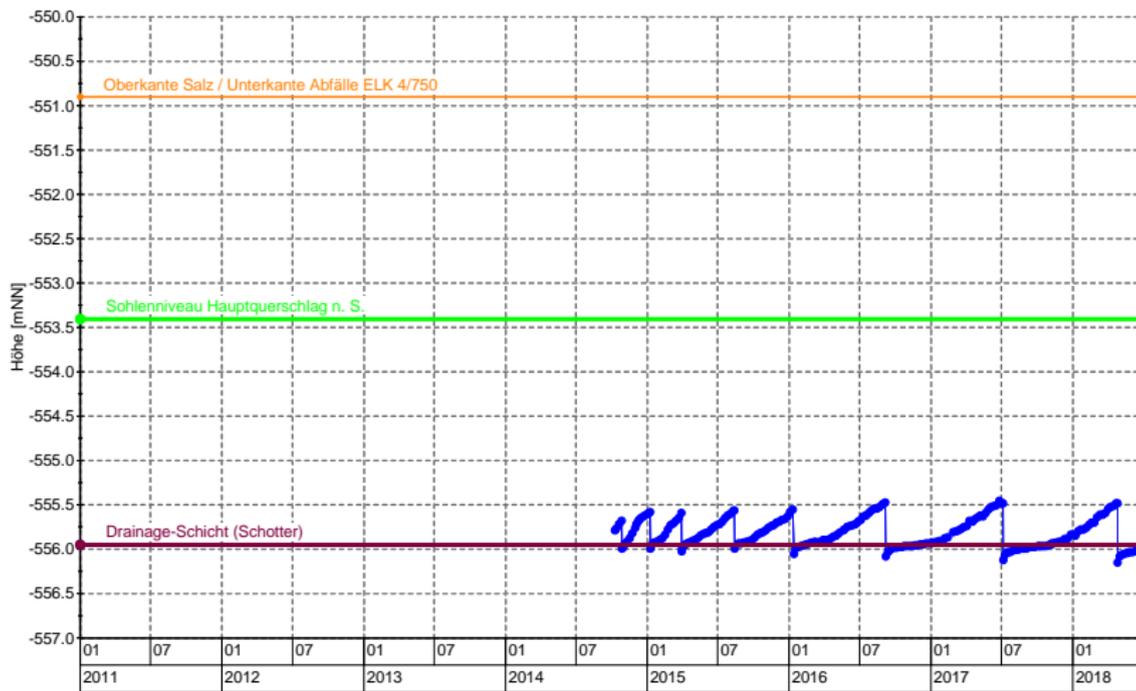
# 750-m-Sohle: Salzlösungsmonitoring

Hinterfahrung Blindschacht 2 (BS 2), Zeitraum: 23.04.2018 bis 18.06.2018



# Salzlösungsspiegel Messstelle P750071

Zeitraum: 06.10.2014 bis 18.06.2018

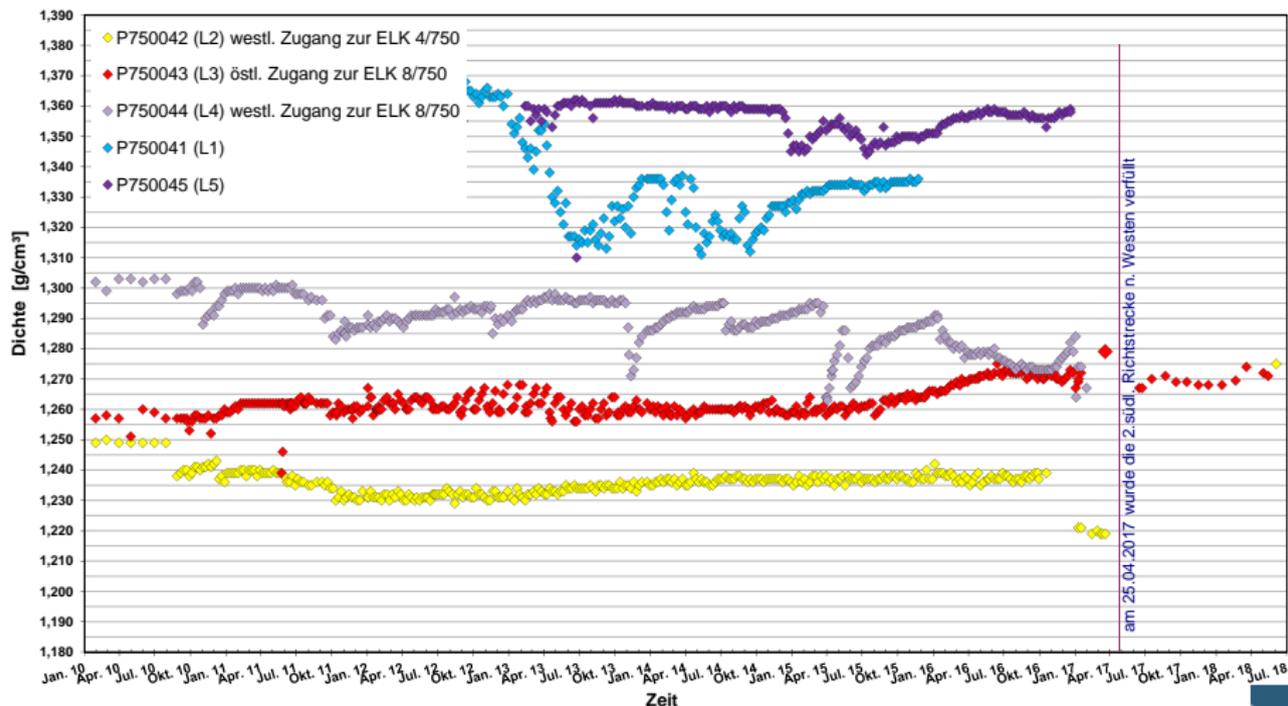


|        |            |          |                         |
|--------|------------|----------|-------------------------|
| Symbol | Messstelle | Lokation | Zeitraum                |
| ●—     | P750071    |          | 06.10.2014 - 18.06.2018 |



# Dichte der Salzlösungen vor ELK 4/750 und ELK 8/750

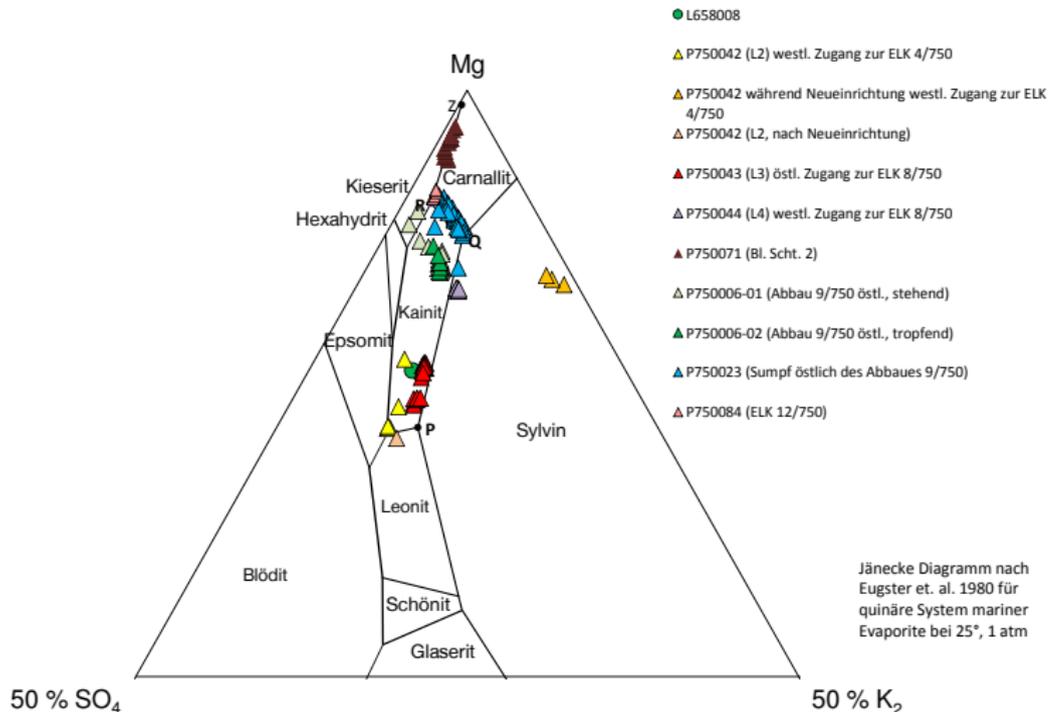
Zeitraum: von 01.01.2011 bis 04.06.2018



# Zusammensetzung der Salzlösungen auf der 750-m-Sohle

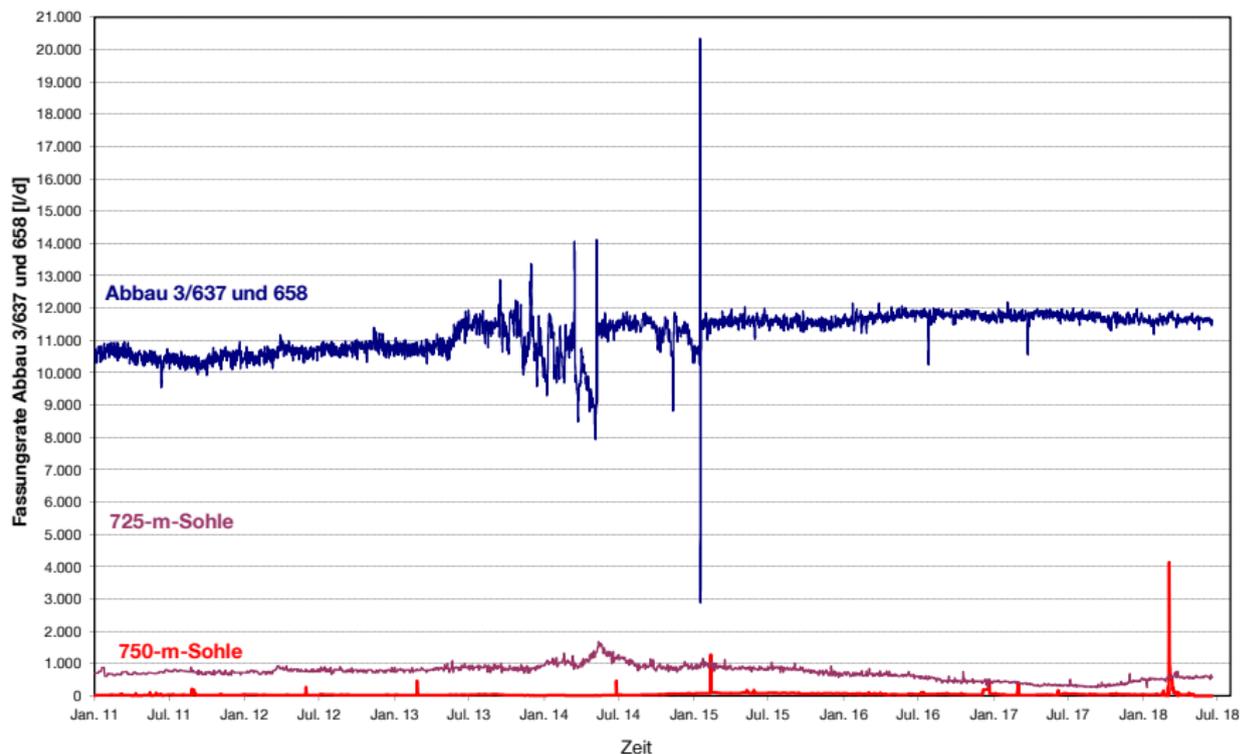
## 2. südliche Richtstrecke

Darstellung im Jänecke-Diagramm



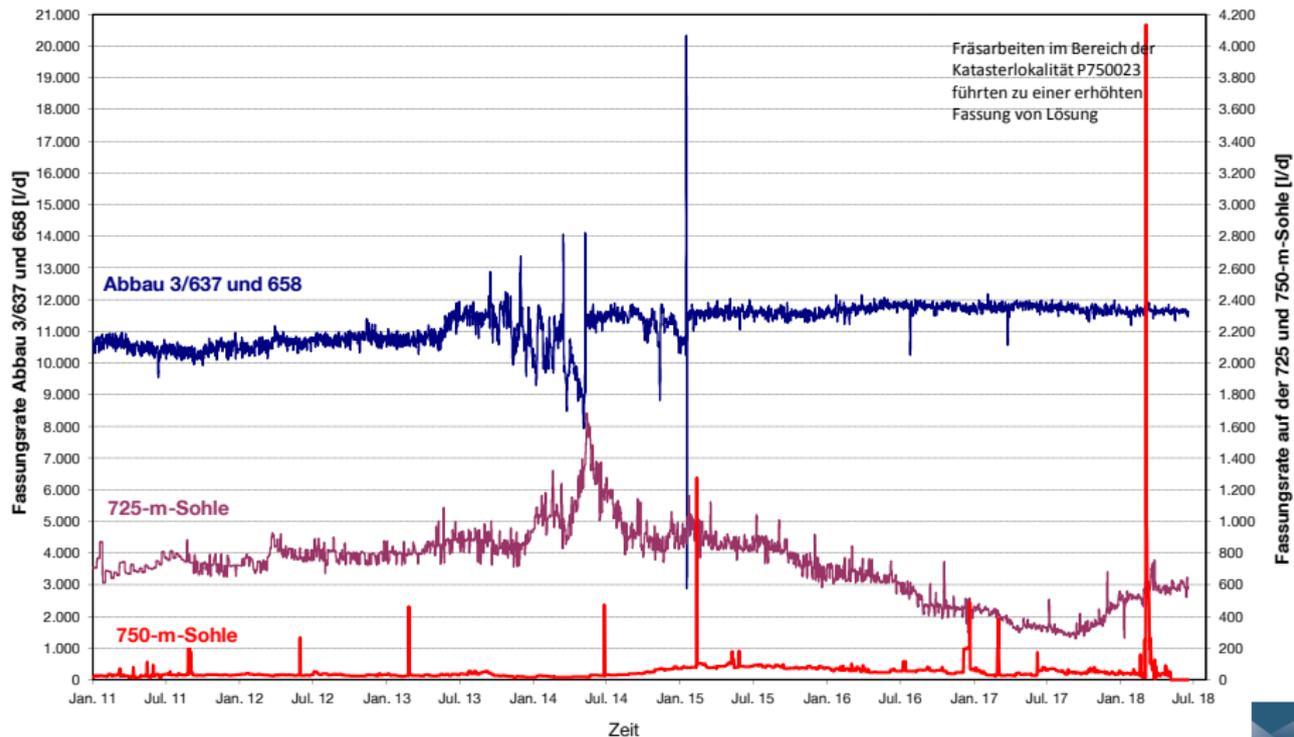
# Fassungsraten der Salzlösungen in der Südflanke

## 658-, 725- und 750-m-Sohle (01.01.2011–18.06.2018)



# Fassungsraten der Salzlösungen in der Südflanke

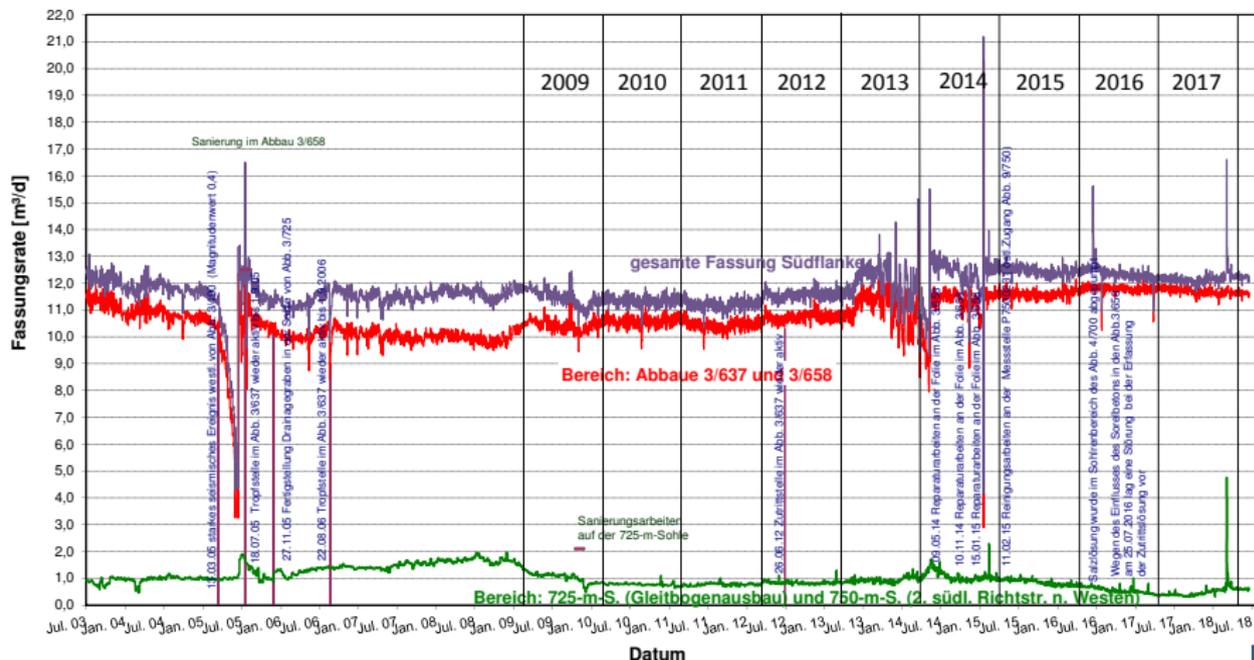
## 658-, 725- und 750-m-Sohle (01.01.2011–18.06.2018)



725- und 750-m-Sohle sind auf der 2. (rechten) Y-Achse dargestellt!

# Fassungsraten der Salzlösungen in der Südflanke

Gesamt seit 2003 (01.07.2003 – 18.06.2018)



# Übersicht

## 1 Baufeld an der Südflanke

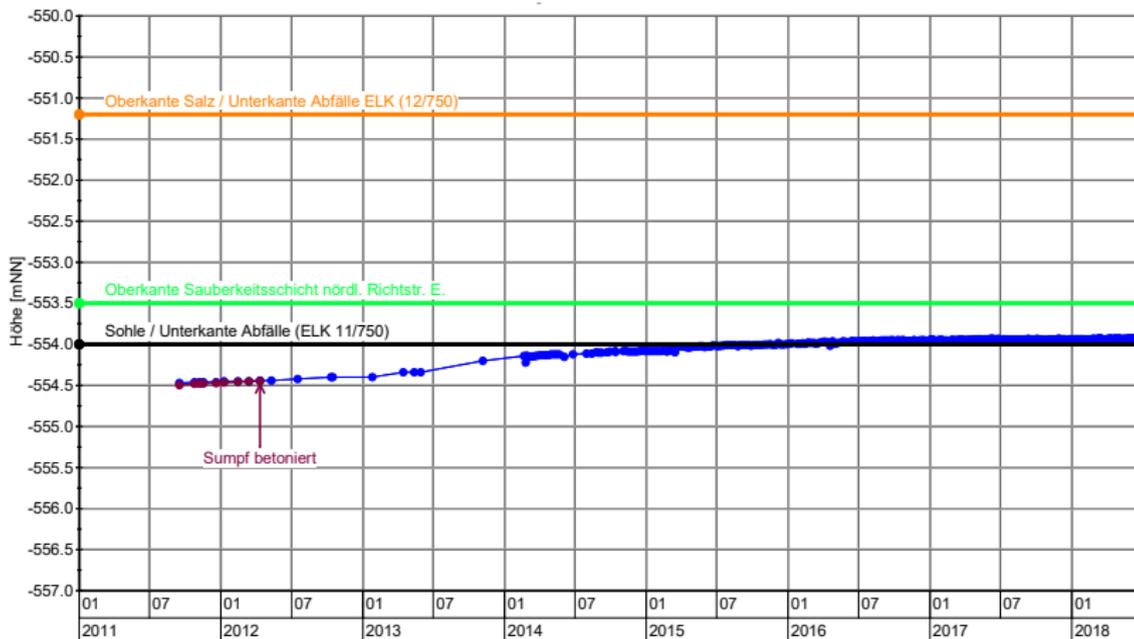
- Lösungen 637-/658-m-Sohle
- 700-m-Sohle: Erkundungsbohrung in Richtung Remlingen 15 (EBrg. 700-2)
- 725-m-Sohle: Sammelstellen in der Richtstrecke nach Westen
- 750-m-Sohle: Sammelstellen östl. Abbau 9, nördlich ELK 8 und ELK 4) sowie nördlich Blindschacht 2
- 750-m-Sohle: Bereich vor der ELK 12/750

## 2 Carnallititbaufeld

## 3 Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring

# Salzlösungsspiegel im Sumpf/Kontrollbrg. vor ELK 12/750

Stand: 18.06.2018



| Symbol | Messstelle                     | Lokation       | Zeitraum                |
|--------|--------------------------------|----------------|-------------------------|
| —●—    | P750084                        | vor ELK 12/750 | 16.09.2011 - 18.06.2018 |
| —●—    | P750029 (Sumpf vor ELK 12/750) | vor ELK 12/750 | 16.09.2011 - 11.04.2012 |



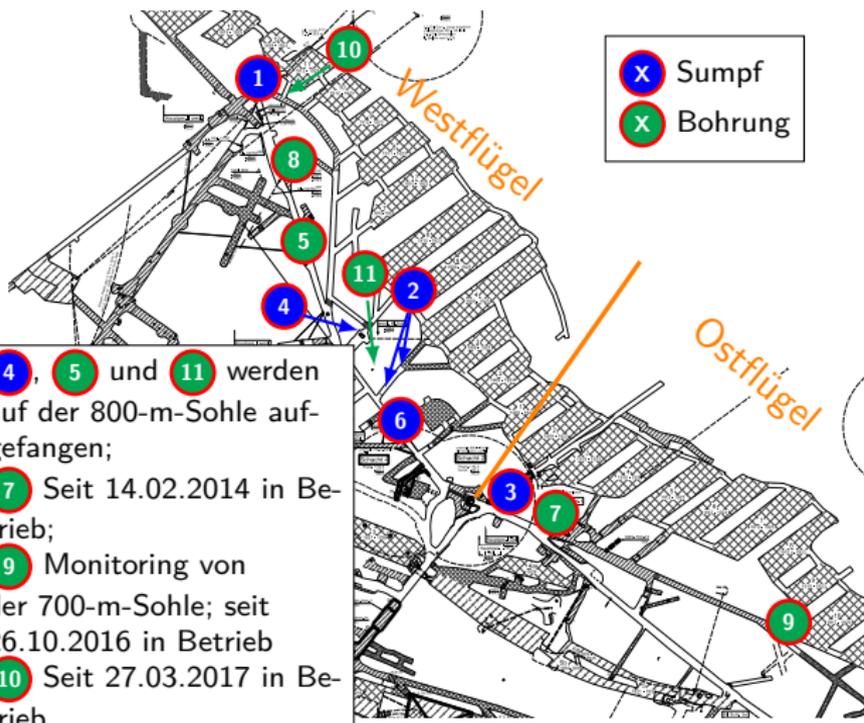
# Übersicht

- 1 Baufeld an der Südflanke
- 2 Carnallitbaufeld**
- 3 Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring

# Fassungsraten im Bereich der Nordflanke (750-m-Sohle)

Mittelwerte vom 01.01.2014 – 31.12.2017

## Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle



## Fassungsraten

1 73 Liter/Tag

2 96 Liter/Tag

4 3 Liter/Tag

5 15 Liter/Tag

6 17 Liter/Tag

8 80 Liter/Tag

10 41 Liter/Tag

11 30 Liter/Tag

---

3 6 Liter/Tag

7 20 Liter/Tag

9 1 Liter/Tag

---

$\Sigma$  382 Liter/Tag

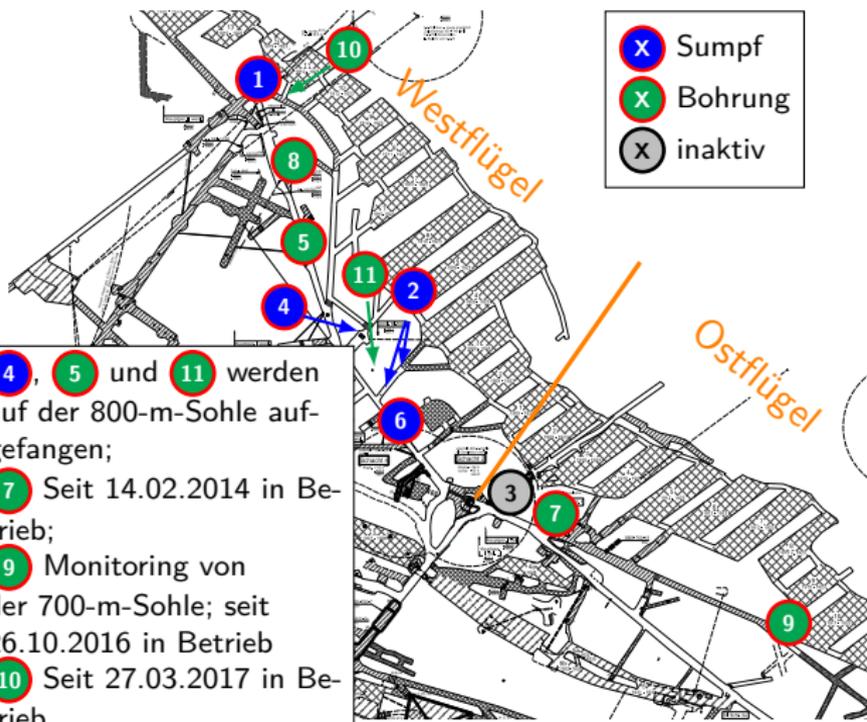
Westflügel

Ostflügel

# Fassungsraten im Bereich der Nordflanke (750-m-Sohle)

Mittelwerte vom 01.01.2017 – 31.12.2017

## Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle



## Fassungsraten

|                                       |               |            |
|---------------------------------------|---------------|------------|
| <span style="color: blue;">1</span>   | 41 Liter/Tag  | Westflügel |
| <span style="color: blue;">2</span>   | 85 Liter/Tag  |            |
| <span style="color: blue;">4</span>   | 2 Liter/Tag   |            |
| <span style="color: green;">5</span>  | 12 Liter/Tag  |            |
| <span style="color: blue;">6</span>   | 22 Liter/Tag  |            |
| <span style="color: green;">8</span>  | 48 Liter/Tag  |            |
| <span style="color: green;">10</span> | 164 Liter/Tag | Ostflügel  |
| <span style="color: green;">11</span> | 47 Liter/Tag  |            |

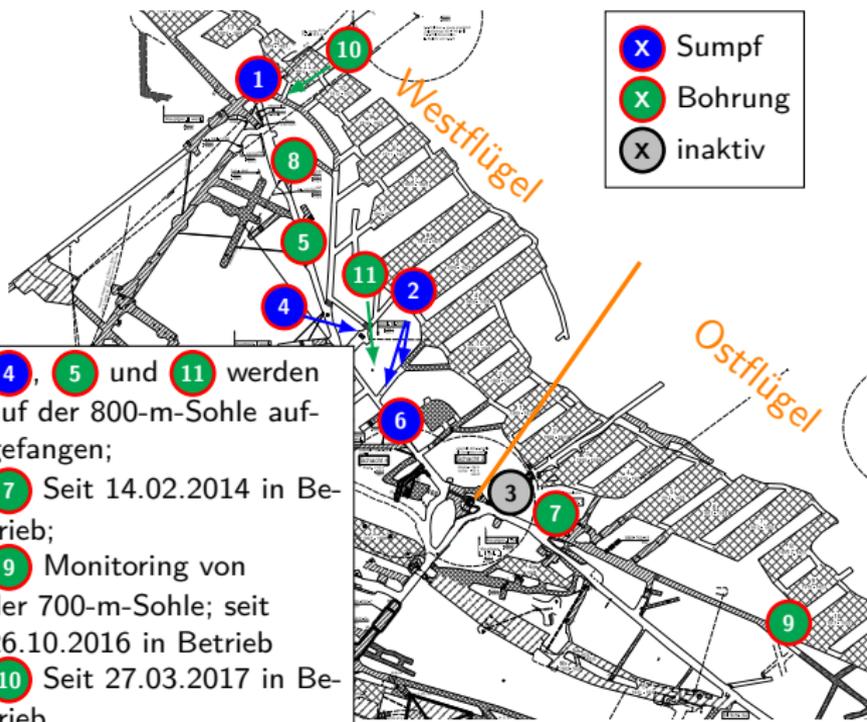
|                                      |             |
|--------------------------------------|-------------|
| <span style="color: green;">7</span> | 9 Liter/Tag |
| <span style="color: green;">9</span> | 1 Liter/Tag |

**Σ 430 Liter/Tag**

# Fassungsraten im Bereich der Nordflanke (750-m-Sohle)

Mittelwerte vom 01.01.2018 – 18.06.2018

## Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle



## Fassungsraten

|          |                      |            |
|----------|----------------------|------------|
| 1        | 30 Liter/Tag         | Westflügel |
| 2        | 46 Liter/Tag         |            |
| 4        | 4 Liter/Tag          |            |
| 5        | 6 Liter/Tag          |            |
| 6        | 3 Liter/Tag          |            |
| 8        | 0 Liter/Tag          |            |
| 10       | 301 Liter/Tag        | Ostflügel  |
| 11       | 26 Liter/Tag         |            |
| 7        | 17 Liter/Tag         |            |
| 9        | 1 Liter/Tag          |            |
| <b>Σ</b> | <b>434 Liter/Tag</b> |            |

# Übersicht

- 1 Baufeld an der Südflanke
- 2 Carnallititbaufeld
- 3 Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring**

# Résumé

- 553- und 574-m-Sohle
  - Einzelne aktive Tropfstellen mit aktuell rückläufigen Auffangraten.
- 658-m-Sohle
  - Auffangrate der Salzlösung auf der 658-m-Sohle lag 2017 bei rund  $11,7 \text{ m}^3/\text{d}$  und liegt aktuell bei ca.  $11,6 \text{ m}^3/\text{d}$ .
  - 2017 gab es keine starken Schwankungen bei den gefassten Lösungsmengen.
  - Die Ergebnisse der chemischen Analysen von der Lösung aus der Hauptauffangstelle ergeben bei gleichbleibenden Fassungsraten keine signifikanten Änderungen

# Résumé *(Forts.)*

- 725-m-Sohle

Die Auffangrate der Salzlösungen in der Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle ist 2017 gegenüber 2016 von 574 L/d im Mittel auf ca. 367 L/d zurückgegangen. Ab September bis zum Jahresende 2017 stieg die Fassungsrate der Salzlösung auf der 725-m-Sohle von etwa 280 auf 500 L/d an. Aktuell liegt die Auffangrate bei ca. 580 L/d. Bei der Zusammensetzung der Lösungen sind keine signifikanten Veränderungen festzustellen. Zusätzlich wird Lösung weiter lokal in Bohrungen gefasst.

# Résumé *(Forts.)*

- 750-m-Sohle
  - Östlicher Zugang ELK 8 (P750043) 2017  $\Rightarrow$  2,5–16,7 L/d (ca. 7,7 L/d im Mittel). Bis März 2018  $\Rightarrow$  5,5 L/d im Mittel
  - Das Monitoring und die Fassung erfolgt jetzt von der 679-m-Sohle.
  - Im Bereich östlicher Zugang Abbau 9/750 war nach dem Verschluss des westlichen Zugangsbereiches ein Anstieg der Fassungsraten und eine Erhöhung der Tritiumaktivität festzustellen. Das Monitoring und die Fassung erfolgt jetzt von der 679-m-Sohle.
  - Das Monitoring und die Fassung der Lösung aus dem Bereich der ehemaligen Umfahrung Blindschacht 2/750 erfolgt weiter von der 700-m-Sohle im Routinebetrieb.

# Résumé *(Forts.)*

- In der Südflanke wurden 2017 im Mittel insgesamt  $12,1 \text{ m}^3/\text{d}$  gefasst. Dabei werden ca. 0,4 % der Lösungen auf der 750-m-Sohle aufgefangen. Der Anteil der im Abbau 3/658 gefassten Lösungen hat sich auf 97 % erhöht.
- Der Großteil der in der Nordflanke gefassten Lösungen erfolgt über Bohrungen hauptsächlich im Westflügel.
- Die chemische Zusammensetzung der Salzlösungen im Bereich der Nordflanke ist weitgehend stabil.
- Monitoring
  - Beobachtung aller wichtigen Sammelstellen und sonstiger Tropfstellen wird weiterhin betrieben und bei Bedarf intensiviert.

# Teil VII

## Zusammenfassung

# Übersicht Teil VII

- 1 Résumé – Spannungs- und Verformungszustand
- 2 Résumé – Mikroseismische Aktivität im Tragsystem
- 3 Résumé – Beanspruchung des Tragsystems
- 4 Résumé – Salzlösungsmonitoring
- 5 Schlussfolgerungen

# Übersicht

- 1 **Résumé – Spannungs- und Verformungszustand**
- 2 Résumé – Mikroseismische Aktivität im Tragsystem
- 3 Résumé – Beanspruchung des Tragsystems
- 4 Résumé – Salzlösungsmonitoring
- 5 Schlussfolgerungen

# Spannungszustand

- Die maximalen gemessenen Spannungen entsprechen näherungsweise der maximalen Hauptspannung  $\sigma_1$  und sind horizontal querschlägig orientiert.  $\sigma_1$  steigt weiterhin an bzw. ist im mittleren Pfeilerbereich auf einem hohen Niveau konstant.
  - Die minimal gemessenen Spannungen entsprechen näherungsweise der minimalen Hauptspannung  $\sigma_3$  und sind horizontal streichend orientiert. Ein signifikanter Anstieg von  $\sigma_3$  ist nicht zu verzeichnen.
- ⇒ Die resultierenden großen Spannungsdifferenzen  $\Delta\sigma$  ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) sind die Ursache für die fortschreitende Schädigung des Tragsystems im Baufeld an der Südflanke.

# Spannungszustand *(Forts.)*

- ⇒ Eine beginnende Stützwirkung des Versatzes in den Abbauen auf die Pfeiler ist in Teilen des Tragsystems erkennbar.
- ⇒ Die Stützwirkung beruht zum Teil auf der Firstspaltverfüllung mit Sorelbeton.
- ⇒ Diese ist jedoch (noch) nicht nachhaltig, da durch Bruchvorgänge diese wieder verloren gehen kann.
- ⇒ Nur die Fortsetzung der Verfüllmaßnahmen ermöglicht eine nachhaltige Stabilisierung des Tragsystems.

# Verformungssituation

## Entwicklung der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten

- Pfeilerstauchungsraten liegen mit maximal 72–75 mm/a weiterhin auf einem hohen Niveau.
- Nach einem temporärer Anstieg von Mitte bis Ende 2017 ist seit Anfang 2018 wieder eine leicht degressive Entwicklung im Ost- und Westflügel erkennbar.
- Die Maxima liegen etwa im Niveau der 532- bis 595-m-Sohle, im Westflügel im Bereich der Abbaureihen 3 und 4 sowie im Ostflügel in den Abbaureihen 6 und 7.

# Übersicht

- 1 Résumé – Spannungs- und Verformungszustand
- 2 Résumé – Mikroseismische Aktivität im Tragsystem**
- 3 Résumé – Beanspruchung des Tragsystems
- 4 Résumé – Salzlösungsmonitoring
- 5 Schlussfolgerungen

# Mikroseismische Aktivität im Tragsystem

- Die mikroseismische Aktivität lag auch 2017 auf einem hohen Niveau. Es war eine starke Konzentration der Ereignisse auf Cluster festzustellen. Die Cluster sind weiterhin überwiegend am Baufeldrand, im Bereich des Hauptpfeilers und im Bereich 700- bis 750-m-Sohle angeordnet (Baufeld an der Südflanke und Sattelkern). Im Berichtszeitraum hat sich die mikroseismische Aktivität stärker auf den Bereich unterhalb der 679-m-Sohle konzentriert.

# Übersicht

- 1 Résumé – Spannungs- und Verformungszustand
- 2 Résumé – Mikroseismische Aktivität im Tragsystem
- 3 Résumé – Beanspruchung des Tragsystems**
- 4 Résumé – Salzlösungsmonitoring
- 5 Schlussfolgerungen

# Beanspruchung des Tragsystems

- Die Entwicklung der Gebirgsspannungen, der Versatzdrücke sowie der Verschiebungs- und Verformungsraten weist weiterhin eine hohe Beanspruchung des Tragsystems in der Südflanke aus.
  - Die hohen Beanspruchungen führen bei fehlender oder unzureichender Stabilisierung der Tragelemente zu weiteren Schädigungsprozessen.
- ⇒ Dies schränkt die Gebrauchstauglichkeit der im Tragsystem angeordneten Infrastrukturräume zunehmend ein.

# Übersicht

- 1 Résumé – Spannungs- und Verformungszustand
- 2 Résumé – Mikroseismische Aktivität im Tragsystem
- 3 Résumé – Beanspruchung des Tragsystems
- 4 Résumé – Salzlösungsmonitoring**
- 5 Schlussfolgerungen

# Salzlösungsmonitoring

## Baufeld an der Südflanke

- Im Abbau 3/658 hat sich ab Ende 2014 die Fassungsrate stabil auf einem Niveau von ca.  $11,5 \text{ m}^3/\text{d}$  eingestellt. Seit Anfang 2016 stieg die Fassungsrate leicht an und lag 2017 bei ca.  $11,7 \text{ m}^3/\text{d}$ . Aktuell liegt die Fassungsrate bei ca.  $11,6 \text{ m}^3/\text{d}$ .
- Auf der 725-m-Sohle betrug die Fassungsrate im Jahr 2015 durchschnittlich  $0,6 \text{ m}^3/\text{d}$ . Seit Ende 2015 geht diese leicht zurück und lag 2017 im Mittel bei ca.  $0,4 \text{ m}^3/\text{d}$ . Ab September bis zum Jahresende 2017 stieg die Fassungsrate von etwa  $0,3$  auf  $0,5 \text{ m}^3/\text{d}$  an. Aktuell liegt die Fassungsrate bei ca.  $0,6 \text{ m}^3/\text{d}$ .
- Nahezu die gesamte Lösungsmenge wird im Bereich der Abbaureihe 3 oberhalb der 750-m-Sohle gefasst.

# Salzlösungsmonitoring *(Forts.)*

- Der Anteil der im Abbau 3/658 gefassten Lösung hat sich 2017 auf 97 % erhöht (2016: 95 %, 2015: 93 %).
- Auf der 750-m-Sohle wurden in 2017 ca. 0,4 % (2016: 0,5 %, 2015: 0,7 %) der Lösungen gefasst, jedoch sind diese zum Teil kontaminiert, sie durchfeuchten Tragelemente und zersetzen carnallitische Gebirgsbereiche.
- In Summe lag die Zutritts-/Fassungsrate im Bereich des Baufeldes an der Südflanke 2017 bei ca.  $12,1 \text{ m}^3/\text{d}$  (2016:  $12,4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 2015:  $12,5 \text{ m}^3/\text{d}$ )

# Salzlösungsmonitoring *(Forts.)*

## Nordflanke

- Im Bereich der Nordflanke wurden in 2017 durchschnittlich  $0,4 \text{ m}^3/\text{d}$  (2016:  $0,3 \text{ m}^3/\text{d}$ , 2015:  $0,3 \text{ m}^3/\text{d}$ ) gefasst.
- Die Fassung erfolgt aktuell überwiegend über Bohrungen im westlichen Teil des Carnallititbaufeldes.

***Insgesamt ist zur laufenden Erfassung und Bewertung der Zutrittssituation sowie im Hinblick auf die geplante Rückholung die Funktionalität der Fassungssysteme zu erhalten und ggf. anzupassen***

# Übersicht

- 1 Résumé – Spannungs- und Verformungszustand
- 2 Résumé – Mikroseismische Aktivität im Tragsystem
- 3 Résumé – Beanspruchung des Tragsystems
- 4 Résumé – Salzlösungsmonitoring
- 5 Schlussfolgerungen**

# Schlussfolgerungen

- Zur weiteren Stabilisierung des Tragsystems ist eine zügige und systematische Fortsetzung der Resthohlraum- bzw. Firstspaltverfüllung insbesondere im Westflügel des Baufeldes an der Südflanke, im Bereich Sattelkern sowie Carnallitibaufeld unverzichtbar.
- Zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit der in Nutzung befindlichen Infrastrukturräume sind die lokalen Monitoringprogramme weiter auszubauen und durch entsprechende Messsysteme zu ergänzen.

# Schlussfolgerungen *(Forts.)*

- ⇒ Im Ergebnis des Monitorings wurden/werden bei Bedarf entsprechende Empfehlungen für zielgerichtete Sanierungs- und Stabilisierungsmaßnahmen gegeben oder werden bereits umgesetzt.
- ⇒ Für den südwestlichen Teil der 725- und 750-m-Sohle sind weitere Stabilisierungsmaßnahmen zur Begrenzung der Schädigungsentwicklung umzusetzen, auch um der Schaffung weiterer Migrationspfade für Salzlösungen entgegen zu wirken.
- ⇒ Auch im Hinblick auf die geplante Rückholung der radioaktiven Abfälle ist die Stabilisierung des Tragsystems unverzichtbar.

## Schlussfolgerungen *(Forts.)*

- ⇒ Die fortschreitenden Schädigungsprozesse schränken die Gebrauchstauglichkeit insbesondere der Infrastrukturbereiche auf der 490- und 700-m-Sohle sowie der Wendelstrecke zunehmend ein bzw. erfordern zusätzliche Stabilisierungs-/Sanierungsmaßnahmen.
- ⇒ Aufgrund der vorhandenen gebirgsmechanischen Beanspruchungen im Zutrittsbereich ist keine Abnahme der hydrogeologischen Gefährdung zu erkennen. Es besteht vielmehr die Gefahr, dass sich neue Zutrittspfade ergeben und dies die Fassung oberhalb der Einlagerungskammern erschwert.

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

