



BUNDEGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

# GEBIRGSBEOBACHTUNGSGESPRÄCH 2021

Geotechnisches, geophysikalisches Monitoringprogramm und Salzlösungsmonitoring

Lutz Teichmann, Christoph Wagner, Dr. Eric Wolff, Dr. Harold Kühn,  
Falk Herrmann, Dr. Peter Kamlot (IfG) und Reinhard Wendling

Schöppenstedt, den 14. Juli 2022

# Gesamtübersicht

- Teil 01 Ergebnisse des Geomonitorings Asse
- Teil 02 IfG: Bewertung des Tragsystems
- Teil 03 Salzlösungsmonitoring
- Teil 04 Zusammenfassung und Fazit





Ergebnisse des Geomonitorings Asse

01

# ÜBERBLICK

Teil 01

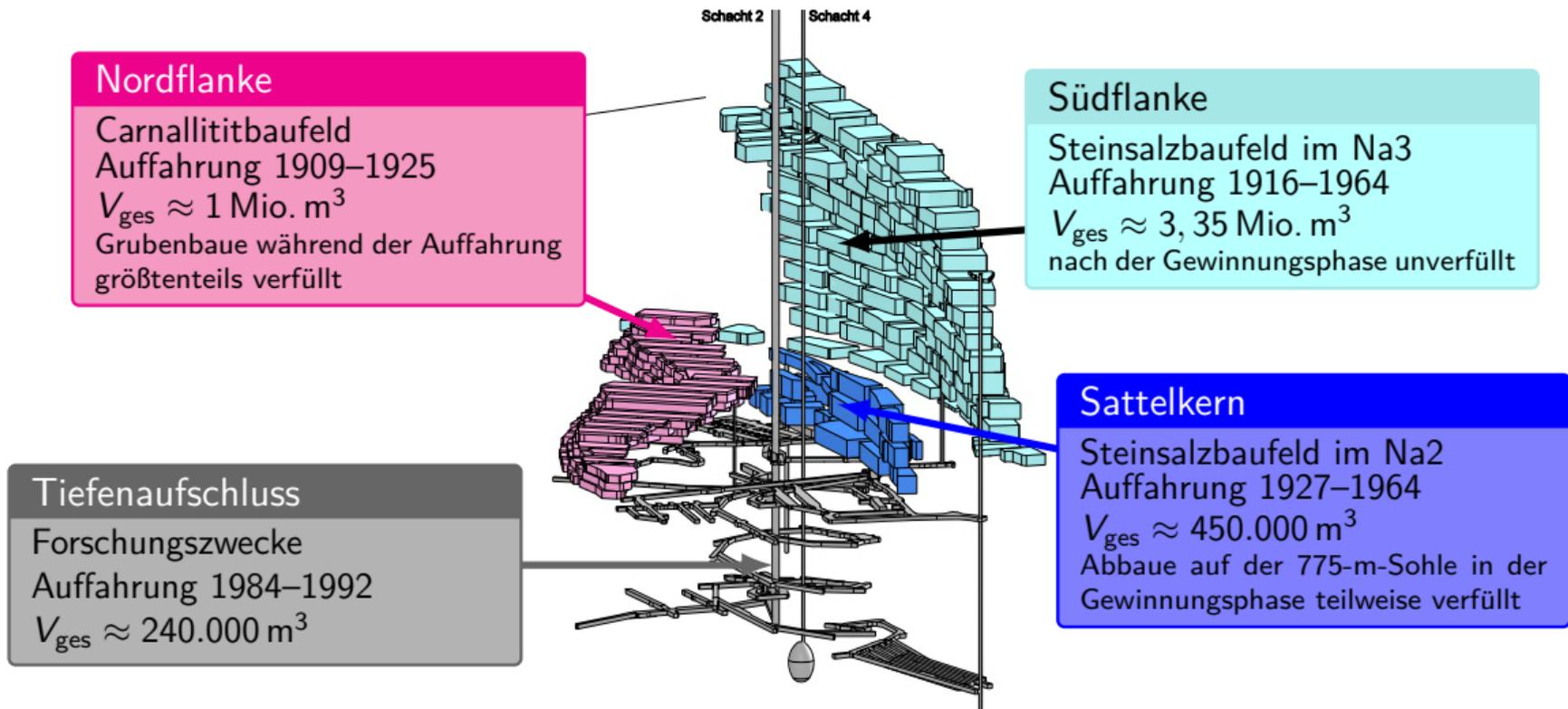
- 1 Einleitung
- 2 Beanspruchung des Tragsystems
- 3 Lage- und Höhenmessungen
- 4 Verformungsmessungen im Tragsystem
- 5 Verschiebungsvektor Südflanke
- 6 Mikroseismische Überwachung
- 7 Lokale Monitoringprogramme

# ÜBERBLICK

Teil 01

- 1 Einleitung
- 2 Beanspruchung des Tragsystems
- 3 Lage- und Höhenmessungen
- 4 Verformungsmessungen im Tragsystem
- 5 Verschiebungsvektor Südflanke
- 6 Mikroseismische Überwachung
- 7 Lokale Monitoringprogramme

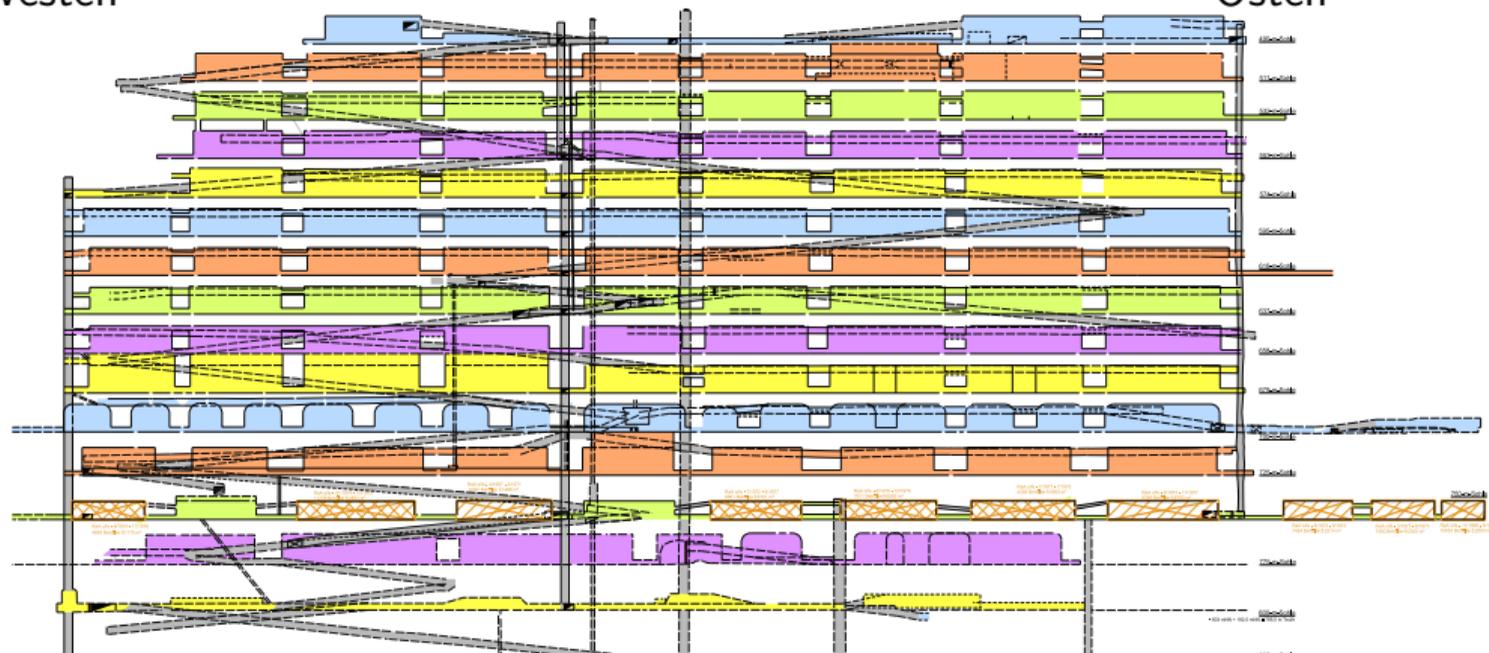
# Baufelder im Grubengebäude



# Baufeld an der Südflanke

Westen

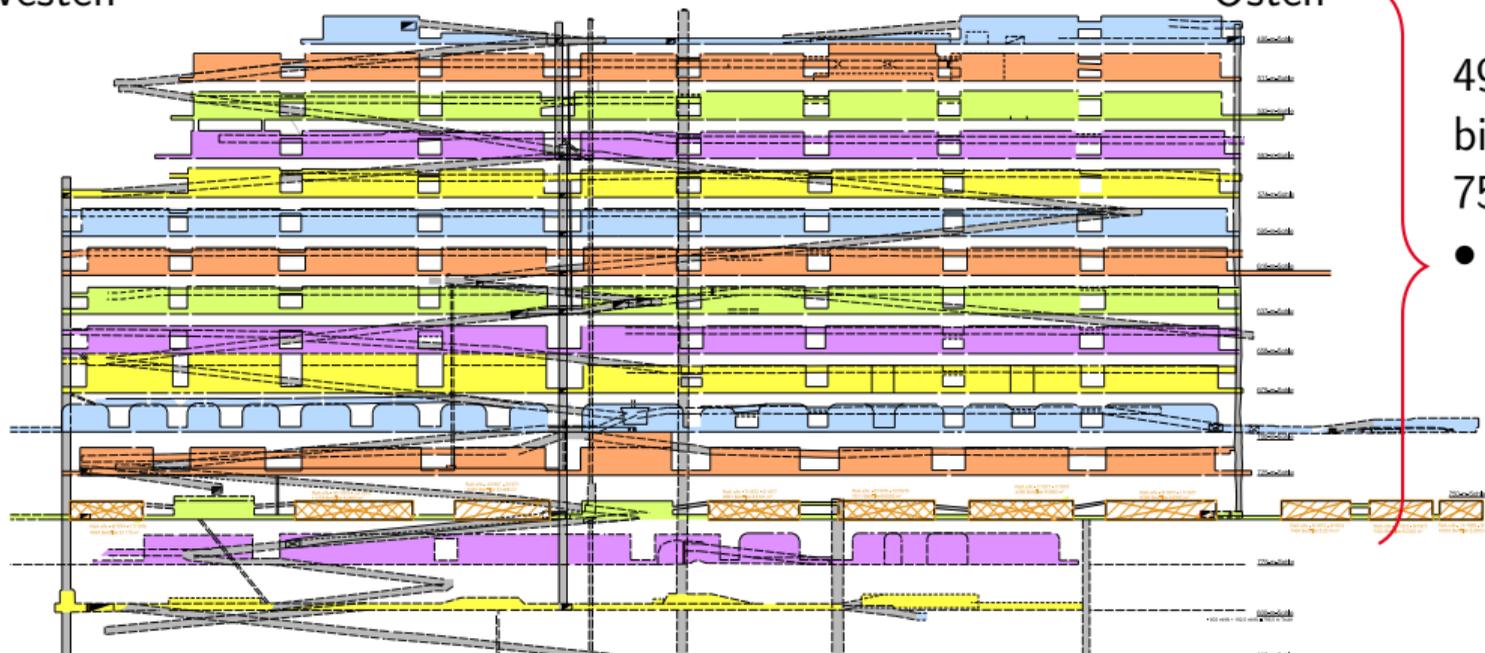
Osten



# Baufeld an der Südflanke

Westen

Osten

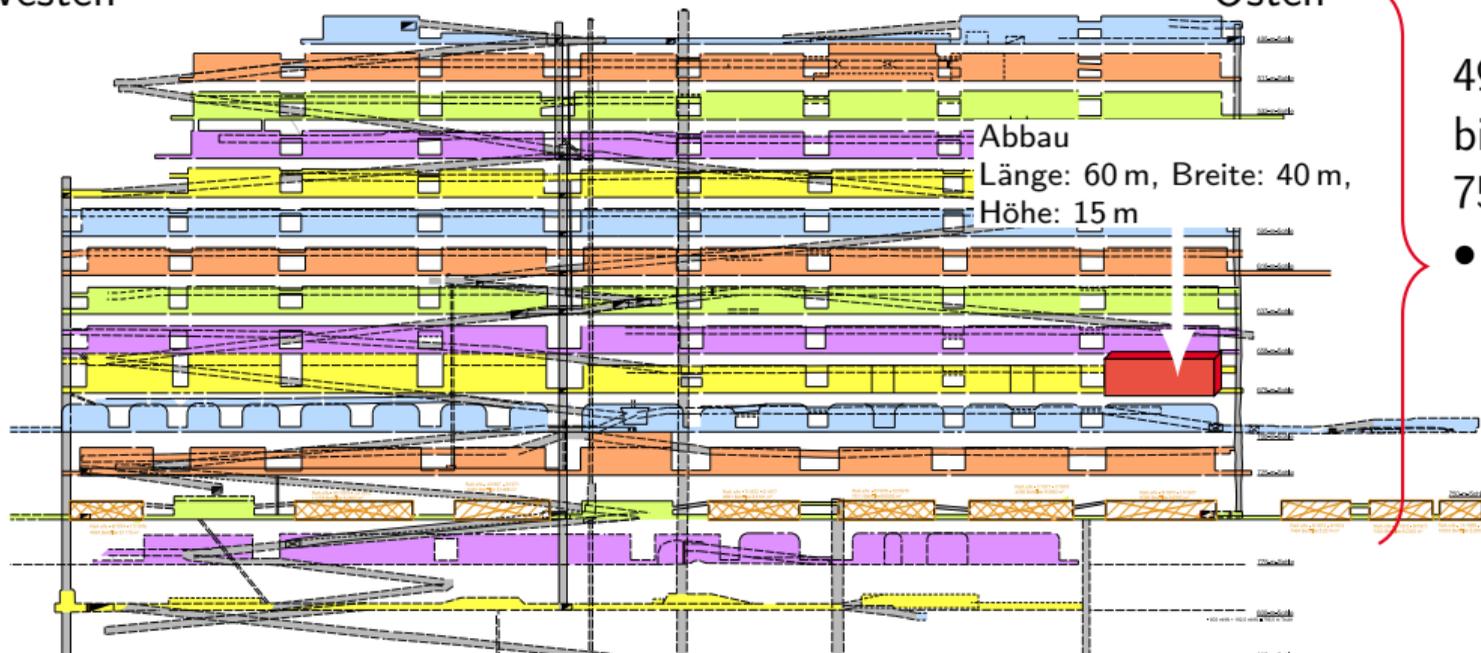


490-m-Sohle  
bis zur  
750-m-Sohle  
● 131 Abbaue

# Baufeld an der Südflanke

Westen

Osten

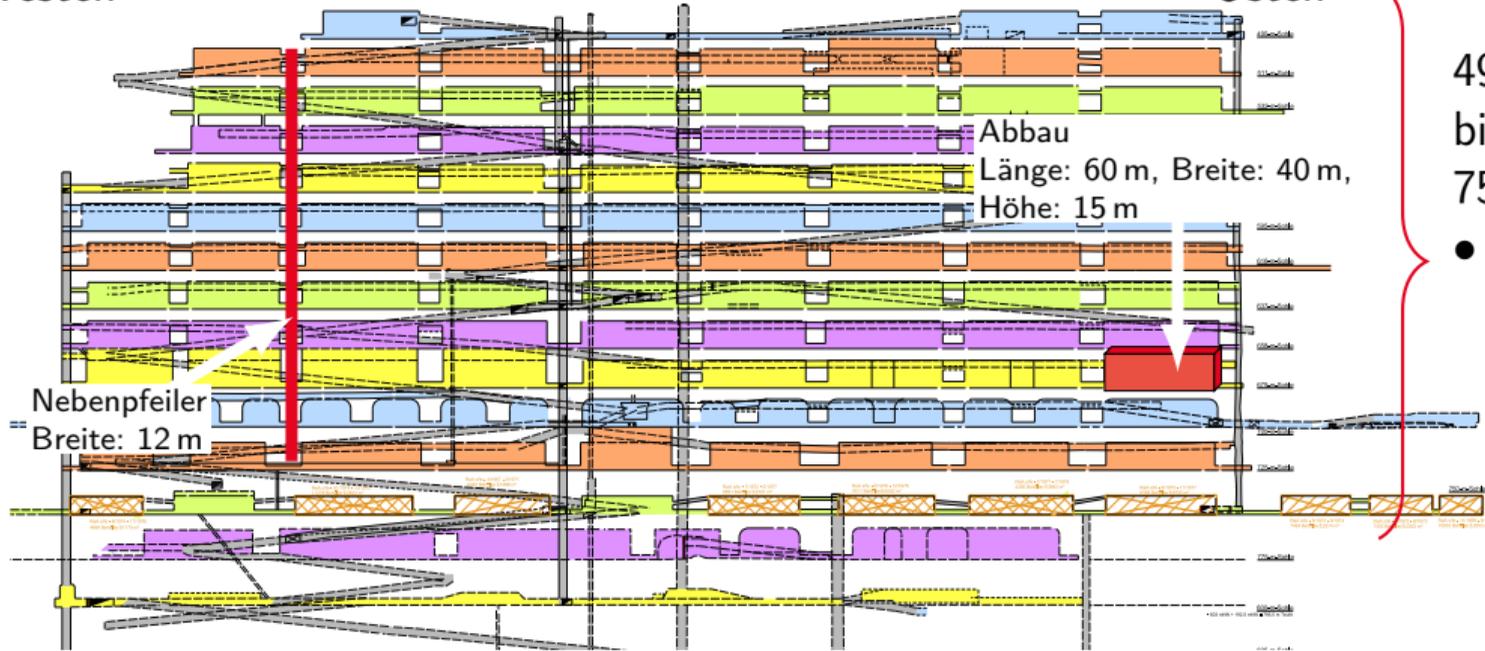


490-m-Sohle  
bis zur  
750-m-Sohle  
● 131 Abbaue

# Baufeld an der Südflanke

Westen

Osten



Nebenseiler  
Breite: 12 m

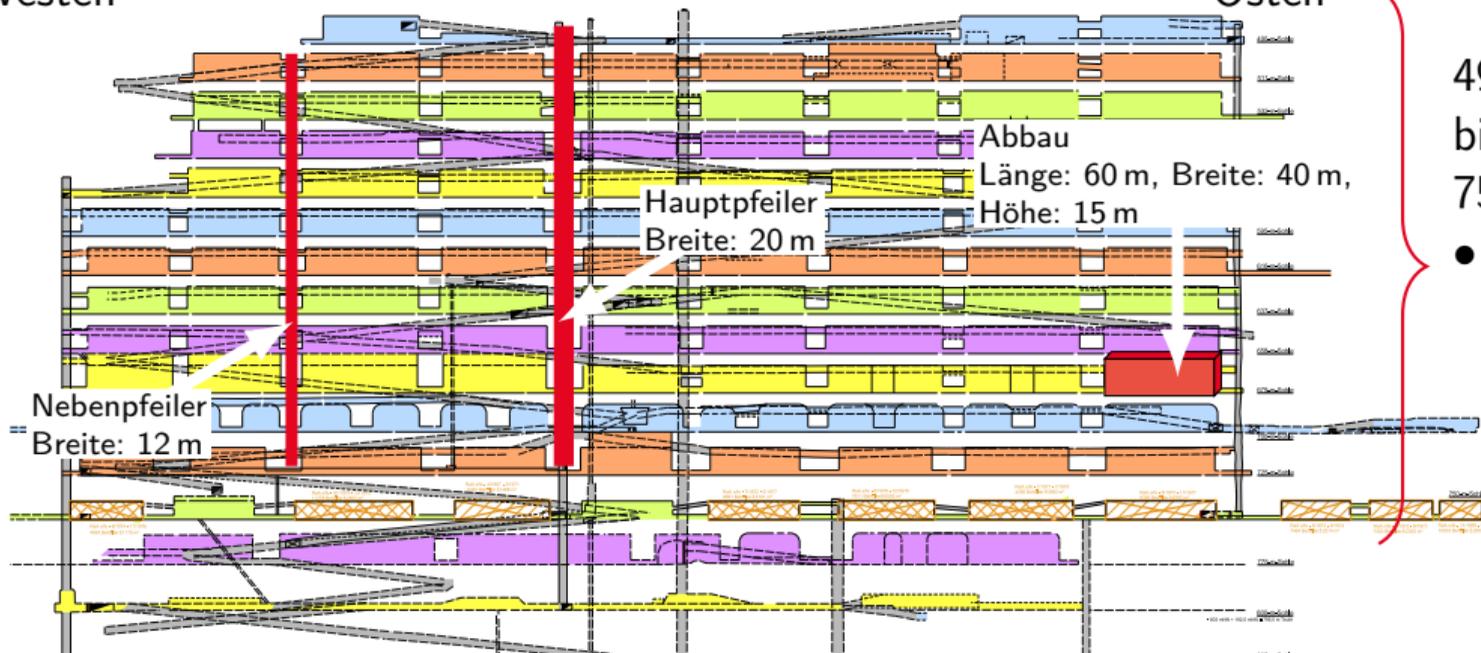
Abbau  
Länge: 60 m, Breite: 40 m,  
Höhe: 15 m

490-m-Sohle  
bis zur  
750-m-Sohle  
● 131 Abbaue

# Baufeld an der Südflanke

Westen

Osten



Abbau  
Länge: 60 m, Breite: 40 m,  
Höhe: 15 m

Hauptpfeiler  
Breite: 20 m

Nebepfeiler  
Breite: 12 m

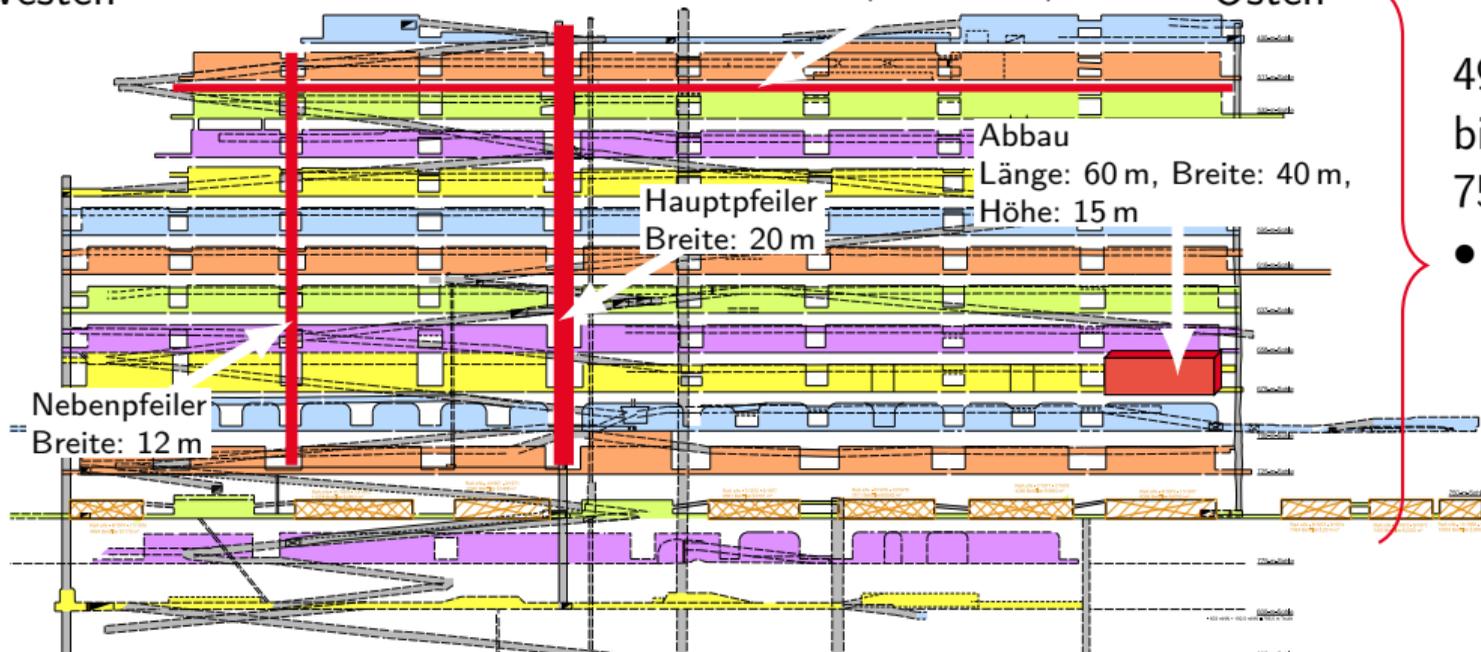
490-m-Sohle  
bis zur  
750-m-Sohle  
● 131 Abbaue

# Baufeld an der Südflanke

Westen

Schweben  
Mächtigkeit: 6 m  
(wenn vorhanden)

Osten

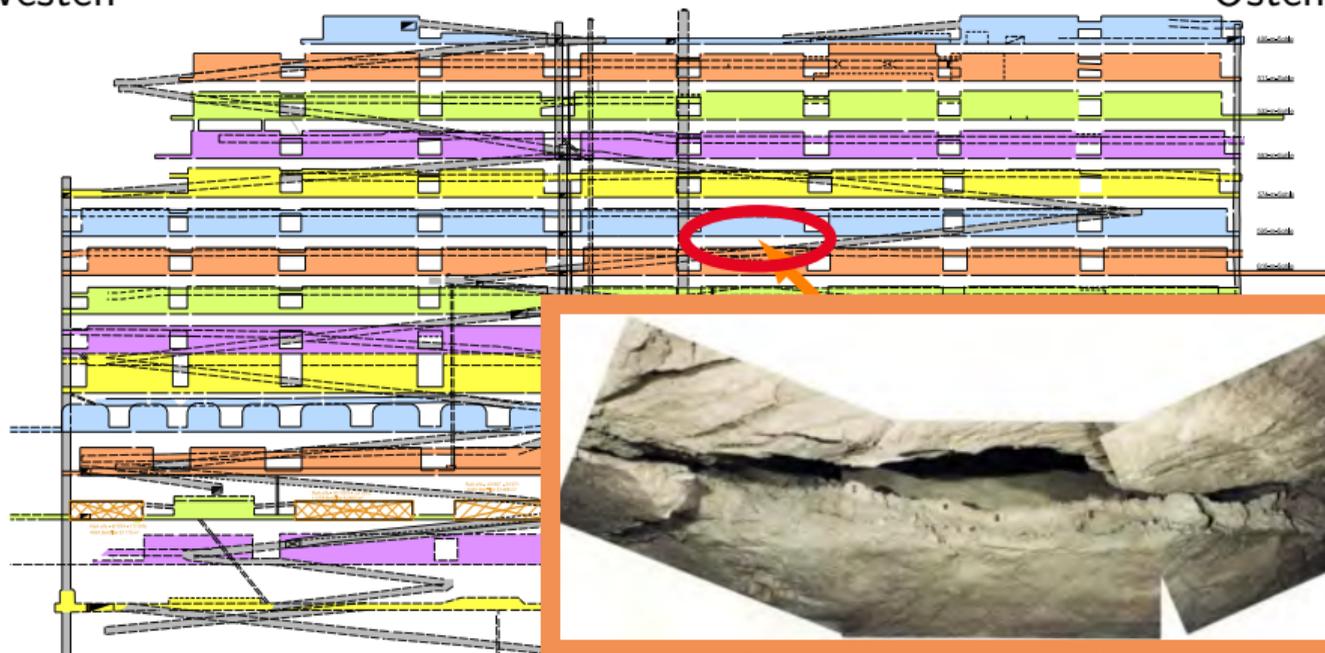


490-m-Sohle  
bis zur  
750-m-Sohle  
● 131 Abbaue

# Baufeld an der Südflanke

Westen

Osten

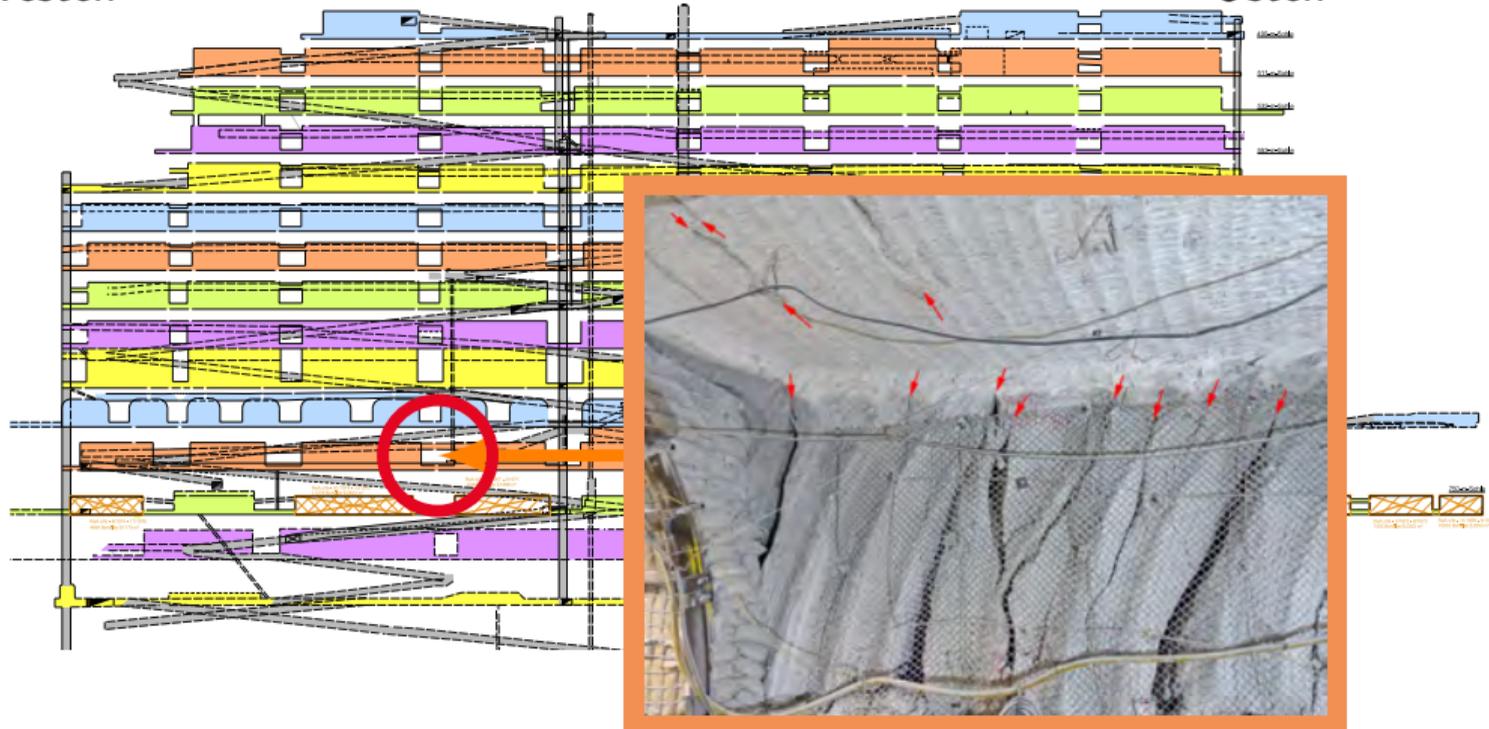


25.04.1978: Schwebenbruch 6/595–6/616

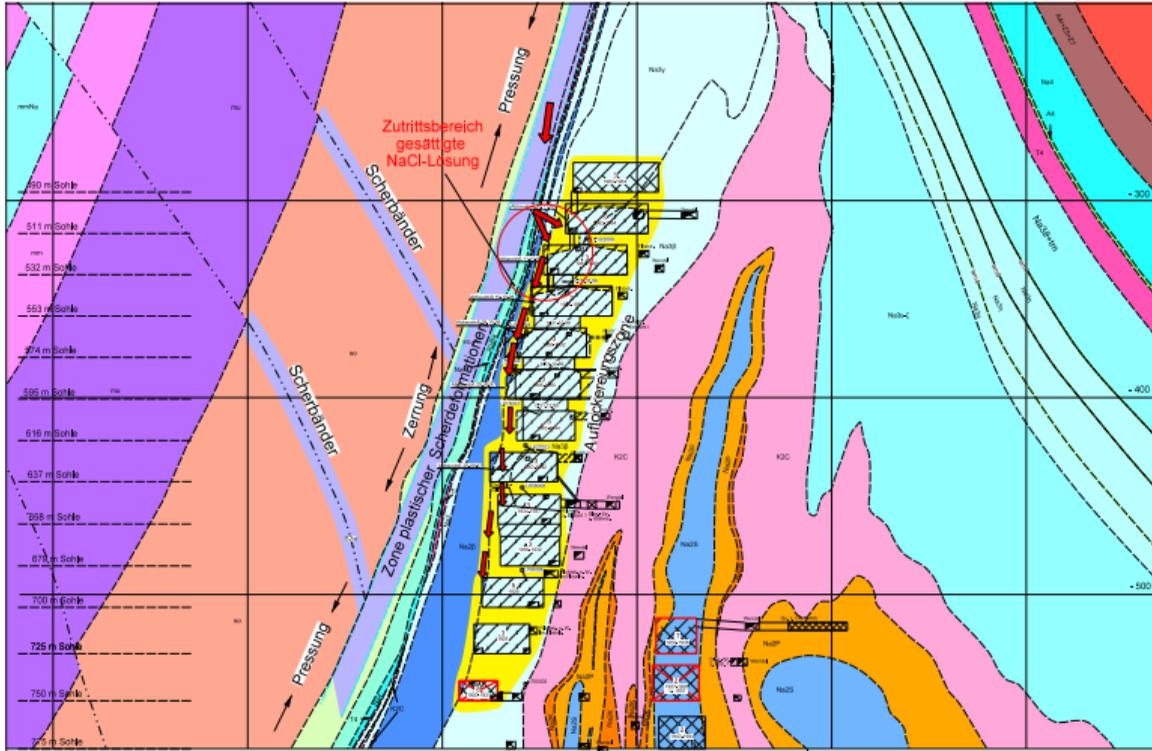
# Baufeld an der Südflanke

Westen

Osten



# Interaktion: Deckgebirge – Südflanke



Legende:

-  dilatante Auflockerungszone
-  potentielle Fließwege

# Geotechnisches Überwachungsprogramm



Folgende Aspekte sind für das Geomonitoring Asse seit 2012 zu beachten:

- **Deutlich verlängerte Betriebsphase**

Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen und Vorbereitung der Rückholung. Dauer der Rückholung mehrere Jahrzehnte. ⇒ **Ausbau der Monitoringsysteme erforderlich.**

- **Stabilisierung des Tragsystems**

Zur Notfallvorsorge 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.

# Geotechnisches Überwachungsprogramm *(Forts.)*



Seit Ende 2009 geophysikalische und geotechnische Überwachung der Firstspaltverfüllung im Baufeld an der Südflanke

- 70 von den 100 Abbauen sind verfüllt (Stand: 06/2022).
  - Abbaureihe 1 und der Ostflügel (Abbaureihen 5 bis 9) sind vollständig verfüllt.
  - Am oberen Baufeldrand sind die Firstspalte der Abbaue der 511- und 532-m-Sohle nahezu verfüllt.
- ⇒ Für eine dauerhafte und nachhaltige Stabilisierung des Baufeldes sind weitere Firstspalt- und Resthohlraumverfüllungen mit Sorelbeton notwendig.

# Stabilisierungsmaßnahmen

Einfluss auf die gebirgsmechanische Situation im Grubengebäude



## ■ Südflanke 490- bis 725-m-Sohle

Insgesamt wurden bis Juni 2022 ca. 210.000 m<sup>3</sup> Sorelbeton im Baufeld an der Südflanke eingebracht.

Die Verfüllung der Firstspalte in Abbaureihe 2 und 4 ist in Vorbereitung.

## ■ Sattelkern 750- bis 775-m-Sohle

Die Firstspaltverfüllung auf der 775-m-Sohle wurde im September 2013 abgeschlossen. Insgesamt wurden ca. 17.000 m<sup>3</sup> Sorelbeton in die Firstspalte eingebracht. Auf der 750-m-Sohle sind noch Resthohlräume vorhanden.

# Stabilisierungsmaßnahmen

Einfluss auf die gebirgsmechanische Situation im Grubengebäude



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

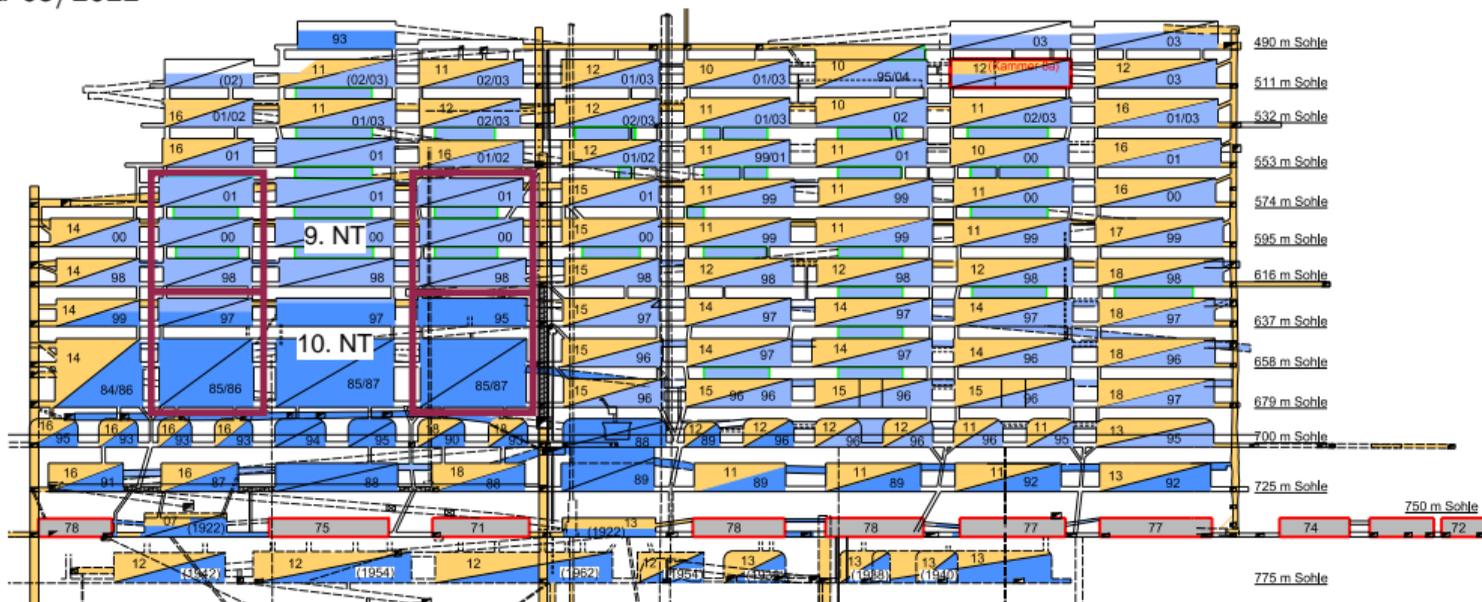
Firstspalte in den Kali-Abbauen 1 bis 5 Ost und 12 Ost sowie Resthohlräume in umliegenden Grubenbauen wurden mit ca. 3.800 m<sup>3</sup> Sorelbeton verfüllt.

- **Gesamtes Grubengebäude**

Mit Stand 06/2022 wurden bisher ca. 420.000 m<sup>3</sup> Sorelbeton in das Grubengebäude eingebracht (Gesamt Hohlräumvolumen ca. 4,7 Mio.m<sup>3</sup>).

# Resthohlraum- und Firstspaltverfüllung

Stand 05/2022



- |  |   |  |
|--|---|--|
|  Eigenversatz |  Ronnenbergversatz |  ELK                   |
|  Sorelbeton   |  Schwebenbruch     |  FSV (in Vorbereitung) |
- Schema  Abbau verfüllt  
 Firste betoniert

# Verfüllmaßnahmen

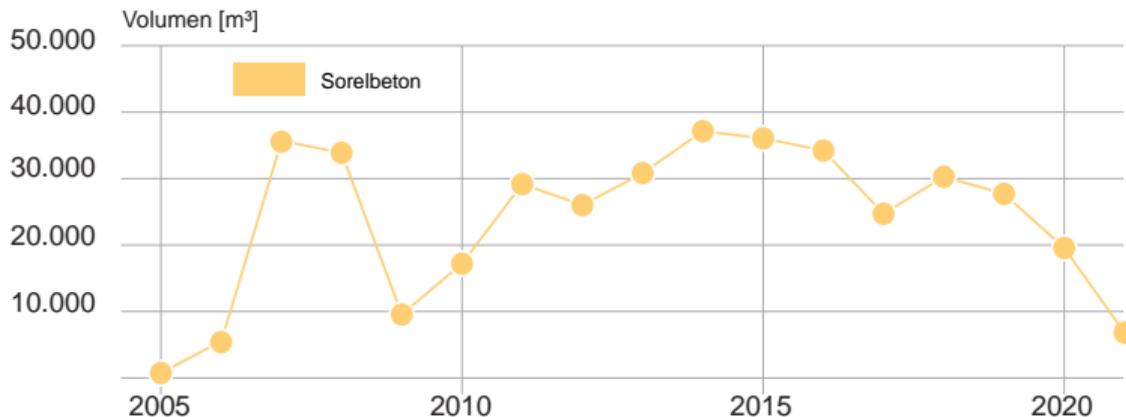
Um den Schädigungsprozess weiter zu verlangsamen, wurden 2021 und 2022 folgende Maßnahmen umgesetzt:

## ■ Resthohlraumverfüllungen

- Abbau 6/725 (Na2)
- Querschlag zum Abbau 4/637
- Nachverfüllung von Hohlräumen auf der 532-m-Sohle
- qualitätsgerechte Verfüllung von diversen Rolllöchern und Bohrungen
- Resthohlraumverfüllungen im Tiefenaufschluss

# Volumenbilanz

Darstellung der Verfüllvolumina der letzten Jahre

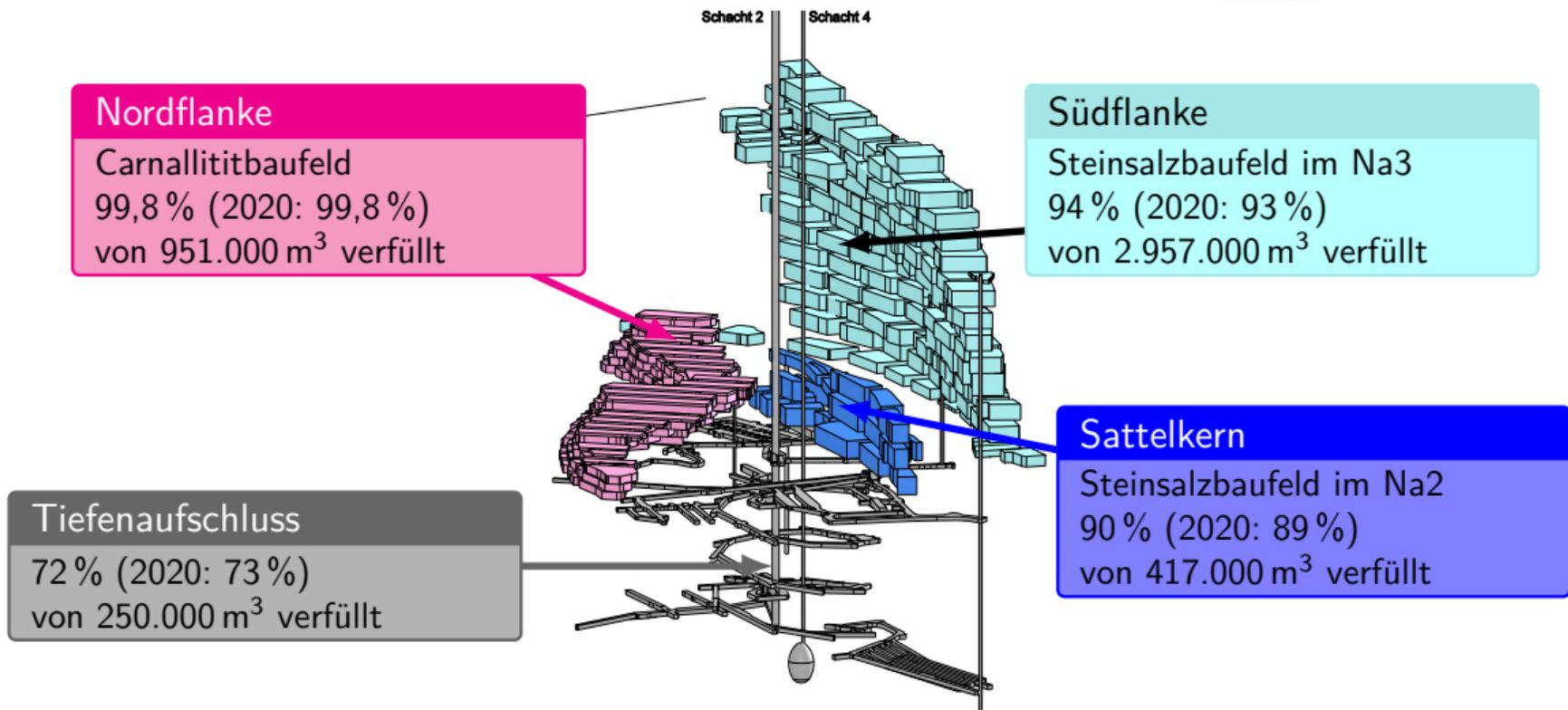


■ eingebrachte Sorelbetonmenge der letzten Jahre:

- 2018: 30.000 m<sup>3</sup>
- 2019: 28.000 m<sup>3</sup>
- 2020: 20.000 m<sup>3</sup>
- 2021: 7.000 m<sup>3</sup>

■ durchschnittliche jährliche Betonierleistung seit 2005: ca. 24.000 m<sup>3</sup>

# Volumenbilanz



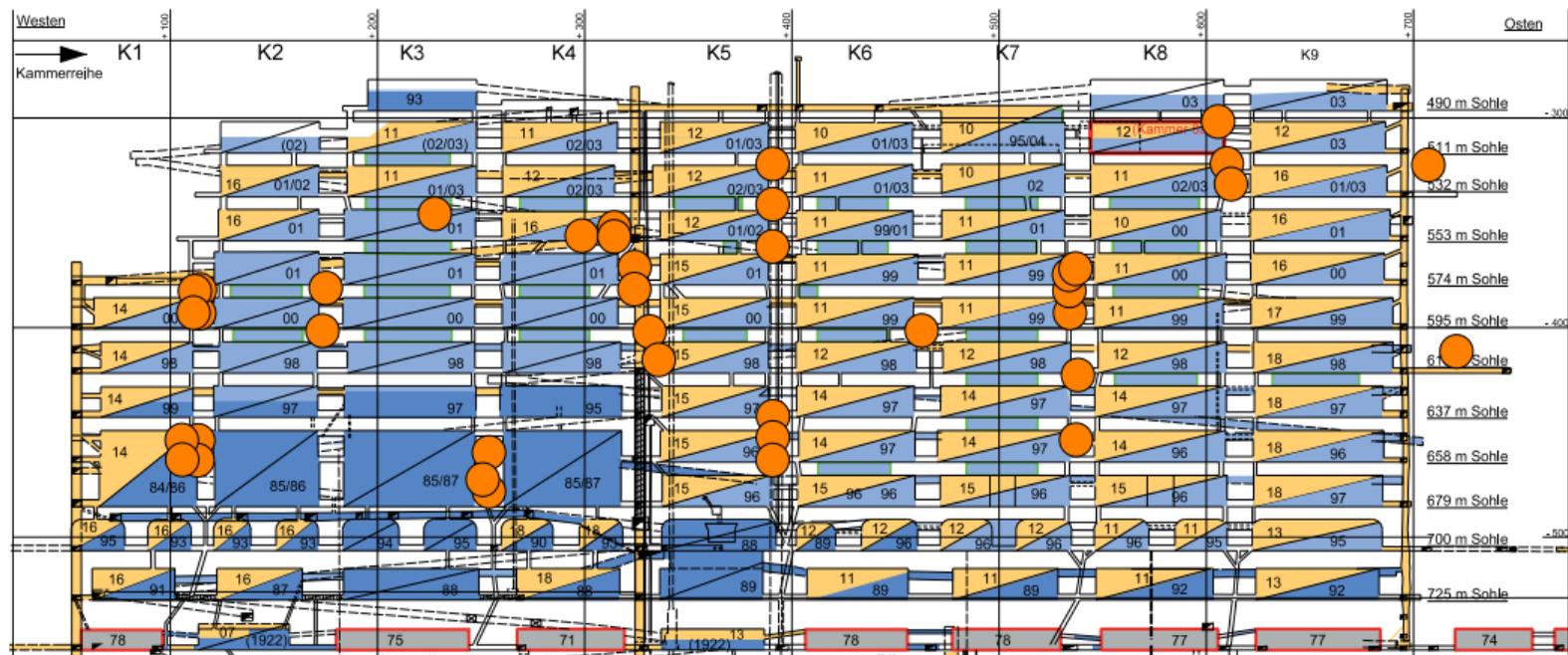
# ÜBERBLICK

Teil 01

- 1 Einleitung
- 2 Beanspruchung des Tragsystems**
- 3 Lage- und Höhenmessungen
- 4 Verformungsmessungen im Tragsystem
- 5 Verschiebungsvektor Südflanke
- 6 Mikroseismische Überwachung
- 7 Lokale Monitoringprogramme

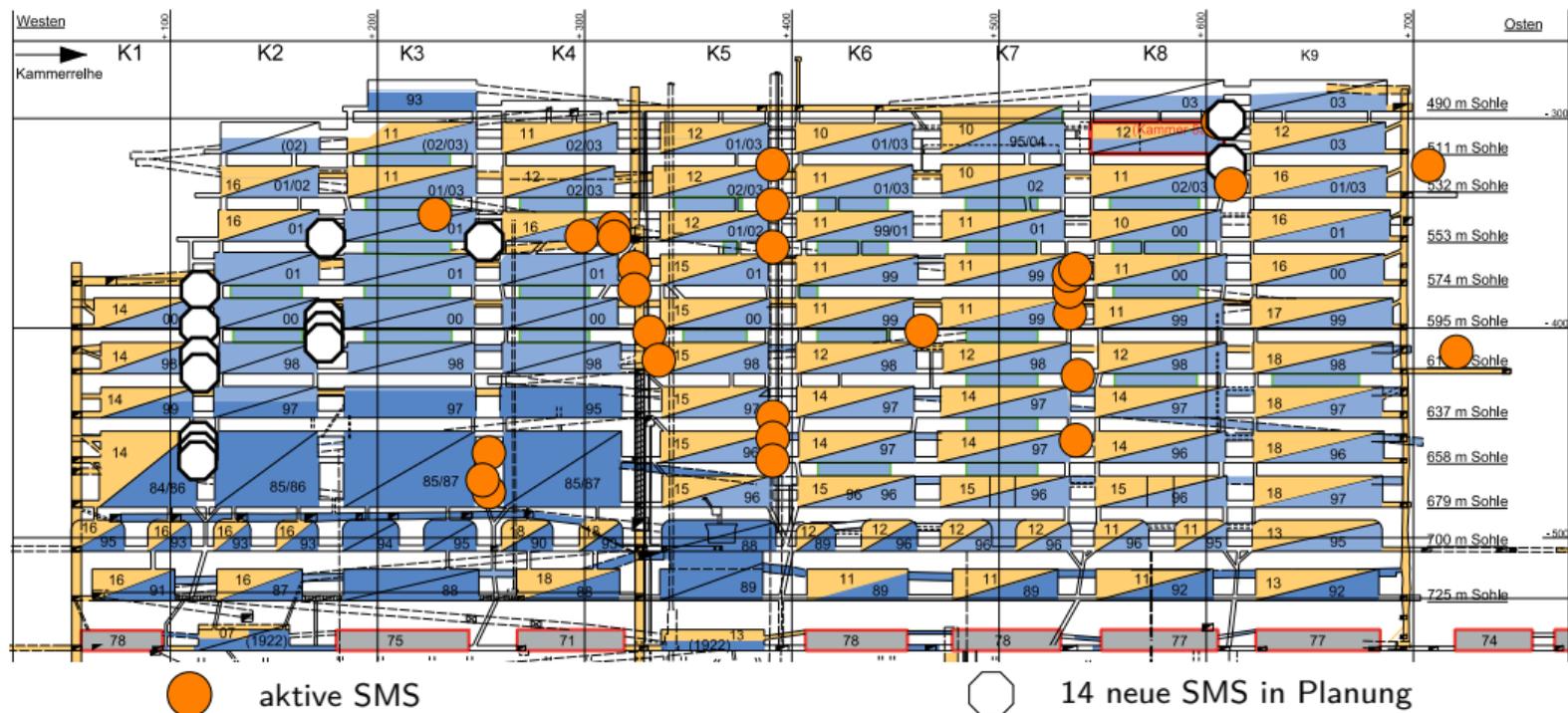
- 2 Beanspruchung des Tragsystems
  - Spannungsmessungen in den Pfeilern
  - Lastmessungen im Versatz

# Lage der Spannungsmonitorstationen (SMS)



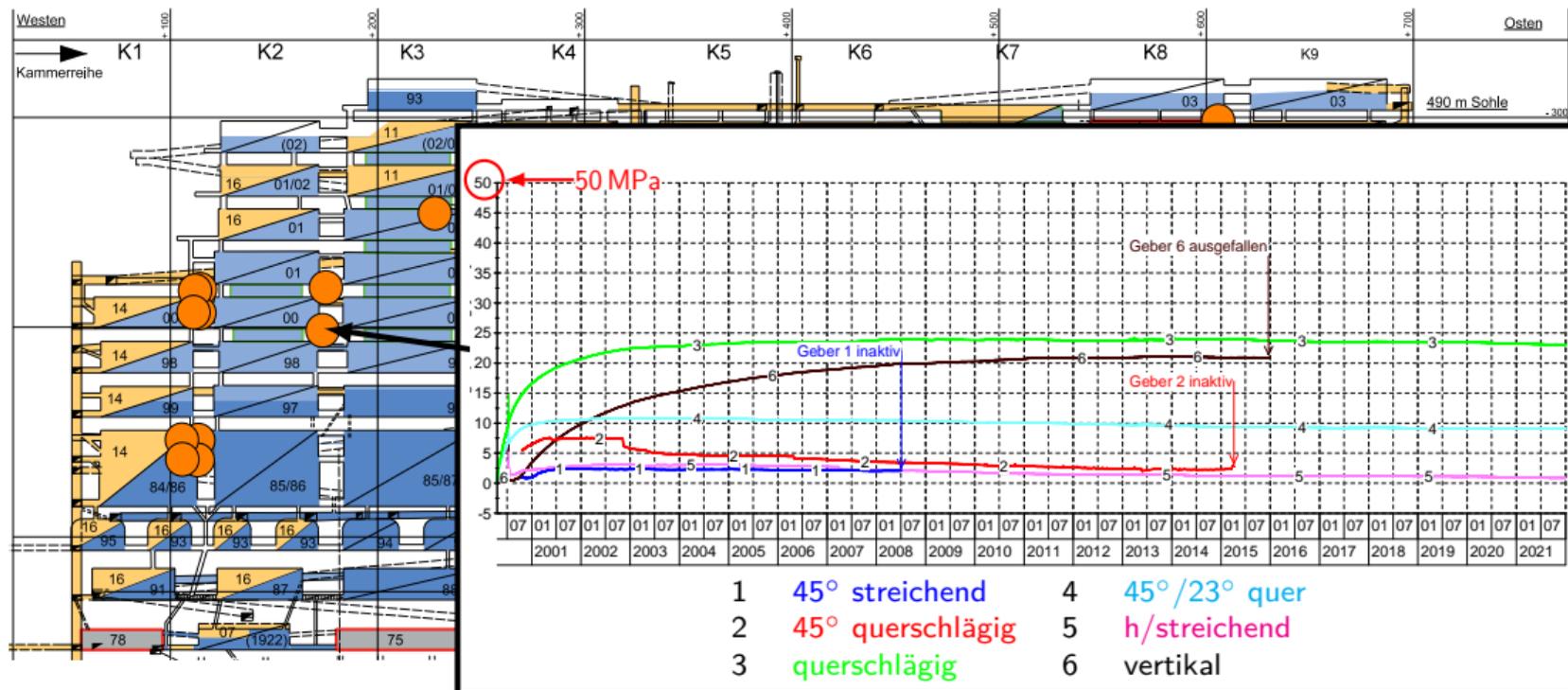
● Spannungsmonitorstation – 38 SMS in Messwerterfassung (Stand: 12/2021)

# Lage der Spannungsmonitorstationen (SMS)



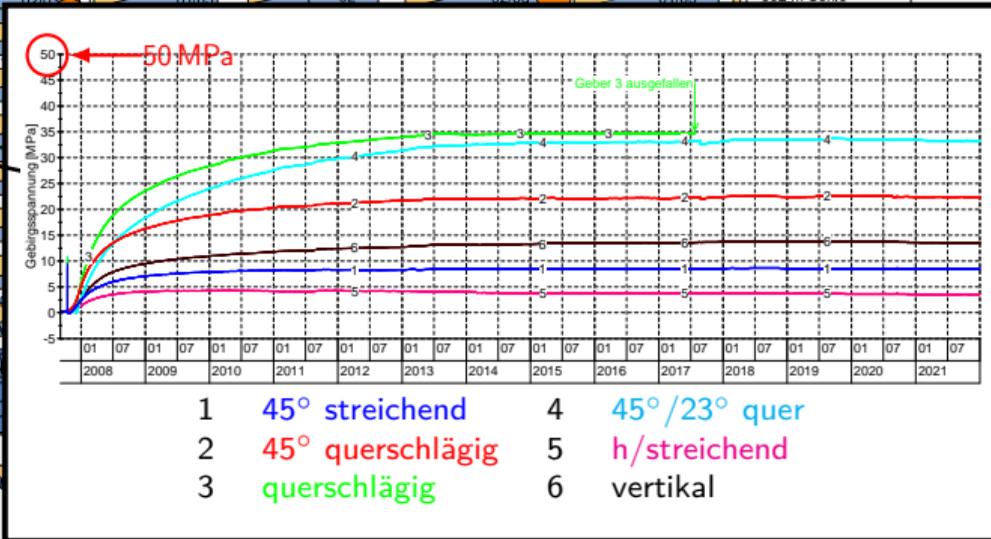
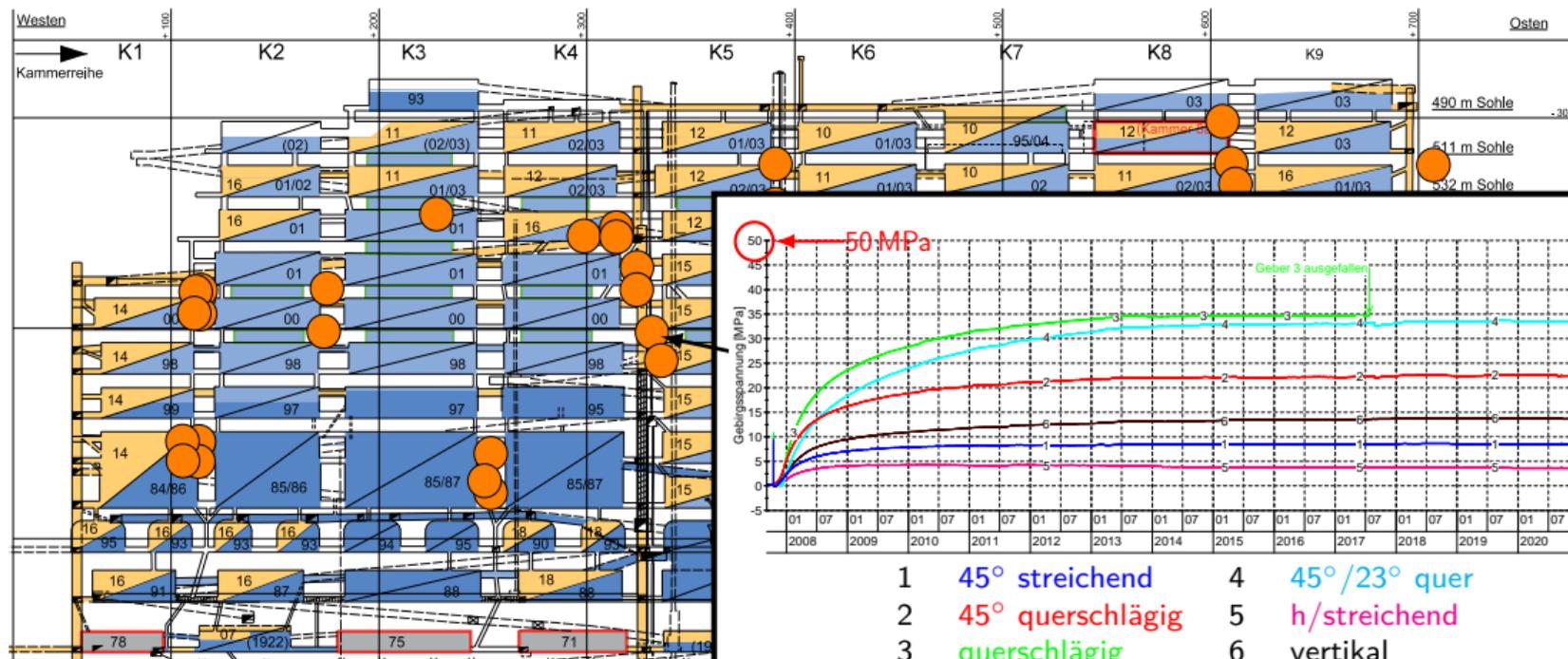
# Spannungssituation im Pfeiler 2/3

Mittlerer Pfeilerbereich, 598 m Teufe – Messwerte



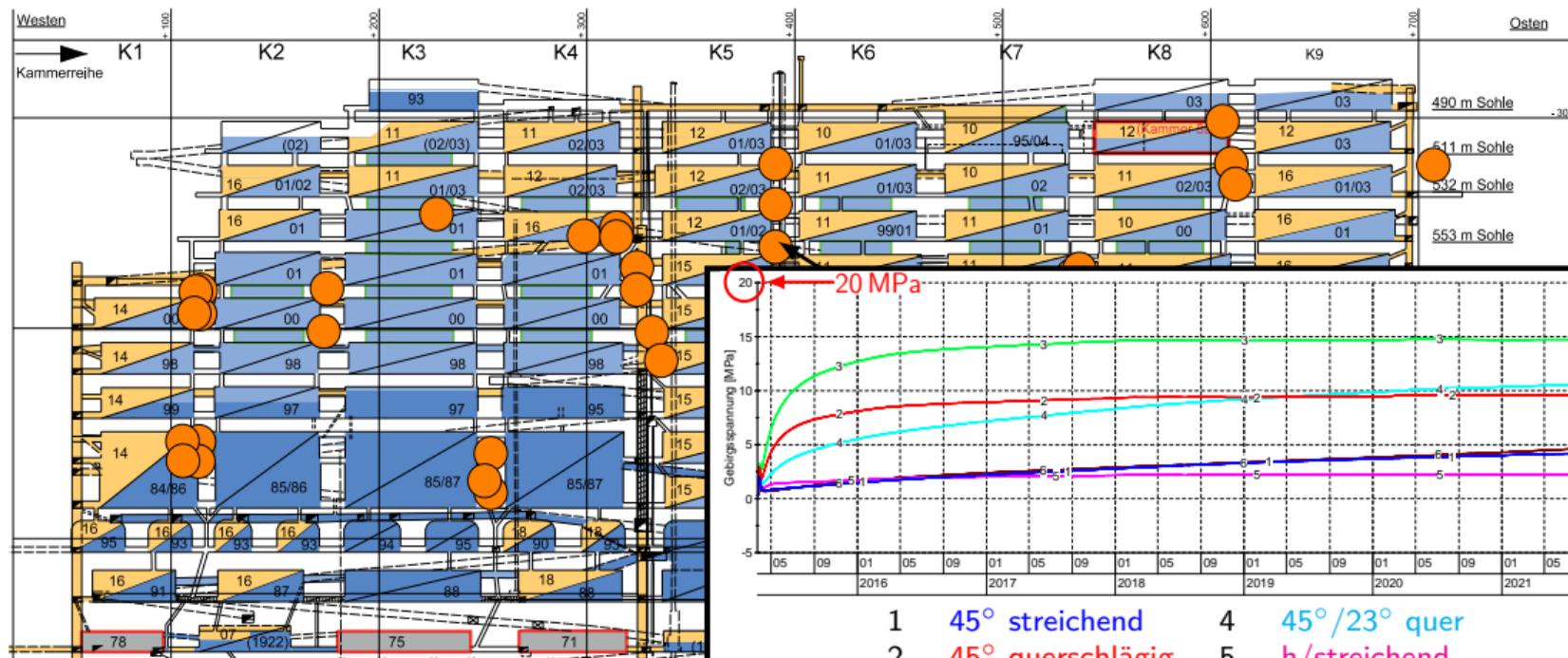
# Spannungssituation im Pfeiler 4/5

Pfeilermitte 609 m Teufe – Messwerte



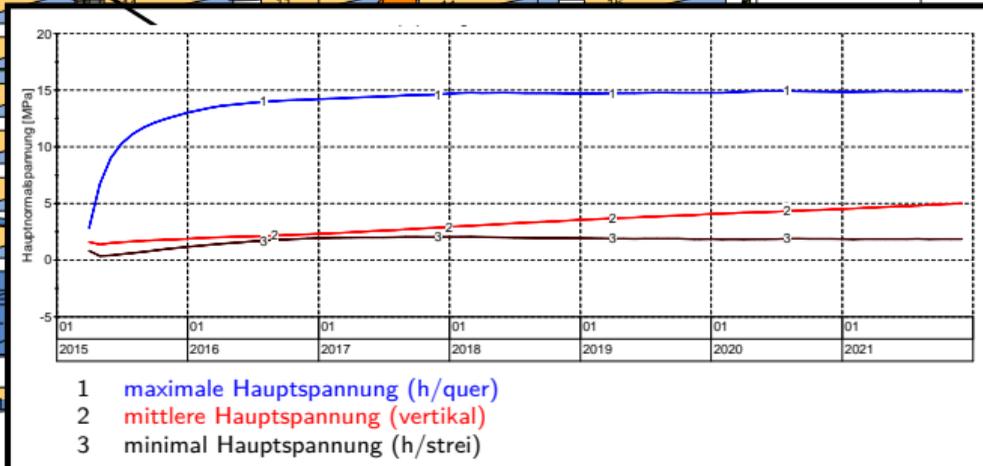
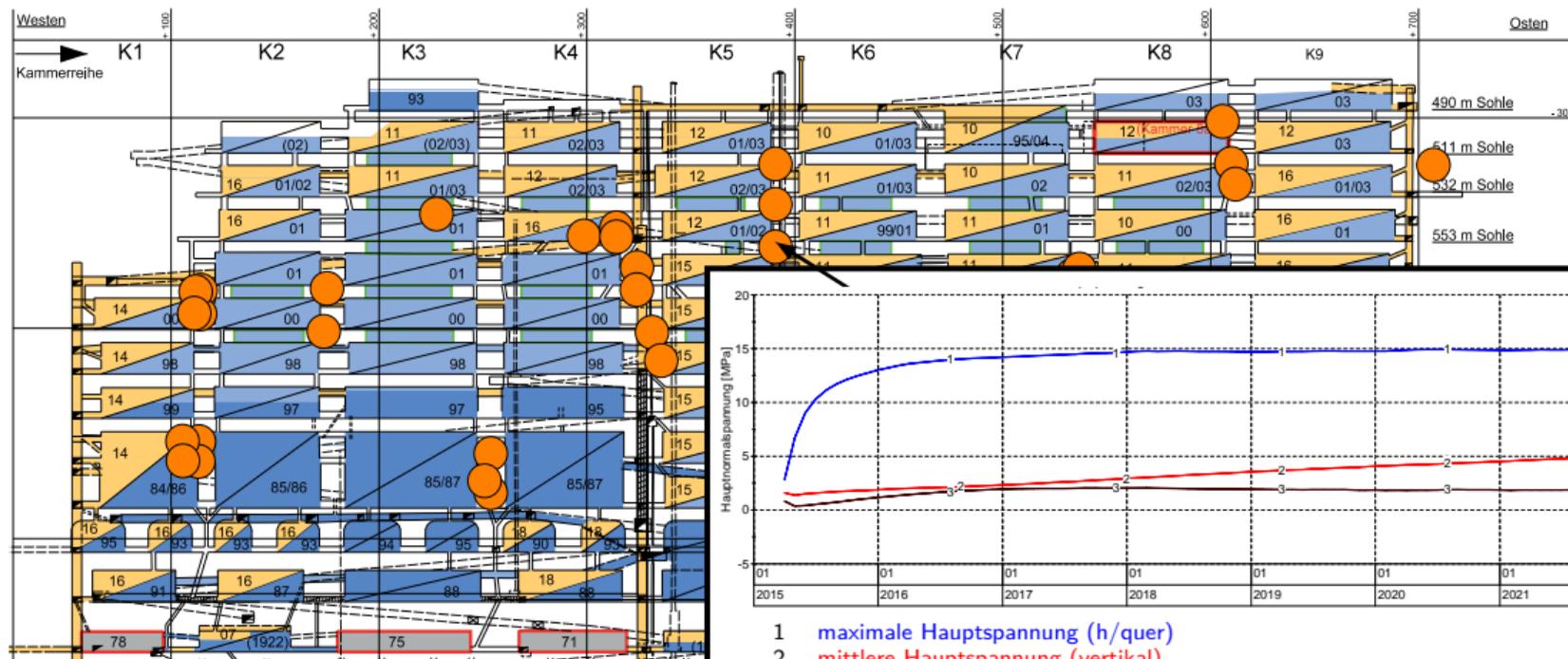
# Spannungssituation im Pfeiler 5/6

Pfeilermitte, 555 m Teufe – Messwerte



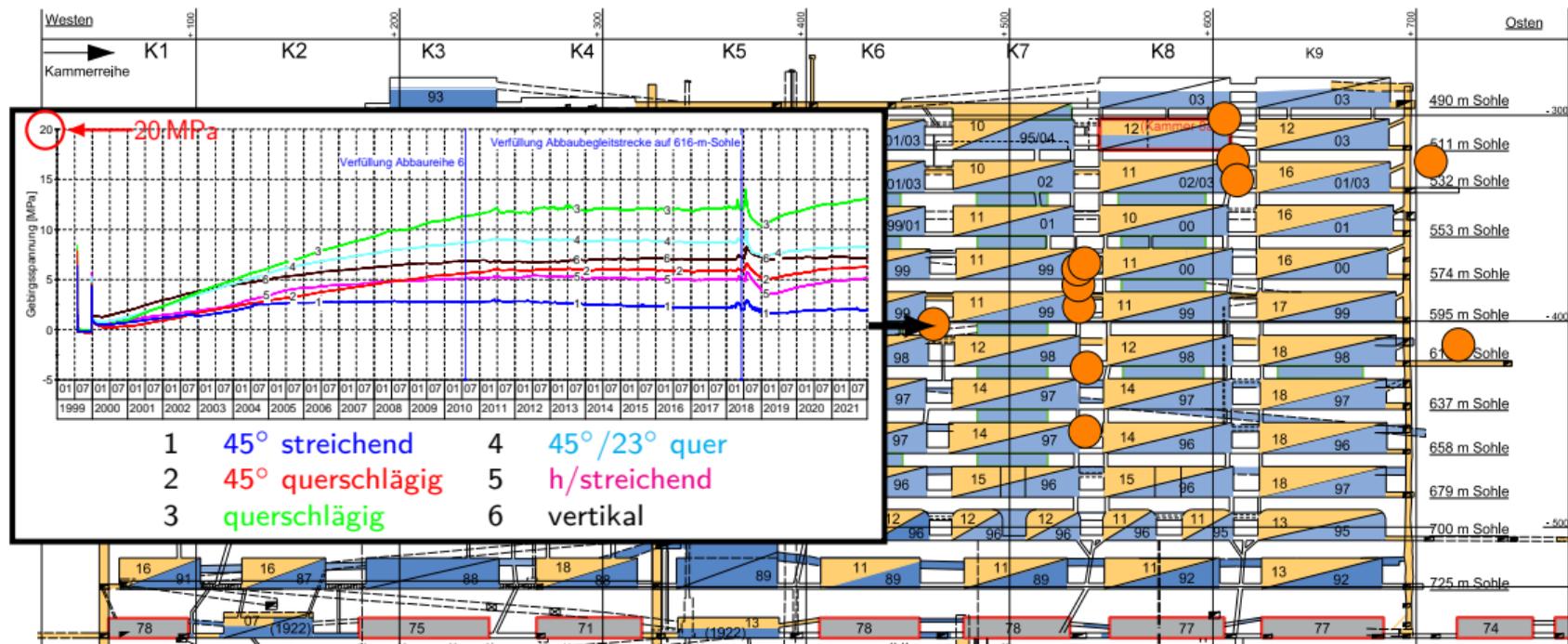
# Spannungssituation im Pfeiler 5/6

Pfeilermitte, 555 m Teufe – Hauptspannungen



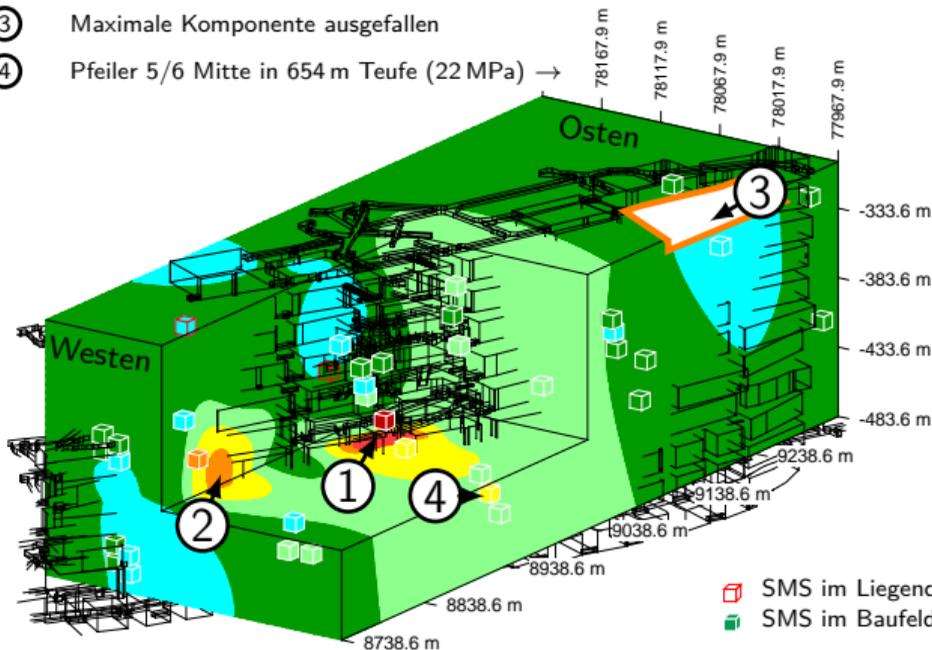
# Spannungssituation im Pfeiler 6/7

Nördlicher Pfeilerbereich, 599 m Teufe – Messwerte

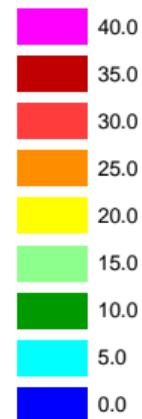


# Maximalspannungsmesswerte 12/2021

- ① Pfeiler 4/5 Süd in 566 m Teufe (33 MPa) →
- ② Pfeiler 2/3 Mitte in 598 m Teufe (23 MPa) →
- ③ Maximale Komponente ausgefallen
- ④ Pfeiler 5/6 Mitte in 654 m Teufe (22 MPa) →



Druckspannung [MPa]

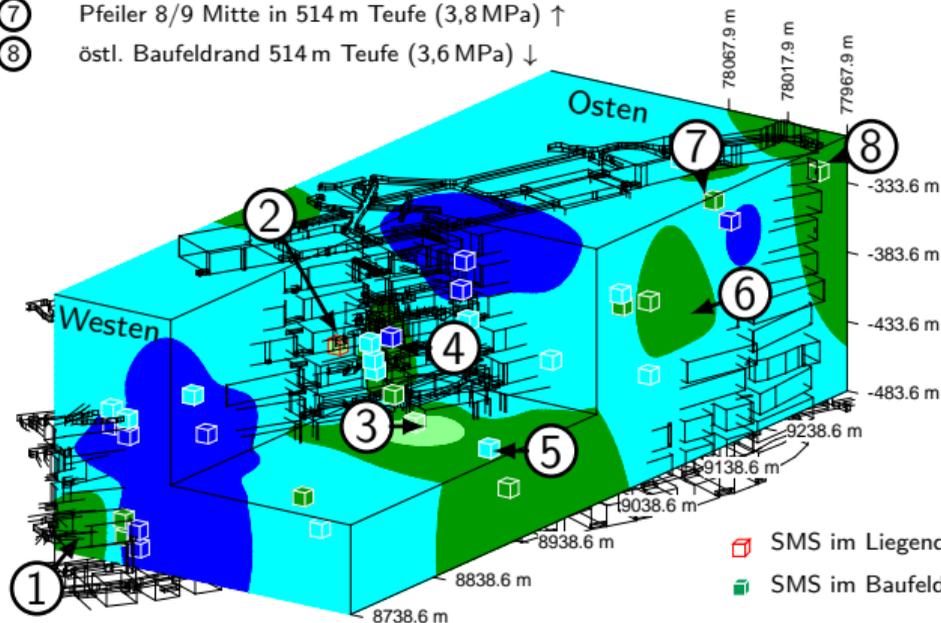


Stationen mit mehr als einem Messwert

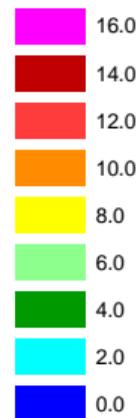
-  SMS im Liegenden des Baufeldes an der Südflanke
-  SMS im Baufeld an der Südflanke

# Minimalspannungsmesswerte 12/2021

- |  |  |
|--|--|
| ① Pfeiler 1/2 Nord in 651 m Teufe (4,4 MPa) →  | ② im Liegenden des Baufeldes (nördlich Pfeiler 4/5) in 577 m Teufe (6,4 MPa) ↑ |
| ③ Pfeiler 4/5 Süd in 619 m Teufe (5,4 MPa) ↑   | ④ Pfeiler 4/5 Mitte in 609 m Teufe (3,6 MPa) →                                 |
| ⑤ Pfeiler 5/6 Nord in 640 m Teufe (2,9 MPa) ↑  | ⑥ Pfeiler 7/8 Süd in 566 m Teufe (3,9 MPa) ↓                                   |
| ⑦ Pfeiler 8/9 Mitte in 514 m Teufe (3,8 MPa) ↑ |  |
| ⑧ östl. Baufeldrand 514 m Teufe (3,6 MPa) ↓    |  |



Druckspannung [MPa]



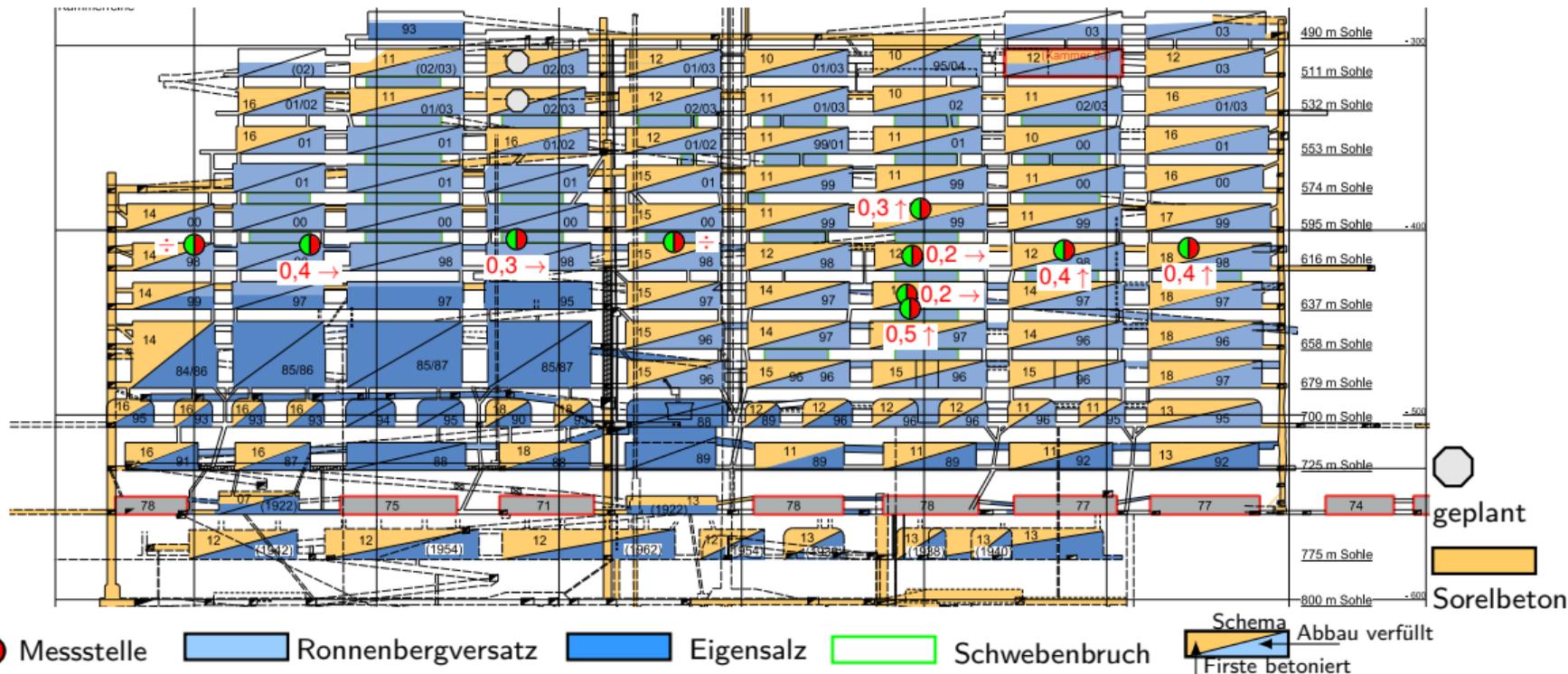
Stationen mit  
mehr als einem Messwert

-  SMS im Liegenden des Baufeldes an der Südflanke
-  SMS im Baufeld an der Südflanke

## 2 Beanspruchung des Tragsystems

- Spannungsmessungen in den Pfeilern
- Lastmessungen im Versatz

# Mittlere gemessene Versatzdrücke (12/21)



# ÜBERBLICK

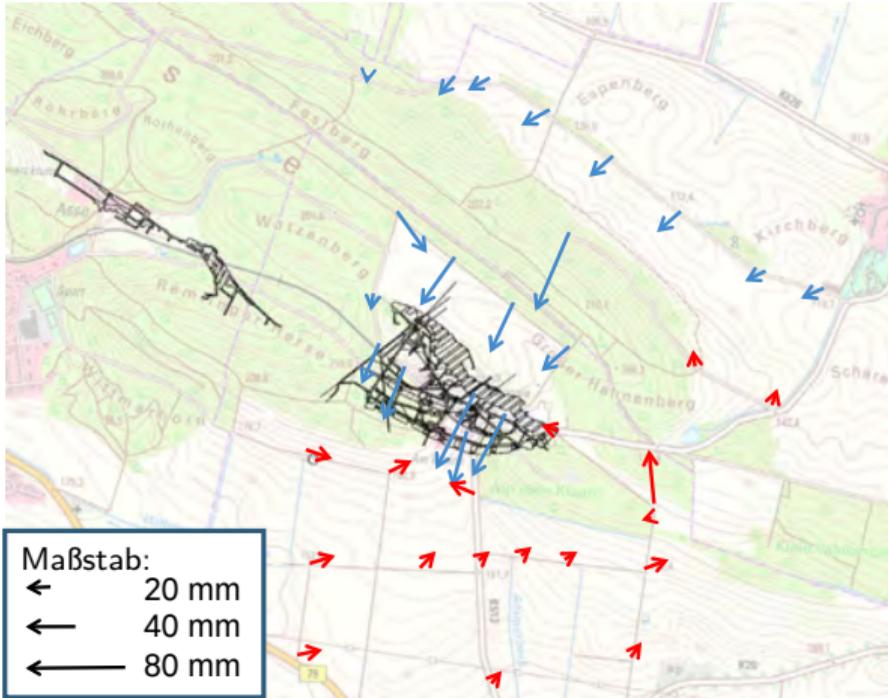
Teil 01

- 1 Einleitung
- 2 Beanspruchung des Tragsystems
- 3 Lage- und Höhenmessungen**
- 4 Verformungsmessungen im Tragsystem
- 5 Verschiebungsvektor Südflanke
- 6 Mikroseismische Überwachung
- 7 Lokale Monitoringprogramme

## 3 Lage- und Höhenmessungen

- Lagemessungen über Tage
- Höhenmessungen über Tage
- Lagemessungen unter Tage
- Höhenmessungen unter Tage
- Hohlraumkonvergenz
- Zusammenfassung

# Ergebnis 2021



- Deutlich querschlägig zur Lagerstätte
- Nördlich der Abbau in der Südflanke maximale Bewegungen, nach Norden abnehmend
- Bewegungen südlich der Abbau in der Südflanke insgesamt geringer
- Über dem Grubengebäude Schacht Asse 1 kein ausreichend dichtes Netz

## 3 Lage- und Höhenmessungen

- Lagemessungen über Tage
- **Höhenmessungen über Tage**
- Lagemessungen unter Tage
- Höhenmessungen unter Tage
- Hohlraumkonvergenz
- Zusammenfassung

# Liniennetz



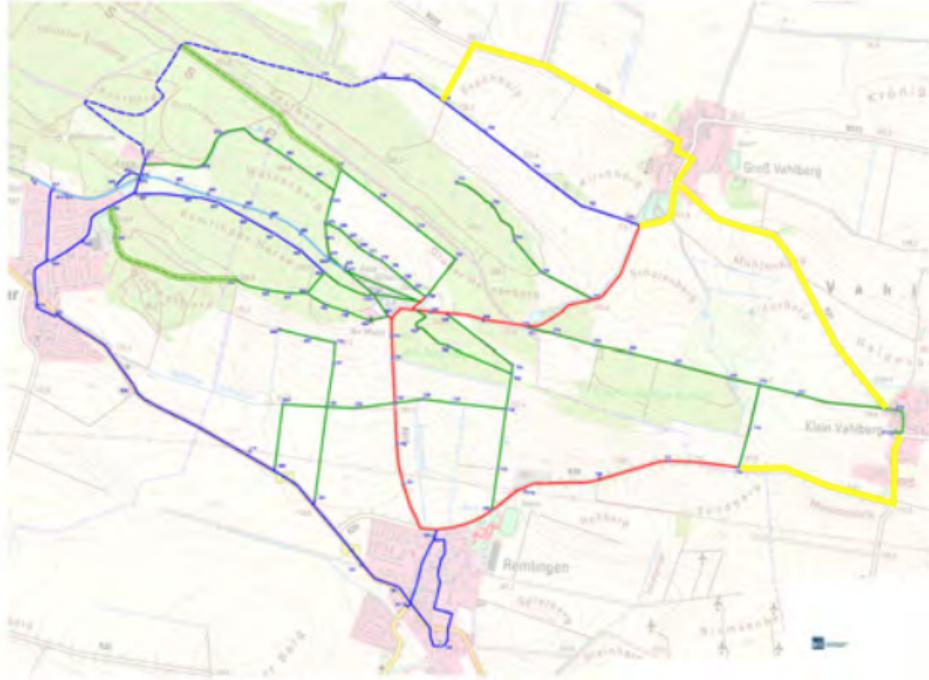
- Liniennetz bis 2017

# Liniennetz



- Liniennetz bis 2017
- Ergänzungen seit 2018

# Liniennetz



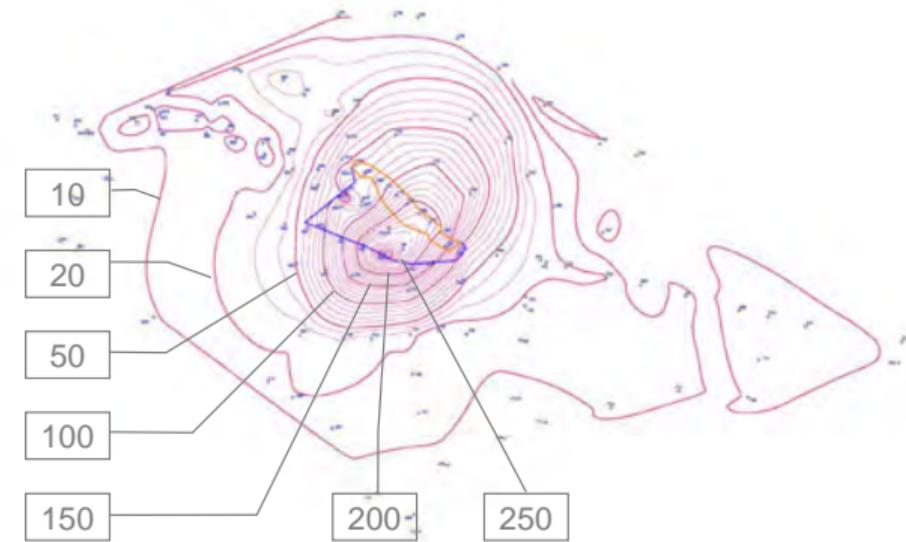
- Liniennetz bis 2017
- Ergänzungen seit 2018
- Erweiterung zur Messung 2023

# Ergebnis 1986–2021



- Messpunkte
- Isokatabasen 2021  
Gesamtsenkung

# Ergebnis 1986–2021



Angaben in „mm“

- Messpunkte
- Isokatabasen 2021  
Gesamtsenkung
- Lage in Bezug auf das Grubengebäude
- Umfang 750-m-Sohle
- Umfang Kali-Abbau  
725-/750-m-Sohle

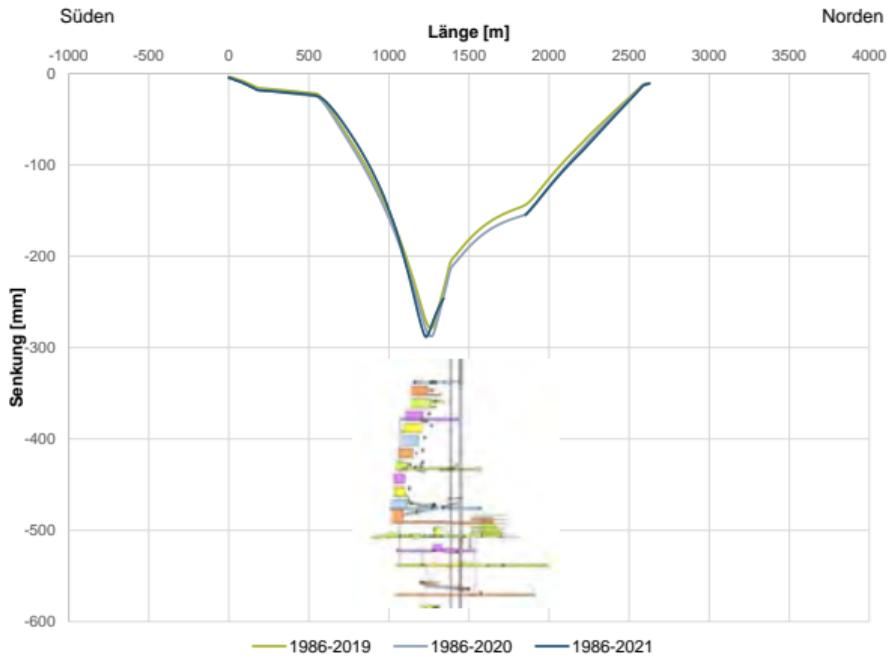
# Ergebnis Schnittlinien 1986–2021



Schnittlinien:

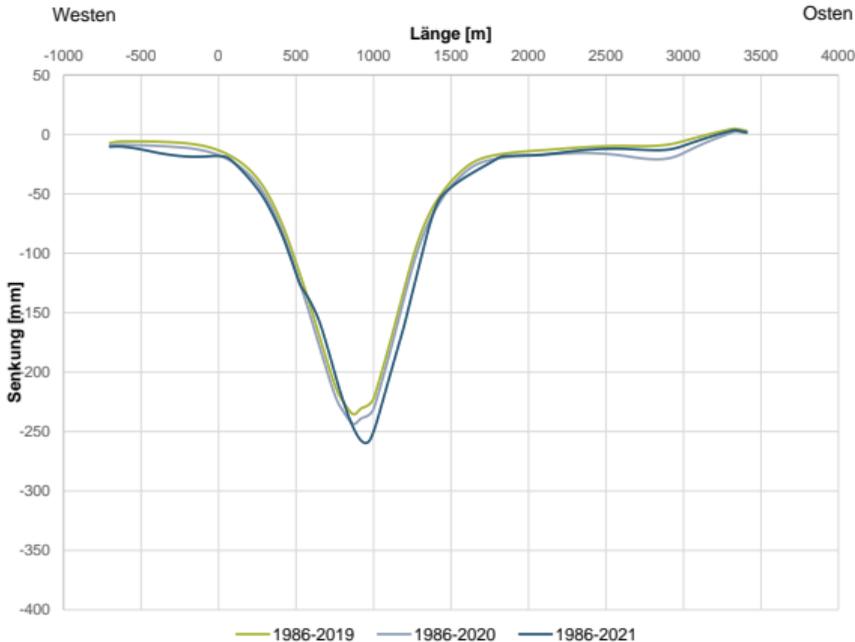
- Süd-Nord
- West-Ost
- Darstellungsbereich

# Ergebnis Schnittlinien 1986–2021



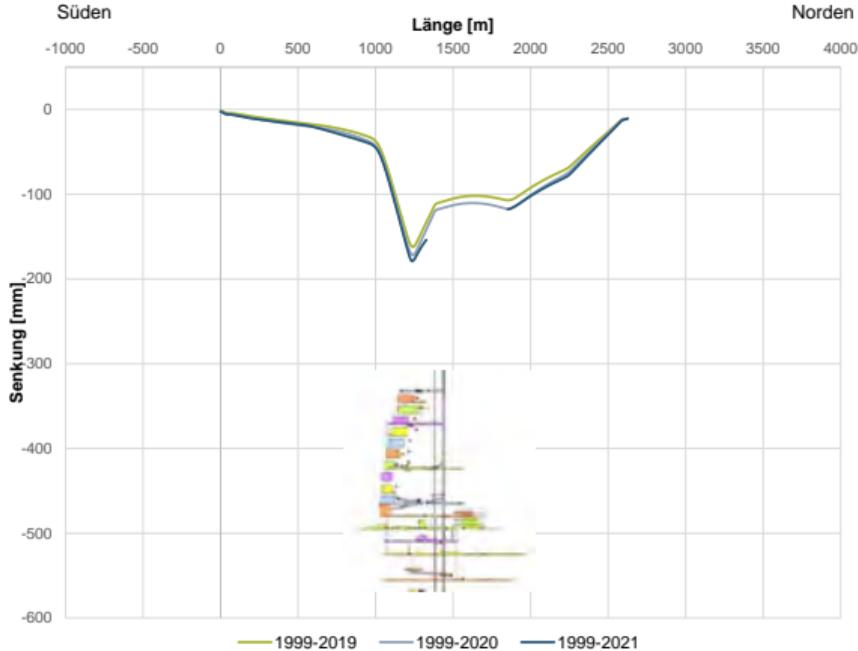
- Senkungsmaximum über Südflanke
- Einfluss Kali-Baufeld
- Nullsenkung wird im Norden nicht erfasst

# Ergebnis Schnittlinien 1986–2021

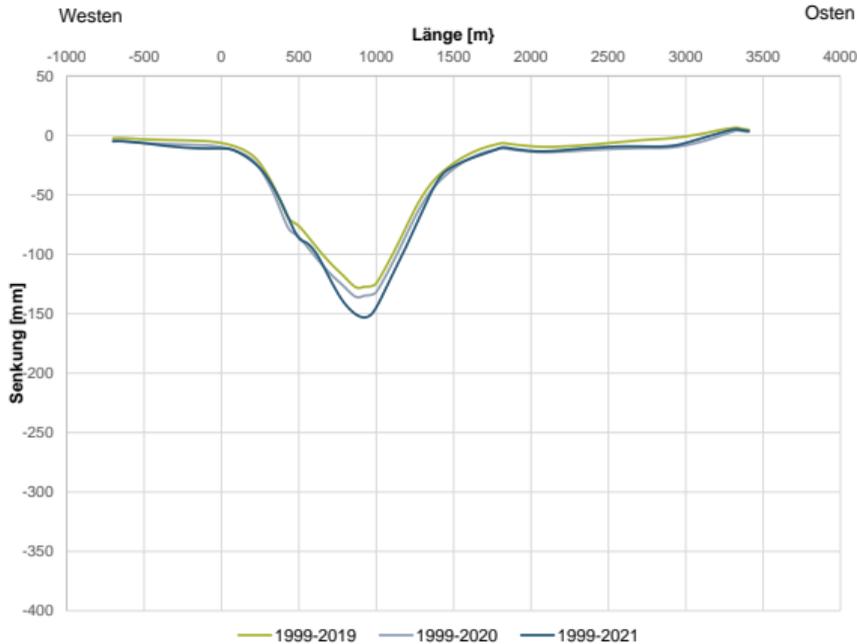


- Verschiebung Senkungsmaximum nach Osten
- Bereich über dem Rückholbergwerk gut dokumentiert

# Ergebnis Schnittlinien 1999–2021



# Ergebnis Schnittlinien 1999–2021



# Zusammenfassung

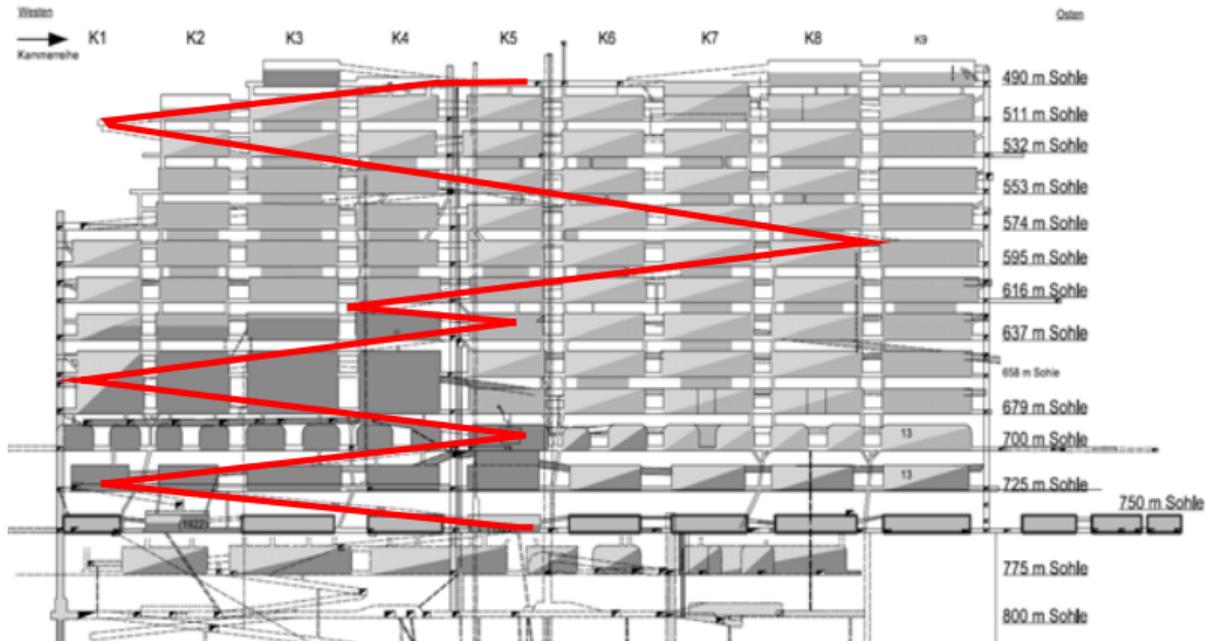
- Leichte Verschiebung des Senkungsmaximums auf der Südflanke nach Osten
- Einfluss der Kali-Abbaufeldes deutlich
- Kein Einfluss Grubengebäude Asse Schacht 1 zu erkennen
- Der Senkungsnullrand im Norden wird nicht eindeutig erfasst

## 3

### Lage- und Höhenmessungen

- Lagemessungen über Tage
- Höhenmessungen über Tage
- **Lagemessungen unter Tage**
- Höhenmessungen unter Tage
- Hohlraumkonvergenz
- Zusammenfassung

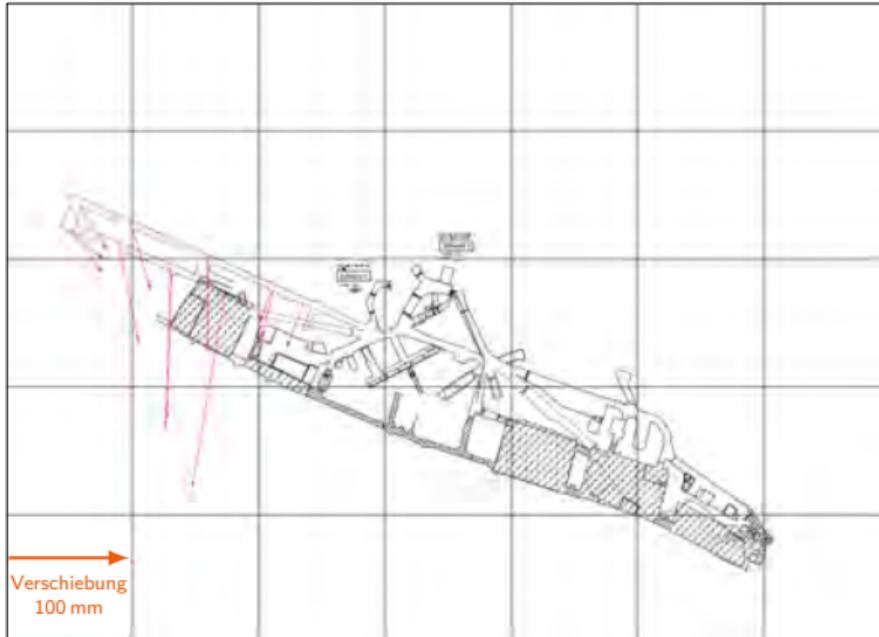
# Polygonzug Wendelstrecke 2009–2021



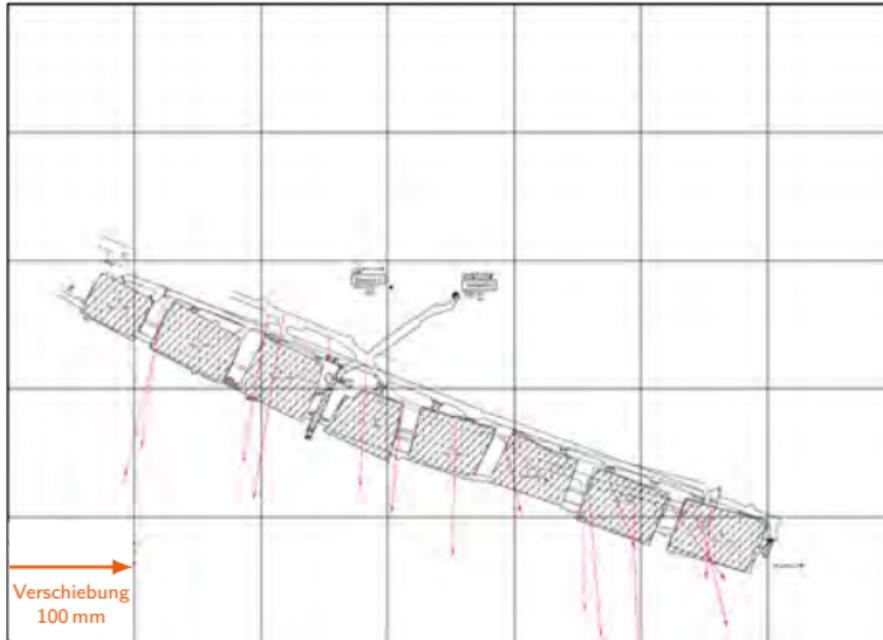
# Polygonzug 700-m-Sohle 2009–2021



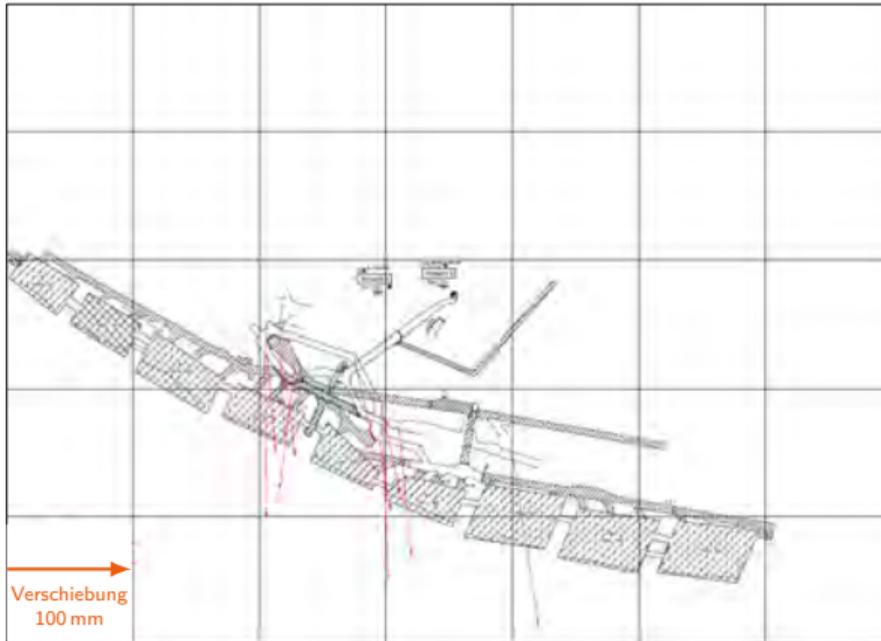
# Wendelstrecke 490/511/532-m-S 2009–2021



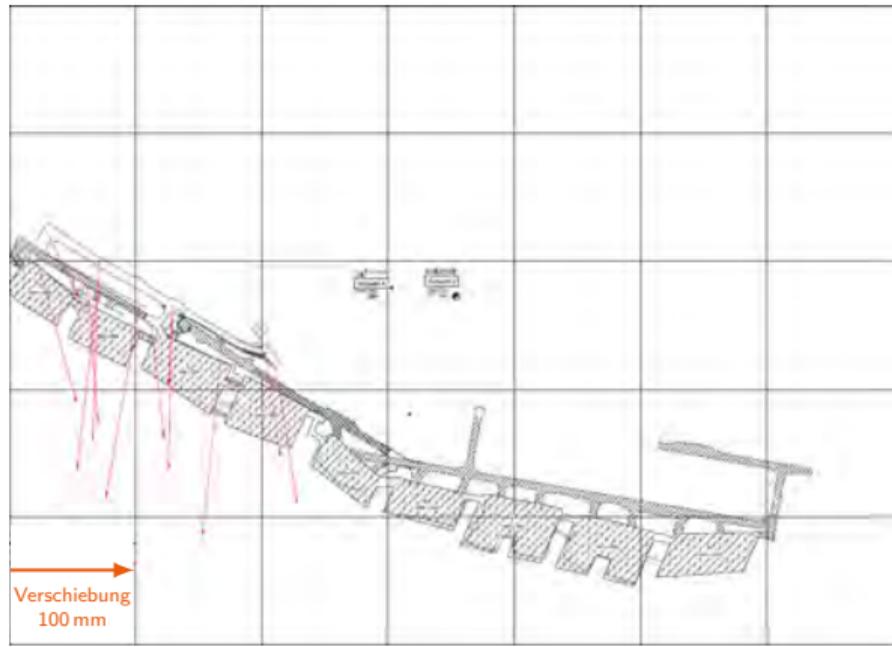
# Wendelstrecke 553/574/595-m-S 2009–2021



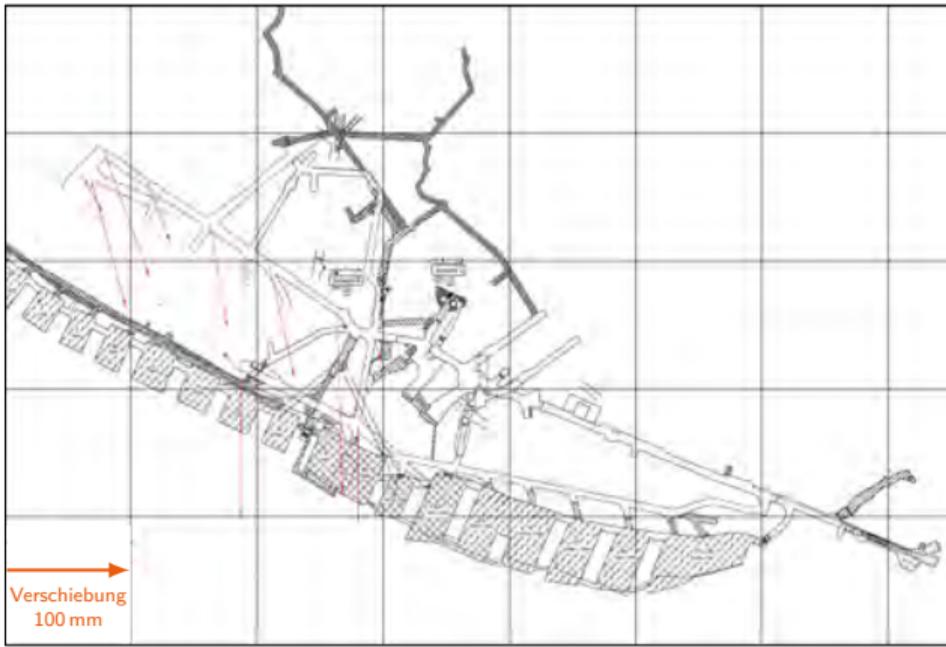
# Wendelstrecke 637-m-S 2009–2021



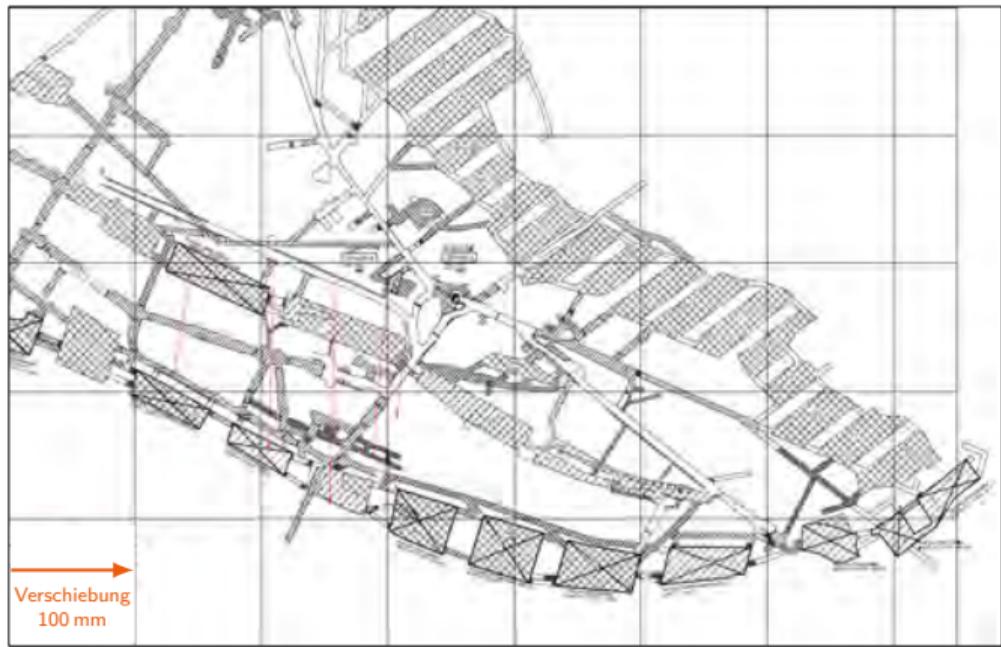
# Wendelstrecke 658-m-S 2009–2021



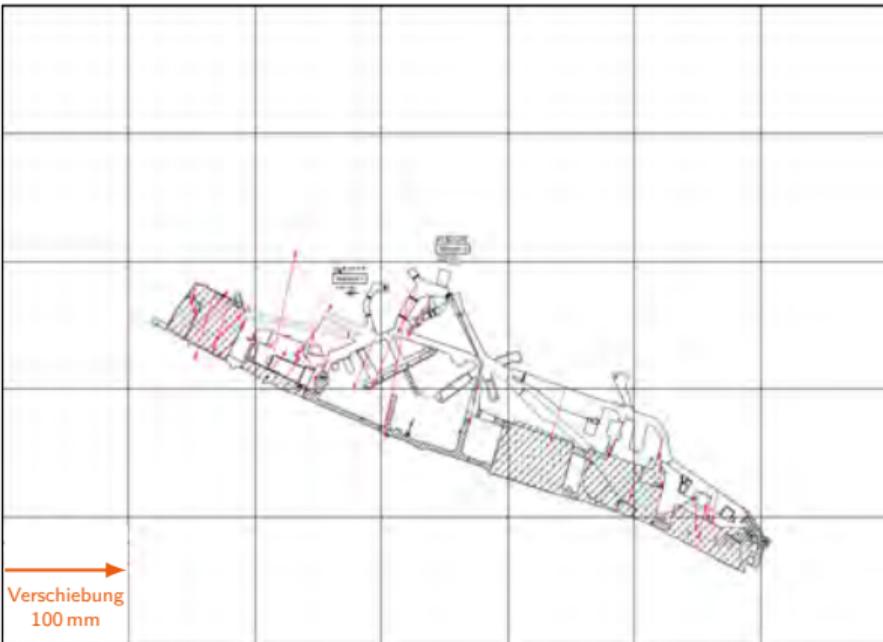
# Wendelstrecke 700-m-S 2009–2021



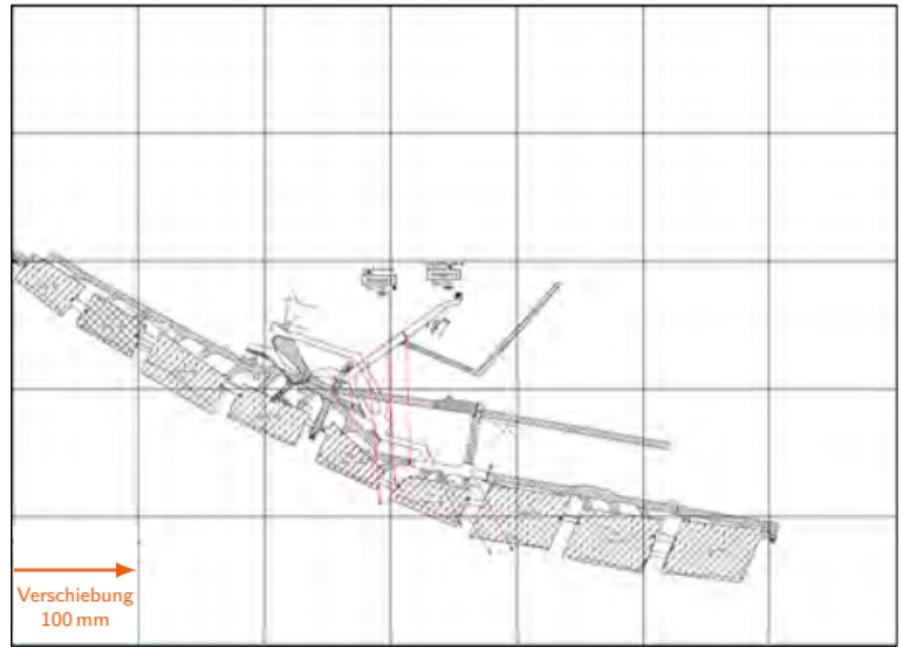
# Wendelstrecke 750-m-S 2009–2021



# 490-m-S 2009–2021



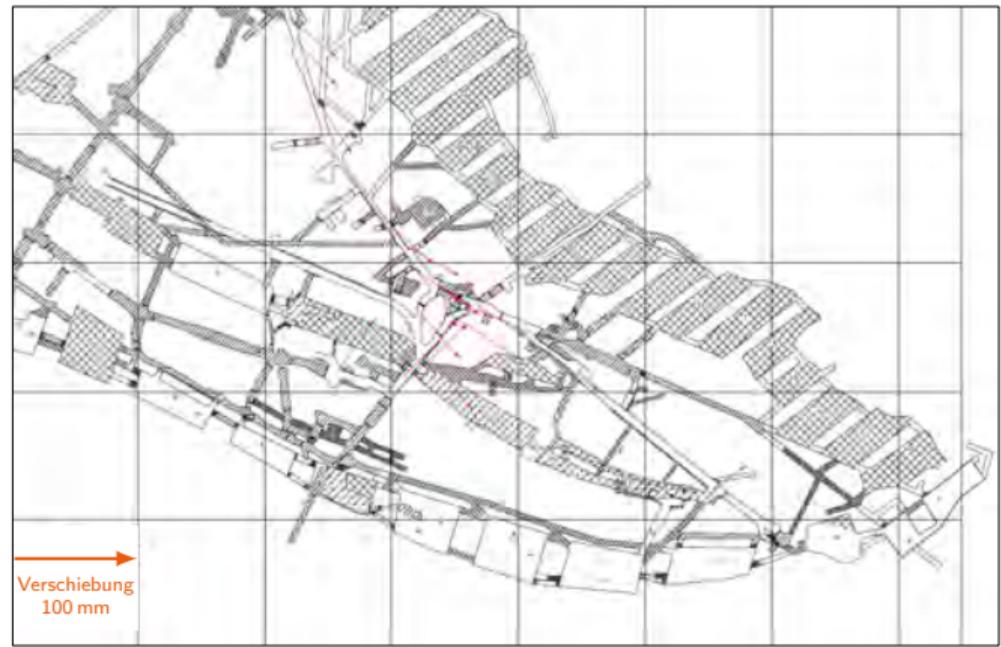
# 637-m-S 2009–2021



# 700-m-S 2009–2021



# 750-m-S 2009–2021



## Zusammenfassung

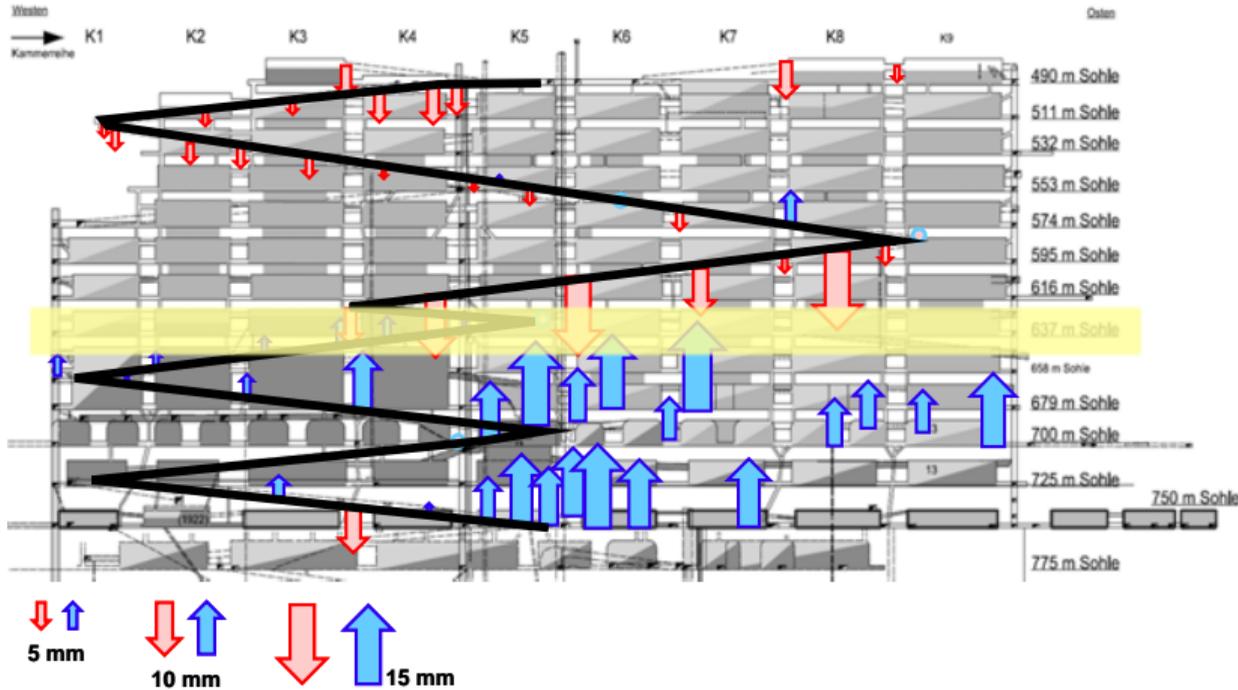
- Bewegungen in der Größenordnung der Vorjahre
- Überwiegend im Bereich bis 10 mm
- Drei Ausnahmen mit etwa 20 mm:
  - 490-m-Sohle
  - 725-m-Sohle
  - 750-m-Sohle

⇒ Keine signifikante Änderung, Fortsetzung der Bewegung auf niedrigem Niveau

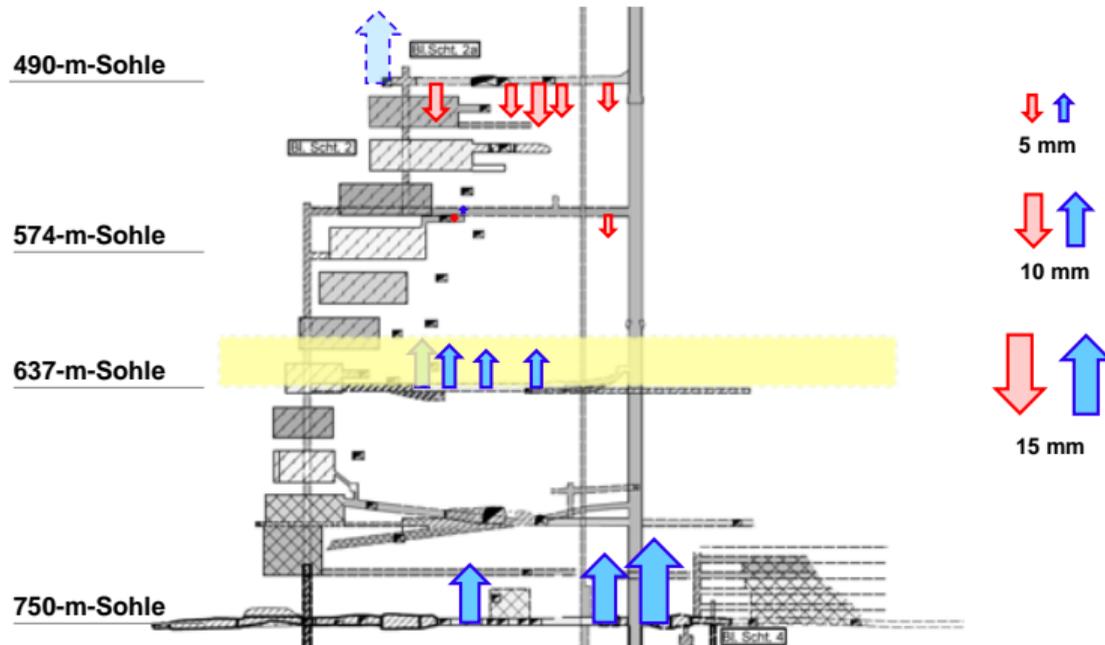
## 3 Lage- und Höhenmessungen

- Lagemessungen über Tage
- Höhenmessungen über Tage
- Lagemessungen unter Tage
- **Höhenmessungen unter Tage**
- Hohlraumkonvergenz
- Zusammenfassung

# Schnitt 1: Ansicht von Süden 2020/2021



# Schnitt 2: Ansicht von Osten 2020/2021



# Zusammenfassung

Das Bild der großräumigen Vertikalbewegungen hat sich leicht verändert:

- Oberhalb der 574-m-Sohle wurden überwiegend Senkungen gemessen.
- Im weiteren Verlauf bis zur 637-m-Sohle nehmen die Senkungen im Vergleich zum Vorjahr zu.
- Ab der 637-m-Sohle bis zur 750-m-Sohle gleicht das Bewegungsbild wieder den vorherigen Messepochen.
- Auf der 750-m-Sohle treten nur Hebungen auf, die Größenordnungen sind mit denen der Vorjahre vergleichbar.

## 3

### Lage- und Höhenmessungen

- Lagemessungen über Tage
- Höhenmessungen über Tage
- Lagemessungen unter Tage
- Höhenmessungen unter Tage
- **Hohlraumkonvergenz**
- Zusammenfassung

# Abbau 3/490



Datum	Tage	Länge [m]	Delta [mm]	Summe [mm]	Konvergenzrate [mm/365 Tage]
13.03.07		43,491		0	
06.02.08	330	43,482	-9	-9	-10
26.01.09	355	43,474	-8	-17	-8
09.02.10	379	43,465	-9	-26	-9
24.01.11	349	43,454	-11	-37	-12
16.02.12	388	43,441	-13	-50	-12
07.02.13	357	43,432	-9	-59	-9
12.02.14	370	43,424	-8	-67	-8
20.02.15	373	43,419	-5	-72	-5
08.02.16	353	43,410	-9	-81	-9
09.02.17	367	43,398	-12	-93	-12
29.01.18	354	43,391	-7	-100	-7
27.02.19	394	43,382	-8	-108	-8
23.01.20	330	43,378	-4	-113	-4
08.02.21	382	43,370	-8	-121	-8

# Abbau 3/490



querschlägige Messstelle 4911-4912 (östlich)					
Datum	Tage	Länge [m]	Delta [mm]	Summe [mm]	Konvergenzrate [mm/365 Tage]
29.09.09		42,948		0	
20.01.11	478	42,940	-8	-8	-6
15.02.12	391	42,933	-7	-15	-7
07.02.13	358	42,921	-12	-27	-12
12.02.14	370	42,914	-7	-34	-7
20.02.15	373	42,912	-2	-36	-2
08.02.16	353	42,904	-8	-44	-8
09.02.17	367	42,897	-7	-51	-7
29.01.18	354	42,886	-11	-62	-11
27.02.19	394	42,878	-8	-70	-7
23.01.20	330	43,874	-4	-74	-4
08.02.21	382	43,868	-6	-80	-6

# Abbau 3/490



streichende Messstelle 4913-4914 (südlich)					
Datum	Tage	Länge [m]	Delta [mm]	Summe [mm]	Konvergenzrate [mm/365 Tage]
29.09.09		53,025		0	
20.01.11	478	53,029	4	4	3
15.02.12	391	53,025	-4	0	-4
07.02.13	358	53,019	-6	-6	-6
12.02.14	370	53,017	-2	-8	-2
20.02.15	373	53,015	-2	-10	-2
08.02.16	353	53,011	-4	-14	-4
09.02.17	367	53,005	-6	-20	-6
streichende Messstelle 4913-4932 (südlich)					
29.01.18		36,210	neu	0	
27.02.19	394	36,211	1	1	1
23.01.20	330	36,210	-1	0	-1
08.02.21	382	36,211	1	1	1
streichende Messstelle 4929-4930 (nördlich)					
Datum	Tage	Länge [m]	Delta [mm]	Summe [mm]	Konvergenzrate [mm/365 Tage]
09.02.17		48,135		0	
29.01.18	354	48,135	0	0	0
27.02.19	394	48,132	-3	-3	-2
23.01.20	330	48,131	-1	-4	-1
08.02.21	382	48,129	-2	-6	-2

# Abbau 8/490



streichende Messstelle 4913-4914 (südlich)					
Datum	Tage	Länge [m]	Delta [mm]	Summe [mm]	Konvergenzrate [mm/365 Tage]
29.09.09		53,025		0	
20.01.11	478	53,029	4	4	3
15.02.12	391	53,025	-4	0	-4
07.02.13	358	53,019	-6	-6	-6
12.02.14	370	53,017	-2	-8	-2
20.02.15	373	53,015	-2	-10	-2
08.02.16	353	53,011	-4	-14	-4
09.02.17	367	53,005	-6	-20	-6
streichende Messstelle 4913-4932 (südlich)					
29.01.18		36,210	neu	0	
27.02.19	394	36,211	1	1	1
23.01.20	330	36,210	-1	0	-1
08.02.21	382	36,211	1	1	1
streichende Messstelle 4929-4930 (nördlich)					
Datum	Tage	Länge [m]	Delta [mm]	Summe [mm]	Konvergenzrate [mm/365 Tage]
09.02.17		48,135		0	
29.01.18	354	48,135	0	0	0
27.02.19	394	48,132	-3	-3	-2
23.01.20	330	48,131	-1	-4	-1
08.02.21	382	48,129	-2	-6	-2

# Hohlraumkonvergenz

## Zusammenfassung

- Bewegungen in der Größenordnung der Vorjahre
  - Bewegungsraten unverändert
- ⇒ Keine signifikante Änderung

## 3 Lage- und Höhenmessungen

- Lagemessungen über Tage
- Höhenmessungen über Tage
- Lagemessungen unter Tage
- Höhenmessungen unter Tage
- Hohlraumkonvergenz
- Zusammenfassung

# Zusammenfassung



- Baufeld der Südflanke bestimmend bei Lage- und Höhenmessungen über und unter Tage
- Übertägigen **Lageänderungen** nahezu unverändert
- **Höhenmessungen unter Tage** zeigen leichte Veränderungen im Bereich größere Senkungen unterhalb der 637-m-Sohle
- Die **Konvergenzmessungen** in den Abbauen auf der 490-, 511- und 725-m-Sohle zeigen keine signifikanten Entwicklungen der Konvergenzraten
- Die **Höhenmessungen über Tage** zeigen einen deutlichen Einfluss der Kali-Abbaufeldes und begründen die Notwendigkeit der Erweiterung des Festpunktfeldes im Norden

# ÜBERBLICK

Teil 01

- 1 Einleitung
- 2 Beanspruchung des Tragsystems
- 3 Lage- und Höhenmessungen
- 4 Verformungsmessungen im Tragsystem**
- 5 Verschiebungsvektor Südflanke
- 6 Mikroseismische Überwachung
- 7 Lokale Monitoringprogramme

# Verformungsmessungen

Kurzfassung der Ergebnisse



## 1. Extensometermessungen

- Die maximalen Pfeilerstauchungsraten Ende 2021 betragen 63–66 mm/a.
- Im Jahre 2021 ist eine degressive Entwicklung festzustellen.
- Hohe Scherbeanspruchung am oberen Baufeld.
- Die aktuelle Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten ist konstant bis leicht ansteigend.

## 2. Konvergenzmessungen

- Im Jahr 2021 sind die Konvergenzraten auf einem vergleichbaren Niveau wie 2020.
- Weiterhin hohe Konvergenz-/Verformungsraten in Bereichen der 700-m- bis 750-m-Sohle.

## 3. Verschiebungsvektor

- Asymmetrische Pfeilerverformung (Scherung) in der Messebene auf Grundlage von Auswertung der Vektorverschiebung.

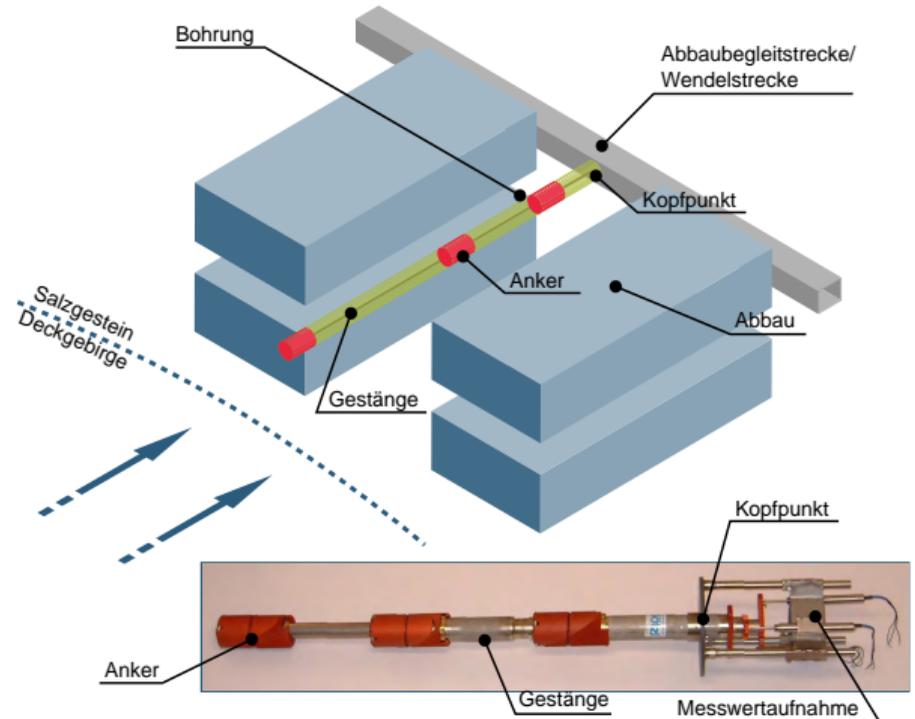
## 4 Verformungsmessungen im Tragsystem

- Extensometermessungen
- Konvergenzmessungen

# Extensometermessungen

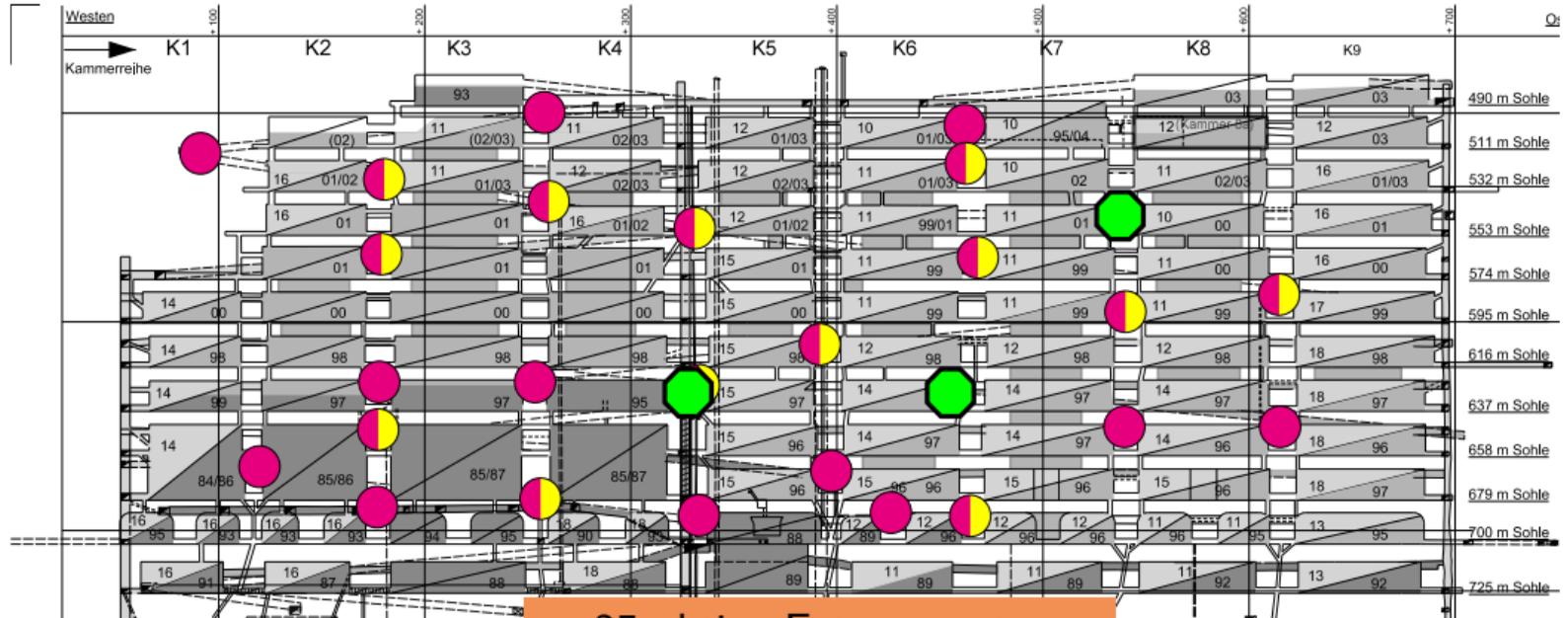
Messprinzip der querschlägigen Pfeilerstauchungsmessungen

- Messung der Relativverschiebungen zwischen Anker und Kopfpunkt entlang der Bohrlochachse
- Ableitung der horizontalen Pfeilerstauchungsrate in ca. Nord-Süd-Richtung (querschlägig)
- Ableitung eines Verschiebungsvektors
- Bewertung der Interaktion zwischen Deckgebirge und Abbaukante auf die Tragelemente des Grubengebäudes



# Extensometermessungen

Messtellen in der Südflanke im Jahr 2021 und geplante Instrumentierungen



 geplant

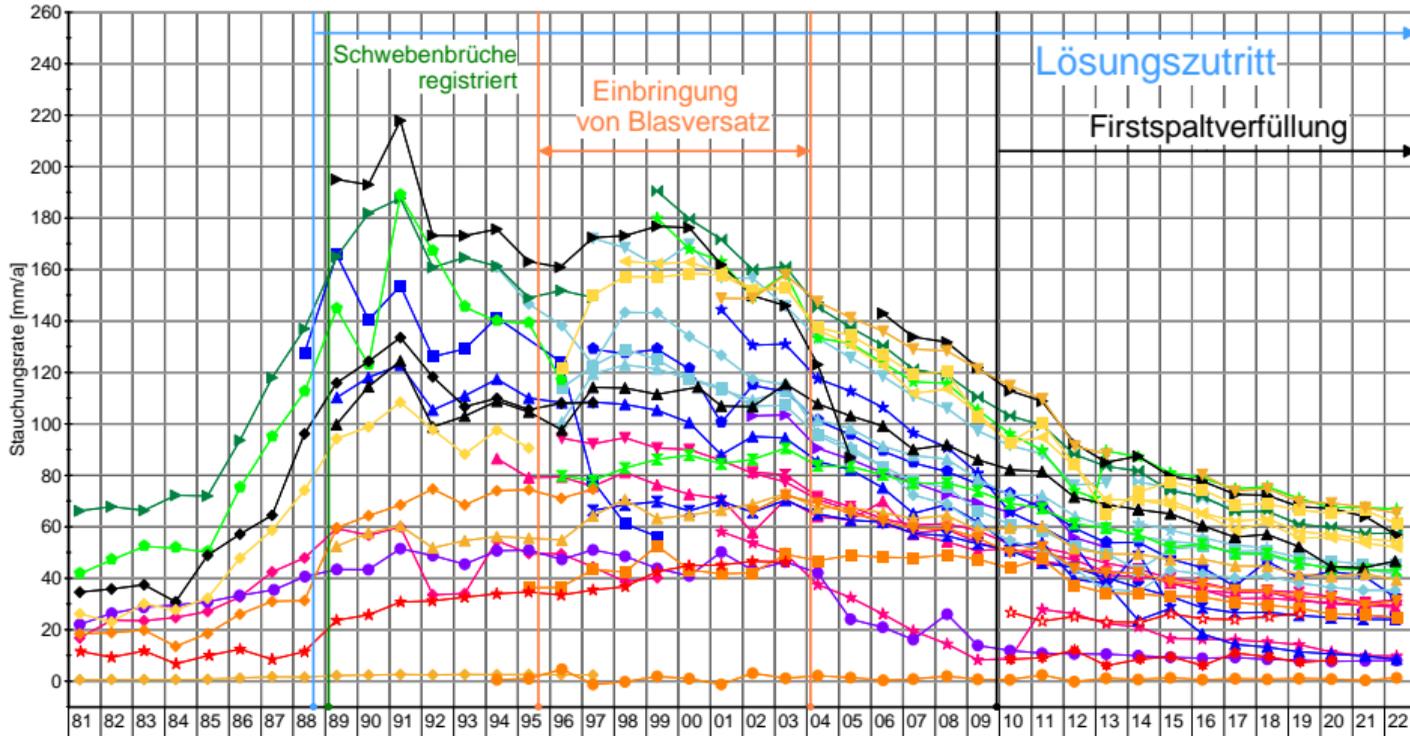
 Extensometermessstellen

 Extensometer- und Inclinometermessstellen

**25 aktive Extensometer**

# Querschlägige Pfeilerstauchungsraten

Jahresscheiben 05/1981 bis 05/2022 in [mm/a]

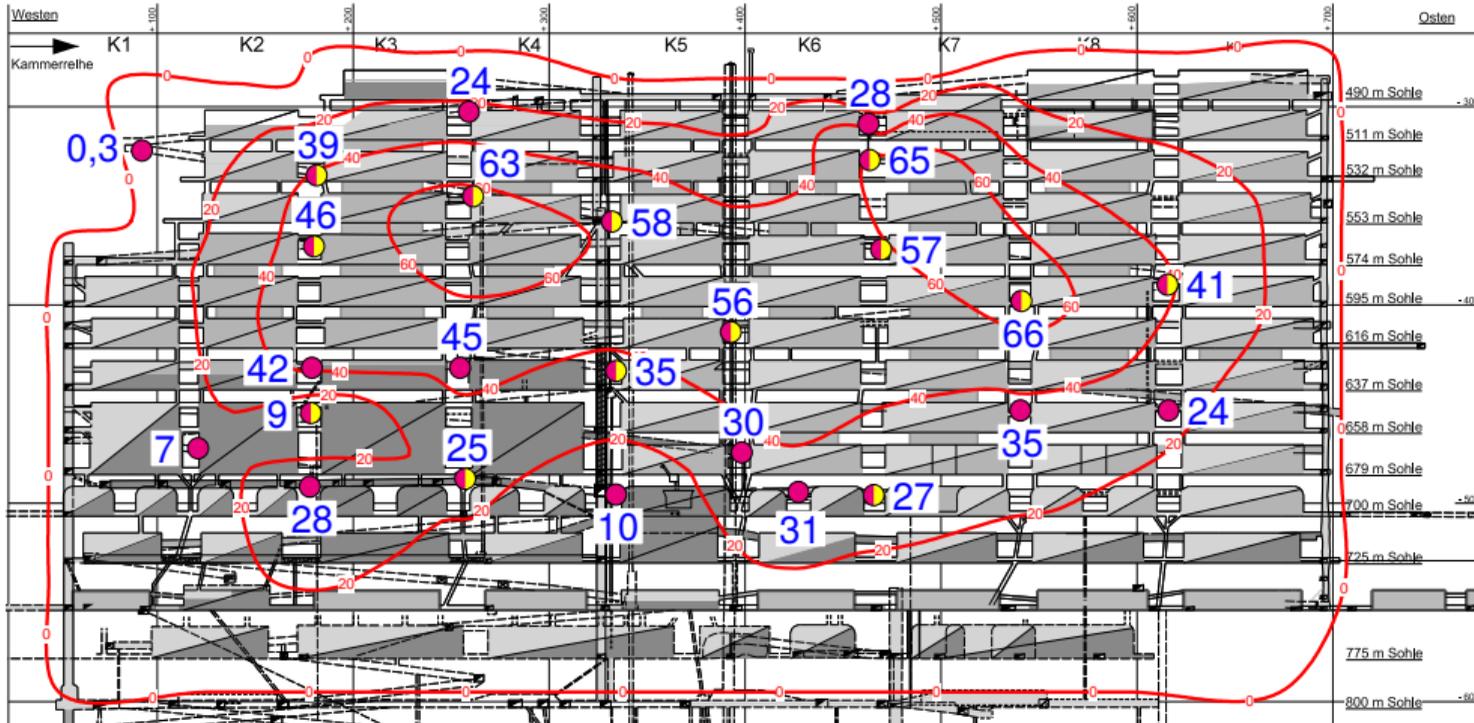


# Extensometermessungen

Zeitverlauf der Isolinien in mm/a von 01/1981 bis 01/2022

# Isoliniendarstellung

Jahresraten über 365 Tage für den Zeitraum 12/2020 bis 12/2021 in [mm/a]



- Extensometer
- Extensometer- und Inclinometer

30 Stauchungsrate

Isolinien  
(aktueller Zeitraum)

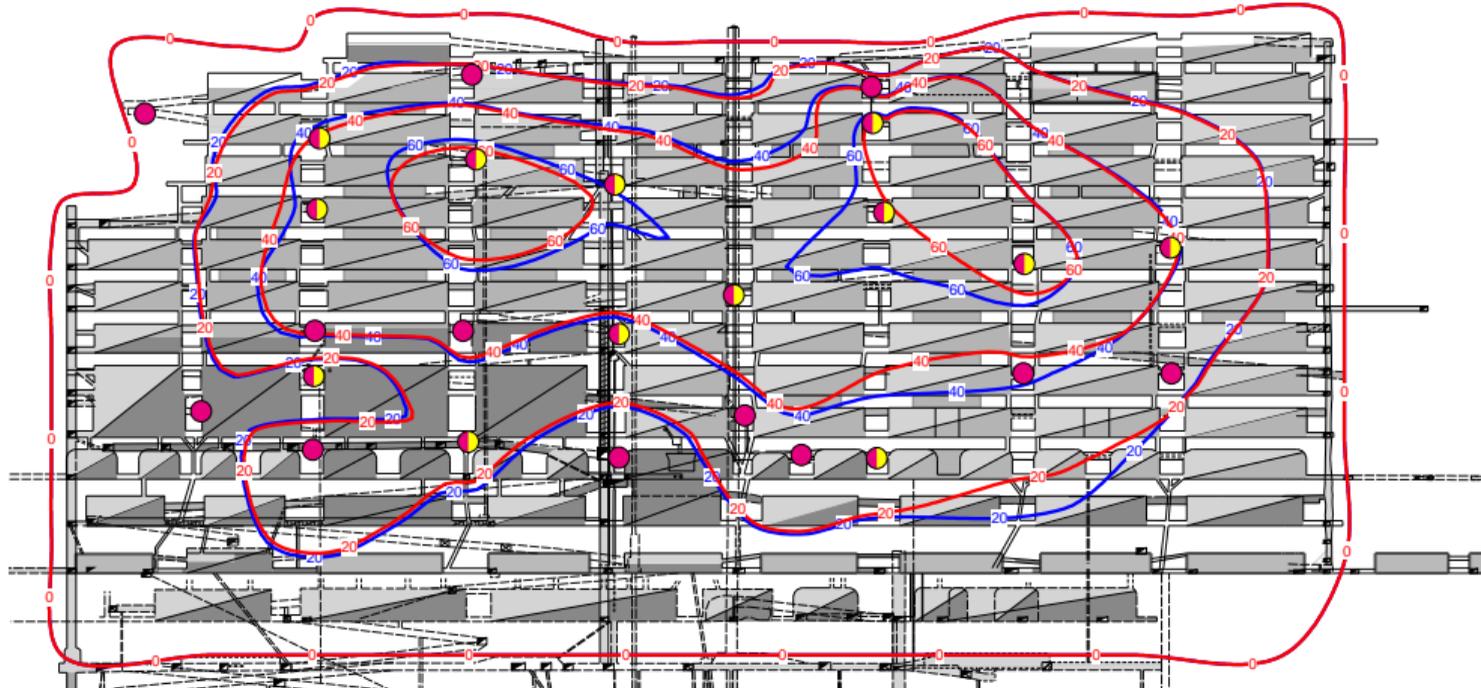
Isolinien  
(vorheriger Zeitraum)

▲ Anstieg um  $\geq 0,3$  mm/a

▼ Rückgang um  $\leq -0,3$  mm/a

# Isoliniendarstellung

Vergleich der Isolinien zu den Zeitpunkten 31.12.2021 und 31.12.2020 in [mm/a]



- Extensometer
- Extensometer- und Inclinometer

30 Stauchungsrate

Isolinien  
(aktueller Zeitraum)

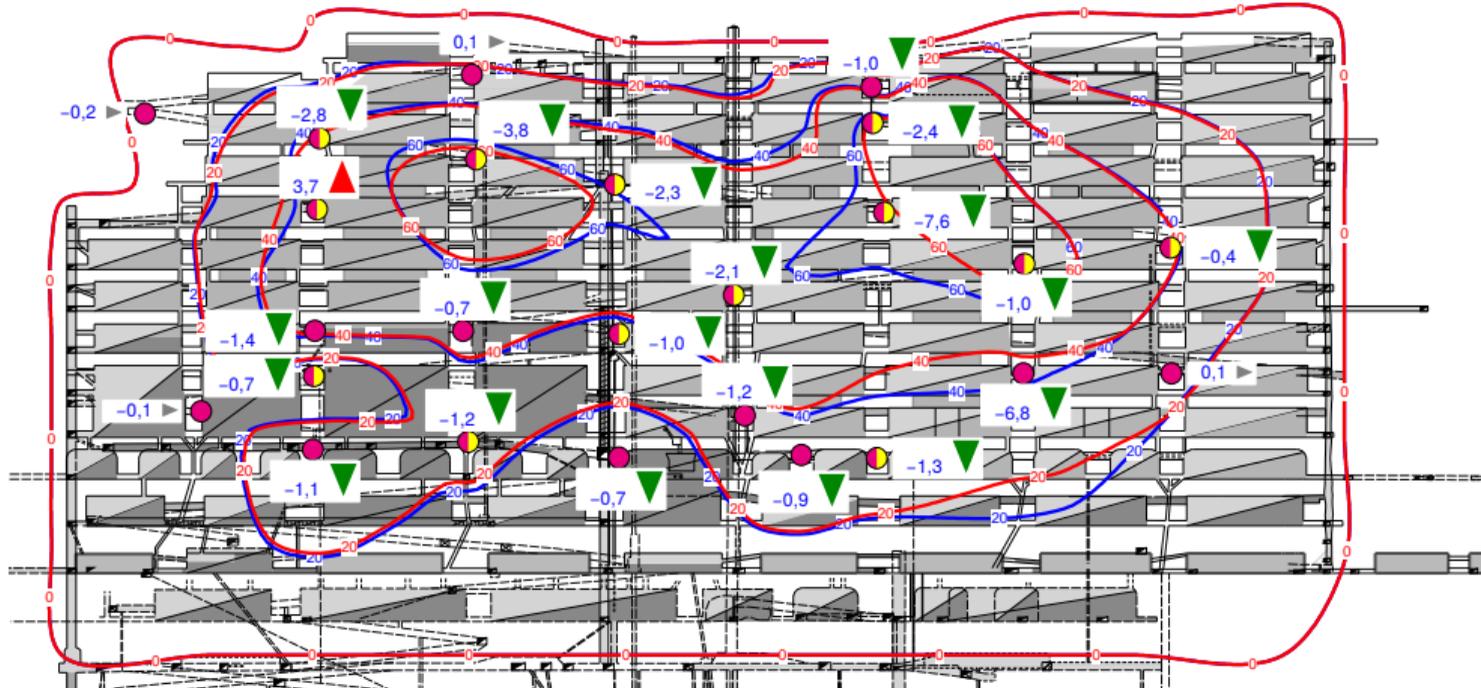
Isolinien  
(vorheriger Zeitraum)

▲ Anstieg um  
 $\geq 0,3$  mm/a

▼ Rückgang um  
 $\leq -0,3$  mm/a

# Isoliniendarstellung

Vergleich der Isolinien zu den Zeitpunkten 31.12.2021 und 31.12.2020 in [mm/a]



- Extensometer
- Extensometer- und Inclinometer

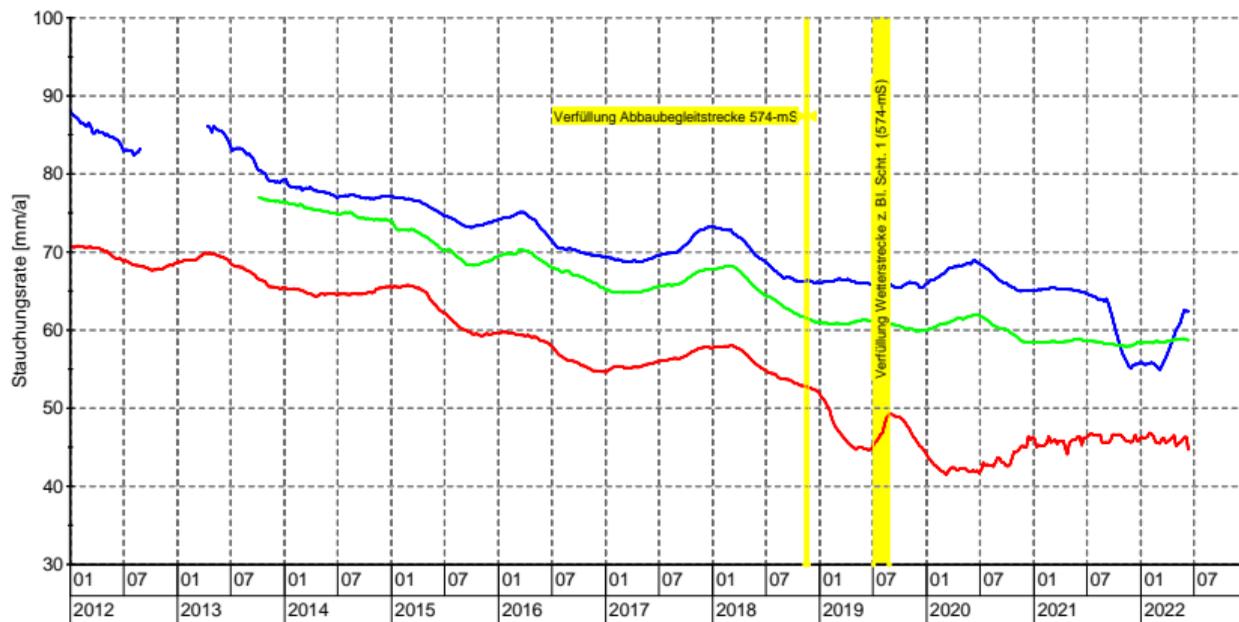
30 Stauchungsrate

- Isolinien (aktueller Zeitraum)
- Isolinien (vorheriger Zeitraum)

- ▲ Anstieg um  $\geq 0,3$  mm/a
- ▼ Rückgang um  $\leq -0,3$  mm/a

# Stauchungsraten im Westflügel

gleitender Mittelwert über die Quartalsraten [mm/a], Stand: 12.06.2022

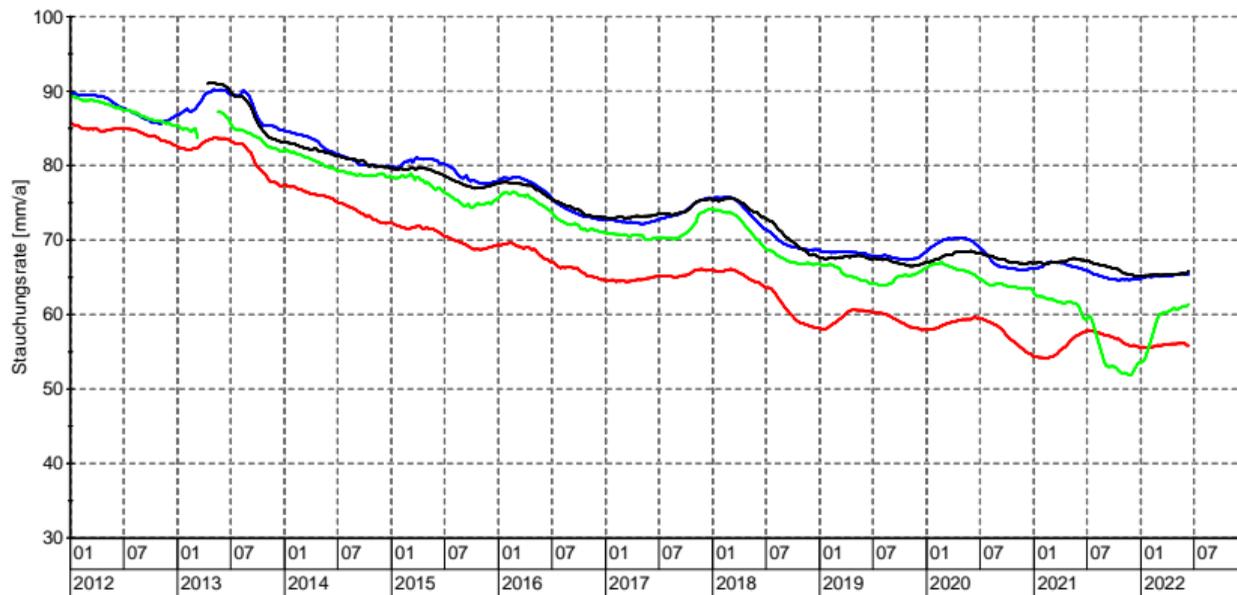


Legende:

- 2/3-574
- 3/4-553
- 4/5-553 (Beton)

# Stauchungsraten im Ostflügel

gleitender Mittelwert über die Quartalsraten [mm/a], Stand: 12.06.2022

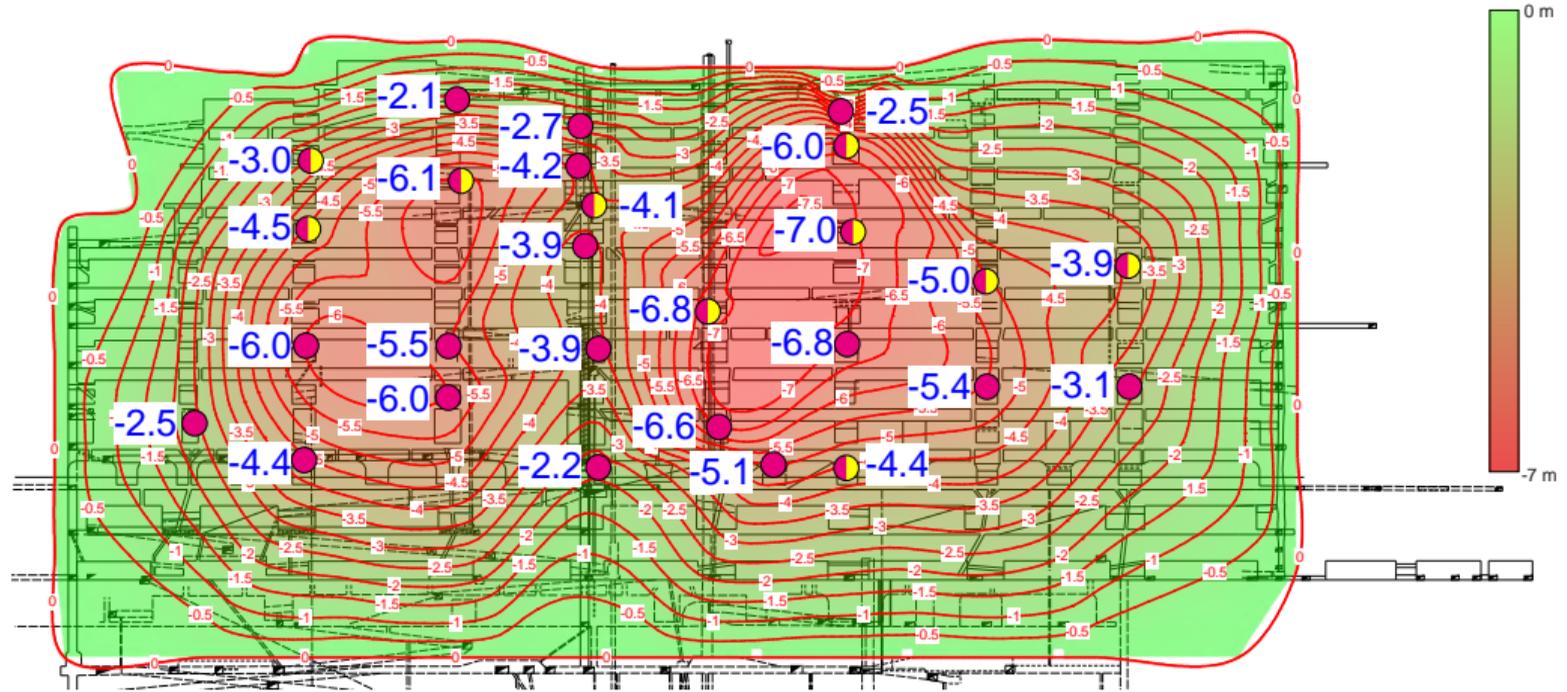


Legende:

- 5/6-616
- 6/7-532
- 6/7-574
- 7/8-595

# Isoliniendarstellung

Gesamtpfeilerstauchung in [m], Stand 01.01.2022



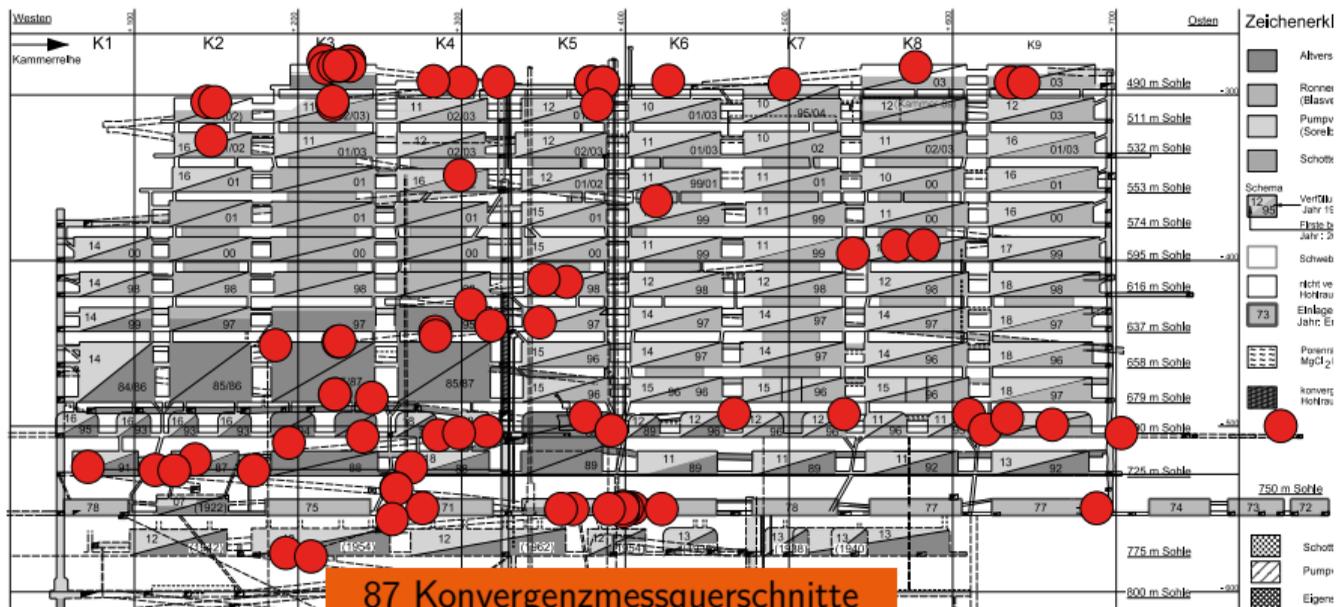
● Extensometermessstellen      ● Extensometer- und Inklinometermessstellen

## 4 Verformungsmessungen im Tragsystem

- Extensometermessungen
- Konvergenzmessungen

# Konvergenzmessungen

Lage der Konvergenzmesstellen mit Stand: 31.01.2022



# Übersicht der Ergebnisse aus dem Jahr 2021

Gemittelte Verformungsraten in ‰/a mit Stand 31.12.2020 und 31.12.2021

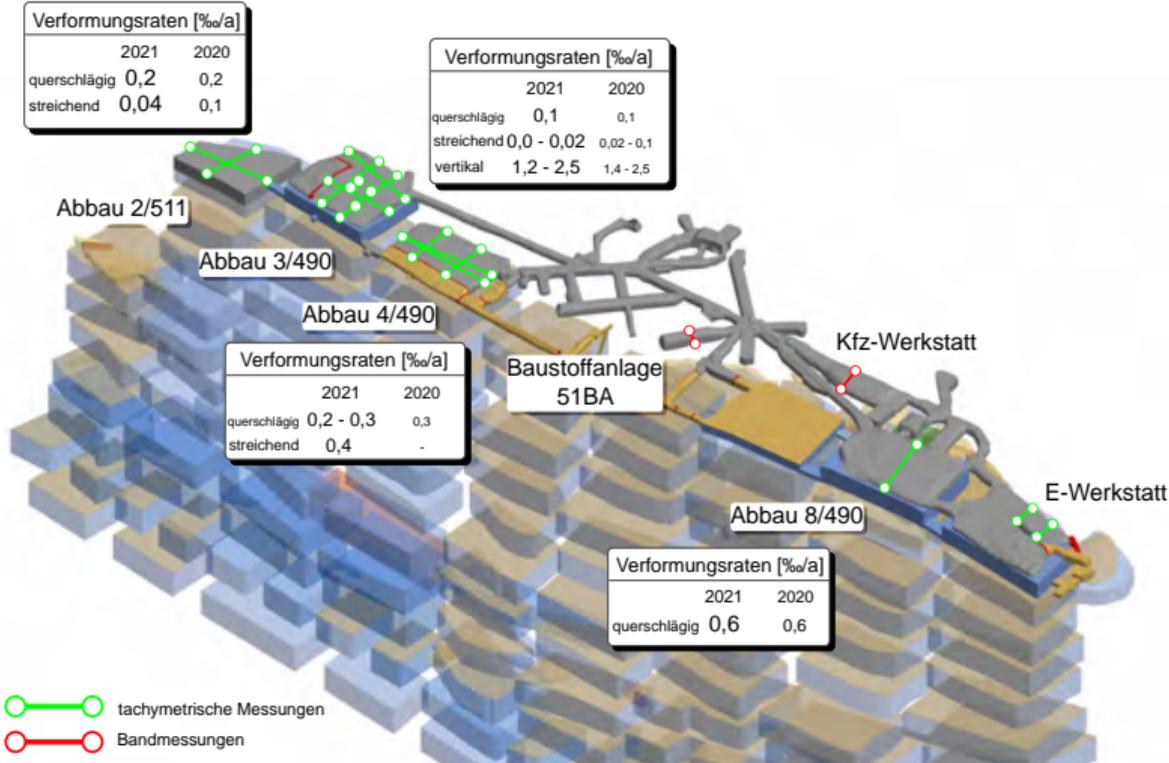
		2020		2021	
		horizontal	vertikal	horizontal	vertikal
<b>Baufeld an der Südflanke</b>					
1	Abbaue/Werkstätten (490- und 511-m-Sohle)				
	● Steinsalz	0,16	1,53	0,13	1,19
2	Wendelstrecke (490- bis 700-m-Sohle)				
	● Steinsalz	0,24	0,27	0,31	0,14
	● Carnallit	0,97	1,50	1,00	1,25
3	Söhlige Strecken (490- bis 725-m-Sohle)				
	● Steinsalz	1,06	0,91	1,08	1,00
	● Carnallit	1,74	3,10	1,79	2,82
7	Streckensysteme (750-m-Sohle)				
	● Steinsalz	0,98	-	1,08	-
<b>Sattelkern</b>					
4	Streckensysteme (700- bis 775-m-Sohle)				
	● Steinsalz	0,51	0,99	0,52	0,87
	● Carnallit	0,84	1,51	0,97	1,43
5	ELK 7/725 (Na2) (725-m-Sohle)				
	● Steinsalz	0,50	-	0,30	-
6	Füllortbereich (490- und 750-m-Sohle)				
	● Steinsalz	1,24	1,27	1,11	1,29

Legende:

- ≤ -0,3 ‰/a
- ±0,3 ‰/a
- ≥ +0,3 ‰/a

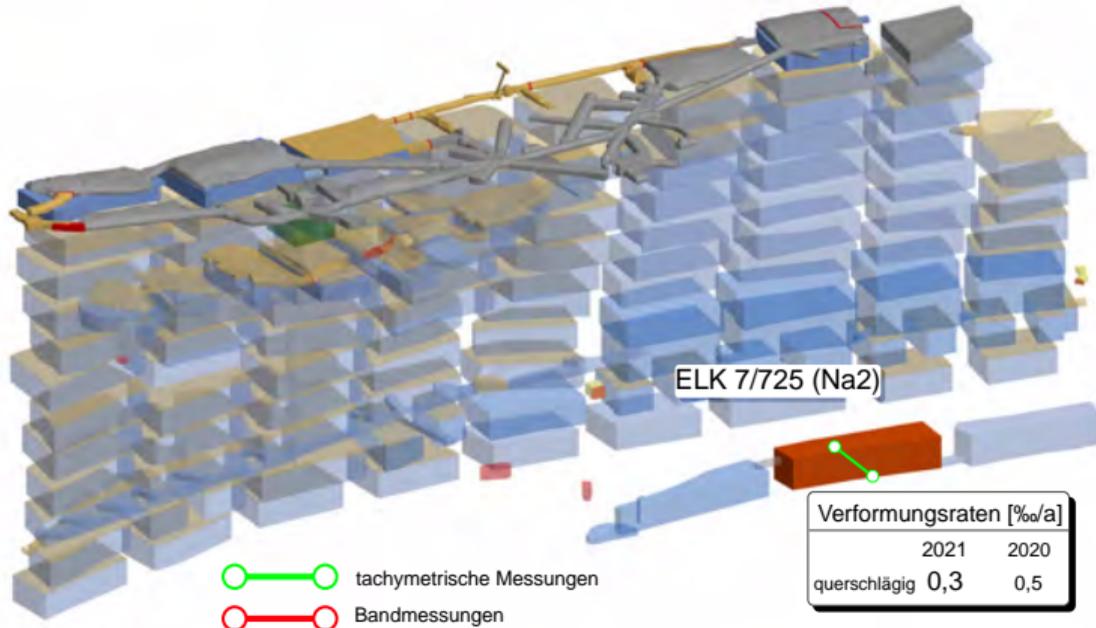
# Abbaue und Werkstätten

Oberer Baufeldrand

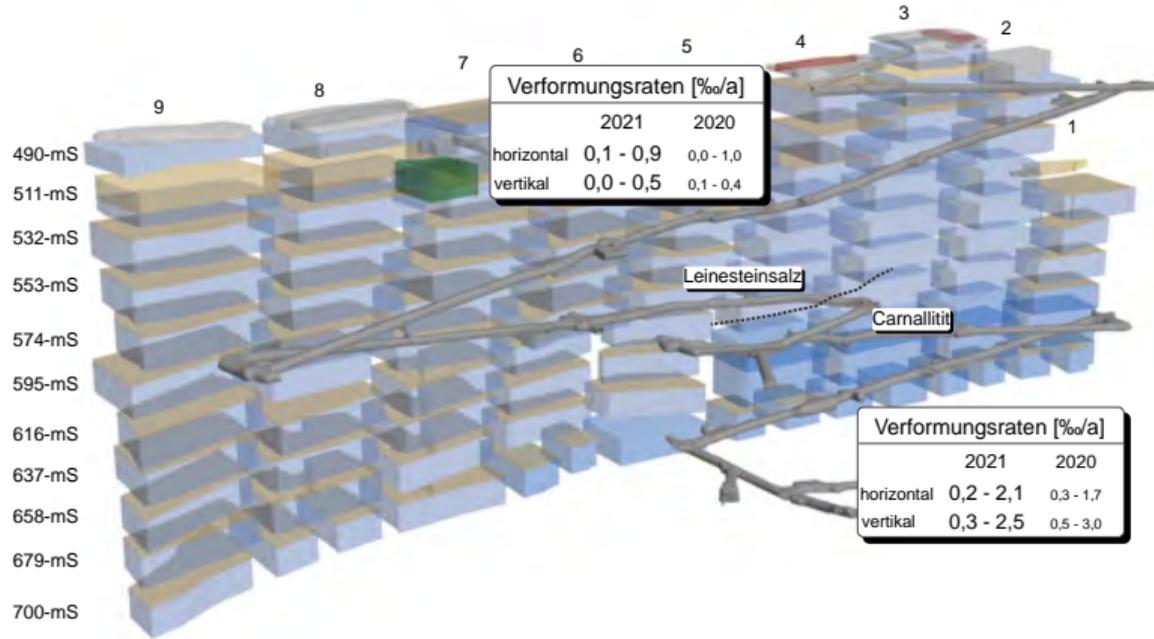


# Abbaue und Werkstätten

ELK 7/725

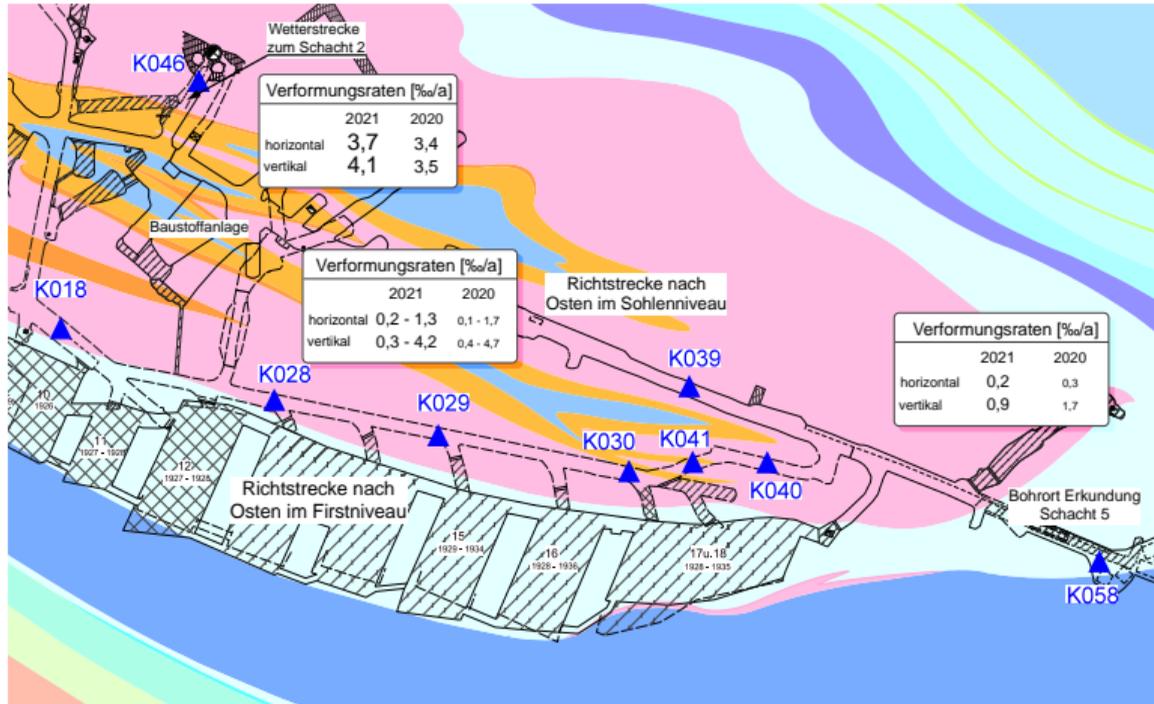


# Wendelstrecke



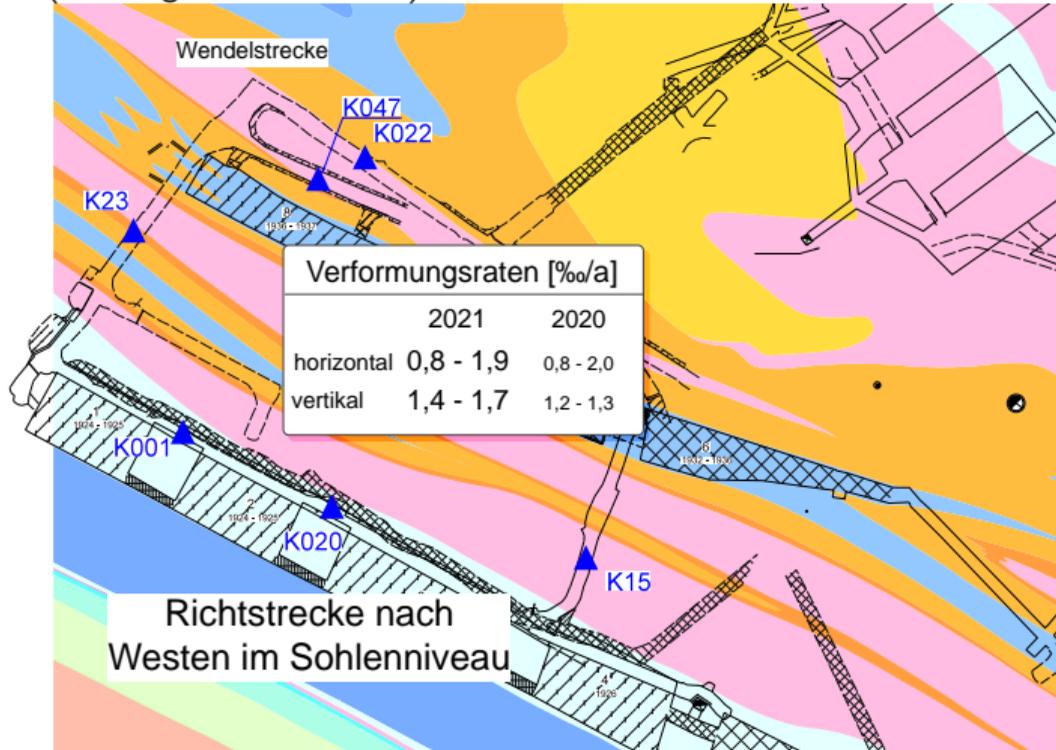
# Konvergenzmessungen

Östlicher Bereich der 700-m-Sohle



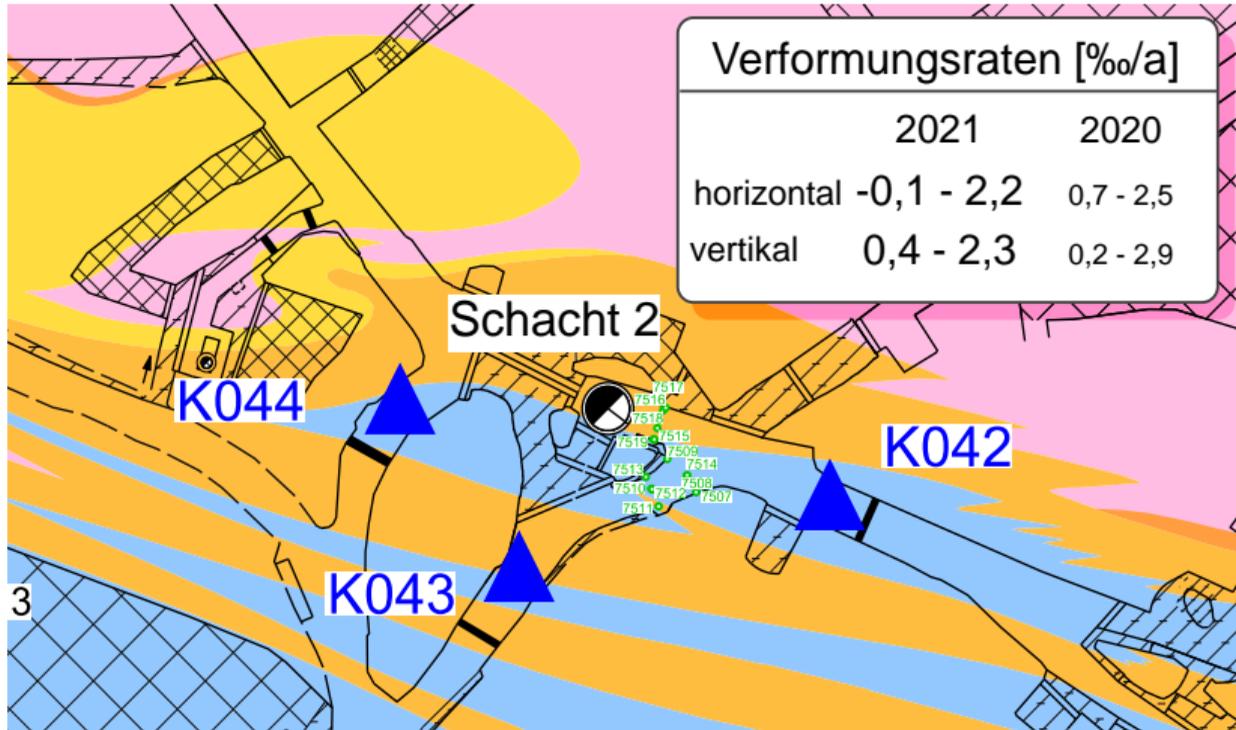
# Konvergenzmessungen

Richtstrecke n. Westen (Gleitbogenausbaustrecke) – 725-m-Sohle



# Konvergenzmessungen

Füllort Schacht 2 – 750-m-Sohle



# ÜBERBLICK

Teil 01

- 1 Einleitung
- 2 Beanspruchung des Tragsystems
- 3 Lage- und Höhenmessungen
- 4 Verformungsmessungen im Tragsystem
- 5 Verschiebungsvektor Südflanke**
- 6 Mikroseismische Überwachung
- 7 Lokale Monitoringprogramme

# Verschiebungsvektor

Ausgangslage und Zielsetzung

## Ausgangslage

- querschlägige Pfeilerstauchungsraten zeigen die Relativverschiebung zwischen dem Extensometerkopfpunkt und den Ankerpunkten in der Bohrlochachse an
- ⇒ keine Informationen über anteilige Verschiebung der vorderen Ankerpunkte und des Kopfpunktes sowie Höhenänderungen

# Verschiebungsvektor *(Forts.)*

Ausgangslage und Zielsetzung

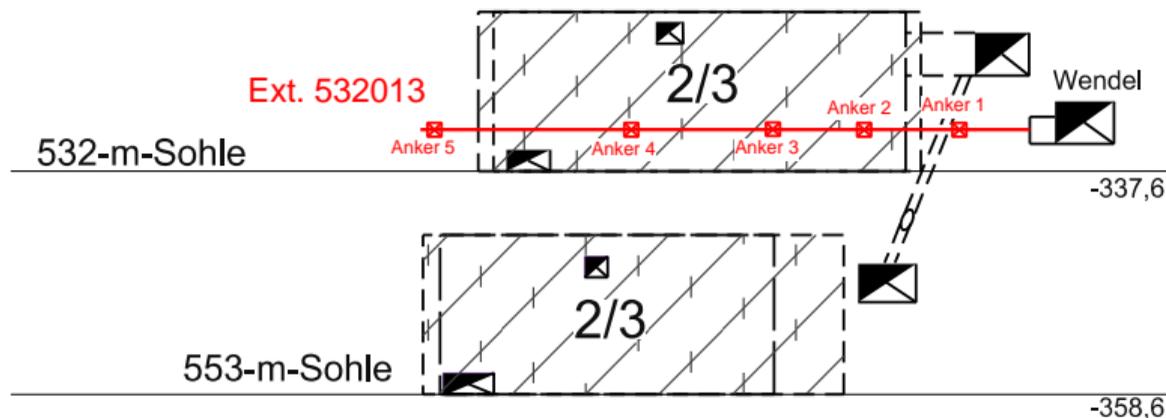
## Zielsetzung

- Berücksichtigung aller Verschiebungsmessungen in den Pfeilern zur Darstellung der vektoriellen Verschiebung aller Ankerpunkte und des Extensometerkopfes:
  - Extensometermessungen (horizontale Verschiebung)
  - Inklinometermessungen (Höhenänderung)
  - Lagemessungen am Extensometerkopf (horizontale Verschiebung und Höhenänderungen)

⇒ Erfassung der Durchbiegung der Südflanke

# Verschiebungsvektor

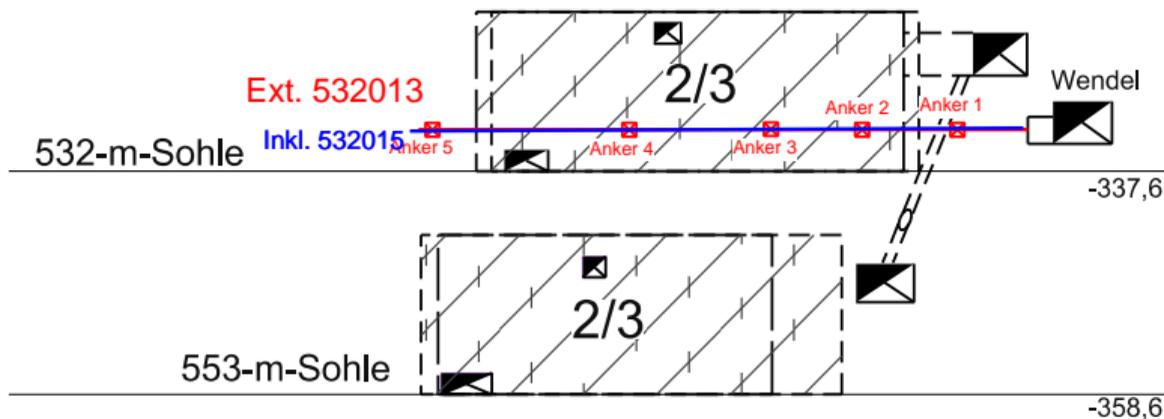
Lageplan, Schnitt durch den Pfeiler 2/3 auf der 532-m-Sohle



- Extensometer
- Inklinometer
- Messpunkt für Lageverschiebung am Extensometerkopfpunkt
- Zeitraum 2001 bis 2021

# Verschiebungsvektor

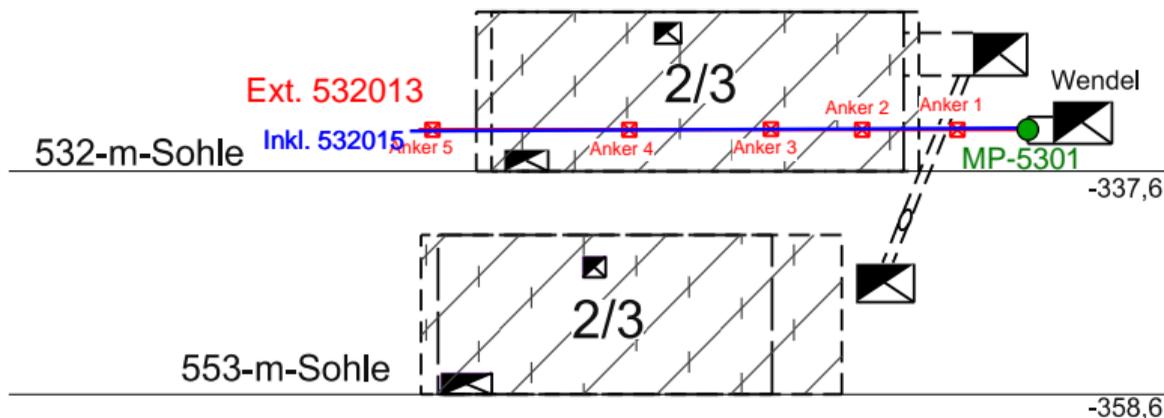
Lageplan, Schnitt durch den Pfeiler 2/3 auf der 532-m-Sohle



- Extensometer
- Inklinometer
- Messpunkt für Lageverschiebung am Extensometerkopfpunkt
- Zeitraum 2001 bis 2021

# Verschiebungsvektor

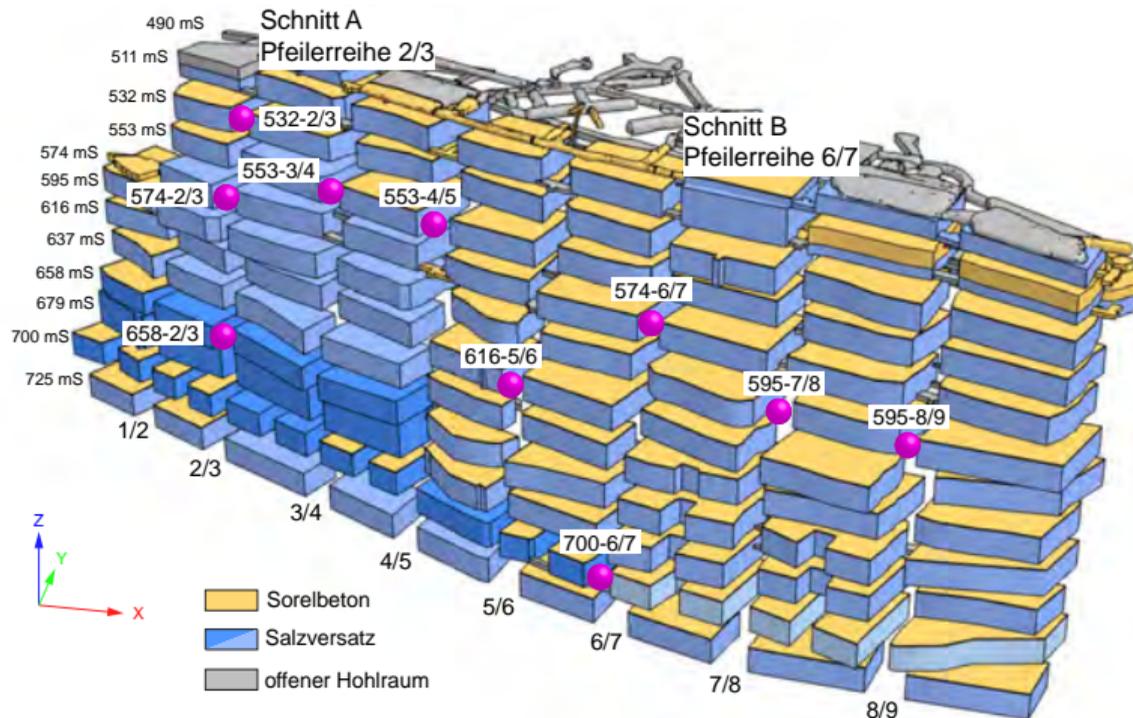
Lageplan, Schnitt durch den Pfeiler 2/3 auf der 532-m-Sohle



- Extensometer
- Inklinometer
- Messpunkt für Lageverschiebung am Extensometerkopfpunkt
- Zeitraum 2001 bis 2021

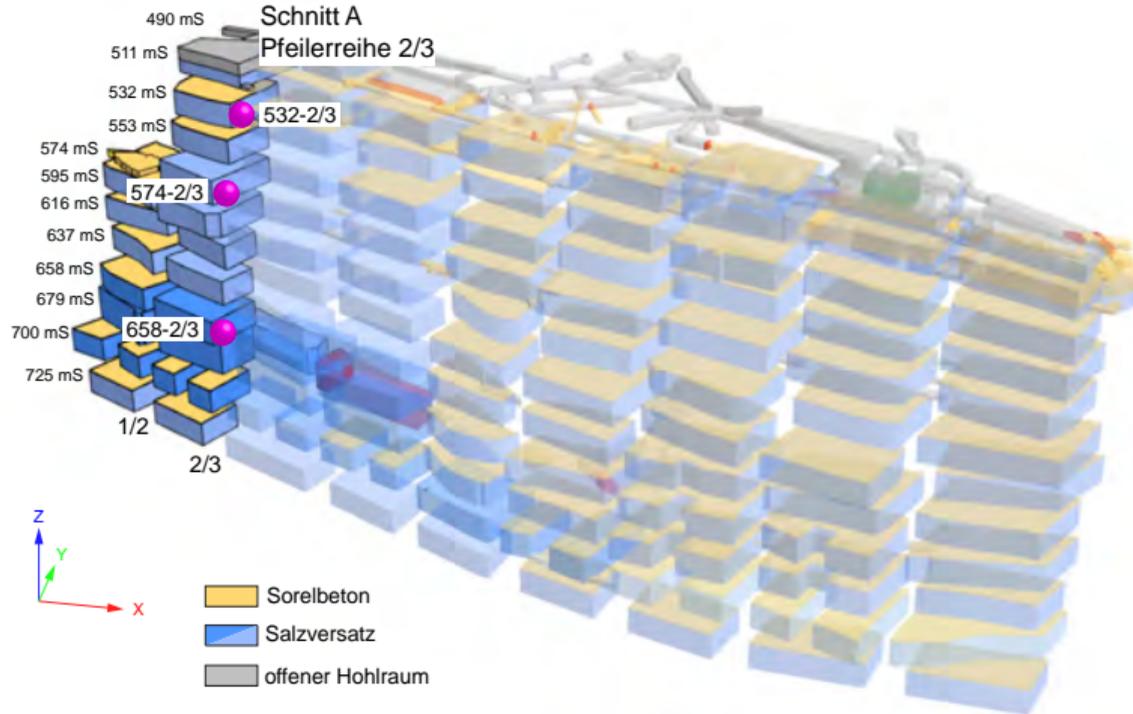
# Verschiebungsvektor

Ergebnisse – 3D-Darstellung - Messstellen



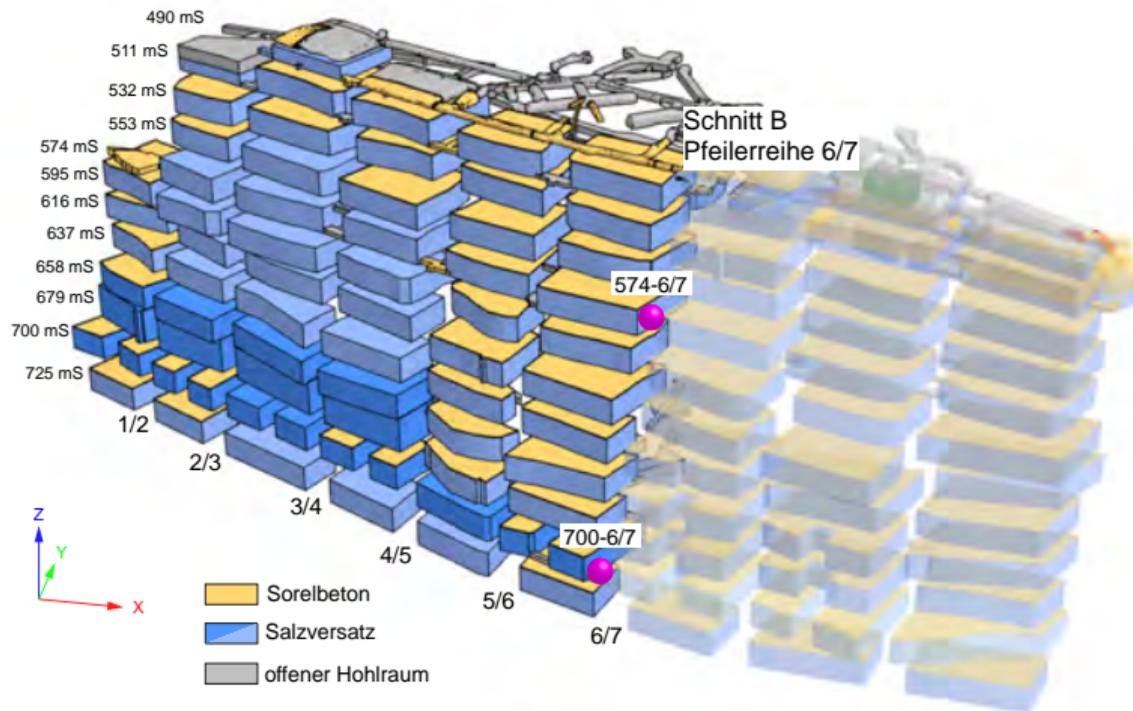
# Verschiebungsvektor

Schnitt A durch Pfeilerreihe 2/3



# Verschiebungsvektor

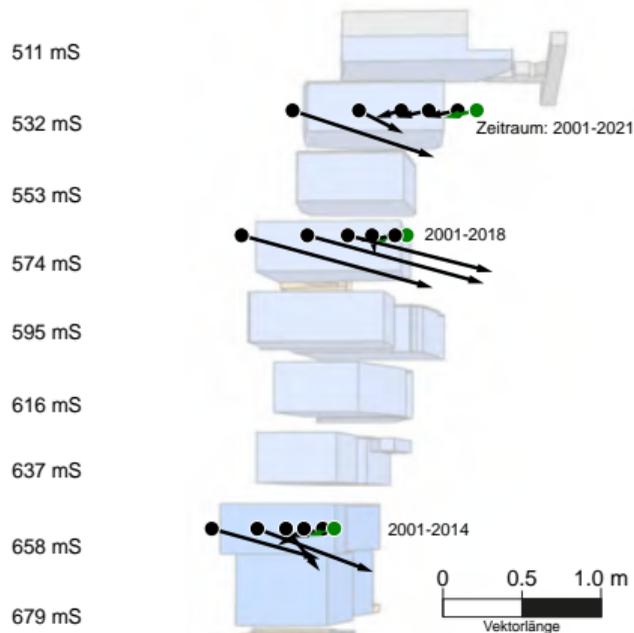
Schnitt B durch Pfeilerreihe 6/7



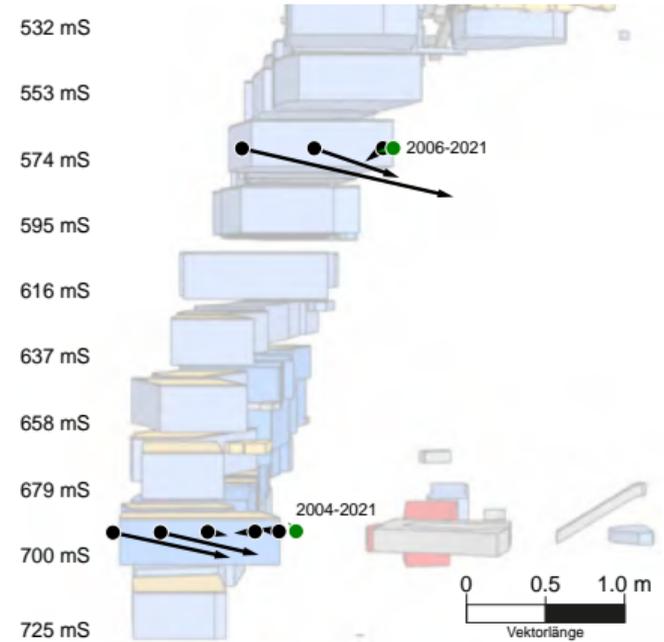
# Verschiebungsvektor

## Ergebnisse

### Pfeilerreihe 2/3 - Schnitt A



### Pfeilerreihe 6/7 - Schnitt B



# Verschiebungsvektor

## Zusammenfassung

- die südlichen Ankerpunkte zeigen die Verschiebungen in Richtung Nord-Nordosten mit einem Einfallen von durchschnittlich ca.  $-29^\circ$  an, diese Punkte zeigen die größte Verschiebung.
  - die nördlichen Punkte zeigen kleinere Verschiebungen in Richtung Süd-Südwesten mit einem Einfallen von durchschnittlich ca.  $-26^\circ$ .
- ⇒ **Asymmetrische Verformung der Pfeiler in der Messebene**
- ⇒ **Durchbiegung der Südflanke überwiegend aus südlicher Richtung**

# ÜBERBLICK

Teil 01

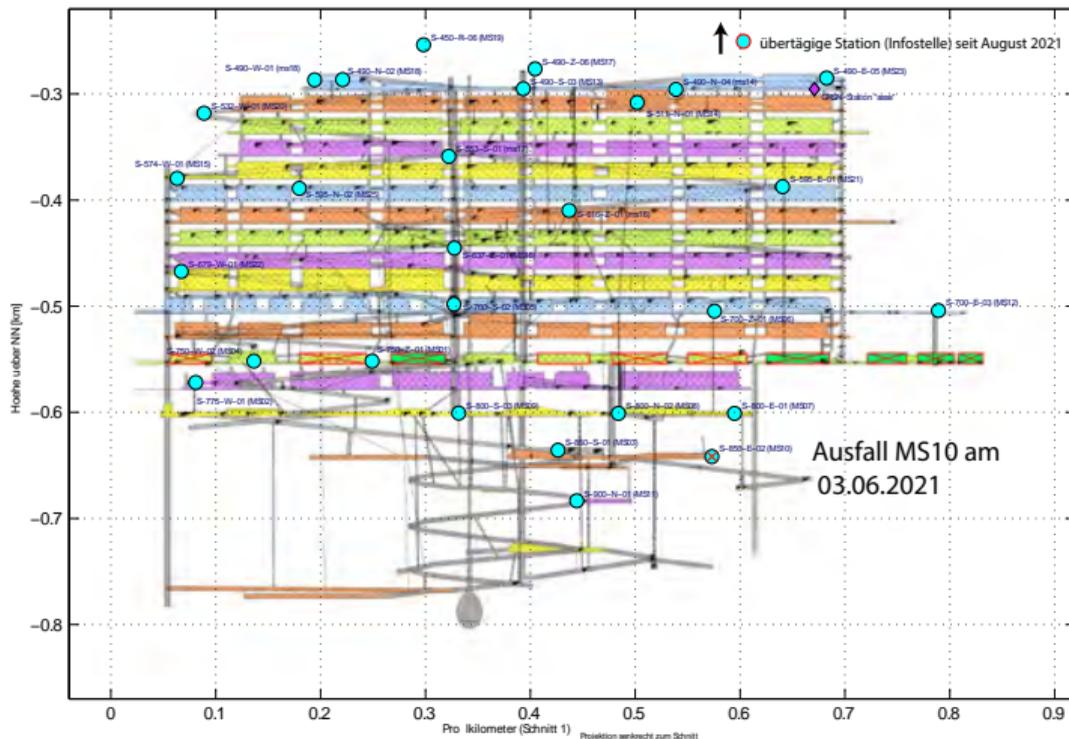
- 1 Einleitung
- 2 Beanspruchung des Tragsystems
- 3 Lage- und Höhenmessungen
- 4 Verformungsmessungen im Tragsystem
- 5 Verschiebungsvektor Südflanke
- 6 Mikroseismische Überwachung**
- 7 Lokale Monitoringprogramme

## 6 Mikroseismische Überwachung

- Mikroseismiknetz
- Zeitliche Entwicklung der Mikroseismizität (Überblick)
- Aktuelle Mikroseismizität
- Cluster bei der Einlagerungskammer 6/750
- Cluster bei der Einlagerungskammer 4/750
- Cluster im Bereich der 700- bis 775-m-Sohle
- Zusammenfassung

# Netzgeometrie

## Lage der Mikroseismikstationen



### Legende:

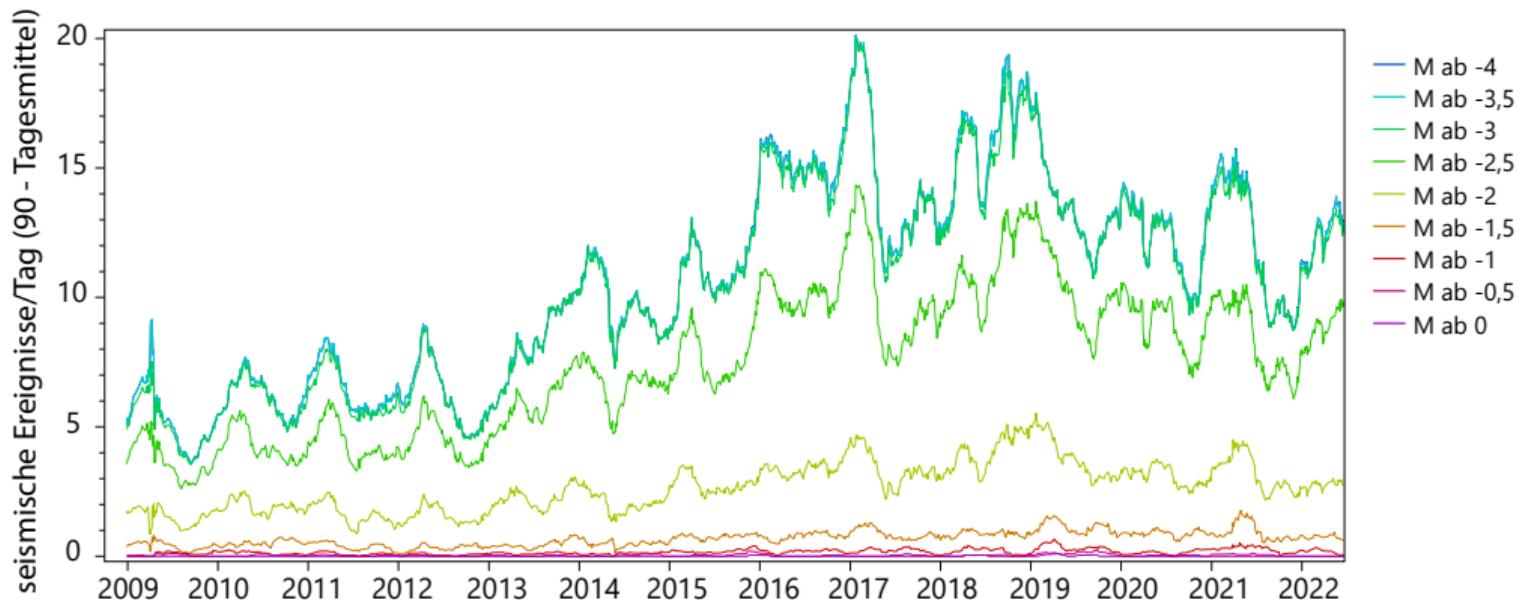
- 28 im Berichtszeitraum 2021 in Betrieb befindliche Mikroseismiksonden
- ◆ Breitbandstation im Deutschen Seismologischen Regionalnetz

## 6 Mikroseismische Überwachung

- Mikroseismiknetz
- Zeitliche Entwicklung der Mikroseismizität (Überblick)
- Aktuelle Mikroseismizität
- Cluster bei der Einlagerungskammer 6/750
- Cluster bei der Einlagerungskammer 4/750
- Cluster im Bereich der 700- bis 775-m-Sohle
- Zusammenfassung

## Ereignisrate im gesamten überwachten Bereich

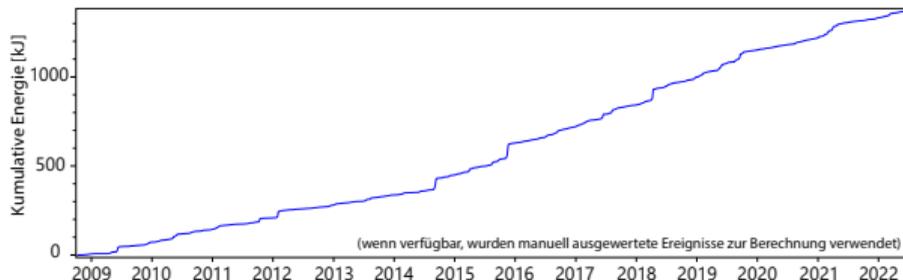
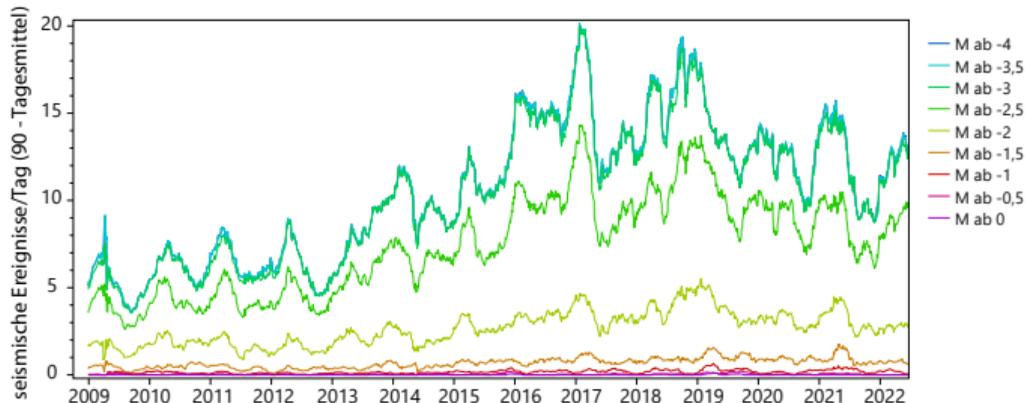
(Mittlung über 90 Tage, aus Betriebsruhephasen auf die Gesamtzeit hochgerechnet, Automatik, 01.10.2008 bis 20.06.2022)



- Langfristig betrachtet ist die Ereignisrate seit 2009 stark angestiegen.
- Die Gesamtereignisrate unterliegt deutlichen Schwankungen.
- Im Kalenderjahr 2021 ist die Rate im Vergleich zum Vorjahr geringfügig zurückgegangen (im Mittel um ca. 3%).

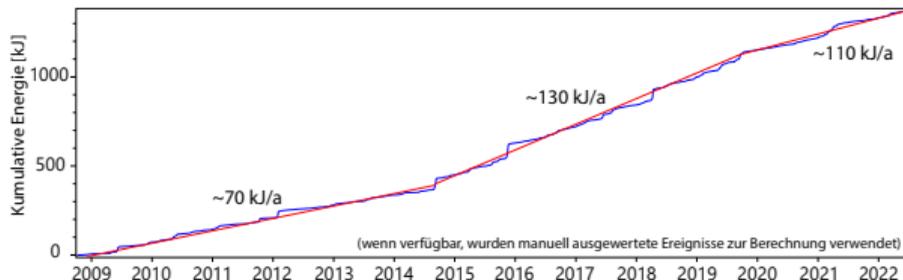
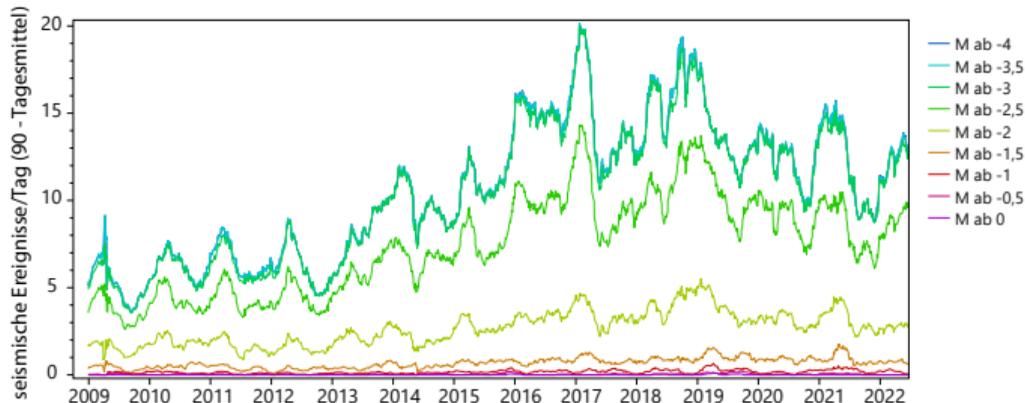
# Ereignisrate und kumulative Energie im gesamten überwachten Bereich

(Mittlung über 90 Tage, aus Betriebsruhephasen auf die Gesamtzeit hochgerechnet, Automatik, 01.10.2008 bis 20.06.2022)



# Ereignisrate und kumulative Energie im gesamten überwachten Bereich

(Mittelung über 90 Tage, aus Betriebsruhephasen auf die Gesamtzeit hochgerechnet, Automatik, 01.10.2008 bis 20.06.2022)

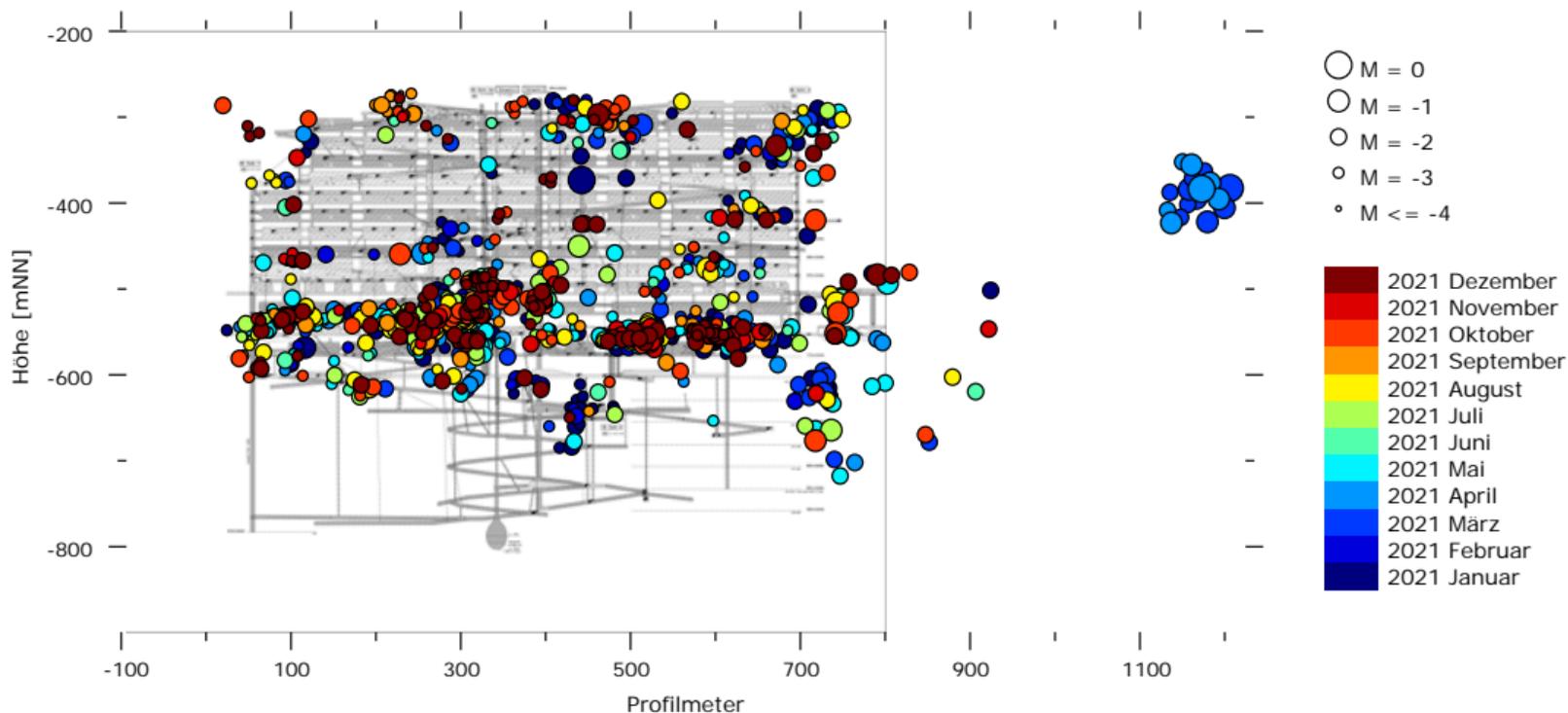


## 6 Mikroseismische Überwachung

- Mikroseismiknetz
- Zeitliche Entwicklung der Mikroseismizität (Überblick)
- **Aktuelle Mikroseismizität**
  - Cluster bei der Einlagerungskammer 6/750
  - Cluster bei der Einlagerungskammer 4/750
  - Cluster im Bereich der 700- bis 775-m-Sohle
  - Zusammenfassung

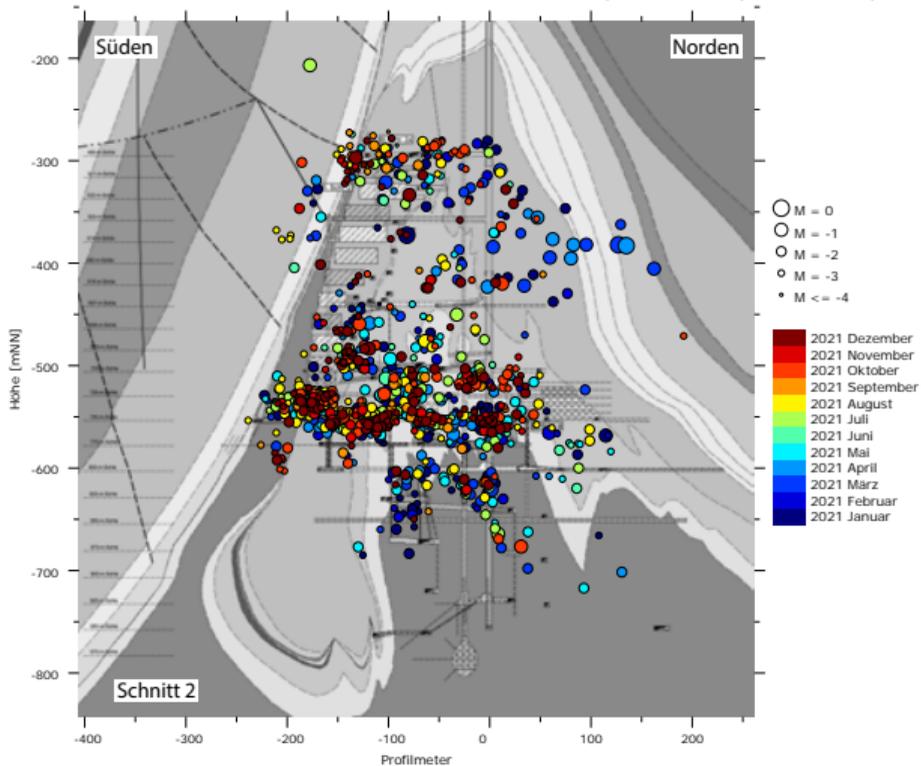
# Mikroseismizität vom 1. Januar 2021 bis 31. Dezember 2021

Manuelle Auswertung, Zeiträume ohne bergmännische Aktivitäten („Betriebsruhe“), Profilmeter (Schnitt 1)



# Mikroseismizität vom 1. Januar 2021 bis 31. Dezember 2021

Manuelle Auswertung, Zeiträume ohne bergmännische Aktivitäten („Betriebsruhe“), Profilmeter (Schnitt 2)

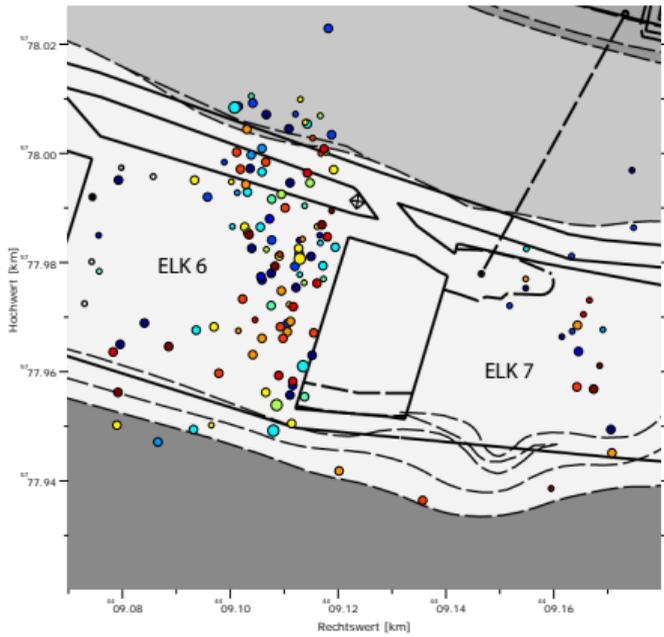


## 6 Mikroseismische Überwachung

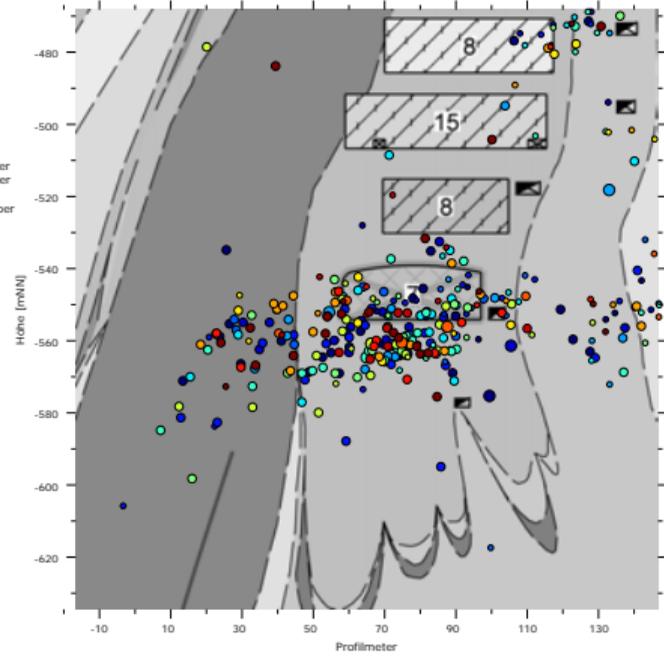
- Mikroseismiknetz
- Zeitliche Entwicklung der Mikroseismizität (Überblick)
- Aktuelle Mikroseismizität
- **Cluster bei der Einlagerungskammer 6/750**
- Cluster bei der Einlagerungskammer 4/750
- Cluster im Bereich der 700- bis 775-m-Sohle
- Zusammenfassung

# Cluster im Bereich der ELK 6/750 (01.01.2021 bis 31.12.2021, manuelle Auswertung, Betriebsruhe)

Draufsicht auf die 750-m-Sohle



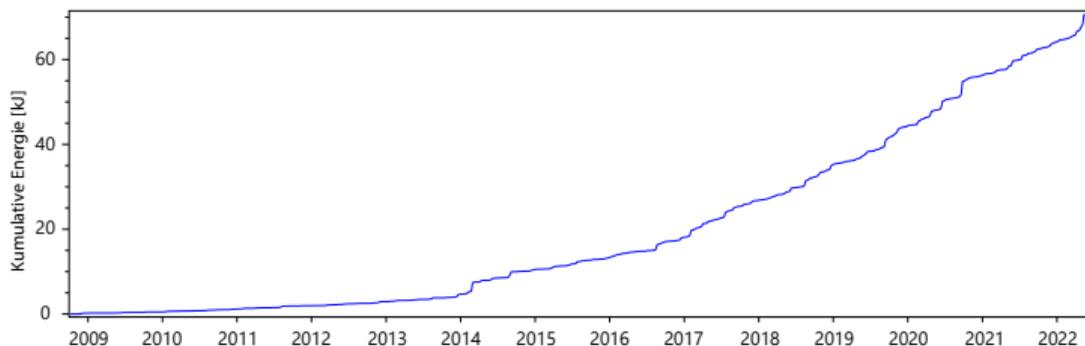
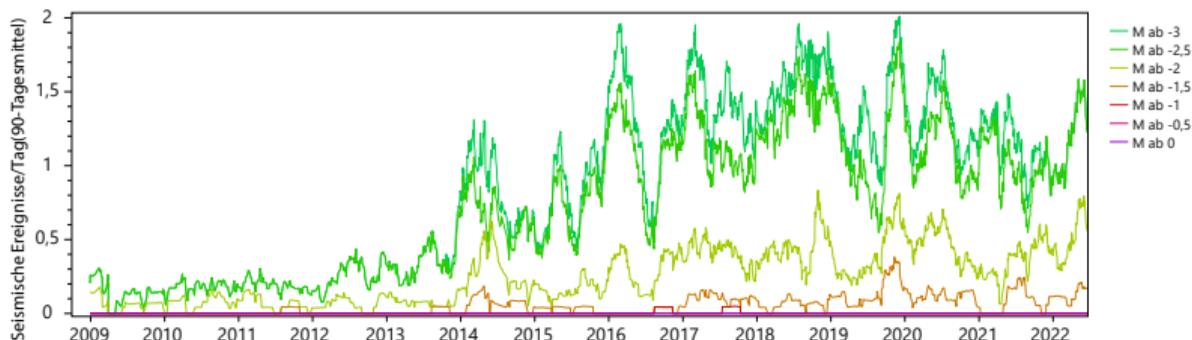
Schnitt 22 senkrecht zum Streichen durch Abbaureihe 8



Die Aktivität im Bereich der ELK 6/750 hat sich 2021 ähnlich dem Vorjahr fortgesetzt.

## Ereignisrate und kumulative Energie bei der ELK 6/750

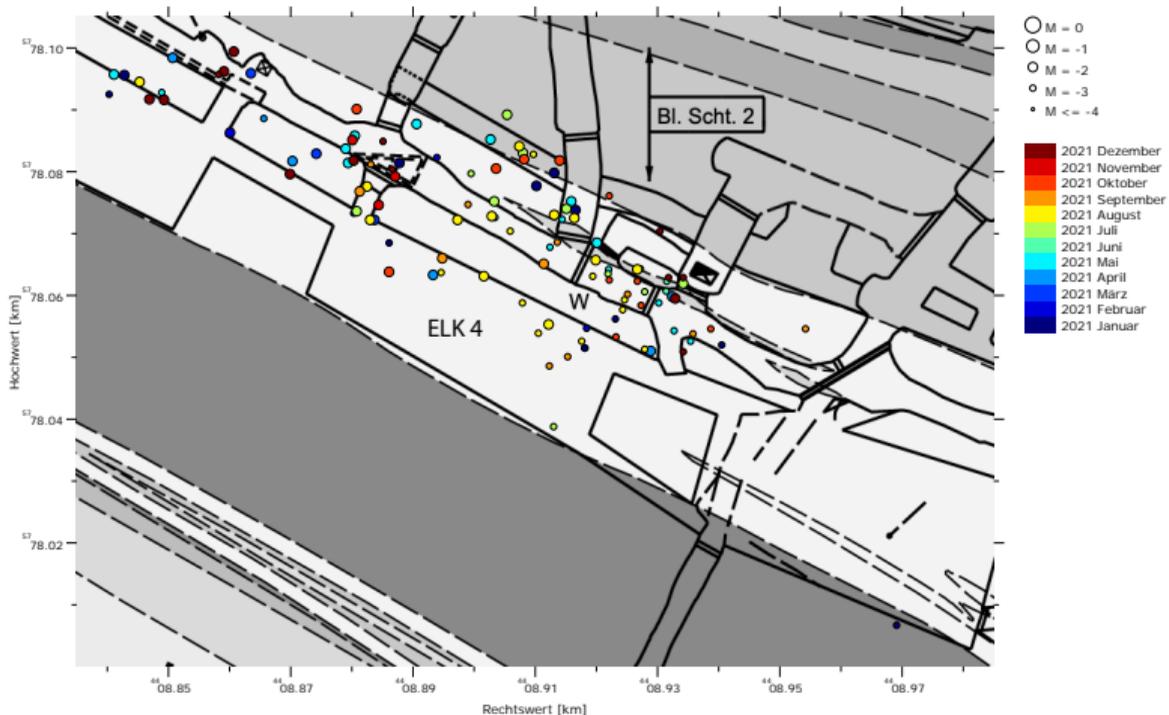
(Mittelung über 90 Tage, aus Betriebsruhephasen auf die Gesamtzeit hochgerechnet, Automatik, 01.10.2008 bis 20.06.2022)



## 6 Mikroseismische Überwachung

- Mikroseismiknetz
- Zeitliche Entwicklung der Mikroseismizität (Überblick)
- Aktuelle Mikroseismizität
- Cluster bei der Einlagerungskammer 6/750
- **Cluster bei der Einlagerungskammer 4/750**
- Cluster im Bereich der 700- bis 775-m-Sohle
- Zusammenfassung

# Cluster bei der ELK 4/750 (01.01.2021 bis 31.12.2021, manuelle Auswertung, Betriebsruhe)

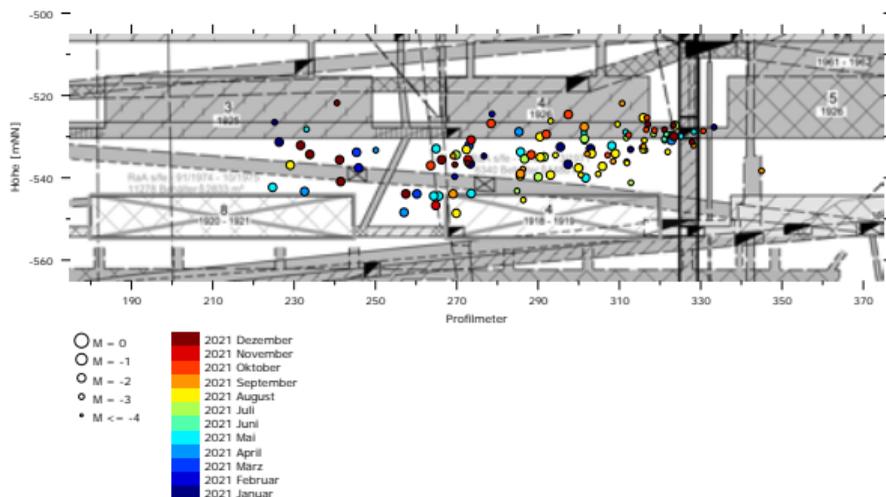


Der Schwerpunkt des Clusters liegt weiterhin nördlich der ELK 4/750 entlang der verfüllten 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle.

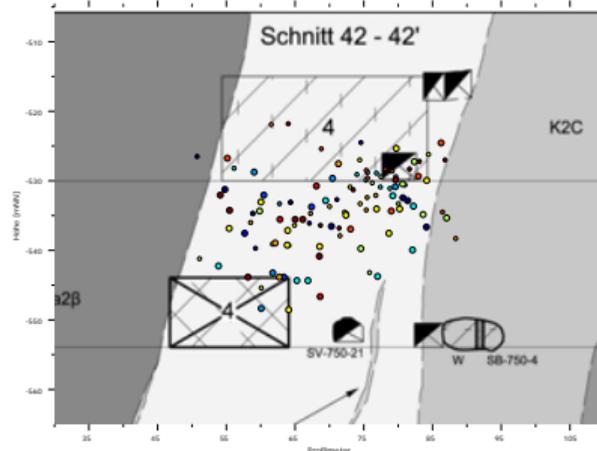
# Cluster bei der ELK 4/750 (01.01.2021 bis 31.12.2021, manuelle Auswertung, Betriebsruhe)



Schnitt 1 (Ausschnitt)

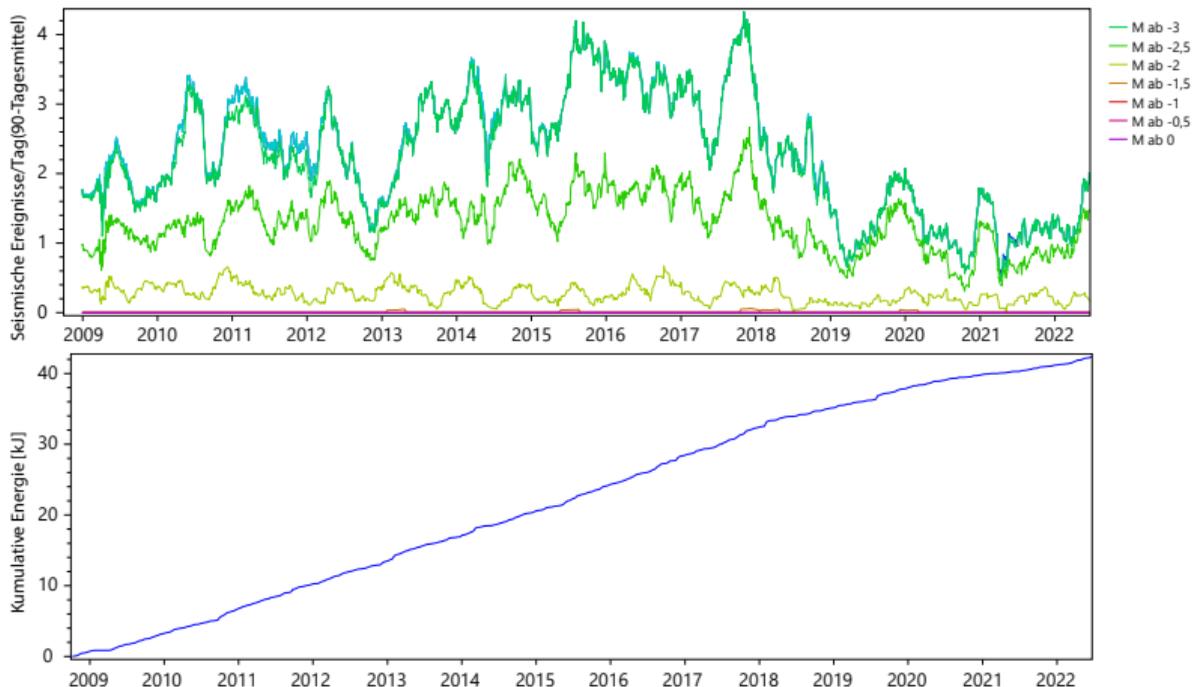


Schnitt 42 senkrecht zum Streichen durch ELK 4/750



## Ereignisrate und kumulative Energie bei der ELK 4/750

(Mittelung über 90 Tage, aus Betriebsruhephasen auf die Gesamtzeit hochgerechnet, Automatik, 01.10.2008 bis 20.06.2022)



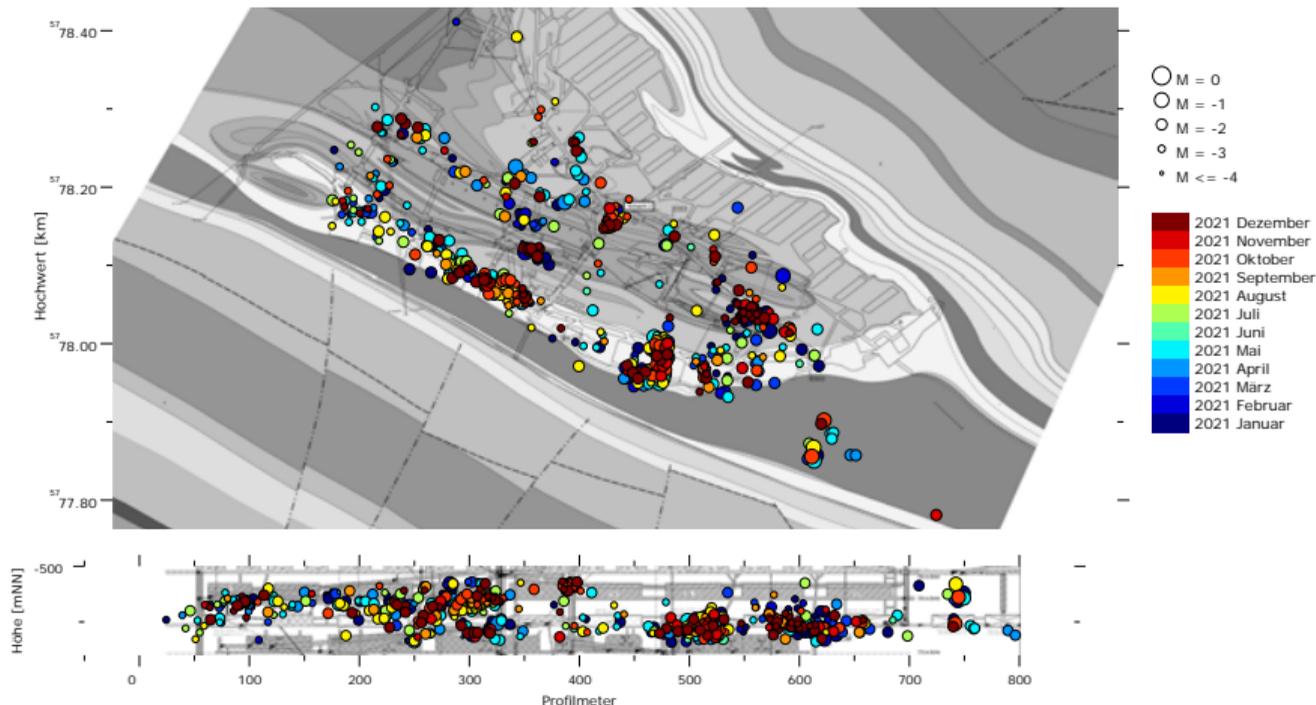
Die Ereignisraten sind im Mittel seit ca. 2018 abnehmend.

## 6 Mikroseismische Überwachung

- Mikroseismiknetz
- Zeitliche Entwicklung der Mikroseismizität (Überblick)
- Aktuelle Mikroseismizität
- Cluster bei der Einlagerungskammer 6/750
- Cluster bei der Einlagerungskammer 4/750
- Cluster im Bereich der 700- bis 775-m-Sohle
- Zusammenfassung

# 01.01.2021 bis 31.12.2021, manuelle Auswertung, Betriebsruhe

Insbesondere Cluster im Bereich der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen und bei der Gabelung der nördlichen und 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle sowie beim Füllort des Schachts 2 auf der 700-m-Sohle.



## 6 Mikroseismische Überwachung

- Mikroseismiknetz
- Zeitliche Entwicklung der Mikroseismizität (Überblick)
- Aktuelle Mikroseismizität
- Cluster bei der Einlagerungskammer 6/750
- Cluster bei der Einlagerungskammer 4/750
- Cluster im Bereich der 700- bis 775-m-Sohle
- Zusammenfassung

## Zusammenfassung (Mikroseismizität und Stabilisierung)

Die mikroseismische Aktivität liegt insgesamt weiter auf hohem Niveau.

Ursachen der Mikroseismizität sind

- Vorschädigungen,
- geologisch vorgeprägte Trennflächen,
- hohe Beanspruchung,
- ungünstige Hohlraumgeometrie,
- hoher Durchbauungsgrad,
- lange Standzeit

bzw. deren Zusammenspiel.

**Ausreichende Stabilisierungsmaßnahmen führen auf lange Sicht zum Rückgang der Mikroseismizität.**

## Zusammenfassung (Mikroseismizität)

- **Keine relevanten Veränderungen zum Vorjahr.**
- **Auf Grundlage der Ereignisrate ist die Mikroseismizität insgesamt um circa 3 % zurückgegangen.**
- **Weiterhin verringerte Aktivität des Cluster bei der ELK 4/750 nach Stabilisierungen in der Umgebung ab etwa April 2018.**

# ÜBERBLICK

Teil 01

- 1 Einleitung
- 2 Beanspruchung des Tragsystems
- 3 Lage- und Höhenmessungen
- 4 Verformungsmessungen im Tragsystem
- 5 Verschiebungsvektor Südflanke
- 6 Mikroseismische Überwachung
- 7 Lokale Monitoringprogramme**

## 7

### Lokale Monitoringprogramme

- Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- Wendelstrecke von der 490- bis zur 850-m-Sohle
- Monitoring 700-m-Sohle
- 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
- 750-m-Sohle: östlicher Bereich, Füllort Schacht 2 und westlicher Bereich



# Oberer Baufeldrand

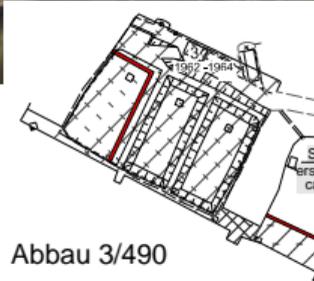
Gebirgsmechanische und Bergbauliche Situation



- Infrastrukturräume am oberen Baufeld der Südflanke sind wichtig für den Bergwerksbetrieb
  - Lange offene Standzeit sowie teilweise geringe Firstwölbung
  - Hohe gebirgsmechanische Beanspruchung mit fortschreitenden Schädigungsprozessen
- ⇒ **Erhöhter Bedarf an Monitoring- und Stabilisierungsmaßnahmen**

# Oberer Baufeldrand

Abbau 3/490 - Übersicht

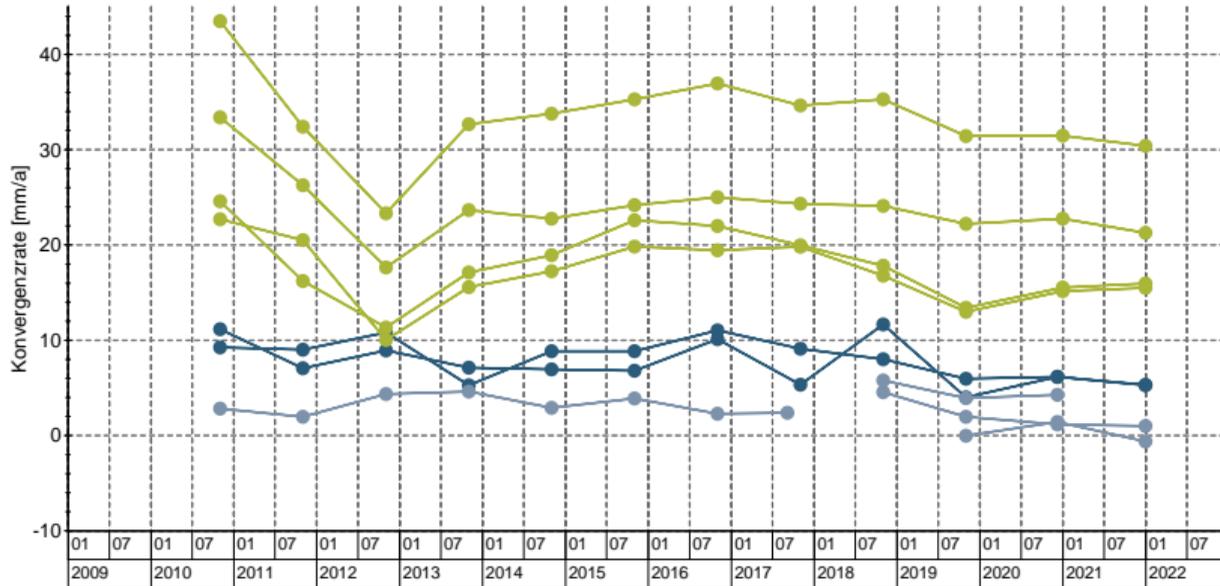


Abbau 3/490

Blick nach Süden über die Speicherbecken in Abbau 3/490, 27.10.2021

# Oberer Baufeldrand

Abbau 3/490 - Ergebnisse der Konvergenzmessungen, Zeitraum 2010 bis 2021



Legende:

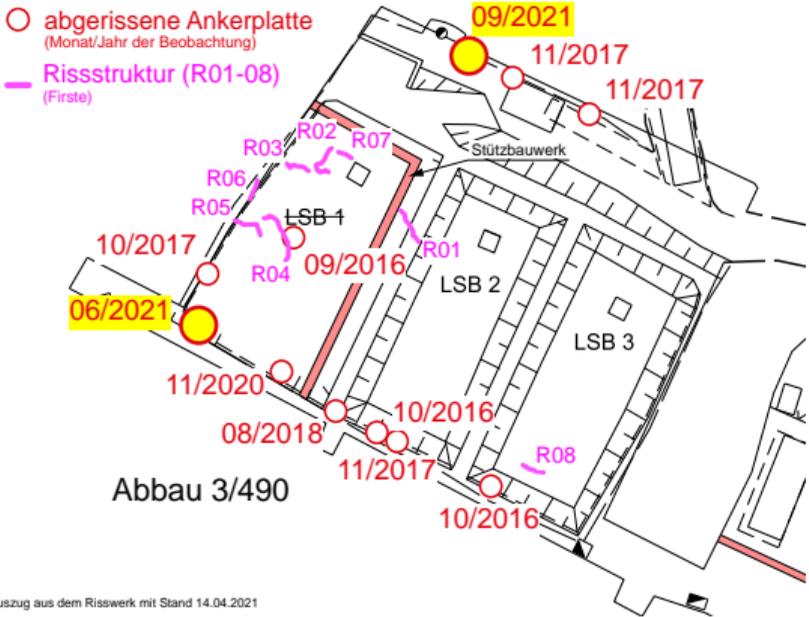
- Horizontal
- querschlägig
  - streichend
- Vertikal

Verformungsraten [‰/a]:

	2021	2020
horizontal		
querschlägig	0,1	0,1
streichend	0,00	0,05
vertikal	1,2	1,5

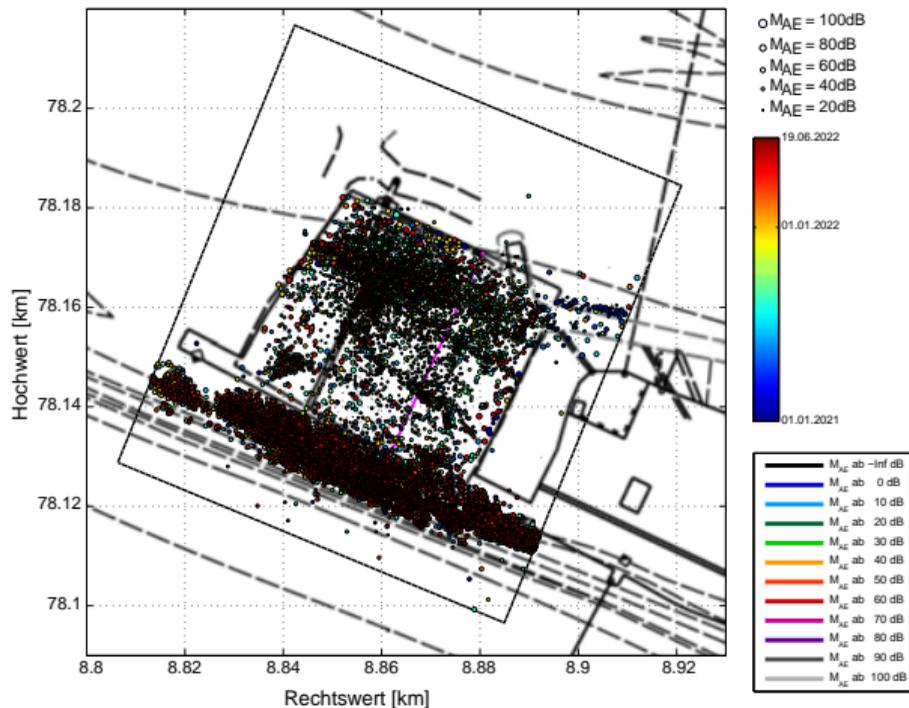
# Oberer Baufeldrand

Abbau 3/490 - visuelle Beobachtungen im Jahr 2021

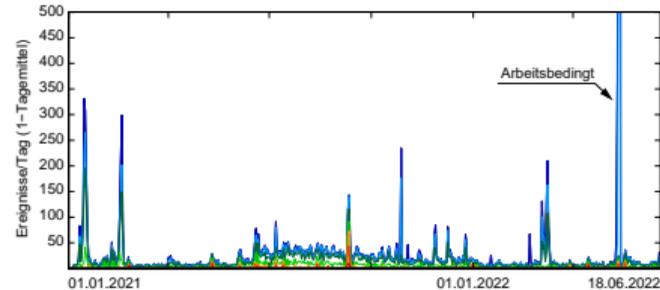


# Oberer Baufeldrand

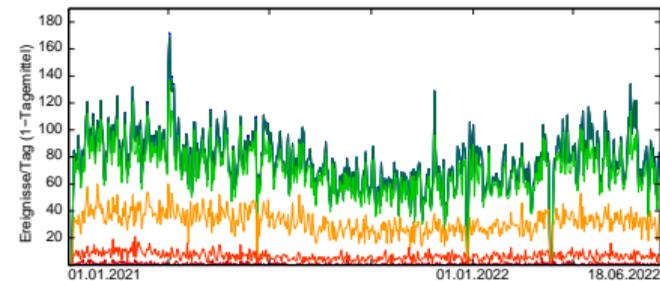
Abbau 3/490 - Mikroakustische Überwachung (01.01.2021–18.06.2022)



## Firstbereich



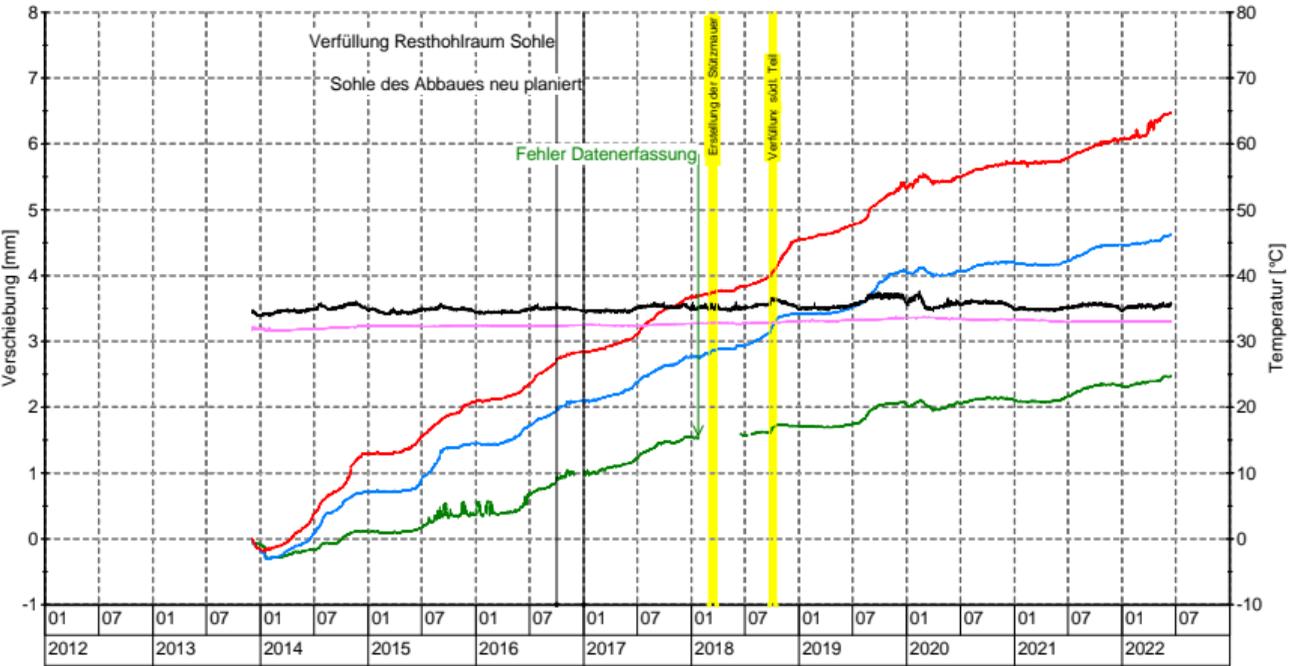
## Übergang Salz-Deckgebirge





# Oberer Baufeldrand

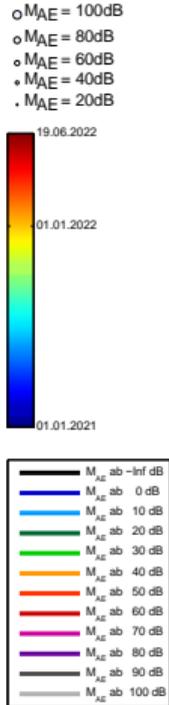
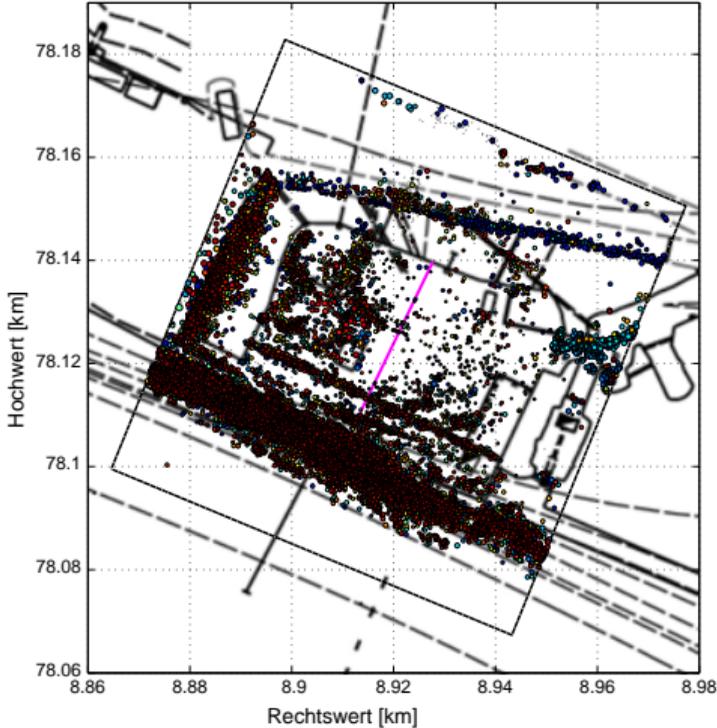
Abbau 4/490 - Ergebnisse des Firstextensometers, Zeitraum: 03.12.2013 bis 16.06.2022



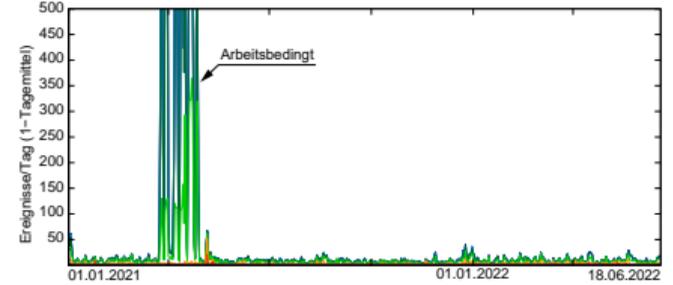
- Legende:
- 3 m Anker
  - 6 m Anker
  - 9 m Anker
  - Temperatur:
    - Kopfpunkt
    - 9 m Anker

# Oberer Baufeldrand

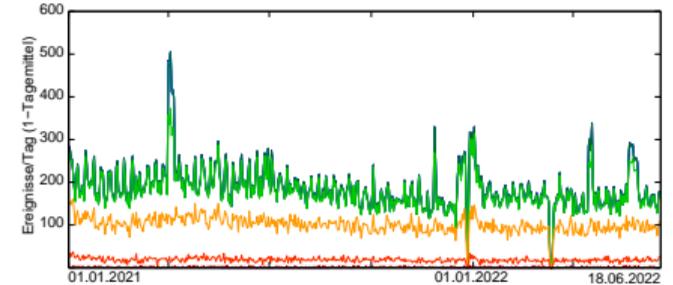
Abbau 4/490 - Mikroakustische Überwachung (01.01.2020–19.06.2022)



## Firstbereich

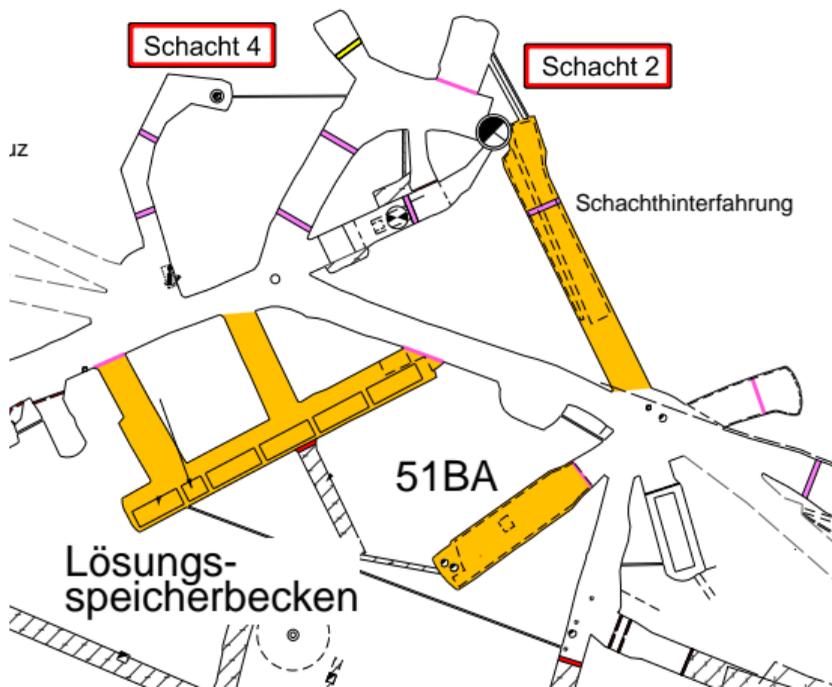


## Übergang Salz-Deckgebirge



# Oberer Baufeldrand

zentraler Bereich der 490-m-Sohle - Übersicht



# Oberer Baufeldrand

zentraler Bereich der 490-m-Sohle - Fotodokumentation



Blick zur Baustoffanlage 51BA, 24.01.2022



Blick zu den neuen Lösungsspeicherbecken, 24.01.2022

# Oberer Baufeldrand

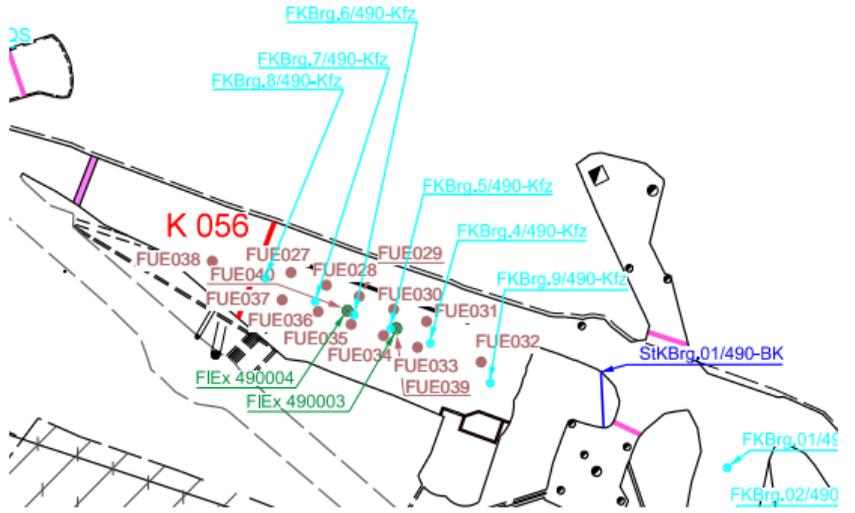
Kfz-Werkstatt - Übersicht



Blick in die Kfz-Werkstatt nach Westen, 31.01.2022

# Oberer Baufeldrand

## Kfz-Werkstatt - Verformungsmessungen



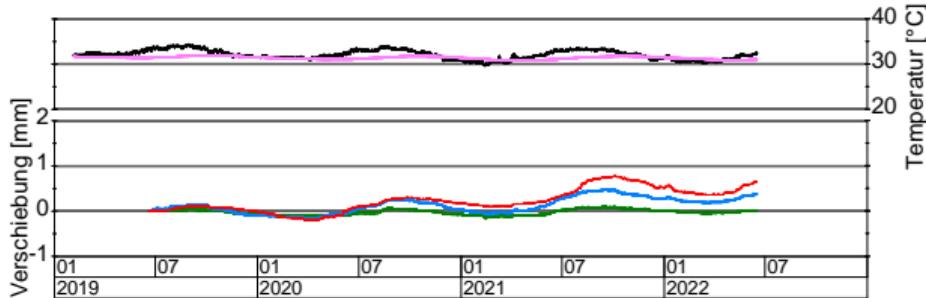
### ■ Messergebnisse:

- keine horizontal querschlägige Konvergenz
- Firstüberwachungspunkte zeigten Ende 2021 leichte Hebungen, seitdem wieder Senkungen
- Kontrollbohrungen zeigen keine Auflockerungen/Schädigungen im Firstbereich

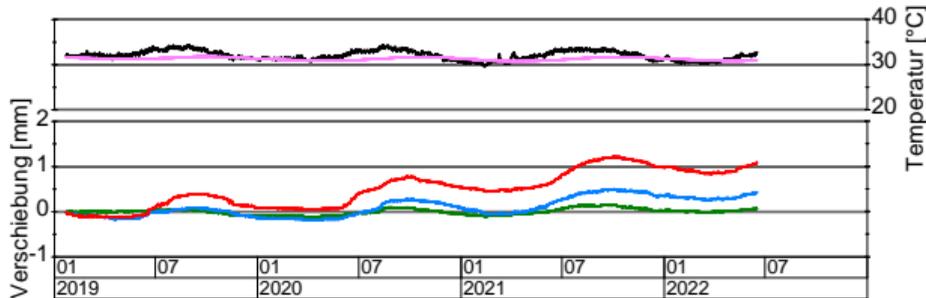
⇒ Ergebnisse zeigen keine relevanten Verformungen/Schädigungen im Firstbereich

# Oberer Baufeldrand

Kfz-Werkstatt - Ergebnisse der Firstextensometer, Zeitraum: 01.01.2019 bis 16.06.2022



FiEx.490003



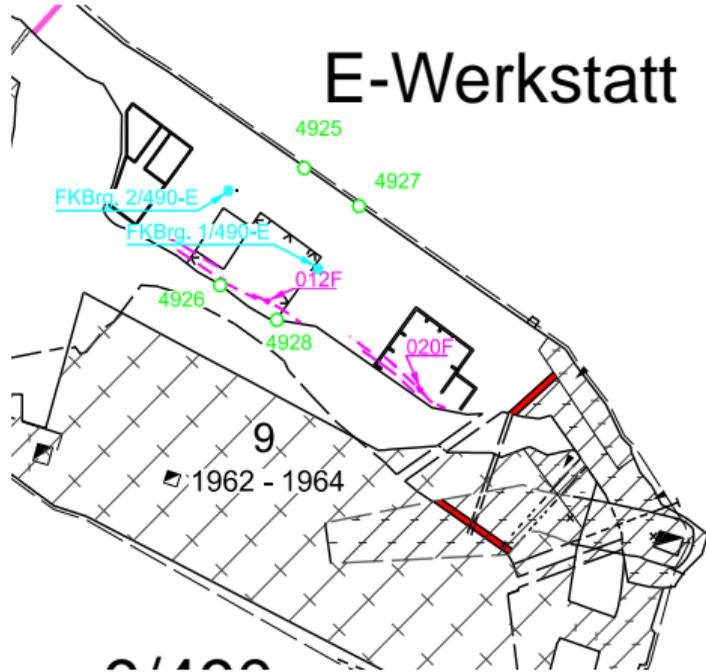
FiEx.490004

Legende:

-  2 m Anker
-  4 m Anker
-  6 m Anker
- Temperatur:
-  Kopfpunkt
-  6 m Anker

# Oberer Baufeldrand

## E-Werkstatt - Übersicht



Blick in die E-Werkstatt nach Osten

# Oberer Baufeldrand

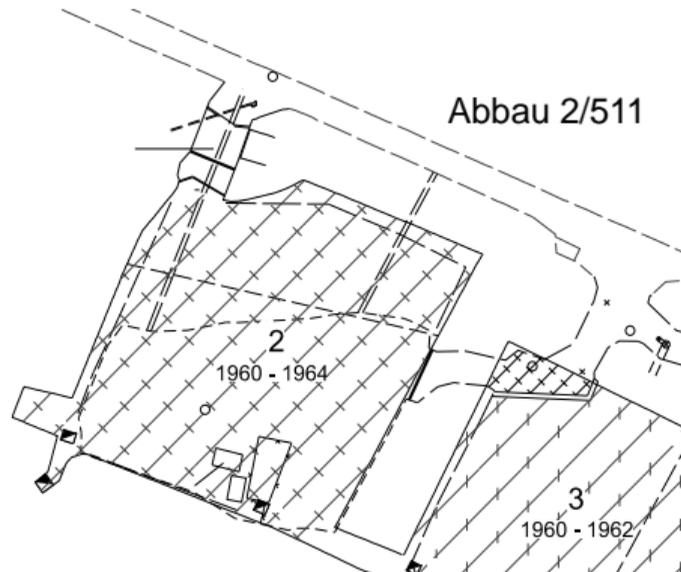
## E-Werkstatt - Rissentwicklung



- Risse zeigen weiterhin Verlängerungen der Risslängen
- zunehmende Schädigung des Pfeilers zum Abbau 9/490
- Entsprechend der Entwicklung sind Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich

# Oberer Baufeldrand

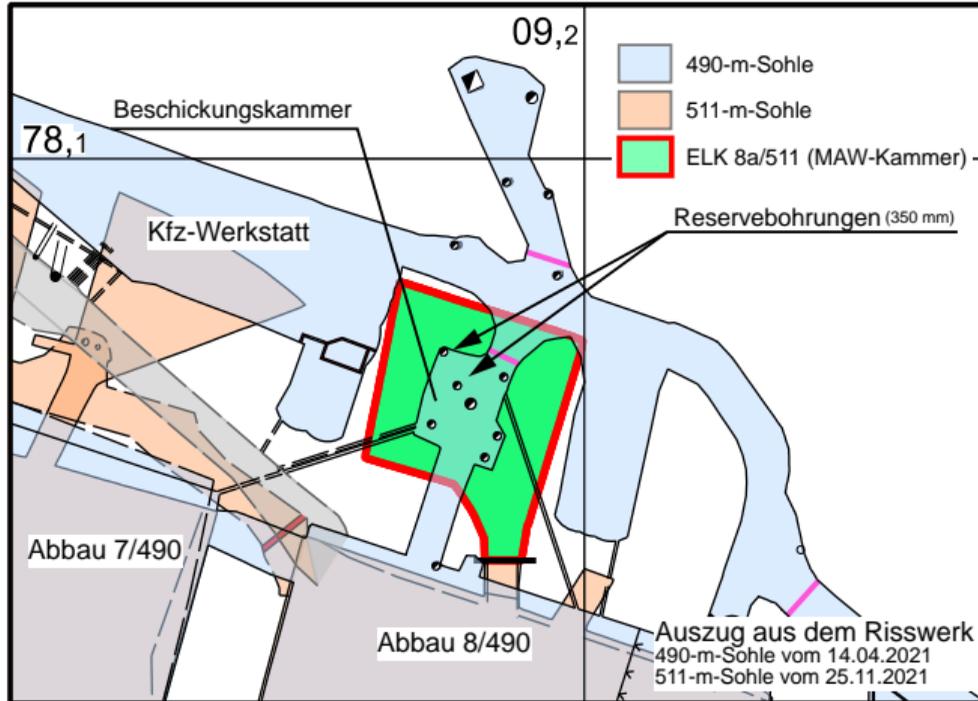
Abbau 2/511



Blick in den Abbau 2/511, 28.06.2022

# Oberer Baufeldrand

Beschickungskammer/MAW-Kammer - Übersicht



# Oberer Baufeldrand

Beschickungskammer/MAW-Kammer - Übersicht



Blick in die Beschickungskammer, 22.06.2022



Rissbildung im Eingangsbereich zur Beschickungskammer, 22.06.2022

# Oberer Baufeldrand

Zusammenfassung & Fazit



## Abbau 3/490

- anhaltend hohe Verformung und fortschreitende Schädigungsprozesse
  - Konvergenzrate im Jahr 2021 weiterhin auf einem hohen Niveau
  - erhöhte mikroakustische Aktivität im nordwestlichen Teil
  - anhaltende mikroakustische Aktivität im südlichen Deckgebirge
  - zunehmende Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit
- ⇒ **zügiger Rückzug aus dem Abbau mit anschließender vollständiger Verfüllung**

# Oberer Baufeldrand *(Forts.)*

Zusammenfassung & Fazit



## Abbau 4/490

- keine Hinweise auf Rissbildungen in der Firste (Firstkontrollbohrungen)
- leicht erhöhte mikroakustische Aktivität im westlichen Teil
- anhaltende mikroakustische Aktivität im südlichen Deckgebirge ist weiter zu beobachten
- Gebrauchstauglichkeit derzeit gegeben

# Oberer Baufeldrand (Forts.)

## Zusammenfassung & Fazit



## Kfz-Werkstatt

- keine gebirgsmechanisch relevanten Verformungen/Schädigungen im Firstbereich

## E-Werkstatt

- Risse zeigen weiterhin Verlängerungen der Risslängen und deuten auf eine fortschreitende Schädigung des Pfeilers zum Abbau 9/490 hin
- Entsprechend der Entwicklung sind Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich

## Abbaue 8/490, 9/490 und 2/511

- keine gebirgsmechanisch relevanten Änderungen
- Gebrauchstauglichkeit ist derzeit gegeben

# Oberer Baufeldrand *(Forts.)*

Zusammenfassung & Fazit



## Beschickungskammer/MAW-Kammer

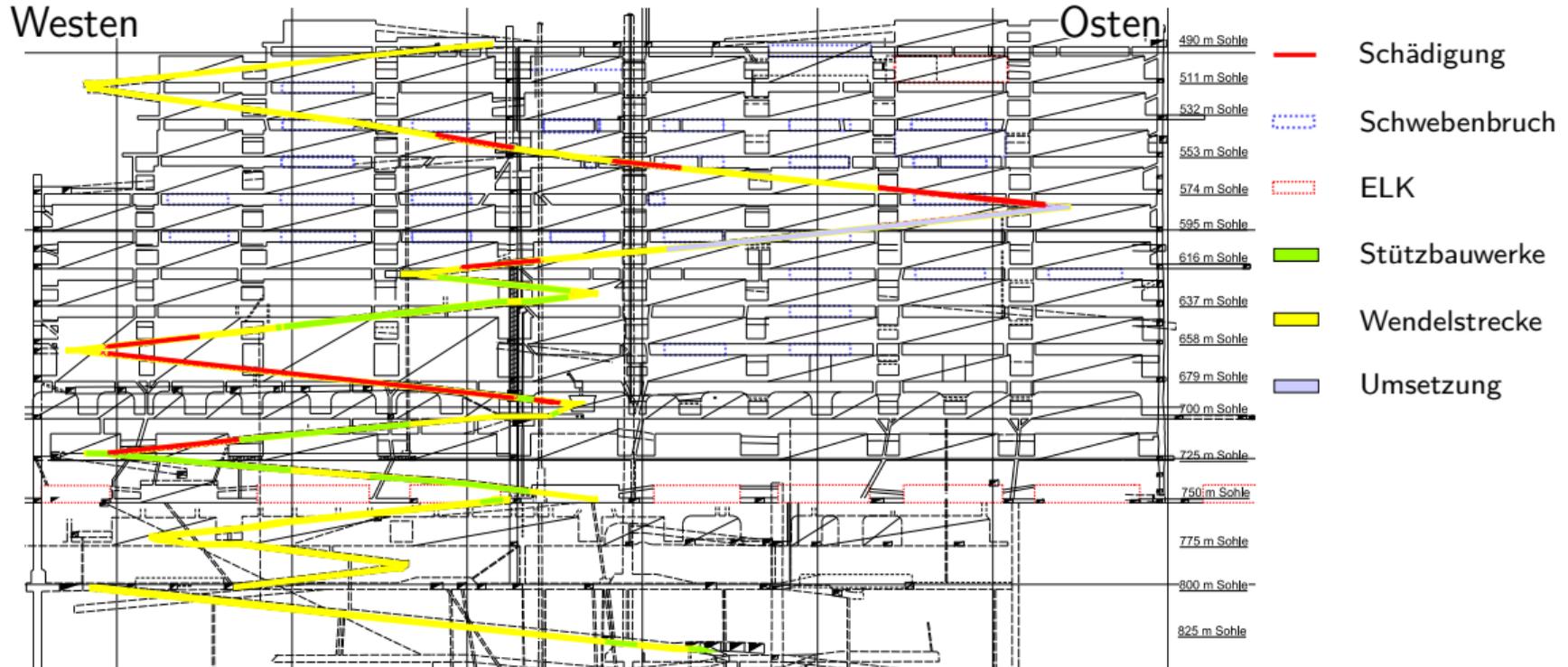
- Firstbereich der Beschickungskammer ist ausreichend gesichert
  - Firstspalt unterhalb der Schweben der MAW-Kammer und die Resthohlräume im Nahbereich auf der 532-m-Sohle verfüllt
  - Genehmigungsentwurf zur Kamerabefahrung der MAW-Kammer liegt vor
- ⇒ **Für eine Beurteilung der Schweben zwischen der Beschickungskammer 8a/490 und der ELK 8a/511 (“MAW-Kammer”) wird eine visuelle Begutachtung über vorhandene Bohrungen und eine Inspektion in der ELK 8a/511 durchgeführt.**

## 7

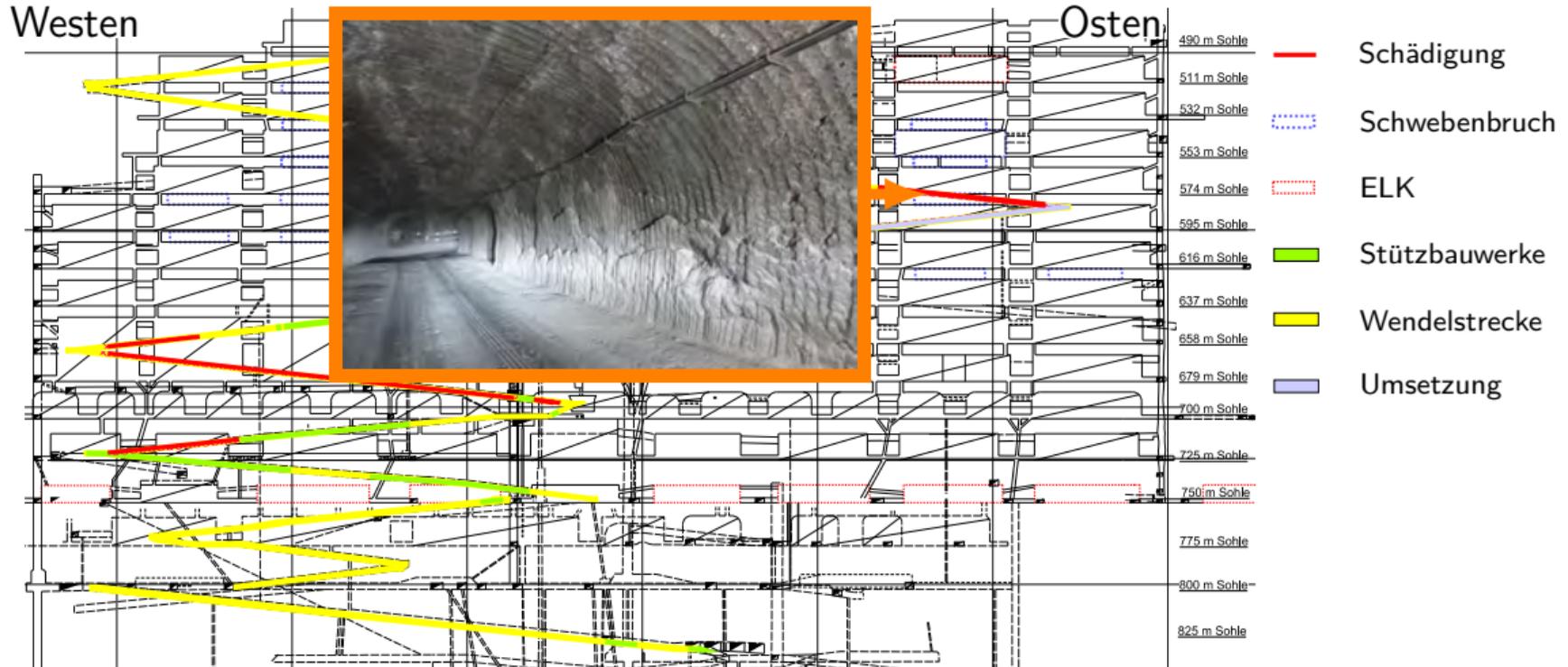
### Lokale Monitoringprogramme

- Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- Wendelstrecke von der 490- bis zur 850-m-Sohle
- Monitoring 700-m-Sohle
- 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
- 750-m-Sohle: östlicher Bereich, Füllort Schacht 2 und westlicher Bereich

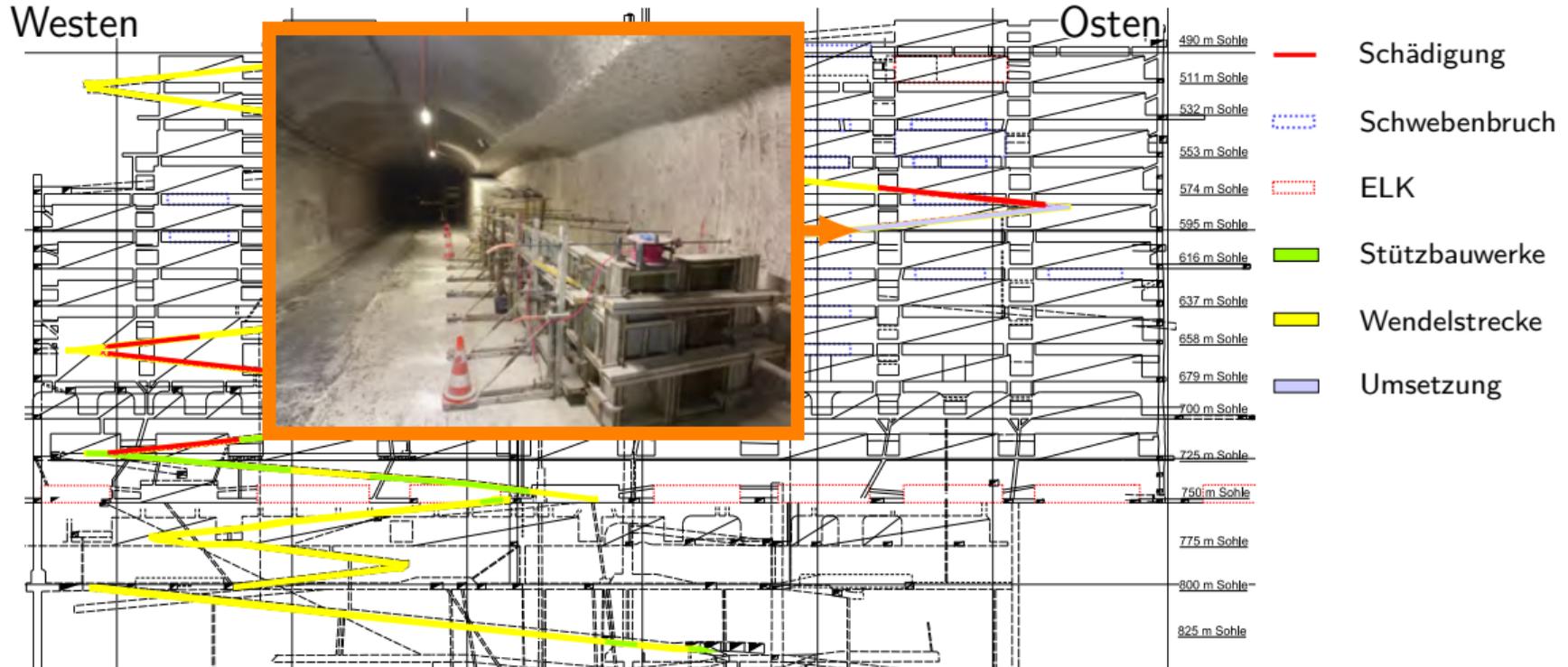
# Überblick – Sanierungsbedarf



# Überblick – Sanierungsbedarf



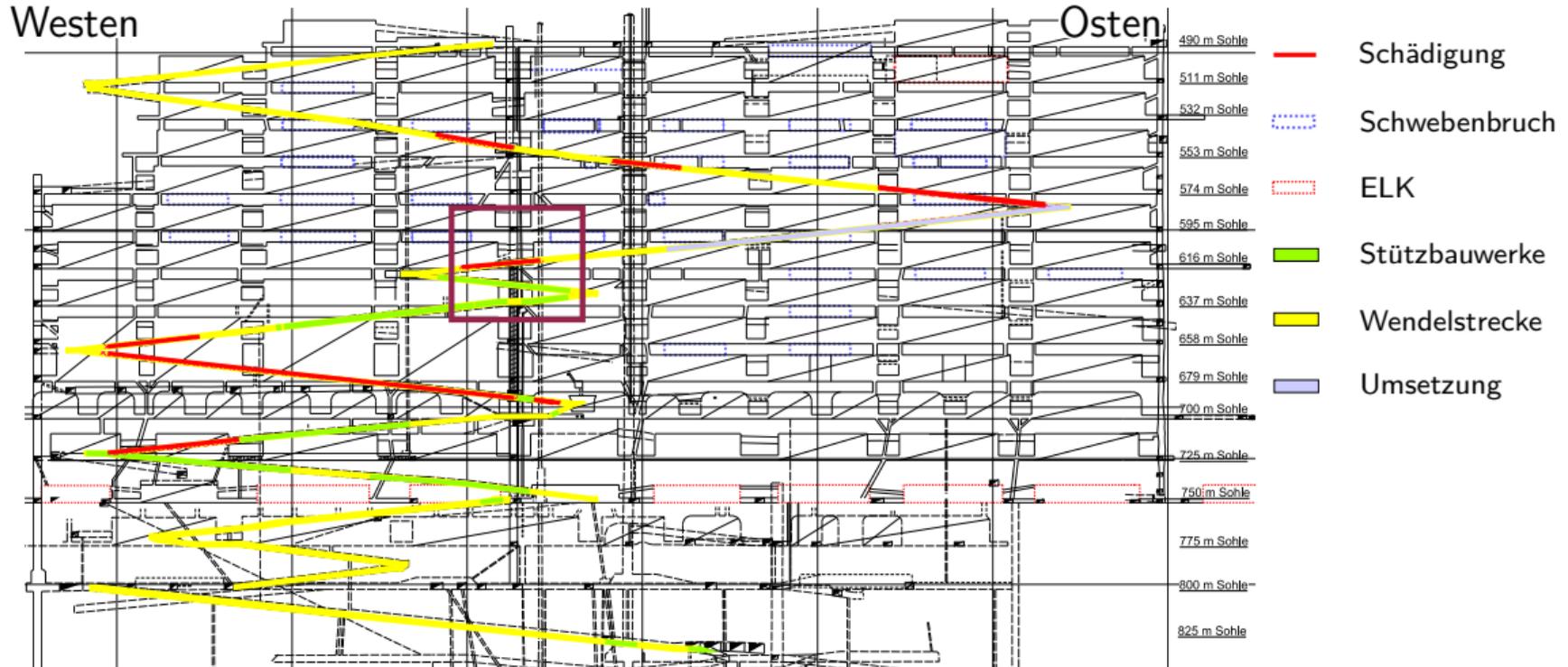
# Überblick – Sanierungsbedarf



# Überblick – Sanierungsbedarf



# Überblick – Sanierungsbedarf



## Wendelstrecke 616-m-Sohle, Pfeilerreihe 4/5

2019:

- Am Süd- und Nordstoß wurden Rissbildungen in ca. 2 m Abständen festgestellt.
- Georadaruntersuchung
  - konturnahe Reflektoren
  - versetzte Abbauzugänge im Firstniveau (in 2–10 m)

# Wendelstrecke 616-m-Sohle, Pfeilerreihe 4/5

2019:

- Am Süd- und Nordstoß wurden Rissbildungen in ca. 2 m Abständen festgestellt.
- Georadaruntersuchung
  - konturnahe Reflektoren
  - versetzte Abbauzugänge im Firstniveau (in 2–10 m)

2020:

- Erkundungsbohrungen in die verfüllte unterliegende Wendelstrecke und versetzte Firststrecke erstellt.
  - Firstspalte im Zenti-/Dezimeterbereich detektiert.
- ⇒ Nachverfüllung

# Wendelstrecke 616-m-Sohle, Pfeilerreihe 4/5



2019:

- Am Süd- und Nordstoß wurden Rissbildungen in ca. 2 m Abständen festgestellt.
- Georadaruntersuchung
  - konturnahe Reflektoren
  - versetzte Abbauzugänge im Firstniveau (in 2–10 m)

2020:

- Erkundungsbohrungen in die verfüllte unterliegende Wendelstrecke und versetzte Firststrecke erstellt.
  - Firstspalte im Zenti-/Dezimeterbereich detektiert.
- ⇒ Nachverfüllung

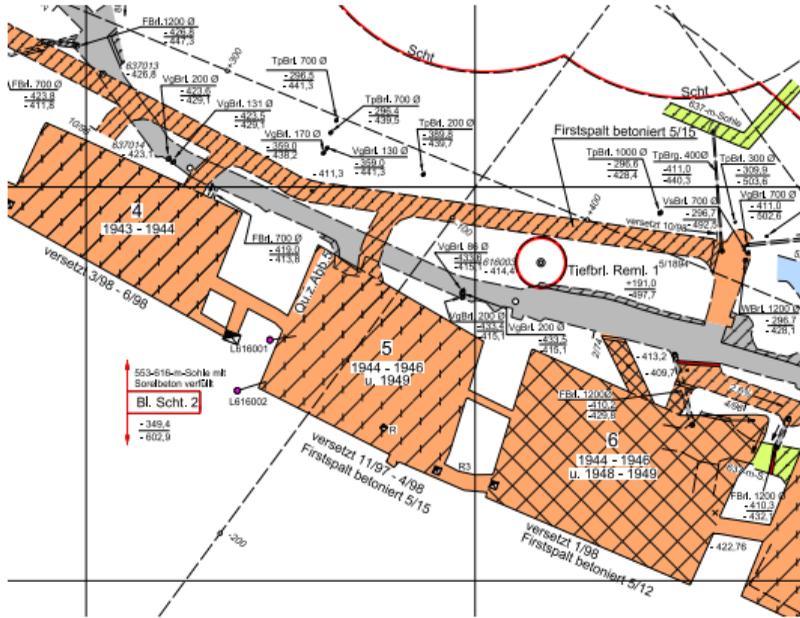
2021:

- Verfüllung mit 1,1 m<sup>3</sup> Beton (darunterliegende ehem. Wendelstrecke)
- Kontrollbohrungen in die Abbaue
- detektierte Resthohlräume werden im 9. NT mit verfüllt

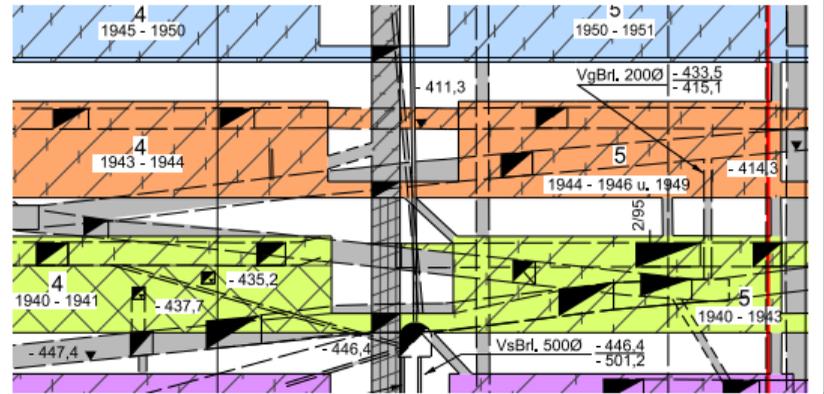
# Wendelstrecke 616-m-Sohle, Pfeilerreihe 4/5

Übersicht des Monitoringbereiches

## Sohlenriss

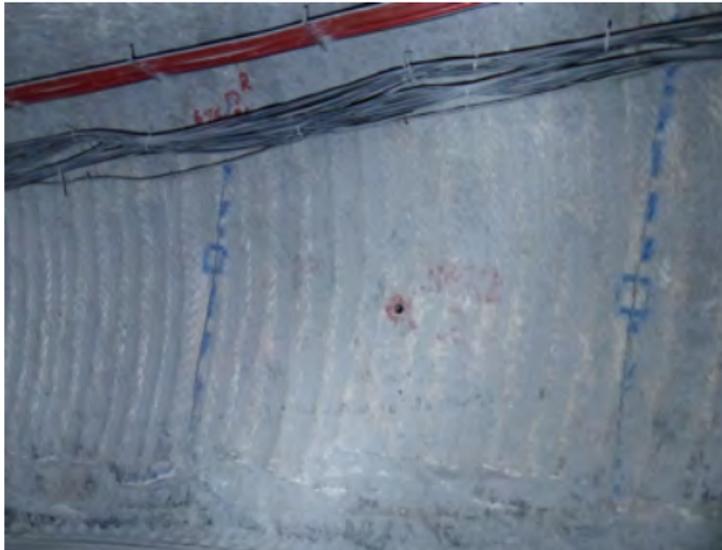


## Schnitt

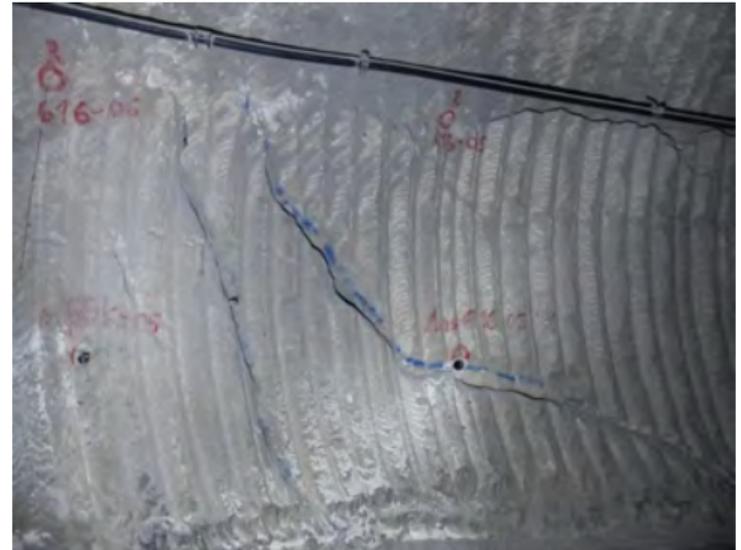


# Wendelstrecke 616-m-Sohle, Pfeilerreihe 4/5

Fotodokumentation

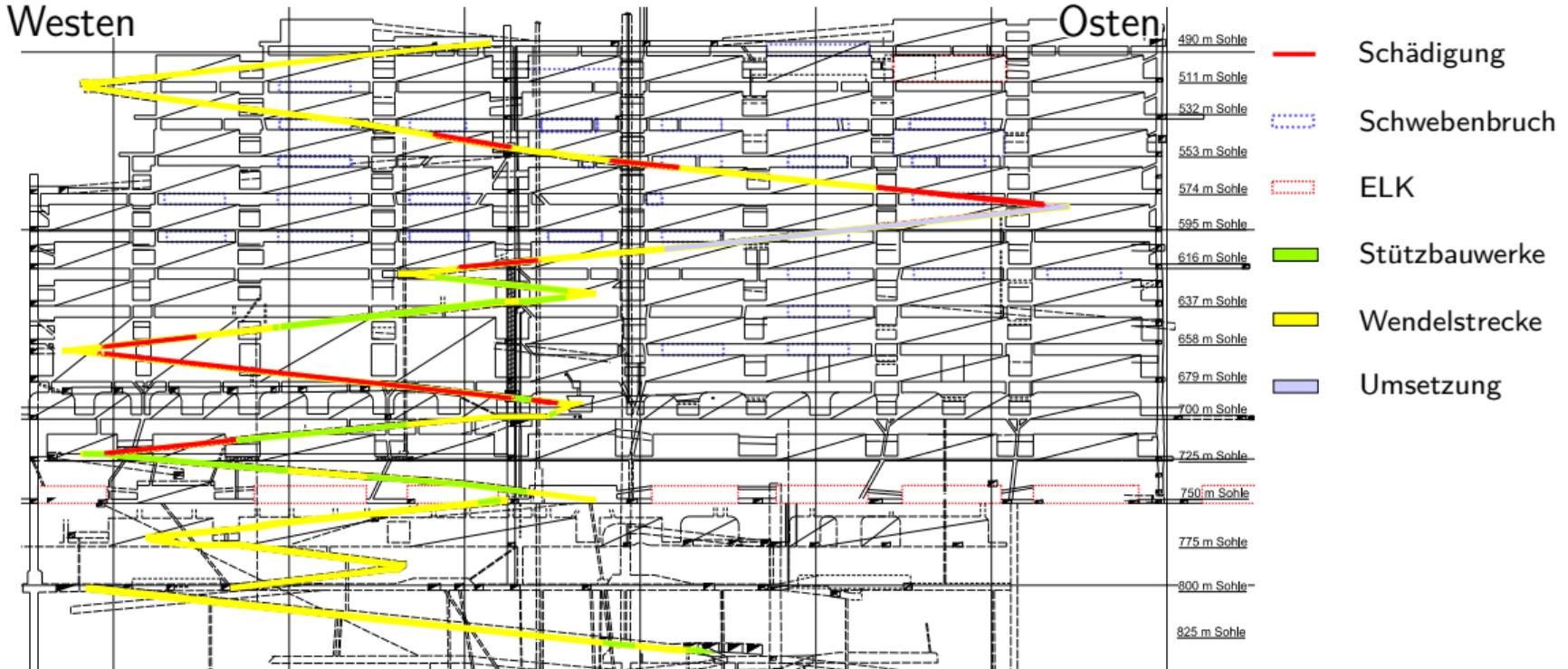


Nordstoß (23.06.2022)



Südstoß (23.06.2022)

# Überblick



# Überblick



Westen

Osten



## 7 Lokale Monitoringprogramme

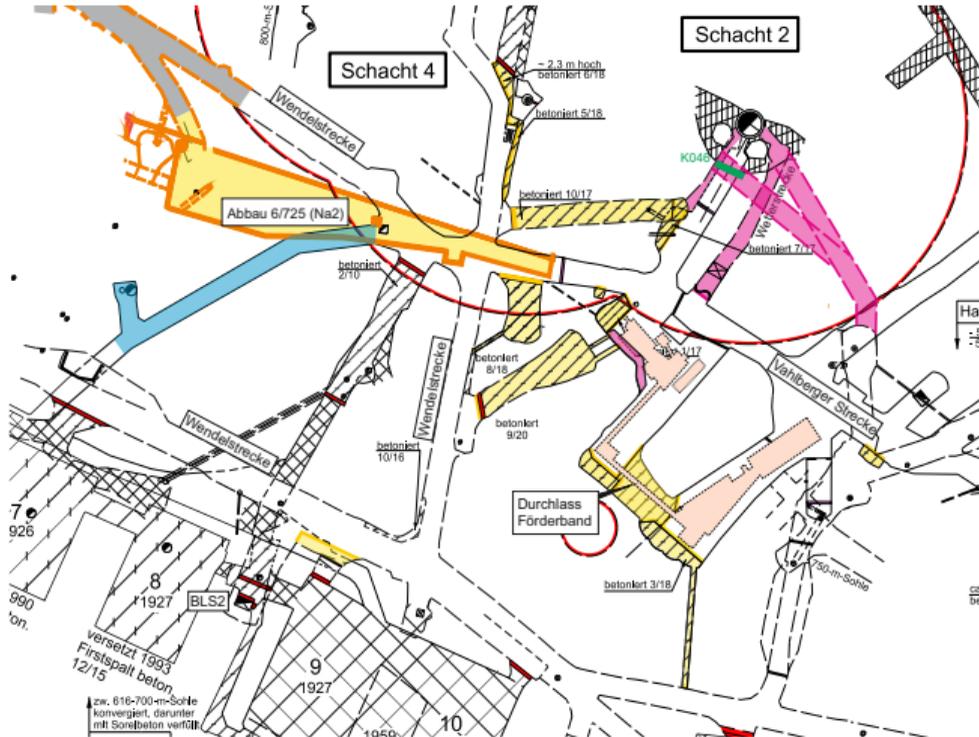
- Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- Wendelstrecke von der 490- bis zur 850-m-Sohle
- **Monitoring 700-m-Sohle**
- 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
- 750-m-Sohle: östlicher Bereich, Füllort Schacht 2 und westlicher Bereich

# Allgemeines



- Maßnahmen auf der 700-m-Sohle weitgehend abgeschlossen
- Aufwältigung und Verfüllung der ehem. Wetterstrecke zum Schacht 2 und Anschluss des Schachtes 2 in Vorbereitung

# Grundriss der 700-m-Sohle



verfüllt

Vorbereitung

725-m-S

in Umsetzung

20 BA

# Allgemeines



- Maßnahmen auf der 700-m-Sohle weitgehend abgeschlossen
- Aufwältigung und Verfüllung der ehem. Wetterstrecke zum Schacht 2 und Anschluss des Schachtes 2 in Vorbereitung
- Bereich für Salzlösungsbewirtschaftung (700-m-Sohle) der Kavernenstrecken auf 825-m-Sohle

# Grundriss der 700-m-Sohle



verfüllt

Vorbereitung

725-m-S

in Umsetzung

825-m-S

# Fotos



Aufnahme vom 24.07.2020



Aufnahme vom 23.06.2022

## 7

### Lokale Monitoringprogramme

- Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- Wendelstrecke von der 490- bis zur 850-m-Sohle
- Monitoring 700-m-Sohle
- **725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)**
- 750-m-Sohle: östlicher Bereich, Füllort Schacht 2 und westlicher Bereich

# Allgemeines

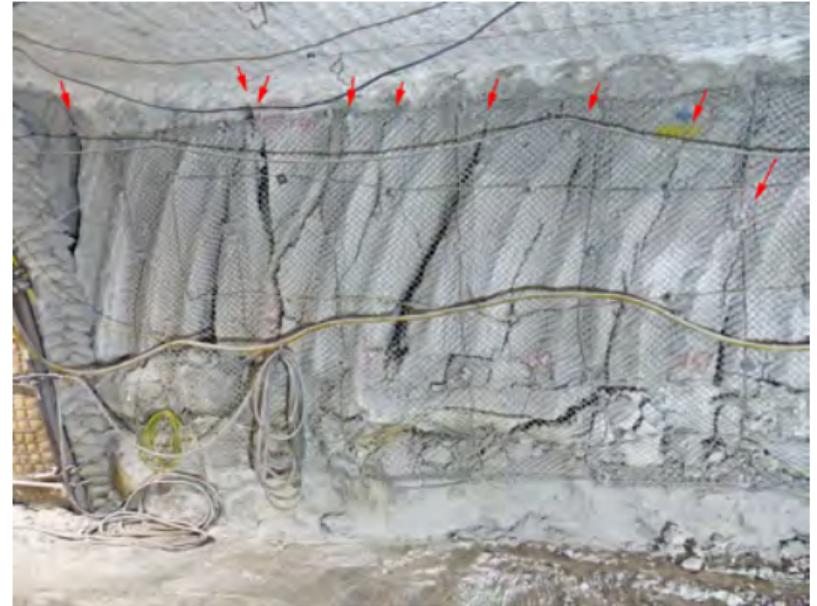


- Auffahrung einer Strecke im nördlichen Bereich der Abbaue 1 bis 4 und Sicherung durch einen Gleitbogenausbau 2003 bis 2005
- Sichtbare Entfestigungserscheinungen
- Umsetzung des Sanierungskonzepts in Vorbereitung

# Fotos



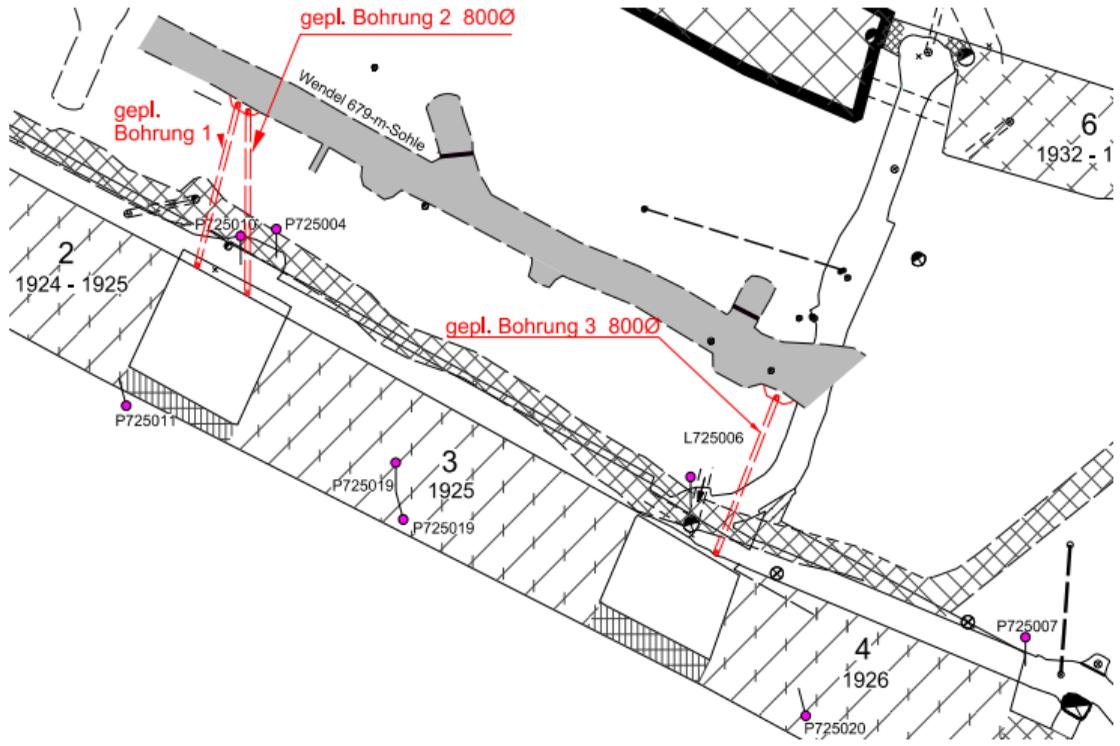
Blick nach Osten



Pfeiler 3/4, 725-m-Sohle

# Sanierungskonzept

## Lage der Bewirtschaftungsbohrungen



## 7

### Lokale Monitoringprogramme

- Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- Wendelstrecke von der 490- bis zur 850-m-Sohle
- Monitoring 700-m-Sohle
- 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
- 750-m-Sohle: östlicher Bereich, Füllort Schacht 2 und westlicher Bereich

# 750-m-Sohle

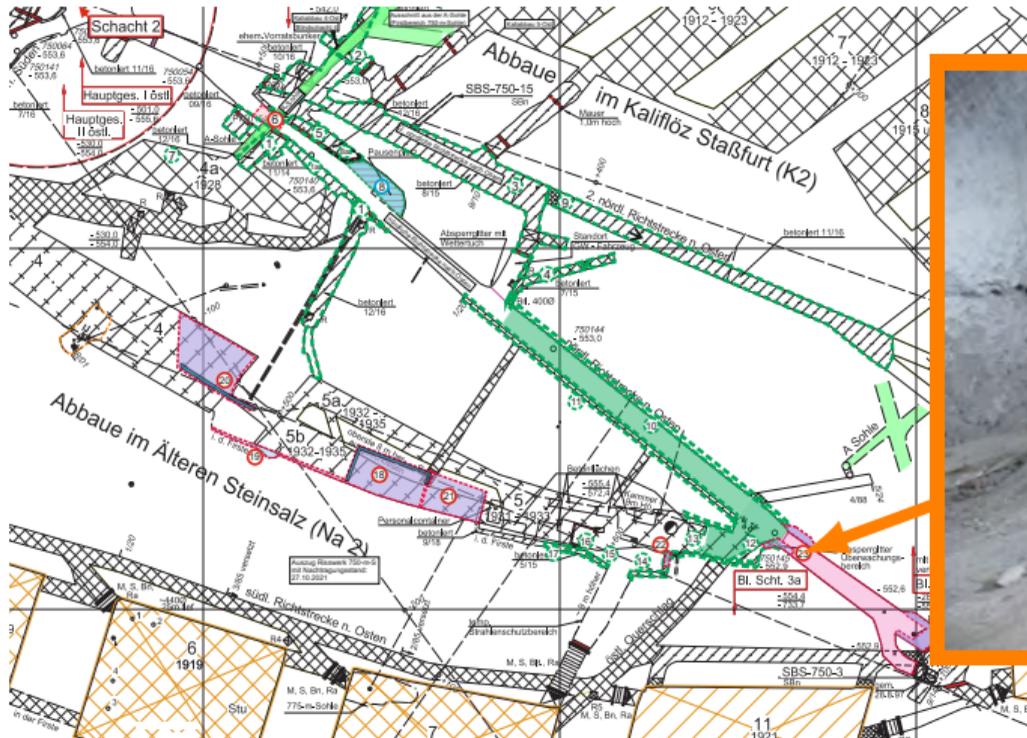
Status



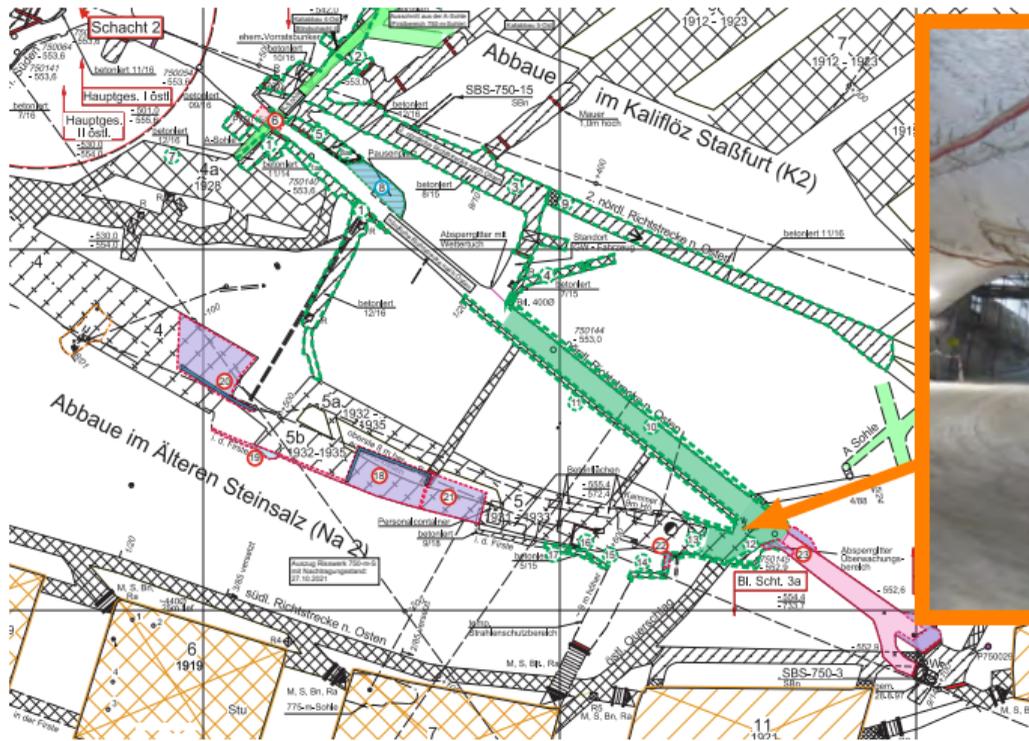
- Sanierungsmaßnahmen im Osten (Pfeiler 11/12) erforderlich
- Weitere Maßnahmen im Abbau 5/750 (Na2) und 725-m-Sohle (Erstellung Strömungsbarriere) nötig
- Weitere Maßnahmen zum Erhalt einer temporären Weiternutzung des Füllorts Schacht 2 in Prüfung
- Nördliche Richtstrecke nach Westen – Bereich westlicher Blindschacht



# 750: Übersicht Sanierungsmaßnahmen im Osten



# 750: Übersicht Sanierungsmaßnahmen im Osten



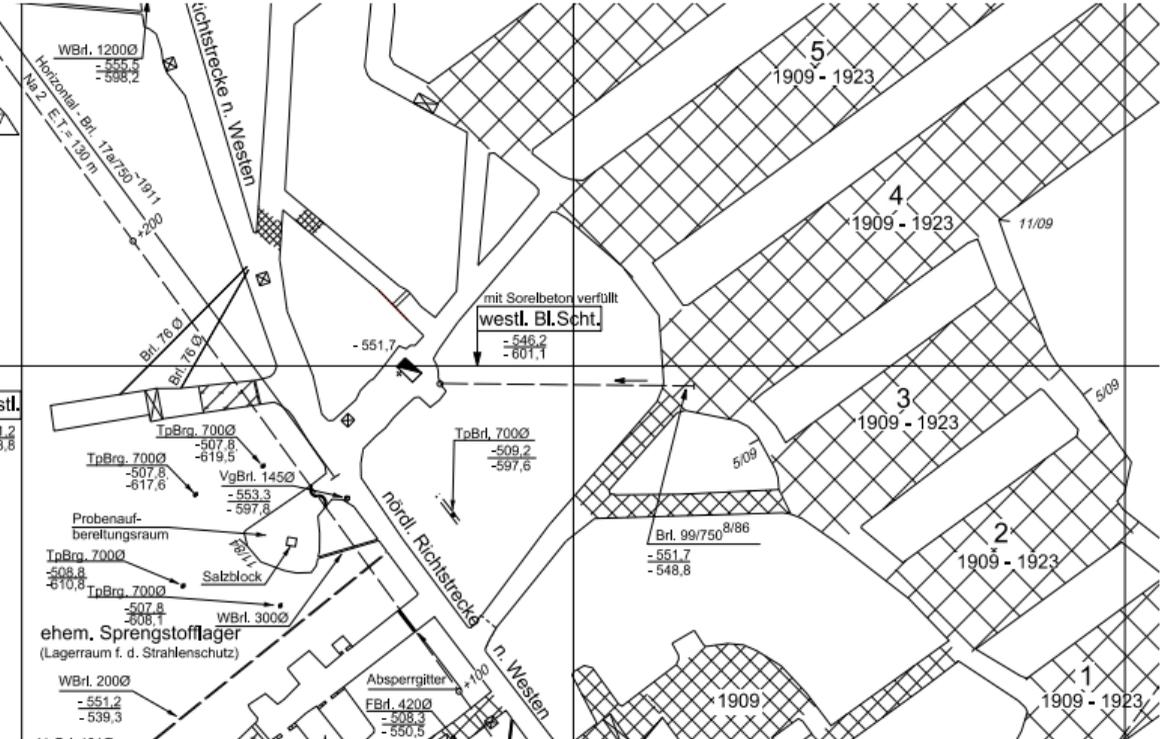
# 750: Füllort Schacht 2



## 750: Bereich westlicher Blindschacht

- Aufwältigung und anschließende Verfüllung der Zugänge zu den Kali-Abbauen 5+6/West
- Schwebe zur A-Sohle (Zwischensohle) ca. 3 m

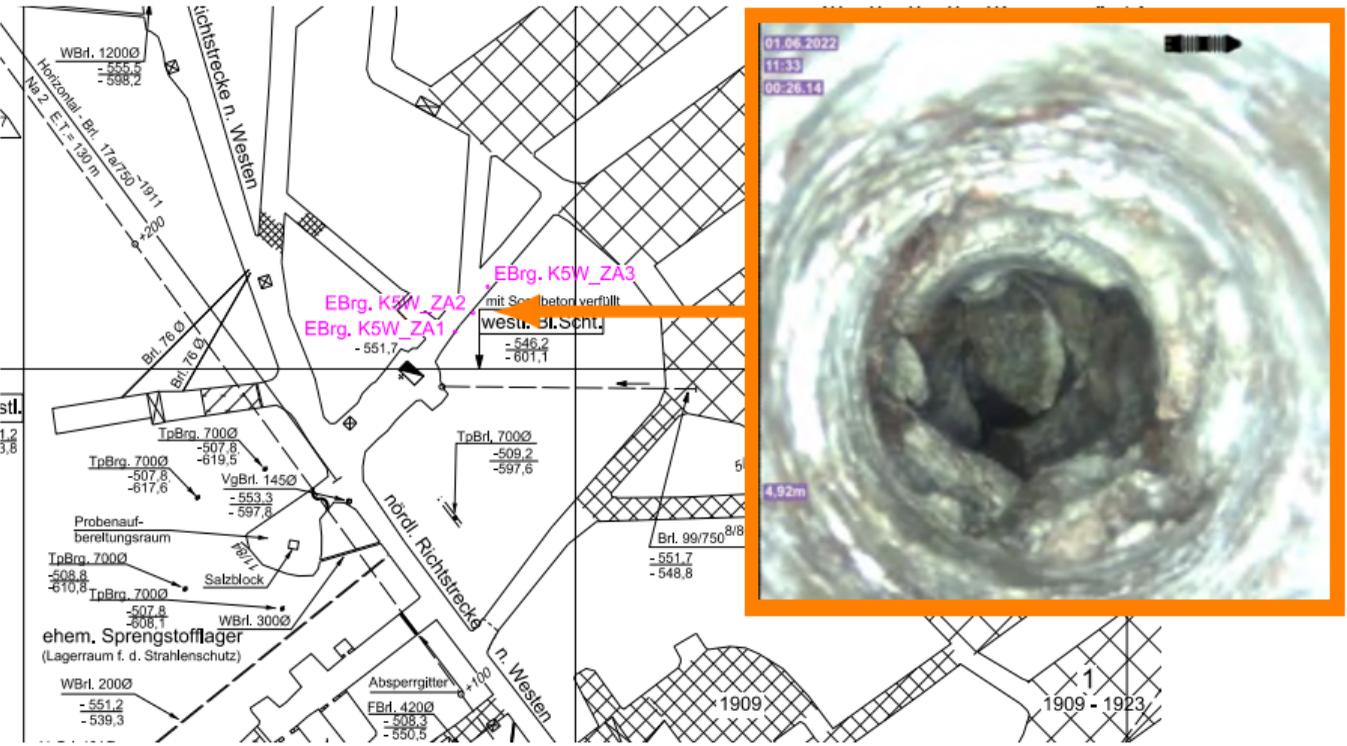
# 750: Bereich westlicher Blindschacht

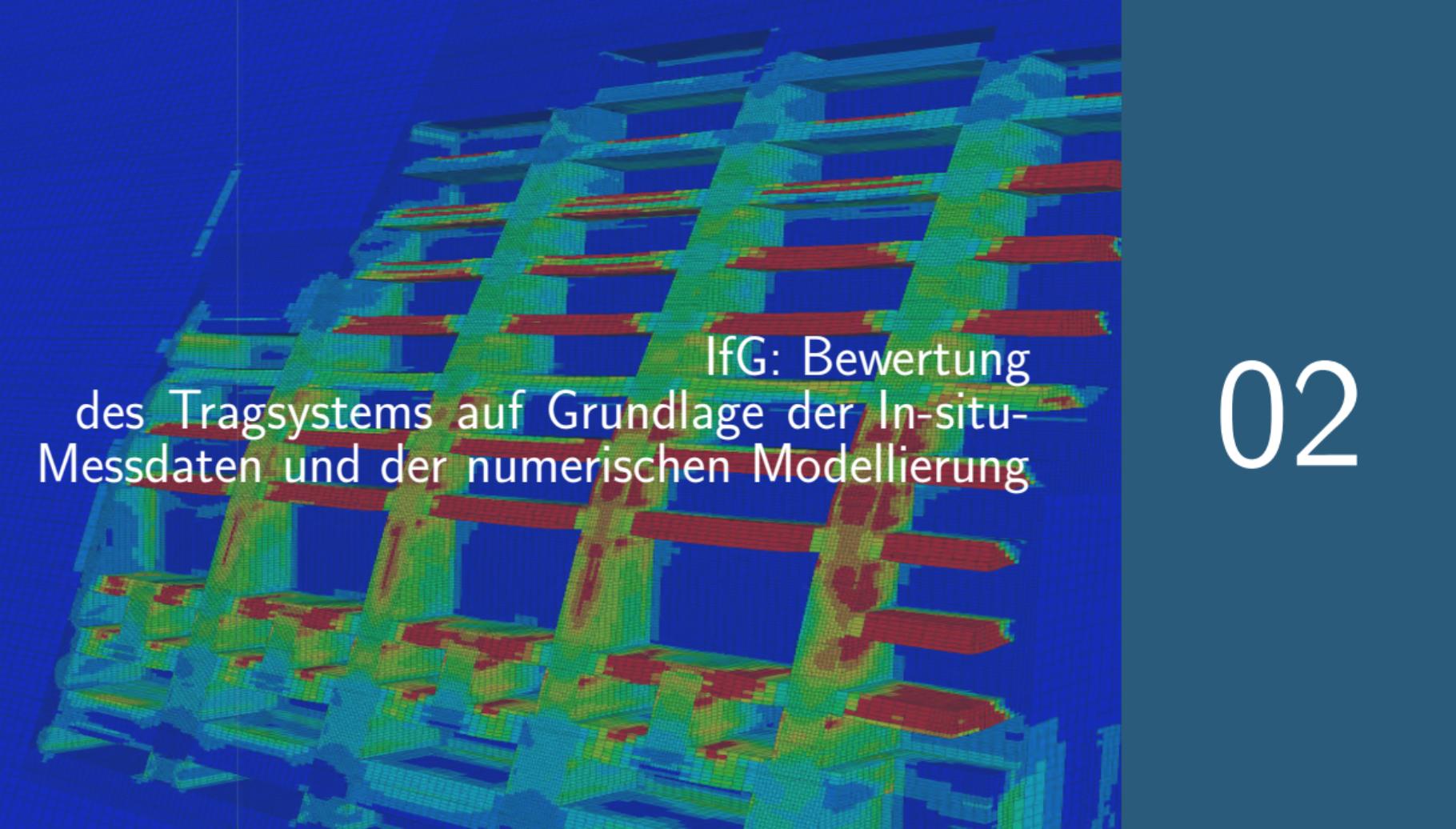


Prinzipiskizze:  
Zwischensohlen



# 750: Bereich westlicher Blindschacht



A 3D finite element model of a truss structure, likely a roof or bridge component, rendered in a blue-to-red color gradient. The structure consists of multiple vertical columns and horizontal beams. The color gradient indicates stress distribution, with red representing high stress and blue representing low stress. The model is set against a dark blue background.

IfG: Bewertung  
des Tragsystems auf Grundlage der In-situ-  
Messdaten und der numerischen Modellierung

02

# ÜBERBLICK

Teil 02

- 1 Bestätigung der Rechenergebnisse Modell "Westliches Bergwerk" mit Daten der Standortüberwachung
- 2 Rechenmodell für das gesamte Bestandsbergwerk und Bestätigung der Rechenergebnisse mit Daten der Standortüberwachung
- 3 Bewertung lokaler Monitoringergebnisse aus dem Jahresbericht für 2021
- 4 Bewertung des Systemverhaltens und Empfehlungen

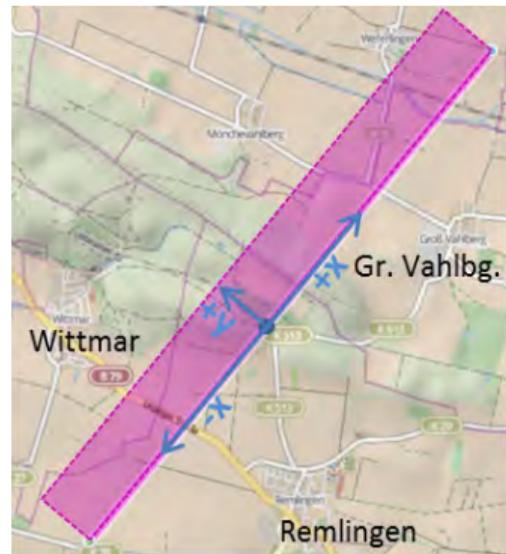
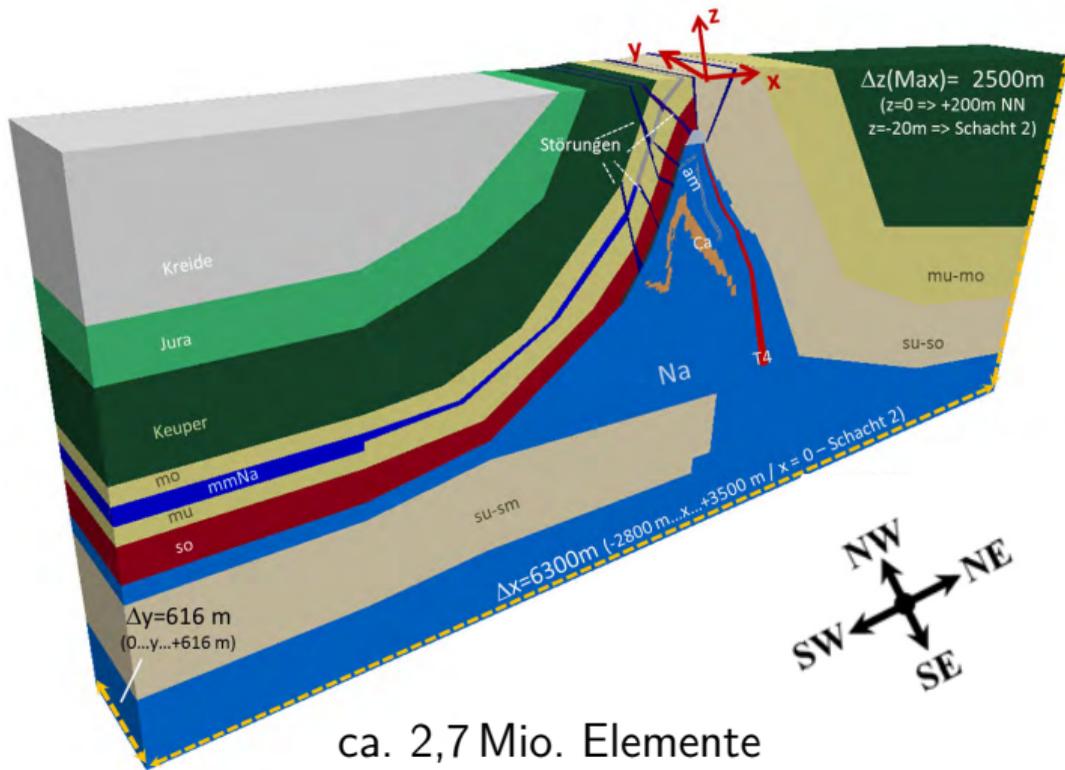
# ÜBERBLICK

Teil 02



- 1 Bestätigung der Rechenergebnisse Modell "Westliches Bergwerk" mit Daten der Standortüberwachung
- 2 Rechenmodell für das gesamte Bestandsbergwerk und Bestätigung der Rechenergebnisse mit Daten der Standortüberwachung
- 3 Bewertung lokaler Monitoringergebnisse aus dem Jahresbericht für 2021
- 4 Bewertung des Systemverhaltens und Empfehlungen

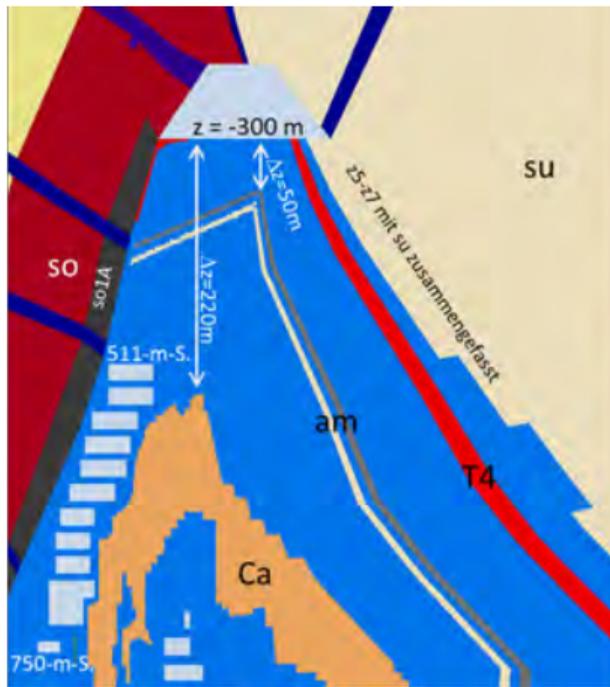
# 3D-Modell des halben (westlichen) Bergwerkes



Geografische Zuordnung

# Geologische Situation im Schnitt 2

Schnitt 2: geologischer Schnitt quer zum Streichen (N-S) durch Schacht 2 und ABR 5



Rechenmodell



Geologischer Schnitt 2

# Steinsalzabbaufeld an der Südflanke

im gebirgsmechanischen Modell

## Schweben:

ab 700-m-Sohle	D	=	6	m
725/700-m-Sohle	D	=	9	m
750/725-m-Sohle	D	=	14	m

## Pfeiler:

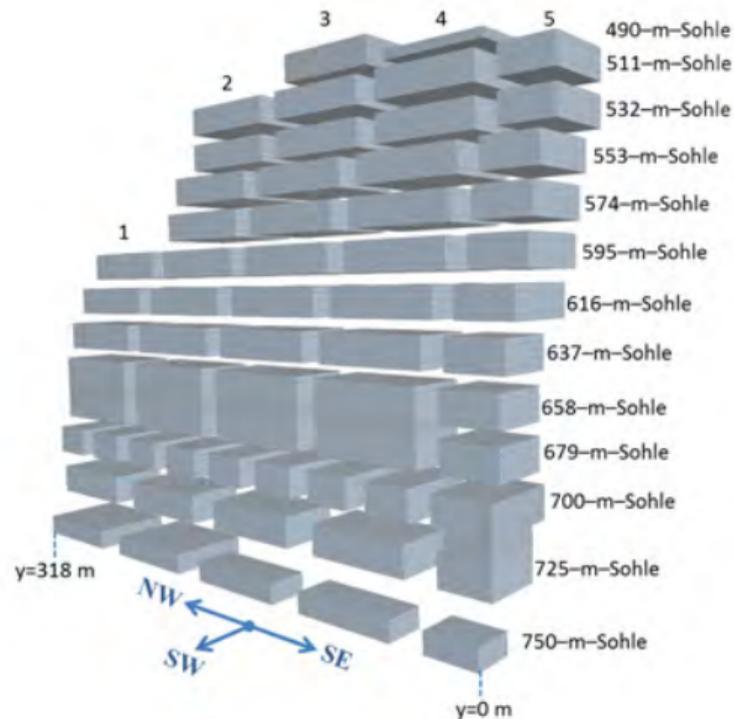
ab 700-m-Sohle	B	=	12	m
unter 700-m-Sohle	B	=	18	m

## Abbaulänge (streichend):

ab 679-m-Sohle	L	=	60	m
700-m-Sohle	L	=	24	m
725/750-m-Sohle	L	=	54	m

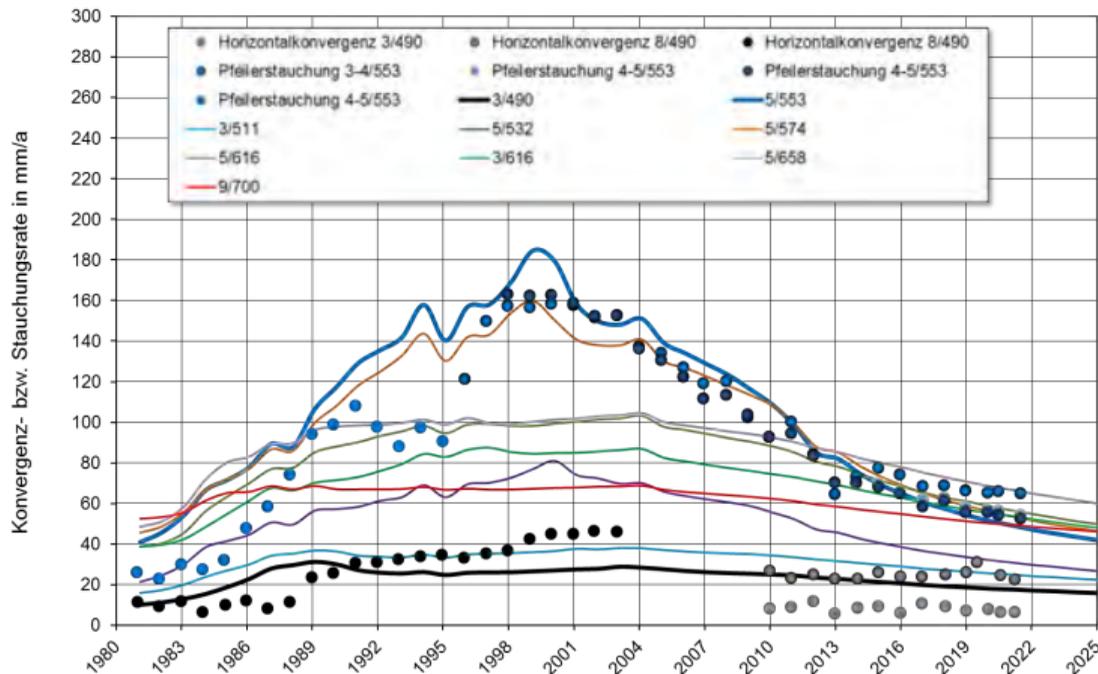
## Abbaubreite (querschläbig):

Gesamtmodell	B	=	40	m
außer Abbaureihen 3/ 4/ 5				
auf 750-m-Sohle	B	=	20	m



# Berechnete Stauchungsraten inkl. Prognose

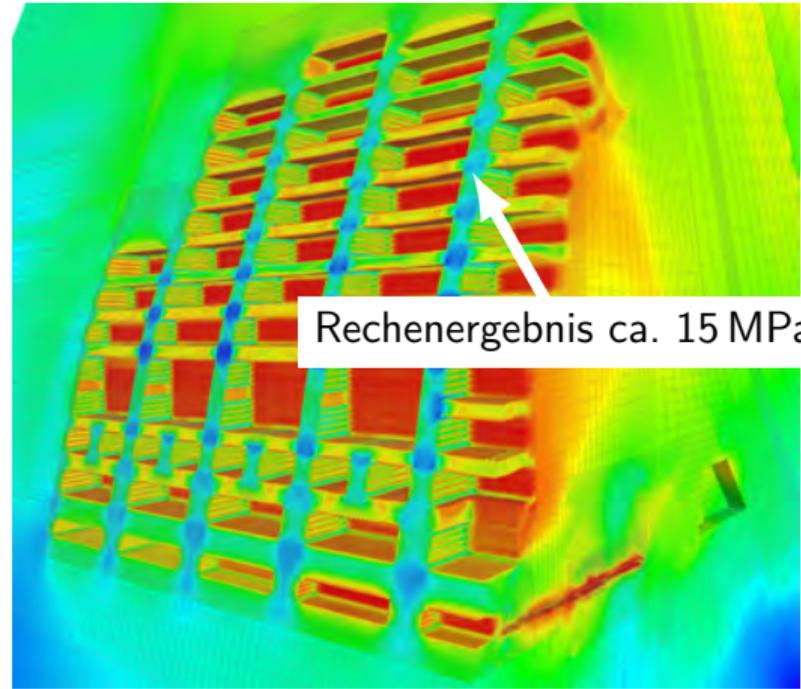
Vergleich mit gemessenen Konvergenz-/Pfeilerstauchungsraten der 490- u. 553-m-Sohle



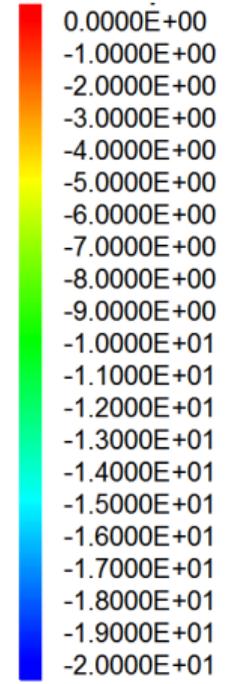
- Prognose 2016 mit dem damaligen Stand der Firstspaltverfüllung
- Vergleich mit ausgewählten Messwerten der niedrigsten und höchsten Raten

# Steinsalzabbaufeld an der Südflanke

Querschlägige Horizontalspannung  $\sigma_x$  in MPa

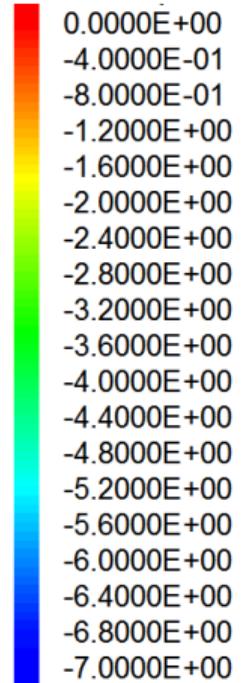
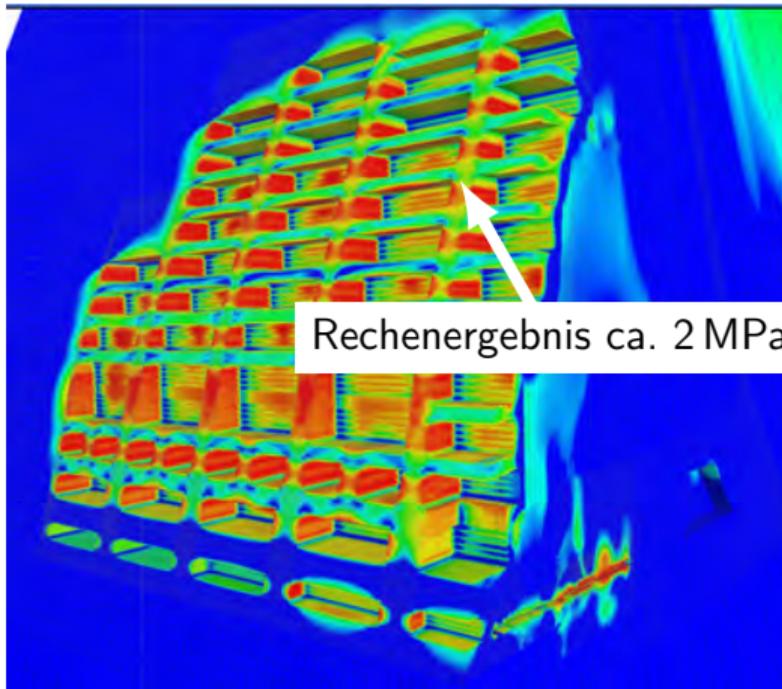


Rechenergebnis ca. 15 MPa



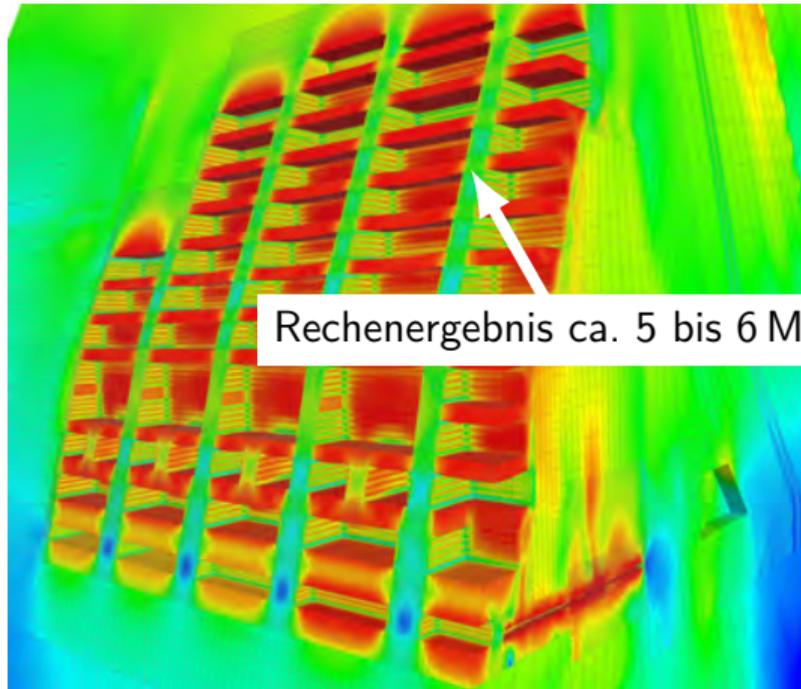
# Steinsalzabbaufeld an der Südflanke

Streichende Horizontalspannung  $\sigma_y$  in MPa

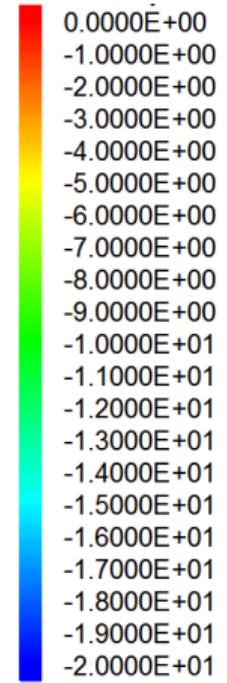


# Steinsalzabbaufeld an der Südflanke

Vertikalspannung  $\sigma_z$  in MPa

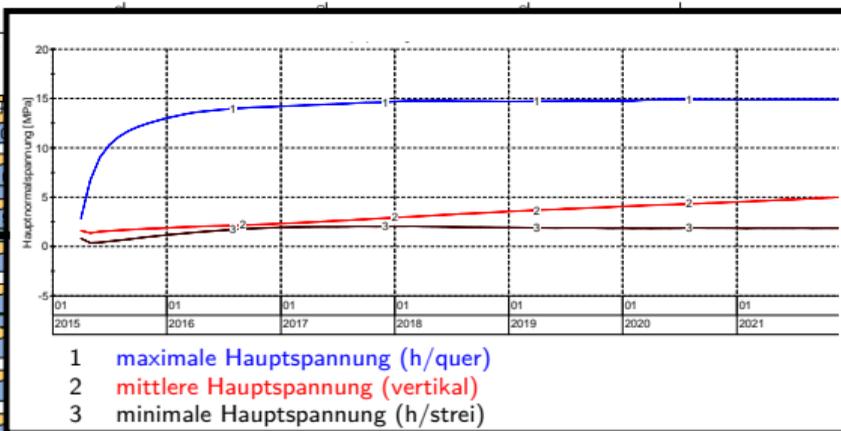
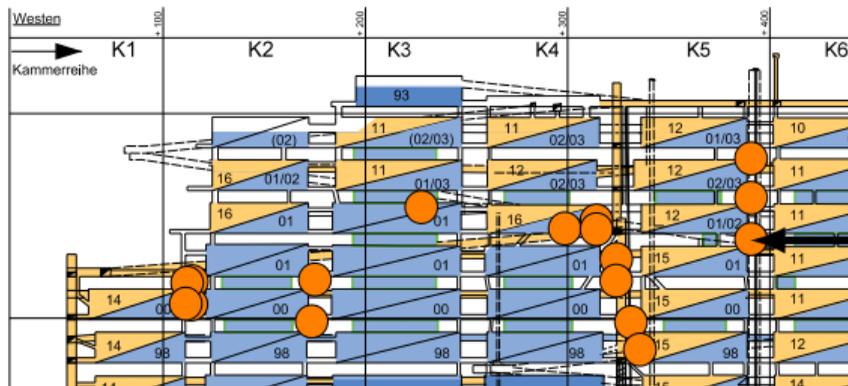


Rechenergebnis ca. 5 bis 6 MPa

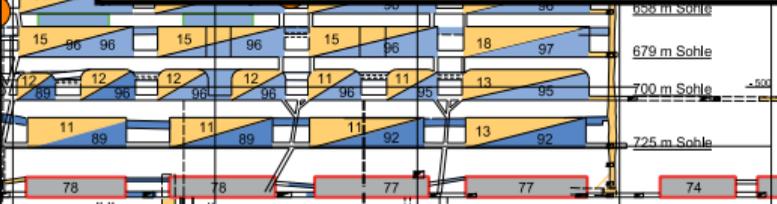


# Hauptspannungen aus Messwerten berechnet

Spannungsmonitorstation im Pfeiler 5/6, Mitte, Teufe 555 m



- Berechneter Spannungszustand 2016 mit dem damaligen Stand der Firstspaltverfüllung
- Gute Übereinstimmung mit Raten und SMS in querschlägiger Pfeilermitte
- Weitere Bestätigung des Rechenmodells mittels Spannungssondierungen für den Bau der Strömungsbarrieren



# ÜBERBLICK

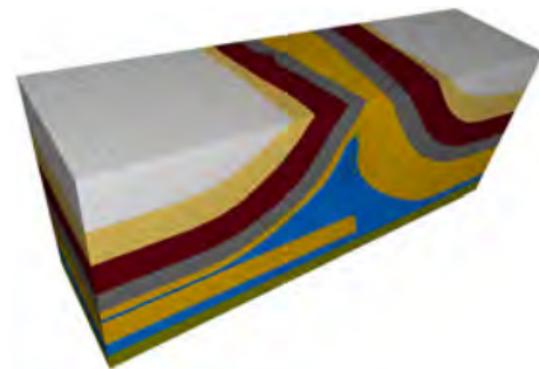
Teil 02



- 1 Bestätigung der Rechenergebnisse Modell "Westliches Bergwerk" mit Daten der Standortüberwachung
- 2 Rechenmodell für das gesamte Bestandsbergwerk und Bestätigung der Rechenergebnisse mit Daten der Standortüberwachung
- 3 Bewertung lokaler Monitoringergebnisse aus dem Jahresbericht für 2021
- 4 Bewertung des Systemverhaltens und Empfehlungen

# 3D-Modell Bestandsbergwerk

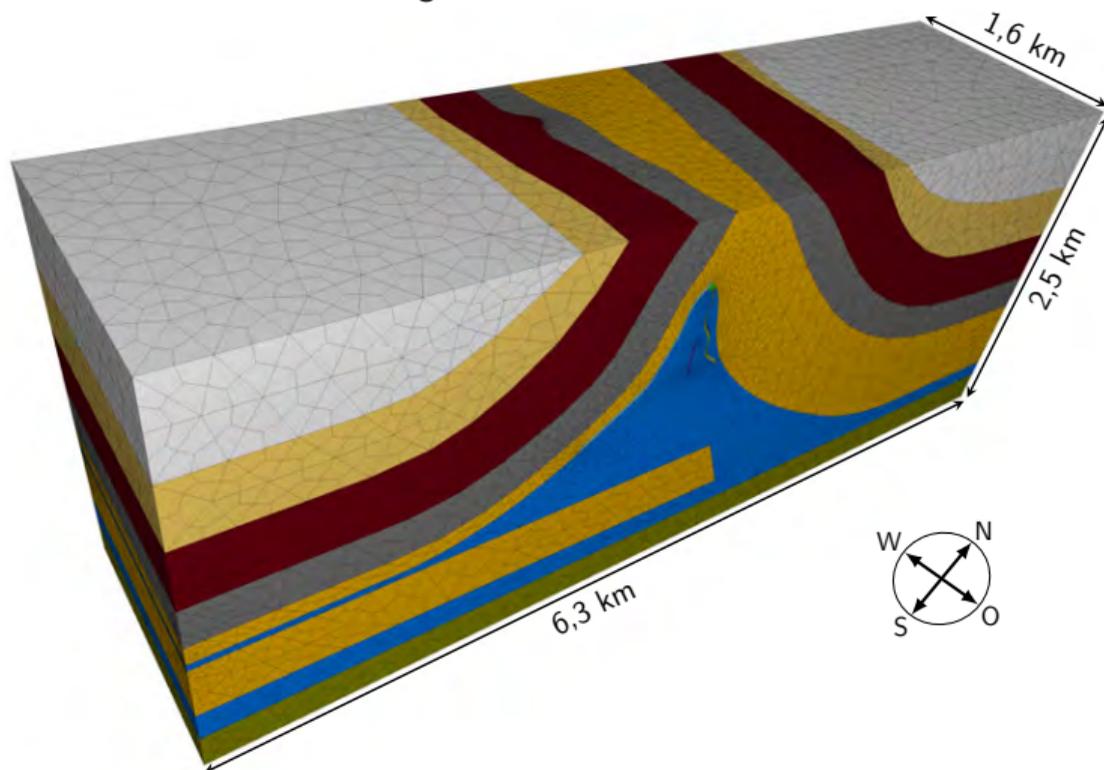
- Es wird die gesamte Schachtanlage Asse II und die entsprechende Geologie abgebildet.
- Das 3D-Modell umfasst ca. 3,3 Mio. Elemente.



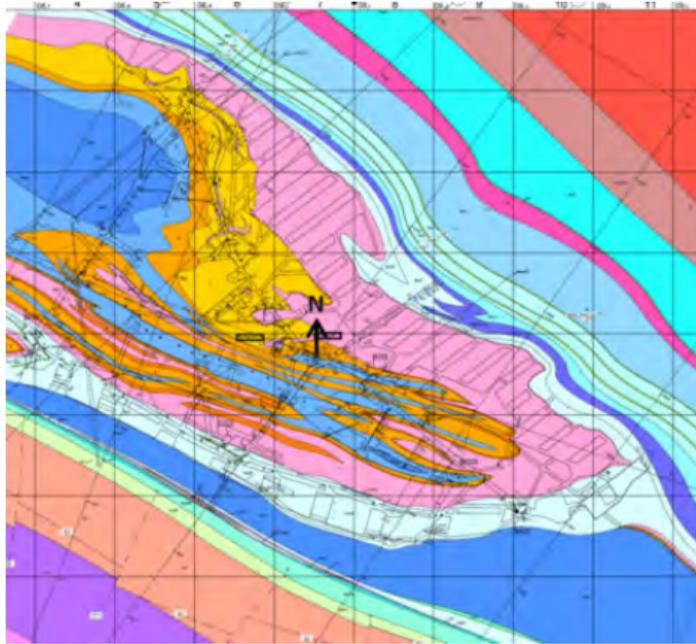
- Länge: 6,3 km
- Breite: 1,6 km
- Tiefe: 2,5 km

# Geologischer Aufbau

im Modell des Bestandsbergwerkes



- Kreide
- Jura
- Keuper
- Muschelkalk
- Buntsandstein
- Röt-Anhydrit
- Röt-Anhydrit-Hut
- Hutgestein
- Steinsalz
- Carnallit
- Roter Salzton
- Subsalar



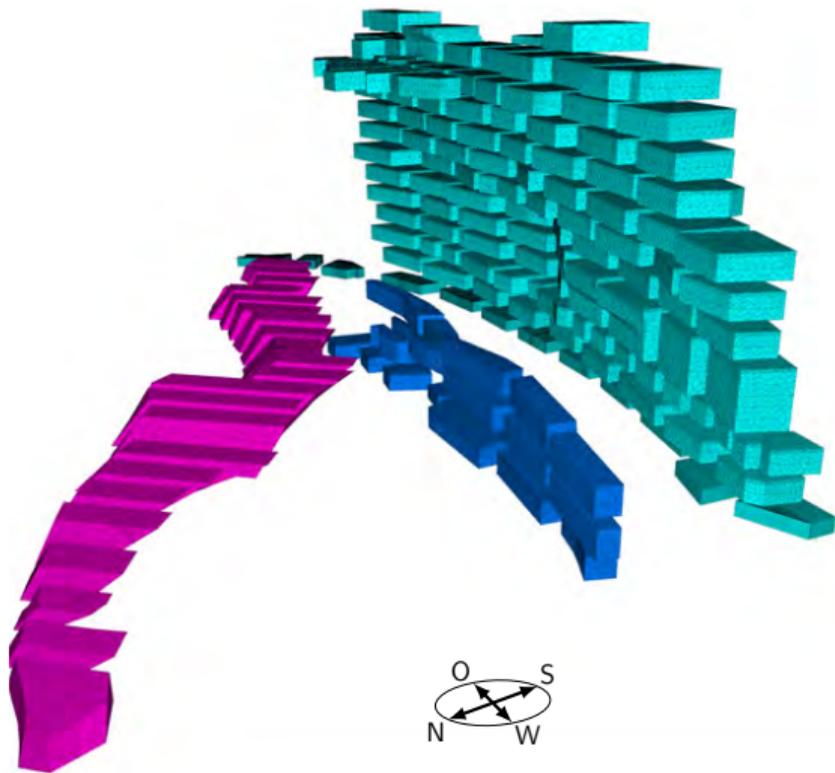
Geologischer Grundriss der 750-m-Sohle



Modellaufbau

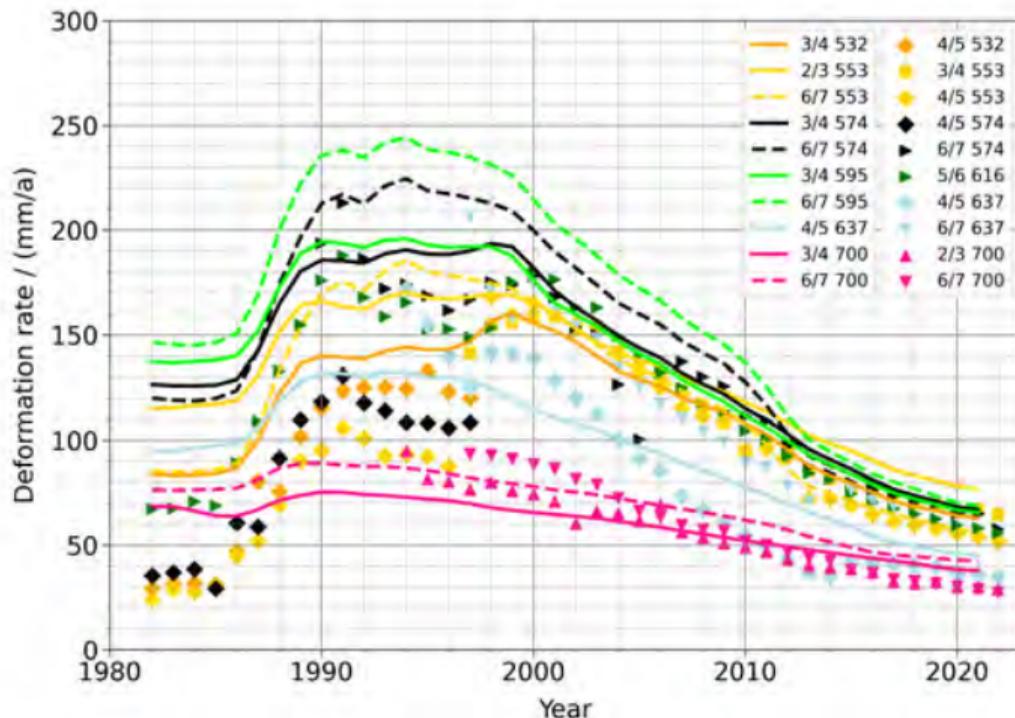
⇒ **Durch Verwendung von CAD-Vernetzern war eine realitätsnahe Abbildung der im Risswerk dargestellten Geologie und Geometrie möglich.**

# Baufelder – Modellaufbau



# Abbau- und Versatzgeschichte

Vergleich der berechneten mit den gemessenen Pfeilerstauchungsraten

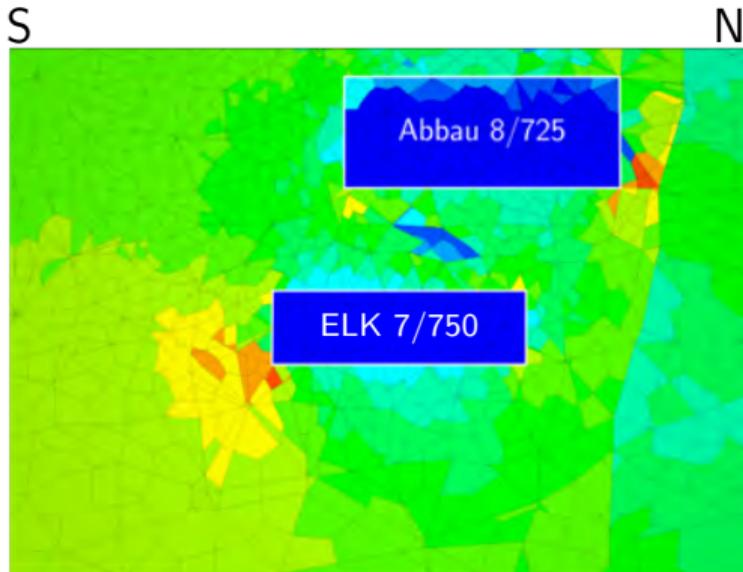
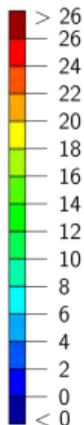


- Firstspaltverfüllung (inkl. Verfüllung der nördlichen Abbaue 532-m-Sohle) im Modell berücksichtigt
- Vergleich der Rechenergebnisse (Kurven) mit Pfeilerstauchungsraten im Westen und Osten (Symbole)

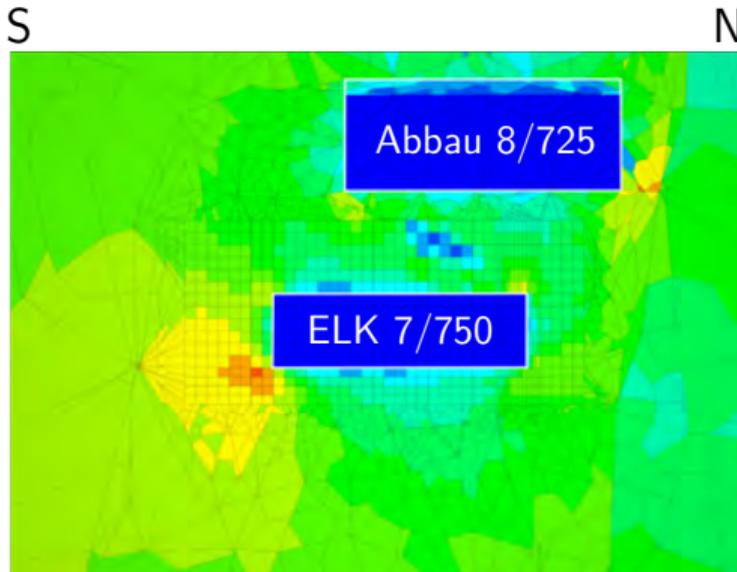
# Detailliertere Vernetzung

in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung und Übertragung der berechneten Feldgrößen

Maximale  
Hauptspannung / MPa



Ursprüngliches Netz

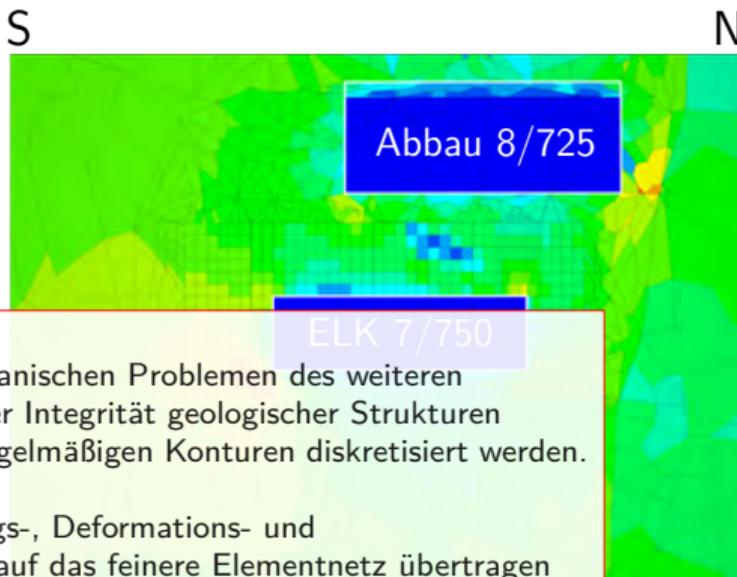
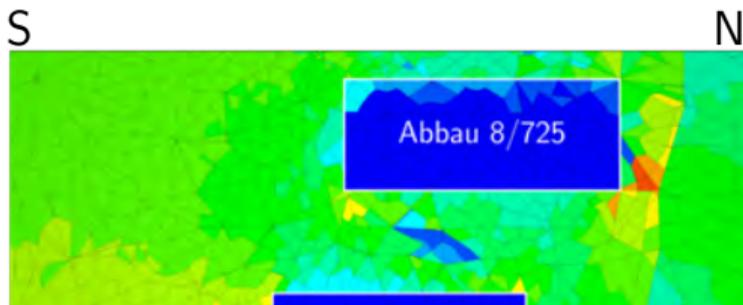
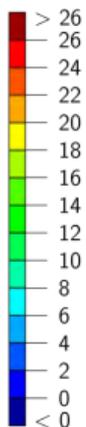


Aktuelles Netz

# Detailliertere Vernetzung

in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung und Übertragung der berechneten Feldgrößen

Maximale  
Hauptspannung / MPa



- Für die numerische Bewertung von gebirgsmechanischen Problemen des weiteren Offenhaltungsbetriebes, der Rückholung oder der Integrität geologischer Strukturen können die Elementnetze lokal feiner und mit regelmäßigen Konturen diskretisiert werden.
- Die bis zu dem Zeitstand berechneten Spannungs-, Deformations- und Schädigungszustände lassen sich vom gröberen auf das feinere Elementnetz übertragen

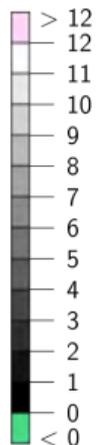
Urprüngliches Netz

Aktuelles Netz

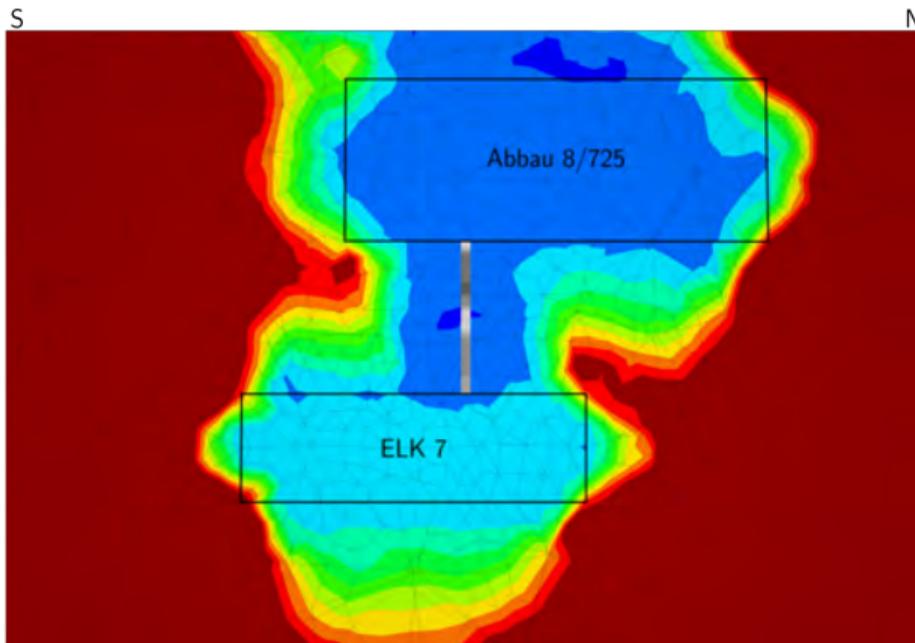
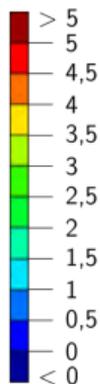
# Auswertungsbeispiel – Modellierung

Entfestigung einer Schweben über der ELK7/750

Plastische  
Volumenverformung / %

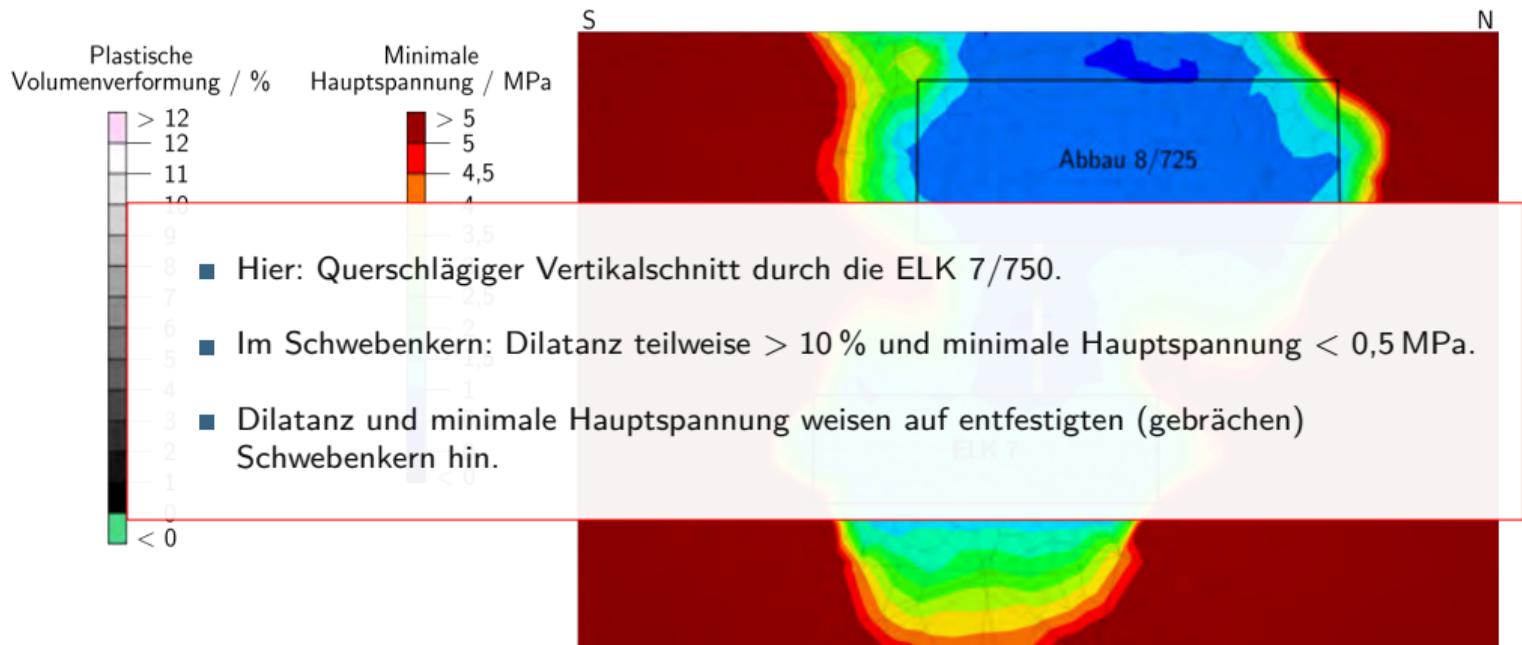


Minimale  
Hauptspannung / MPa



# Auswertungsbeispiel – Modellierung

Entfestigung einer Schweben über der ELK7/750



# Auswertungsbeispiel – Radar/Inspektion

## Entfestigung einer Schweben über der ELK7/750

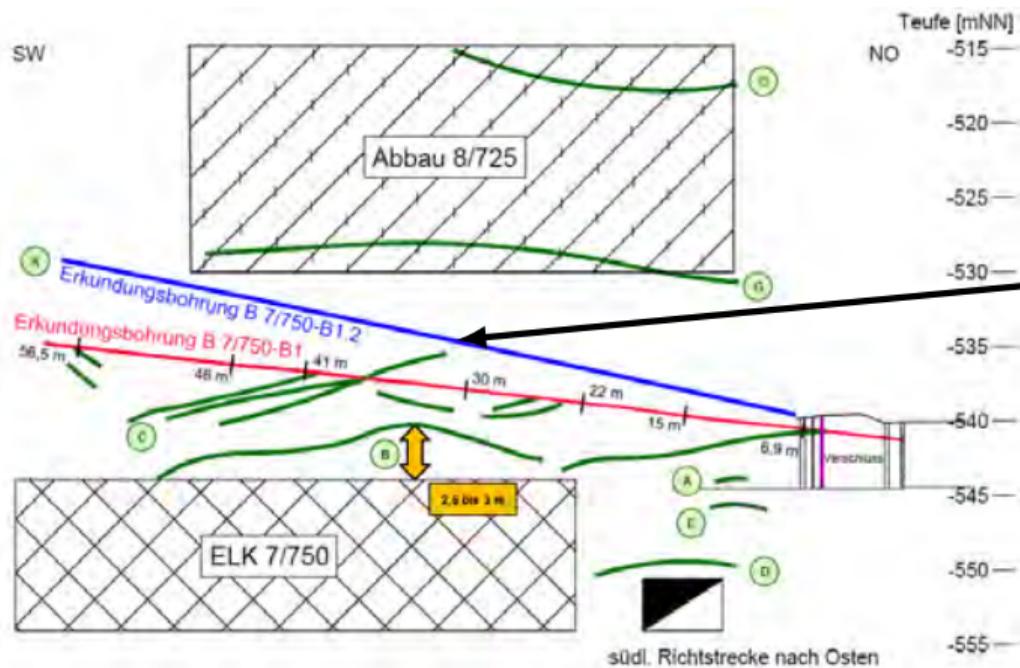
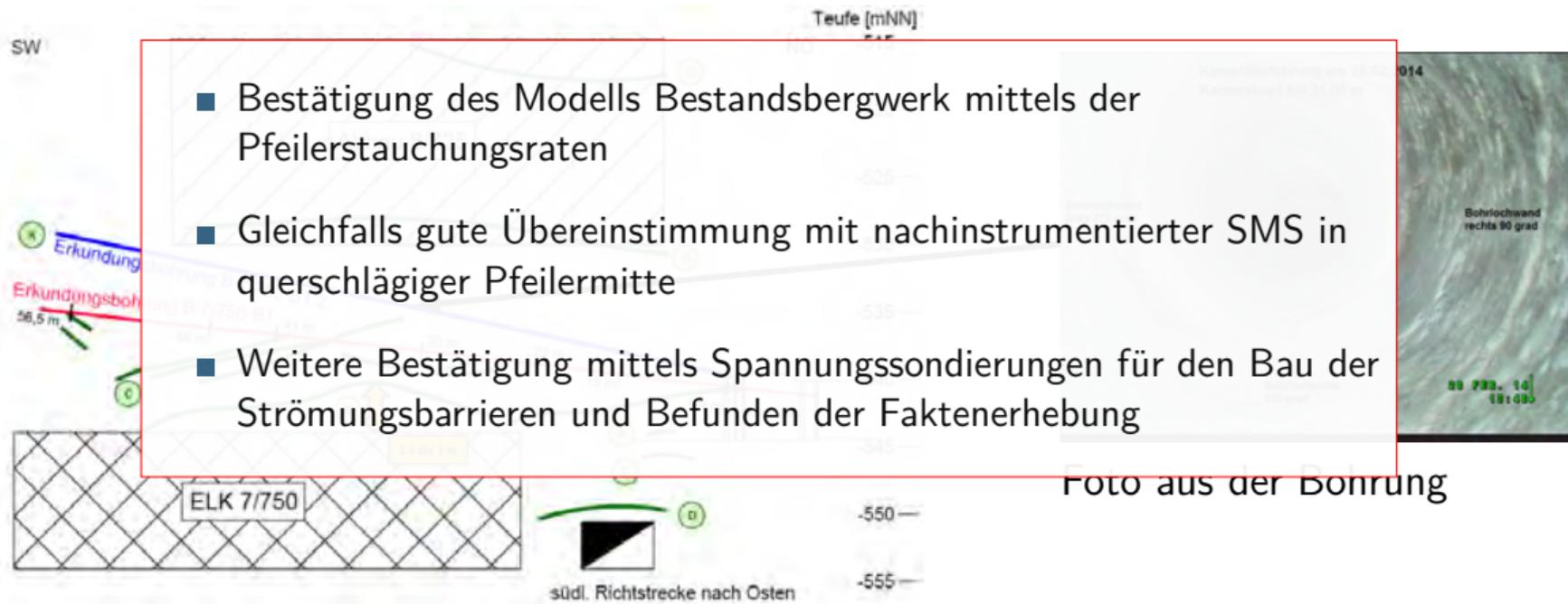


Foto aus der Bohrung

### Reflektoren aus Bohrlochradar

# Auswertungsbeispiel – Radar/Inspektion

Entfestigung einer Schweben über der ELK7/750



- Bestätigung des Modells Bestandsbergwerk mittels der Pfeilerstauchungsraten
- Gleichfalls gute Übereinstimmung mit nachinstrumentierter SMS in querschlägiger Pfeilermitte
- Weitere Bestätigung mittels Spannungssondierungen für den Bau der Strömungsbarrieren und Befunden der Faktenerhebung

Reflektoren aus Bohrlochradar

# ÜBERBLICK

Teil 02



- 1 Bestätigung der Rechenergebnisse Modell "Westliches Bergwerk" mit Daten der Standortüberwachung
- 2 Rechenmodell für das gesamte Bestandsbergwerk und Bestätigung der Rechenergebnisse mit Daten der Standortüberwachung
- 3** Bewertung lokaler Monitoringergebnisse aus dem Jahresbericht für 2021
- 4 Bewertung des Systemverhaltens und Empfehlungen

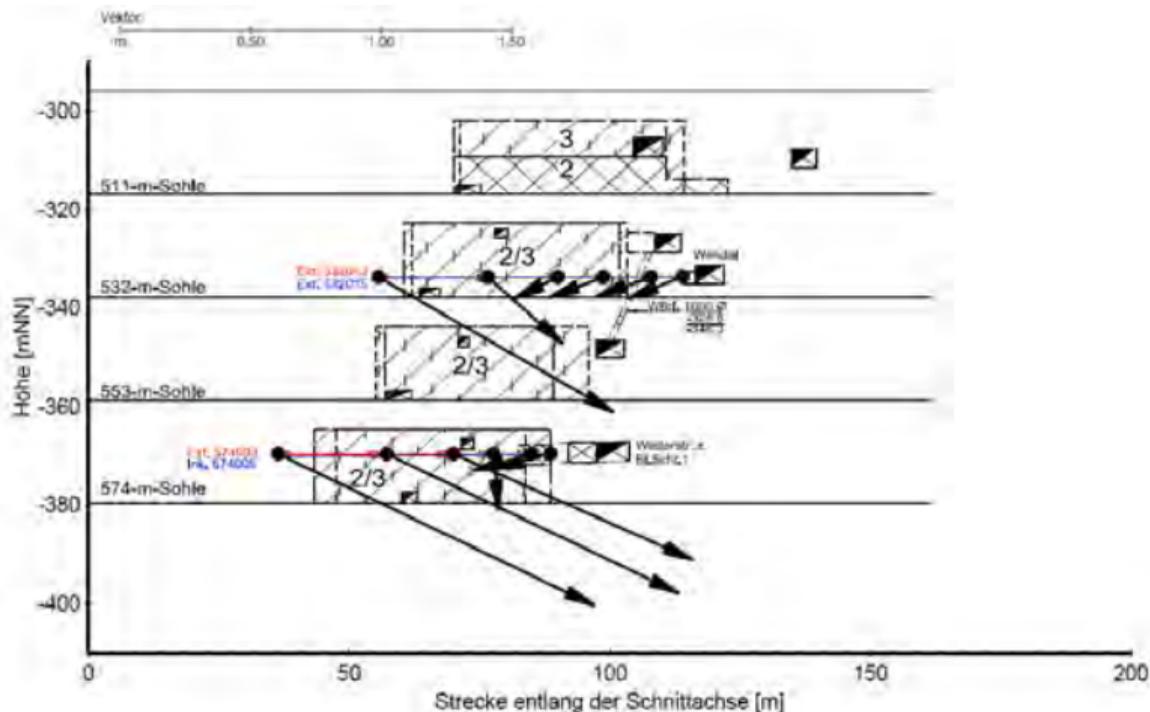
## 3

Bewertung lokaler Monitoringergebnisse aus dem Jahresbericht für 2021

- Verschiebungsanteile und Scherdeformationen in den Pfeilern
- Entfestigung und Rissbildung in der Firste im Abbau 3/490

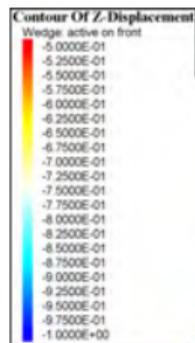
# Verschiebungsvektoren

Pfeilerreihe 2/3-532- u. 574-m-S (Auswertungszeitraum etwa die letzten 20 Jahre)



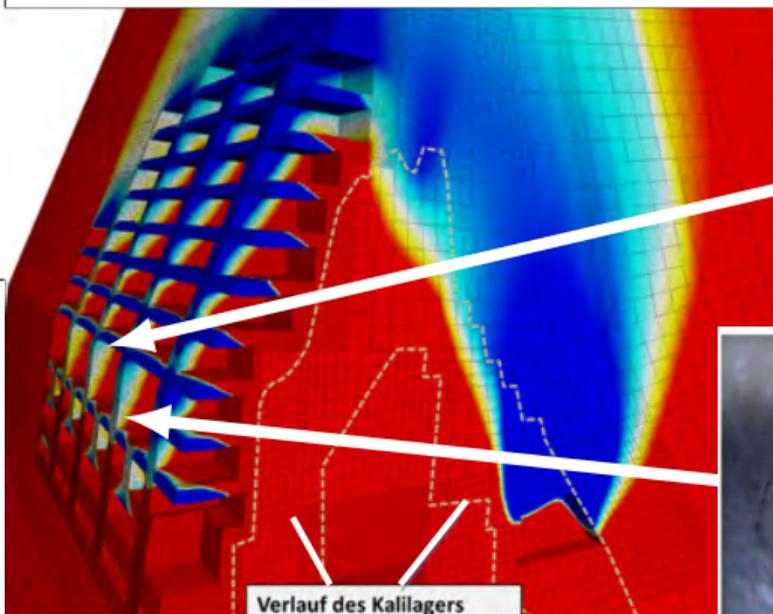
- Exemplarische Komplexauswertung von Extensometer-, Inklinometer- und Lage-/Höhenmessungen.
- Verschiebung nach NNO konzentriert sich in südlicher Pfeilerhälfte mit deutlichem Anteil nach unten.
- In nördlicher Pfeilerhälfte wesentlich geringere Verschiebung nach SSW und nach unten.
- Konsequenz: Asymmetrischer Pfeilerverformung (Scherung) mit Firstspaltverfüllung in Reihe 2 und 4 dringend entgegenwirken.

# Berechnete Vertikalverschiebungen

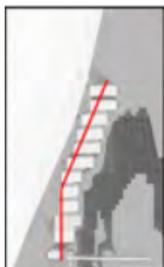


3-dimensionale Modellierung : Zeit 2014

Vertikalverschiebungen im Bereich von  $-1,0\text{ m} < z < -0,5\text{ m}$



Schnittverlauf  
=> südl. DG abgedeckt



Verlauf des Kalilagers  
(nach Westen ansteigend)



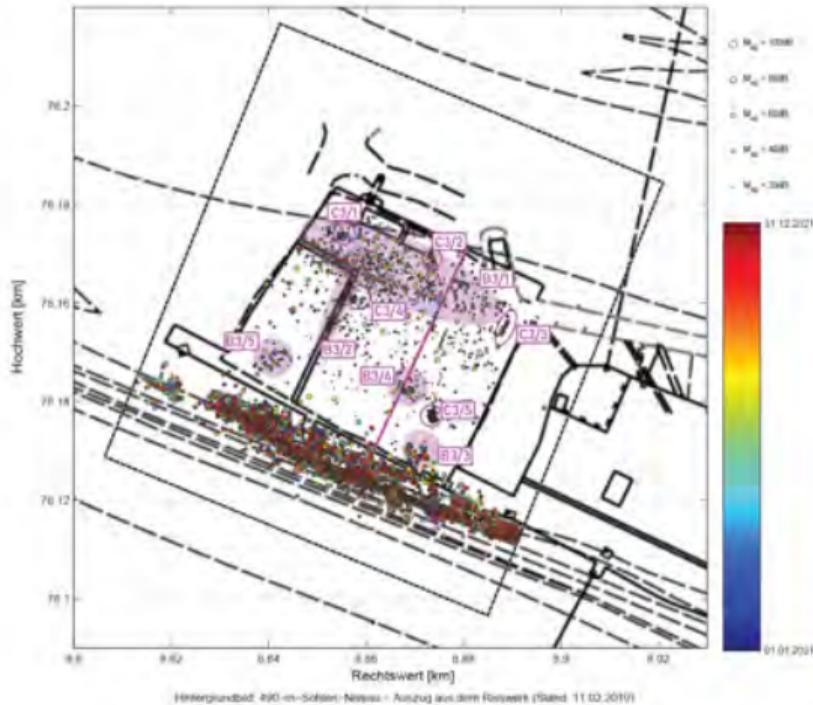
## 3

### Bewertung lokaler Monitoringergebnisse aus dem Jahresbericht für 2021

- Verschiebungsanteile und Scherdeformationen in den Pfeilern
- Entfestigung und Rissbildung in der Firste im Abbau 3/490

# Abbau 3/490

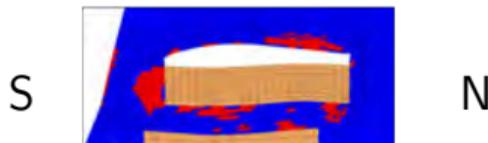
## Mikroakustische Ereignisse in Betriebsruhezeiten



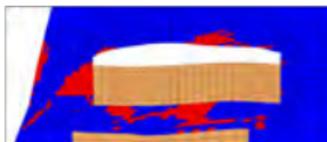
- Mittlere Ereignisrate hat sich in 2021 deutlich erhöht, aktive Cluster im nördlichen Abbaudrittel
- Kontinuierliche Auflockerung (Entfestigung) an Internschichtung im Leinsteinsalz
- BGE: “Langfristige sichere Gebrauchstauglichkeit kann nicht mehr attestiert werden.”

# Abbau 3/490

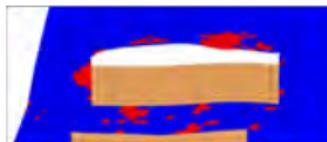
## Zugspannungen (Berechnung)



Schnitt 4 (y = 182 m)

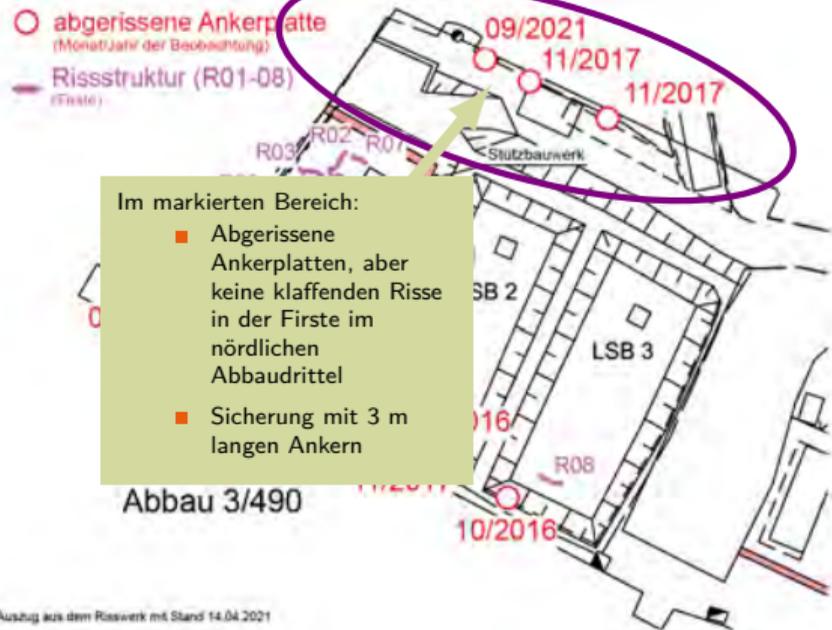


Schnitt 5 (y = 170 m)



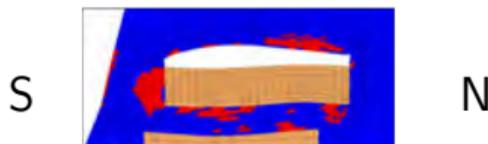
Schnitt 6 (y = 157 m)

## Rissbildungen und abgescherte Ankerplatten

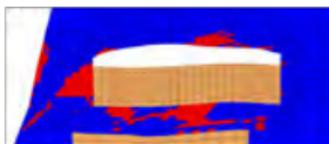


# Abbau 3/490

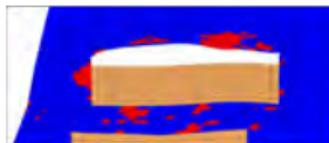
## Zugspannungen (Berechnung)



Schnitt 4 (y = 182 m)



Schnitt 5 (y = 170 m)



Schnitt 6 (y = 157 m)

## Rissbildungen und abgescherte Ankerplatten



⇒ Unterstützung der BGE-Planung einer schnellstmöglichen Sorelbetonverfüllung!

# ÜBERBLICK

Teil 02



- 1 Bestätigung der Rechenergebnisse Modell "Westliches Bergwerk" mit Daten der Standortüberwachung
- 2 Rechenmodell für das gesamte Bestandsbergwerk und Bestätigung der Rechenergebnisse mit Daten der Standortüberwachung
- 3 Bewertung lokaler Monitoringergebnisse aus dem Jahresbericht für 2021
- 4** Bewertung des Systemverhaltens und Empfehlungen

## Bewertung



- Der Versatzdruckaufbau (durch Firstspaltverfüllung unterstützt) wirkt den Bruchprozessen entgegen und hat zu einer deutlichen Verringerung der Deckgebirgsverschiebungsraten geführt.
- Die gemessenen Pfeilerstauchungsraten bewegen sich innerhalb der prognostizierten Bandbreite. Die Systemeinschätzung aus der Zustandsanalyse 2016 hat deshalb weiterhin Bestand.
- Es liegt eine Vorausberechnung der Verschiebungsraten bis 2026 vor. Sie ist gebunden an einen weiteren Versatzdruckaufbau unter dem Vorbehalt, dass es zu keinen plötzlichen Scherbewegungen im südlichen Deckgebirge und gebirgsmechanisch relevanten Lösungseinflüssen kommt.

# Empfehlungen



- Eine darüber hinaus gehende Prognose ist abhängig von der weiteren Standortentwicklung.
- Nur mit einer umfassenden Stabilisierung können:
  - Systembedingungen für eine längerfristige Vorhersage und
  - die Voraussetzungen für die Rückholung geschaffen werden.
- Die Überwachung der First- und Stoßsicherheit mittels Monitoring und lokale Stützmaßnahmen sind für den Erhalt der Bergbausicherheit unverzichtbar.
- Die Fortführung der Stabilisierung und die weitere Umsetzung der Notfallplanung sind grundlegende Voraussetzungen für die Rückholung. Diese kann nur in einem gesicherten Bestandsbergwerk mit prognostizierbaren Randbedingungen erfolgen.

A close-up photograph of a textured, light-colored surface, possibly concrete or stone, covered in a layer of melting ice. A single, clear drop of water is captured mid-fall from a small hole in the ice. The background is dark and out of focus.

Salzlösungsmonitoring

03

# ÜBERBLICK

Teil 03

- 1 Grundlagen
- 2 Baufeld an der Südflanke
- 3 Carnallitbaufeld (Nordflanke)
- 4 Tiefenaufschluss
- 5 Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring

# ÜBERBLICK

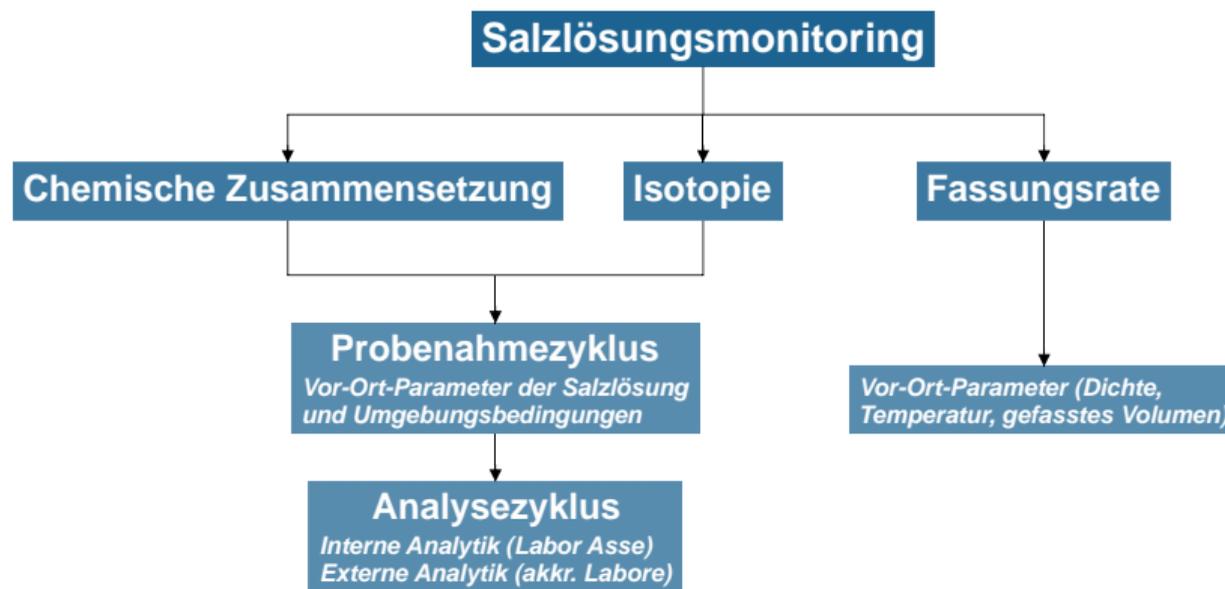
Teil 03

- 1 Grundlagen
- 2 Baufeld an der Südflanke
- 3 Carnallititbaufeld (Nordflanke)
- 4 Tiefenaufschluss
- 5 Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring

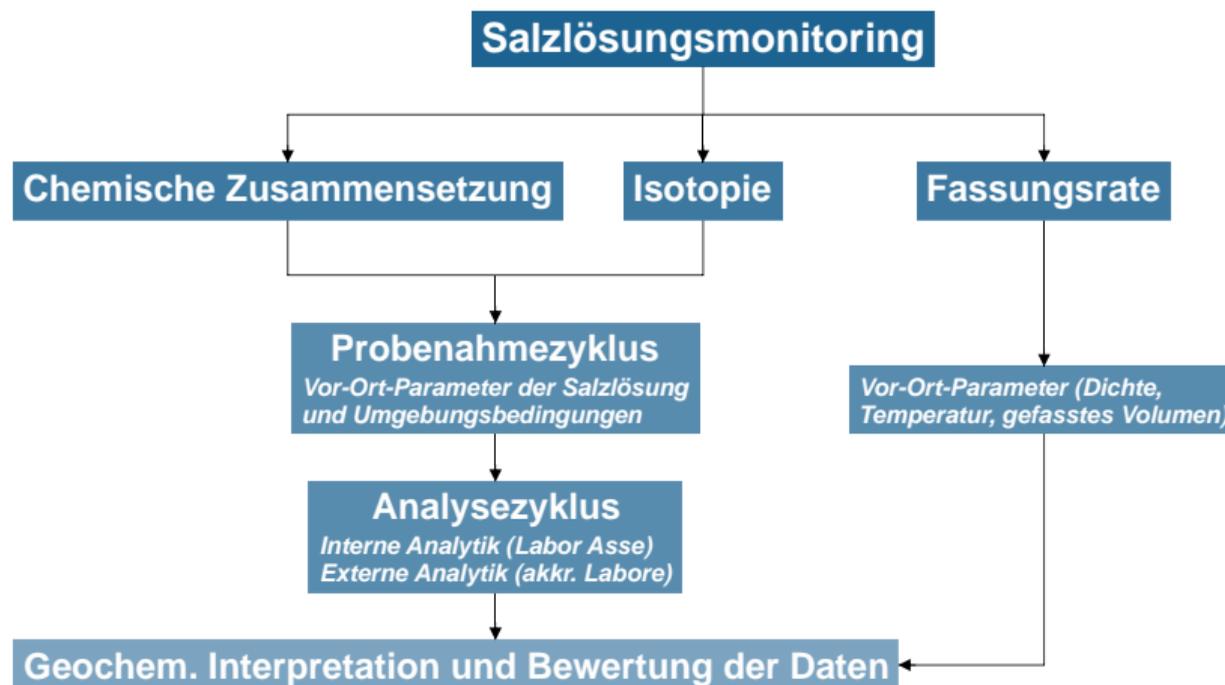
# Salzlösungsmonitoring – Schachtanlage Asse II



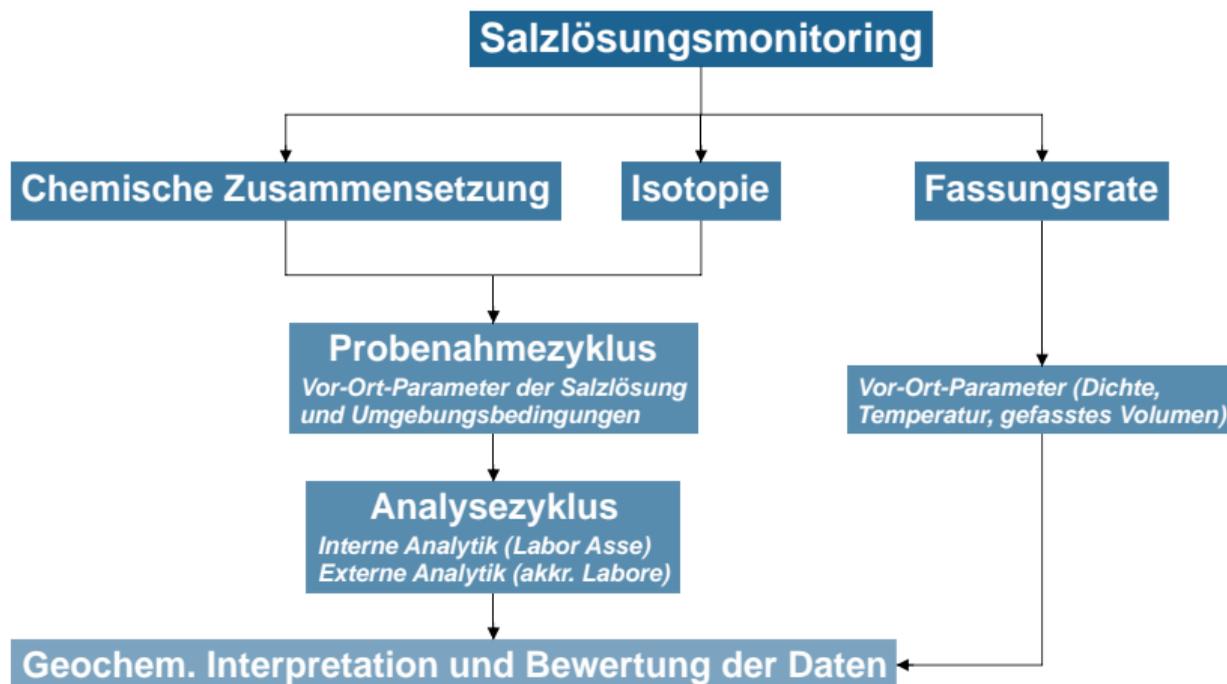
# Salzlösungsmonitoring – Schachtanlage Asse II



# Salzlösungsmonitoring – Schachtanlage Asse II

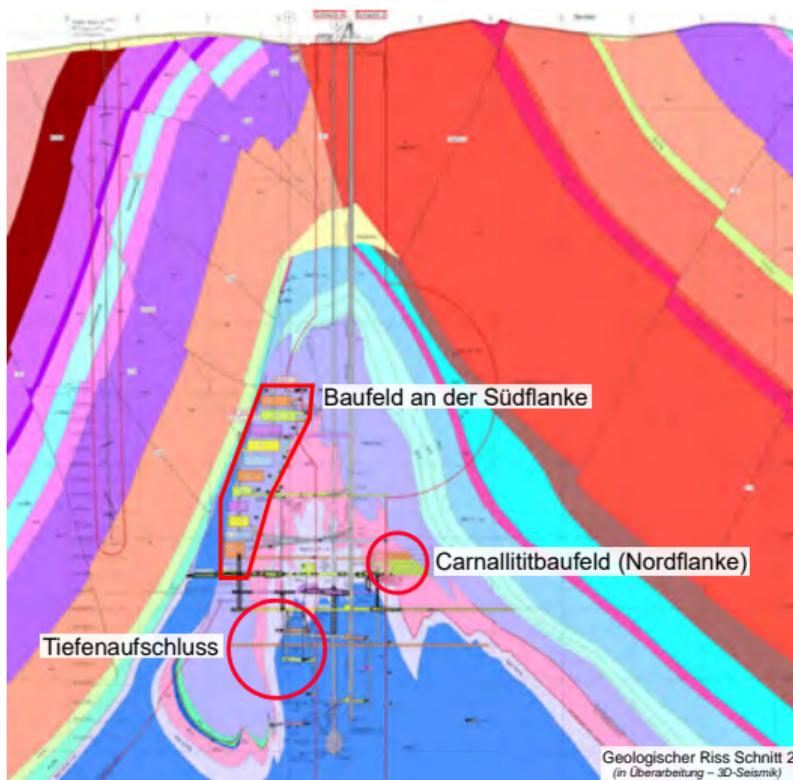


# Salzlösungsmonitoring – Schachtanlage Asse II

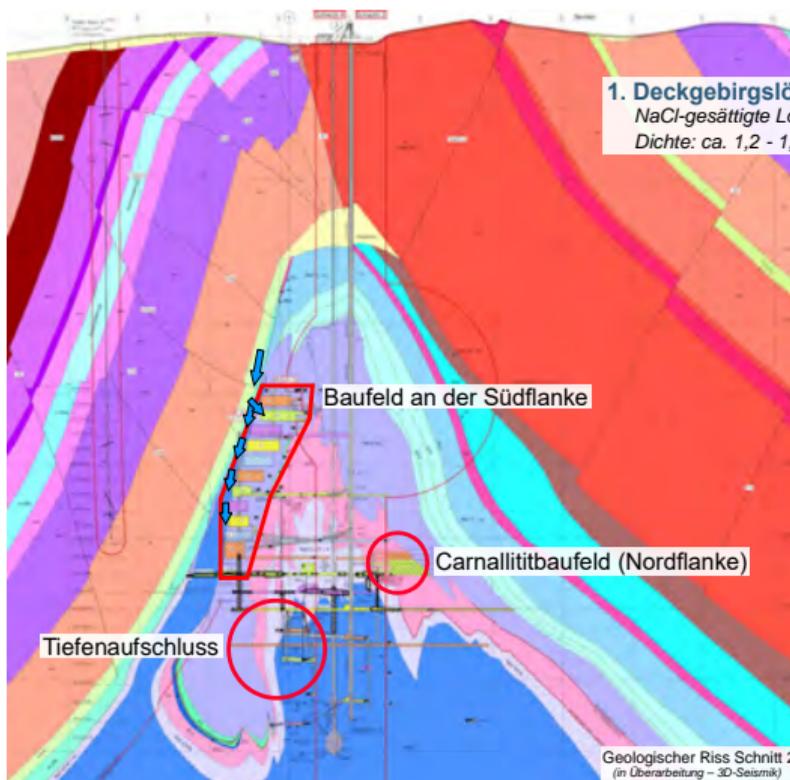


Gesamt (2021): 38 Stellen beprobt, 360 Analysen durchgeführt  
 17 Stellen im engmaschigen Monitoring  
 4756 m<sup>3</sup> Salzlösung gefasst

# Salzlösungen im Grubengebäude



# Salzlösungen im Grubengebäude



**1. Deckgebirgslösungen an der Südflanke**  
NaCl-gesättigte Lösungen,  
Dichte: ca. 1,2 - 1,3 g/cm<sup>3</sup>

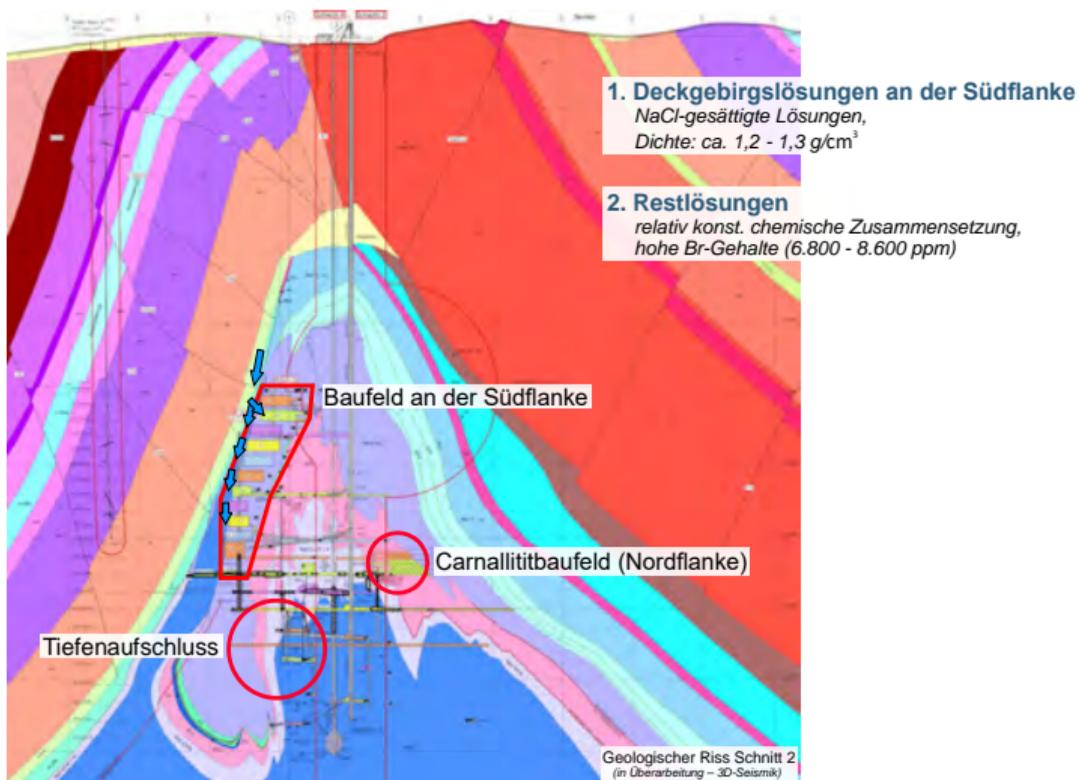
Baufeld an der Südflanke

Carnallitbaufeld (Nordflanke)

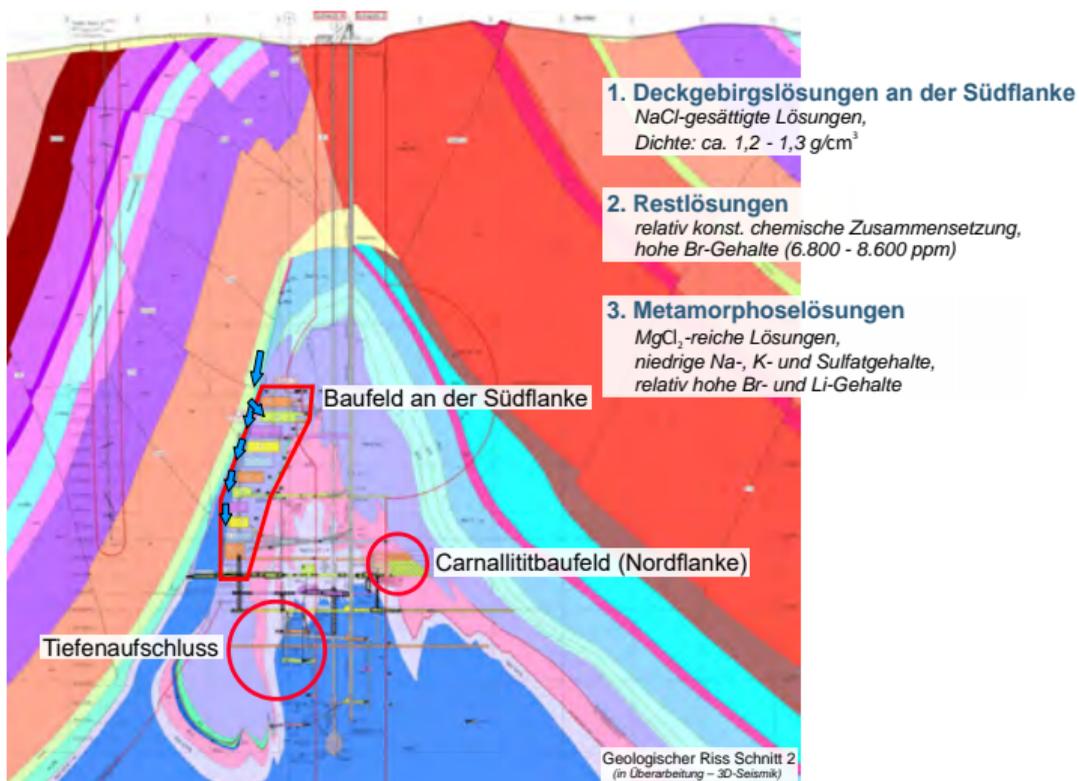
Tiefenaufschluss

Geologischer Riss Schnitt 2  
(in Überarbeitung – 3D-Seismik)

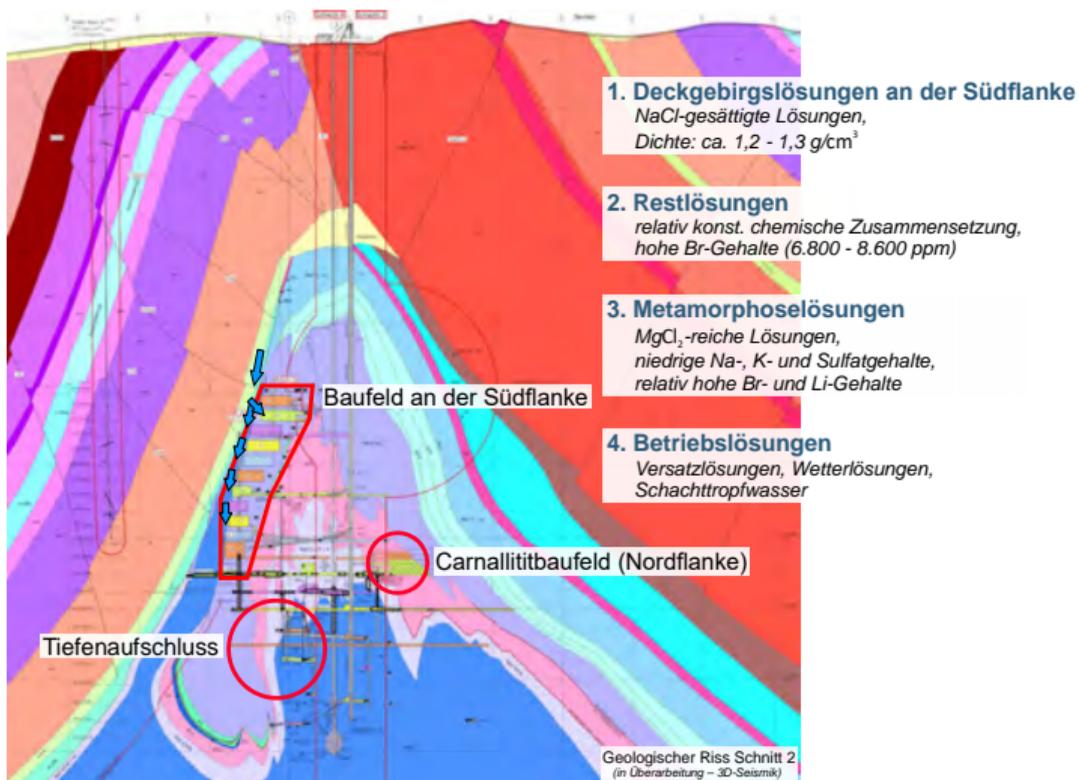
# Salzlösungen im Grubengebäude



# Salzlösungen im Grubengebäude



# Salzlösungen im Grubengebäude



# ÜBERBLICK

Teil 03

- 1 Grundlagen
- 2 **Baufeld an der Südflanke**
- 3 Carnallititbaufeld (Nordflanke)
- 4 Tiefenaufschluss
- 5 Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring

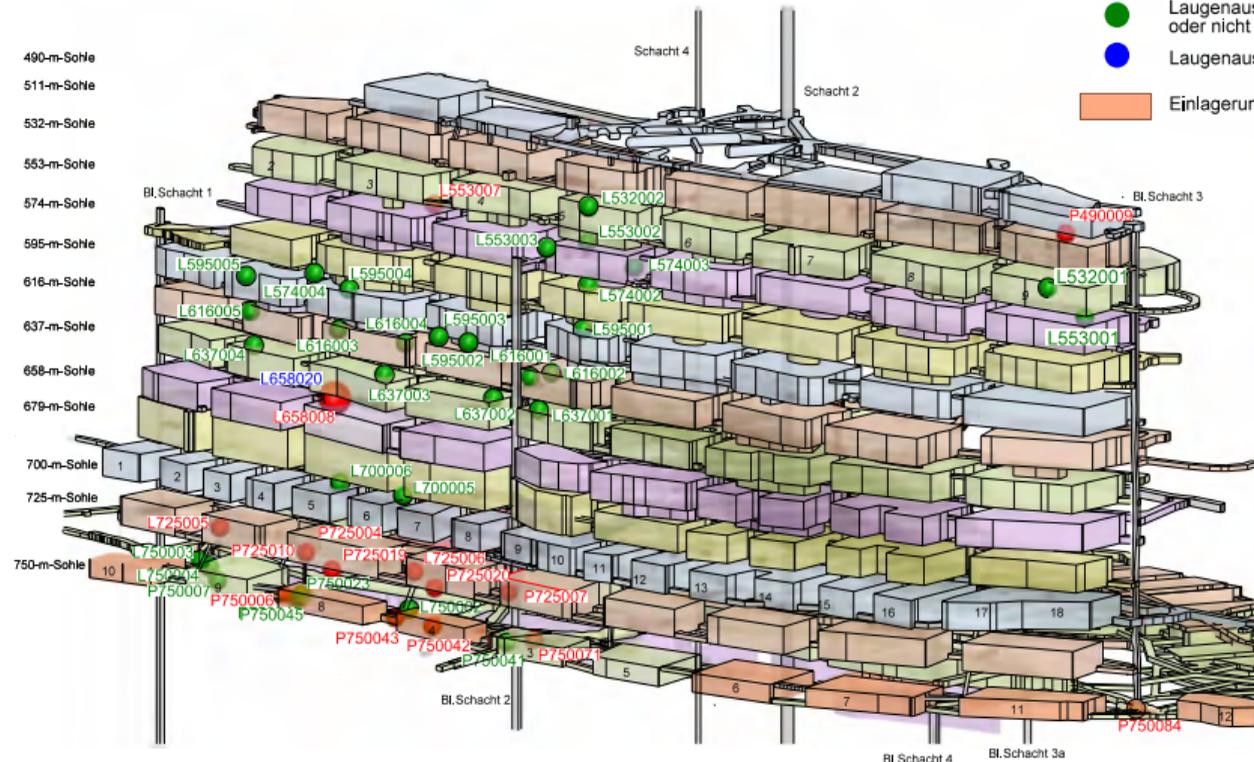
## 2

### Baufeld an der Südflanke

- 3D-Darstellung des Grubengebäudes an der Südflanke
- 658-m-Sohle: Bereich Hauptfassungsstelle
- 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
- Gesamte Südflanke



# 3D-Darstellung der Katasterstellen



- Laugenaustrittsstelle aktiv
- Laugenaustrittsstelle versiegt oder nicht mehr zugänglich
- Laugenaustrittsstelle trocken vorgefunden
- Einlagerungskammer



## 2

### Baufeld an der Südflanke

- 3D-Darstellung des Grubengebäudes an der Südflanke
- **658-m-Sohle: Bereich Hauptfassungsstelle**
- 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
- Gesamte Südflanke

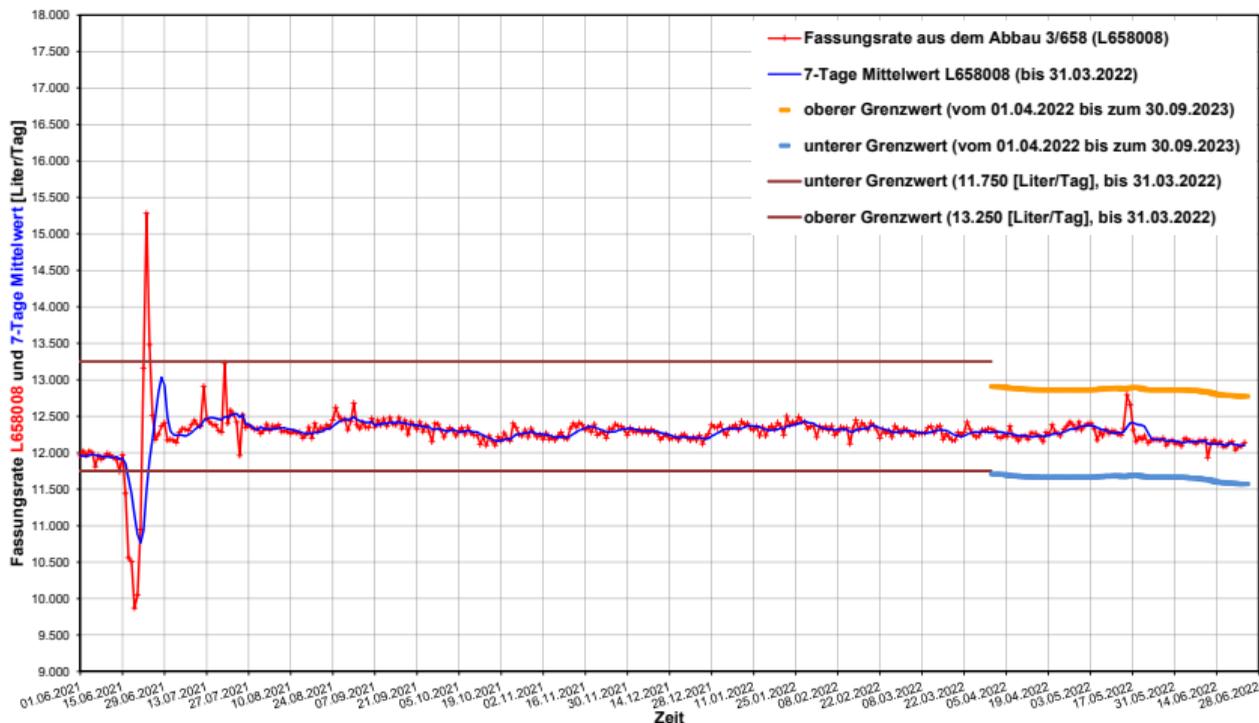






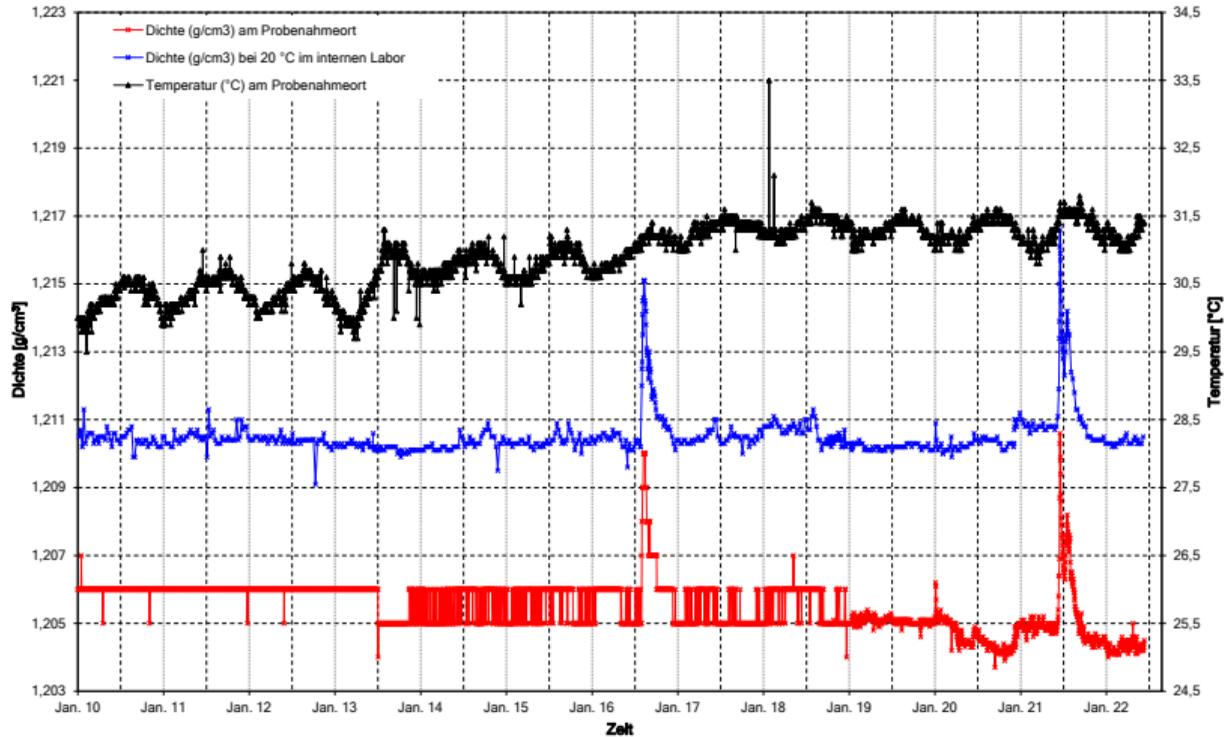
# Fassungsraten – Abbau 3/658 (L658008)

Zeitraum: 01.06.2021 bis 23.06.2021



# Tägliche Dichte- und Temperaturmessungen

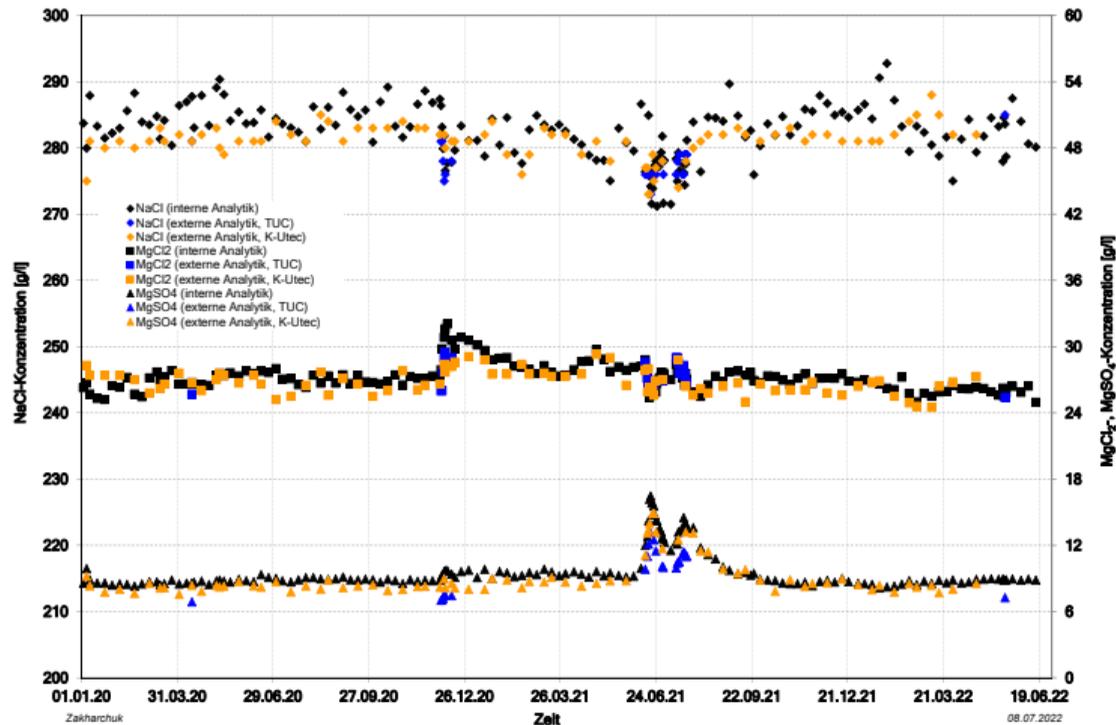
Zeitraum: 01.01.2010 bis 13.06.2022





# Fiktive Komponenten: NaCl / MgCl<sub>2</sub> / MgSO<sub>4</sub>

Abbau 3/658 (L658008), Zeitraum: 03.01.2020 bis 16.06.2022

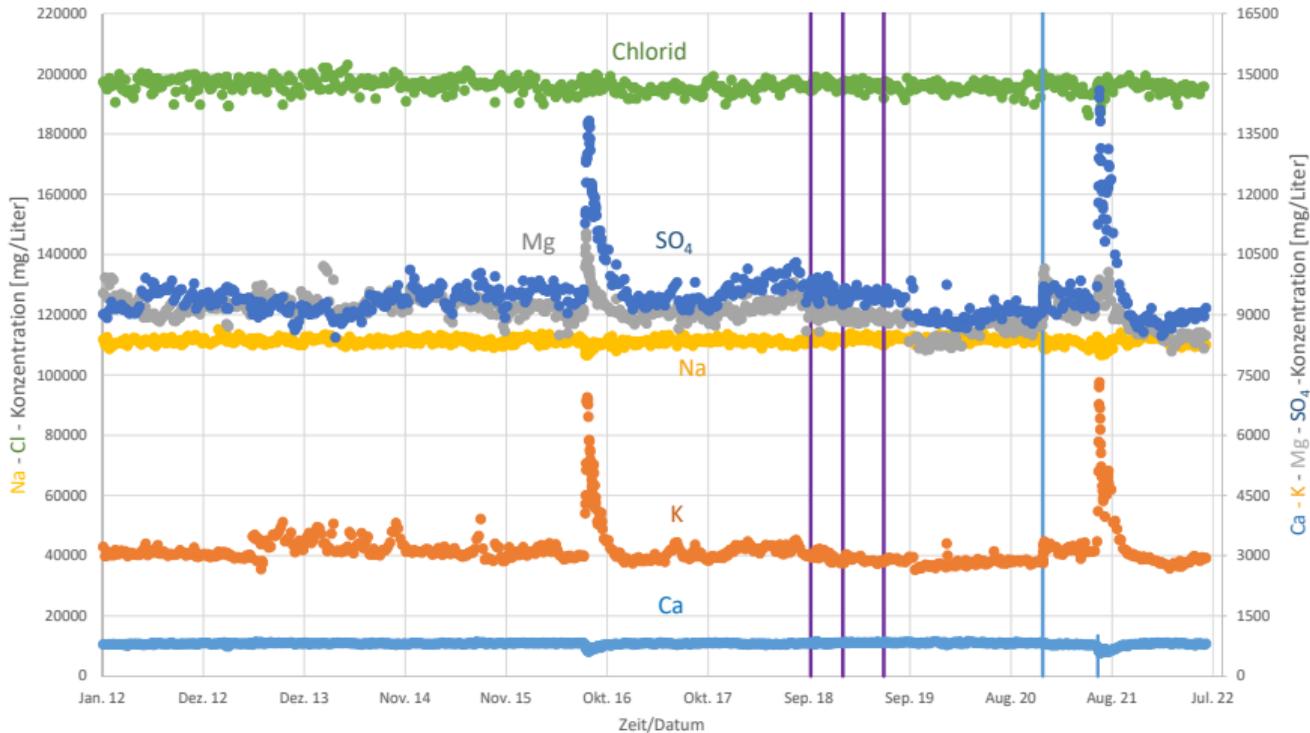






# Hauptkomponenten (L658008)

Zeitraum: 04.01.2012 bis 23.06.2022

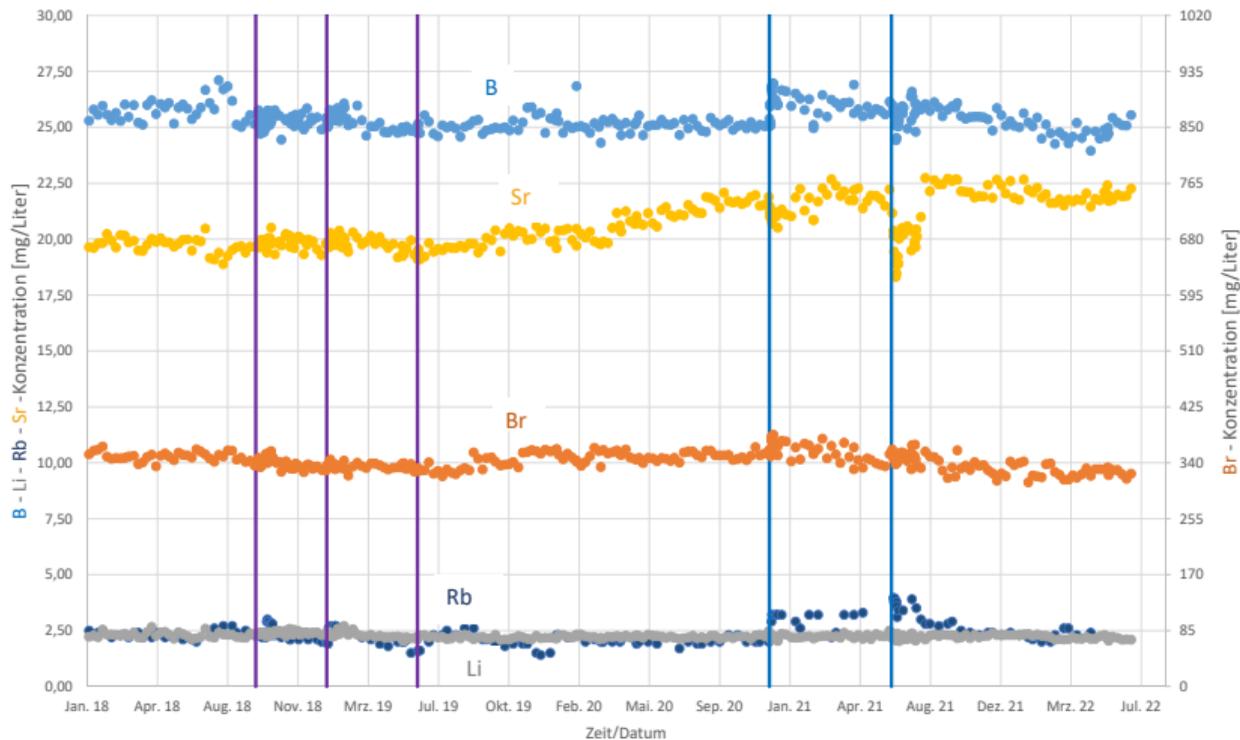






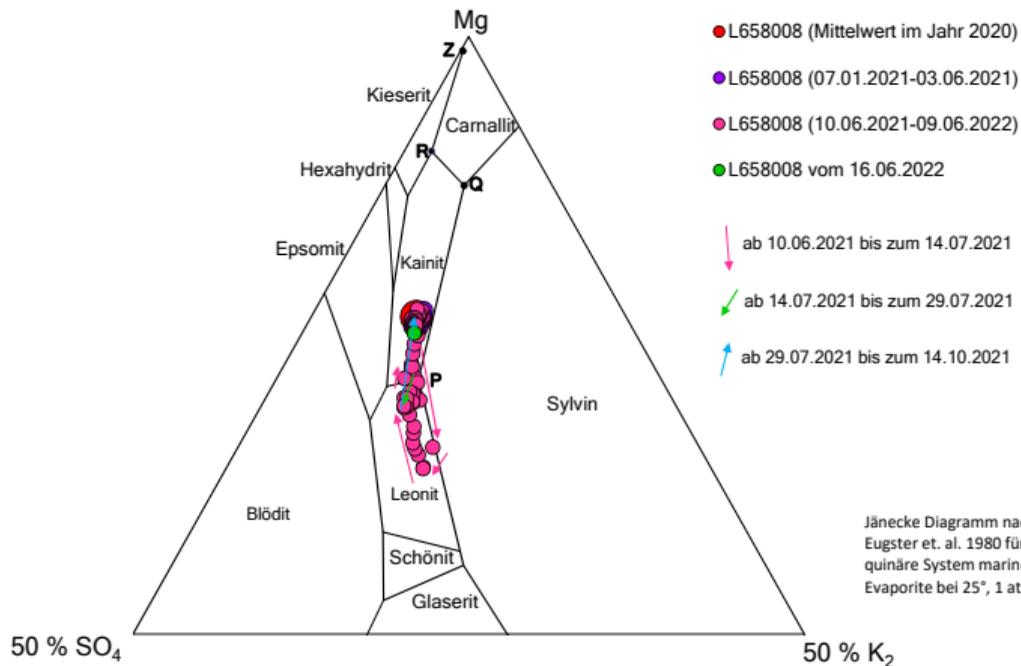
# Nebenkomponenten (L658008)

Zeitraum: 04.01.2018 bis 23.06.2022



# Chemismus der Salzlösungen (L658008)

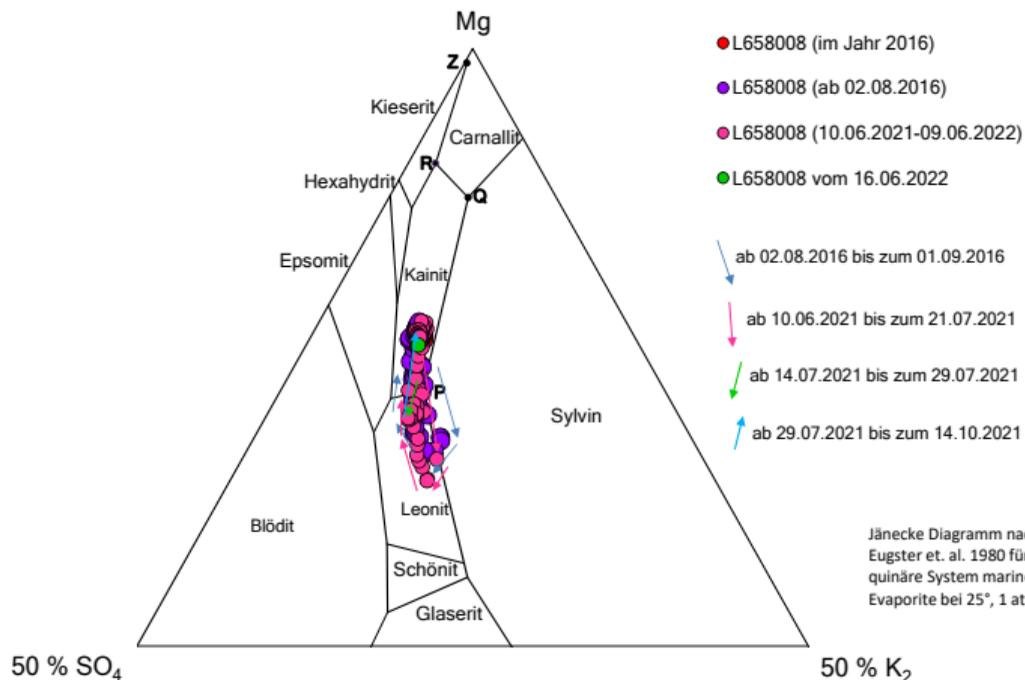
Jänecke-Diagramm – Entwicklung (2020/06.2022)



Jänecke Diagramm nach Eugster et. al. 1980 für quinäre System mariner Evaporite bei 25°, 1 atm

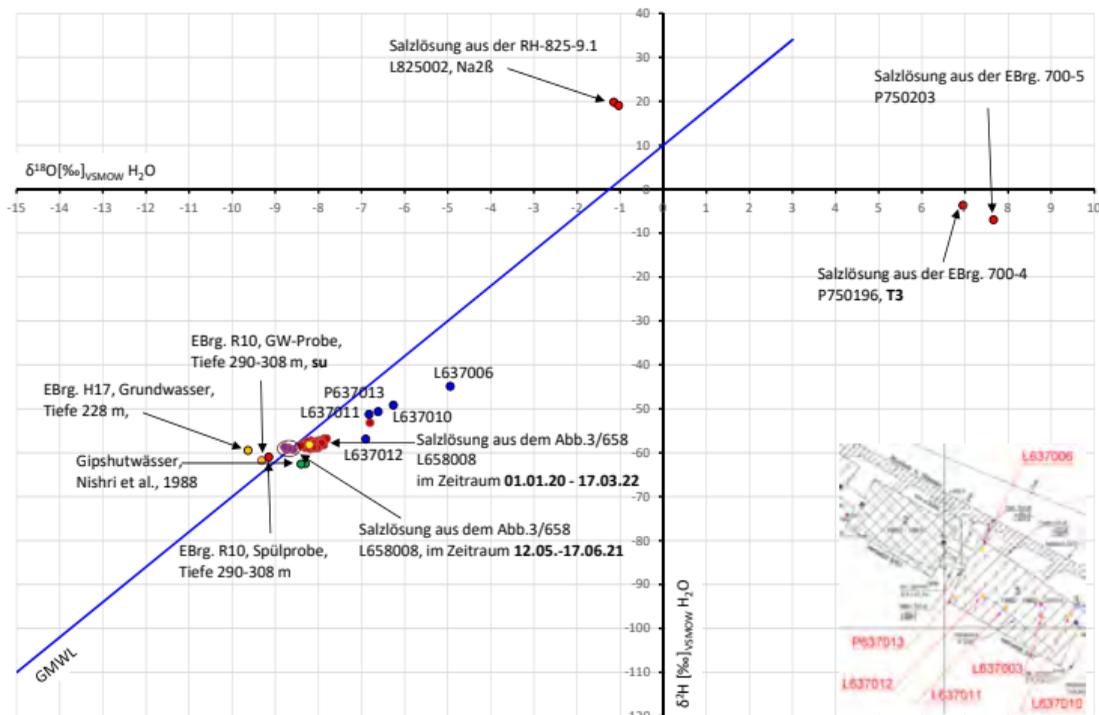
# Chemismus der Salzlösungen (L658008)

Jänecke-Diagramm – Entwicklung (2016 und 2021/2022)



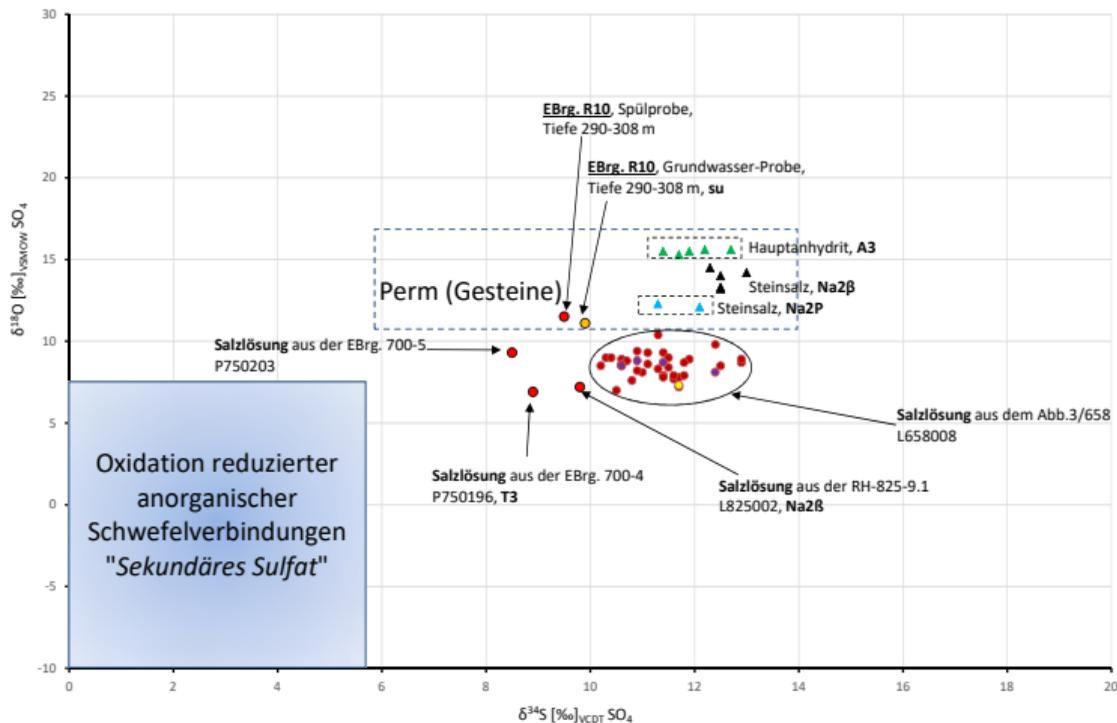
# Isotopie

Abbau 3/658 (L658008),  $\delta^2\text{H}$  vs.  $\delta^{18}\text{O}$ , Zeitraum: 05.02.2019 bis 17.03.2022



# Isotopie

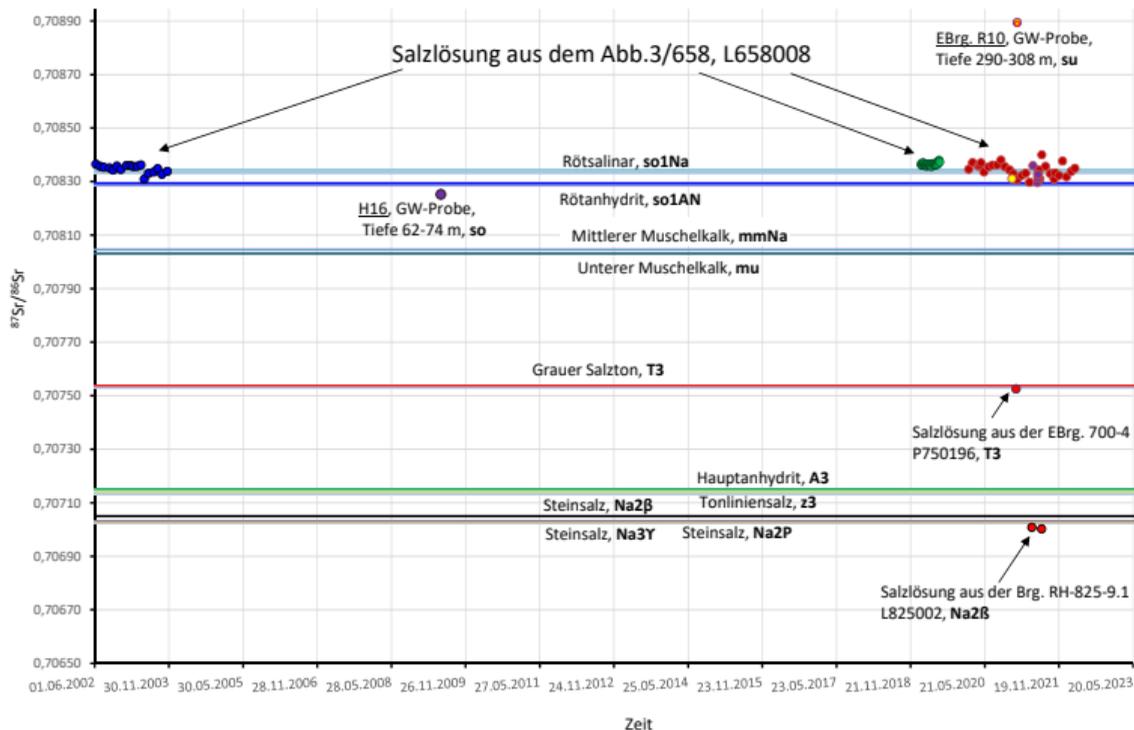
Abbau 3/658 (L658008),  $\delta^{34}\text{S}$  vs.  $\delta^{18}\text{O}$ , Zeitraum: 05.02.2019 bis 17.03.2022



# Isotopie



Abbau 3/658 (L658008),  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , Zeitraum: 05.02.2019 bis 17.03.2022



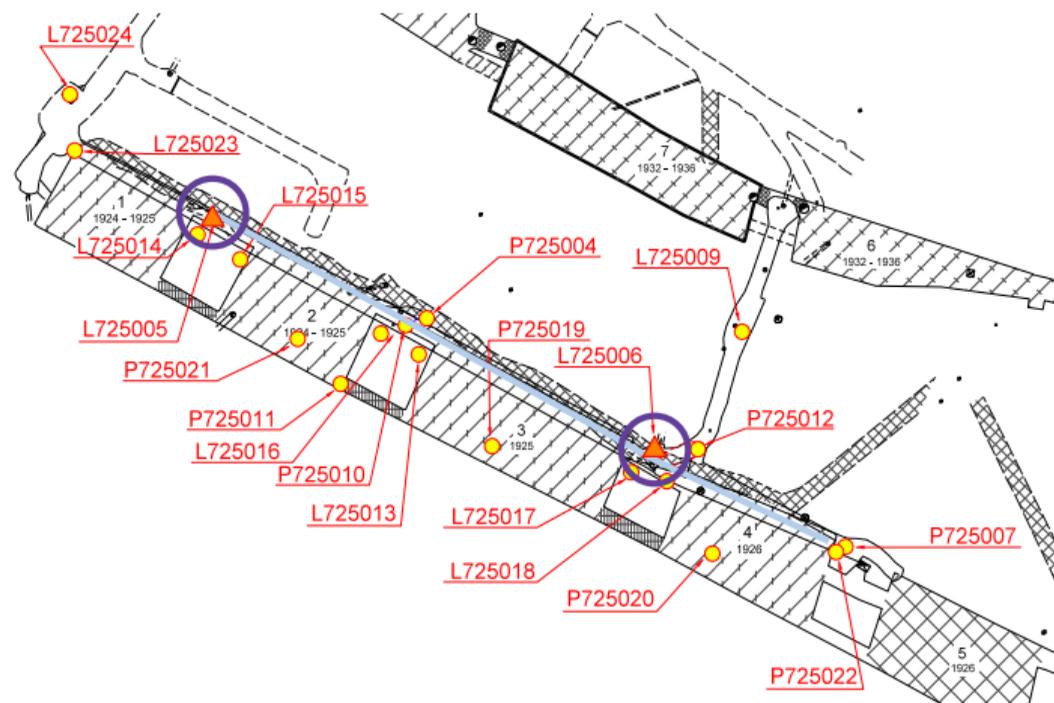
## 2

### Baufeld an der Südflanke

- 3D-Darstellung des Grubengebäudes an der Südflanke
- 658-m-Sohle: Bereich Hauptfassungsstelle
- 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
- Gesamte Südflanke

# Salzlösungsmonitoring: 725-m-Sohle

Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogensausbaustrecke“



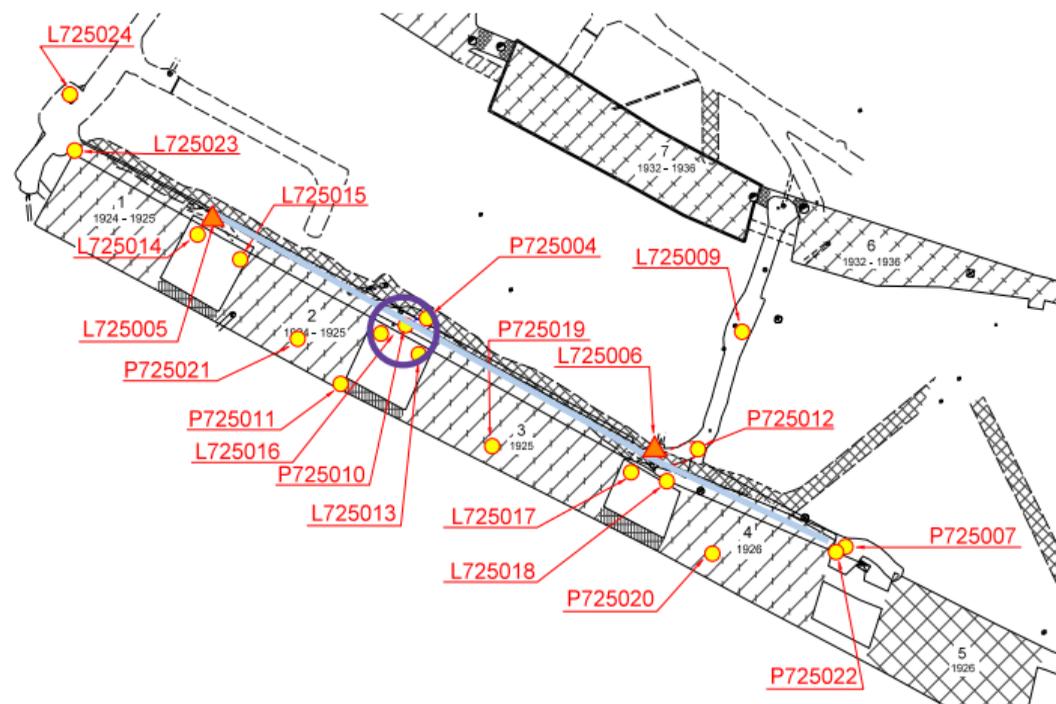
## Legende:

- Sohlenschram
- Katasterstelle ab 2008
- ▲ Katasterstelle vor 2008

Rolloch 1 (L725005) und  
Rolloch 2 (L725006)

# Salzlösungsmonitoring: 725-m-Sohle

Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogensausbaustrecke“



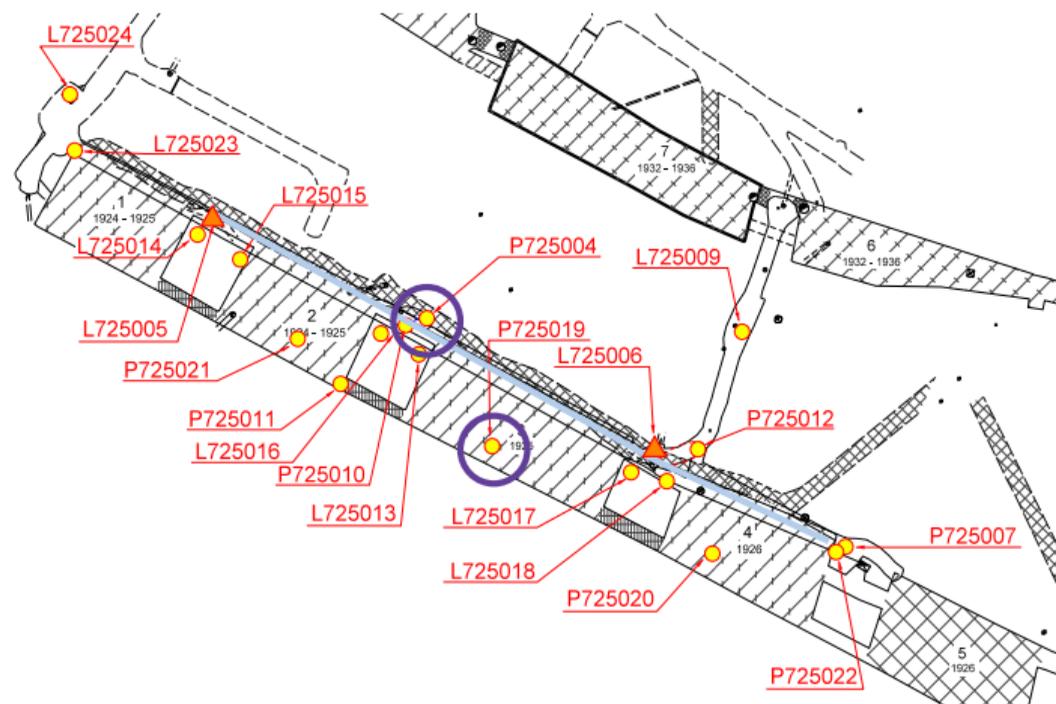
## Legende:

- Sohlenschram
- Katasterstelle ab 2008
- ▲ Katasterstelle vor 2008

Bereich Abbau 2 (P725010)

# Salzlösungsmonitoring: 725-m-Sohle

Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogenausbaustrecke“



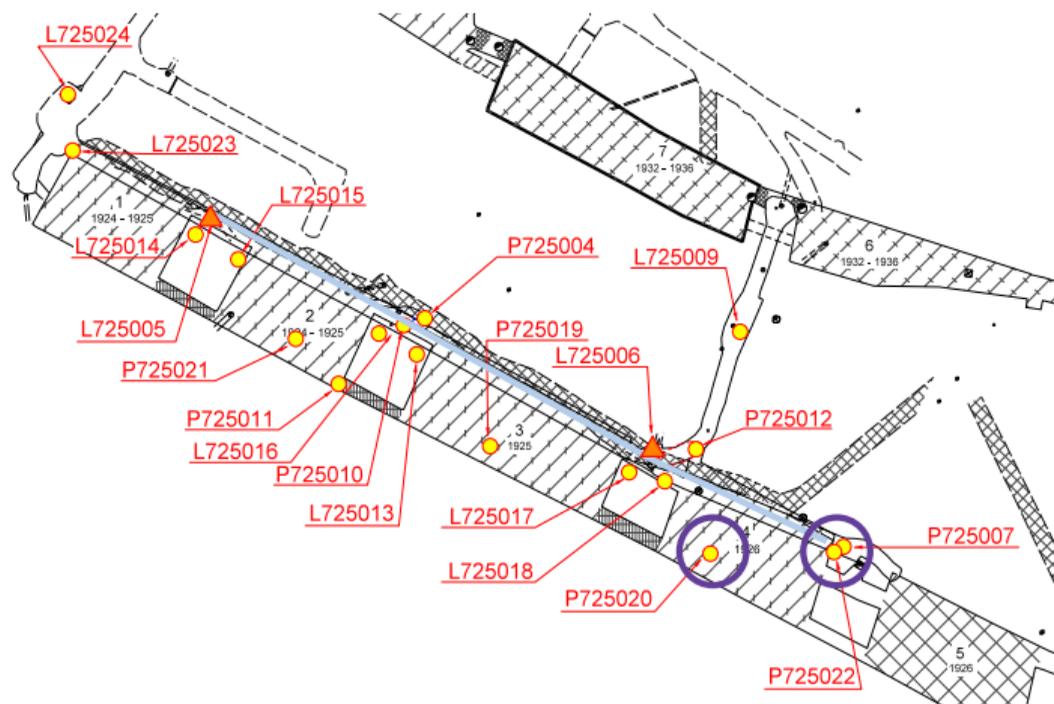
## Legende:

- Sohlenschram
- Katasterstelle ab 2008
- ▲ Katasterstelle vor 2008

Bereich Abbau 3 (P725004 und P725019)

# Salzlösungsmonitoring: 725-m-Sohle

Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogenausbaustrecke“



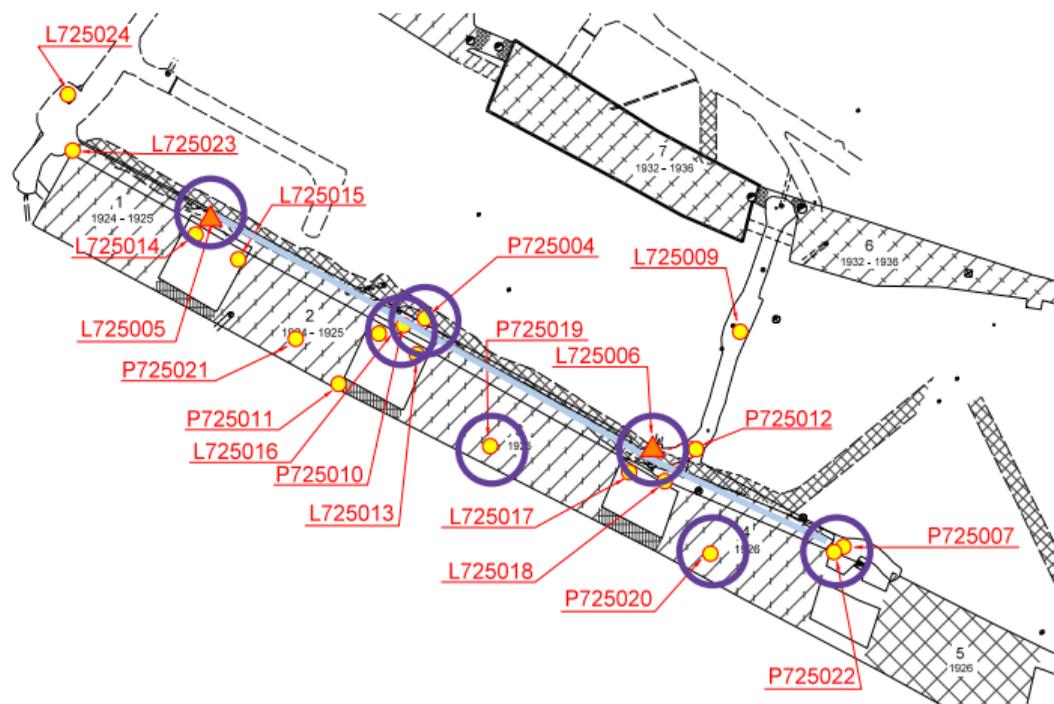
## Legende:

- Sohlenschram
- Katasterstelle ab 2008
- ▲ Katasterstelle vor 2008

Bereich Abbau 4 (P725007 und P725020)

# Salzlösungsmonitoring: 725-m-Sohle

Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogensausbaustrecke“



## Legende:

- Sohlenschram
- Katasterstelle ab 2008
- ▲ Katasterstelle vor 2008

Rollloch 1 (L725005) und Rollloch 2 (L725006)

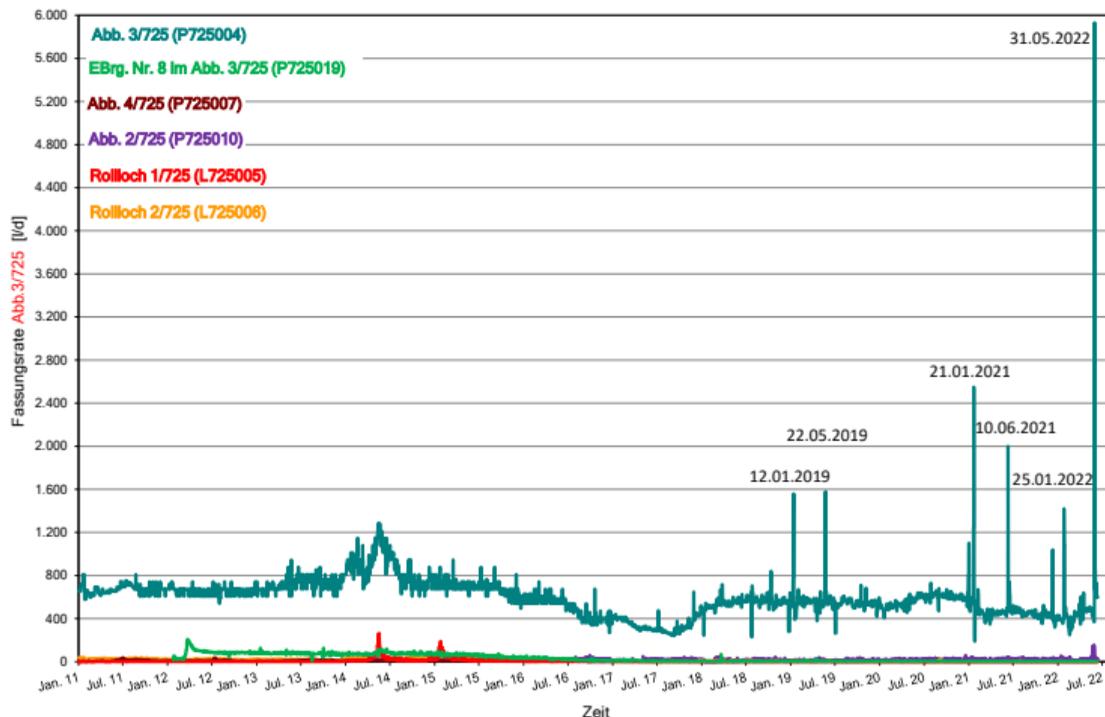
Bereich Abbau 2 (P725010)

Bereich Abbau 3 (P725004 und P725019)

Bereich Abbau 4 (P725007 und P725020)

# Fassungsraten 725-m-Sohle

Zeitraum vom 01.01.2011 bis 13.06.2022



# Chemismus der Salzlösungen

## Jänecke-Diagramm – aktuelle Entwicklung

Hauptfassungsstelle, Abbau 3/658

● L658008 (16.06.2022)

△ L725005 (23.01.2020 - 12.05.2022)

im Juni => 0,13 [l/d], 1,7 [l]

△ L725006 (23.01.2020 - 12.05.2022)

im Juni => 0,3 [l/d], 4,4 [l]

▲ P725010 (23.01.2020 - 12.05.2022)

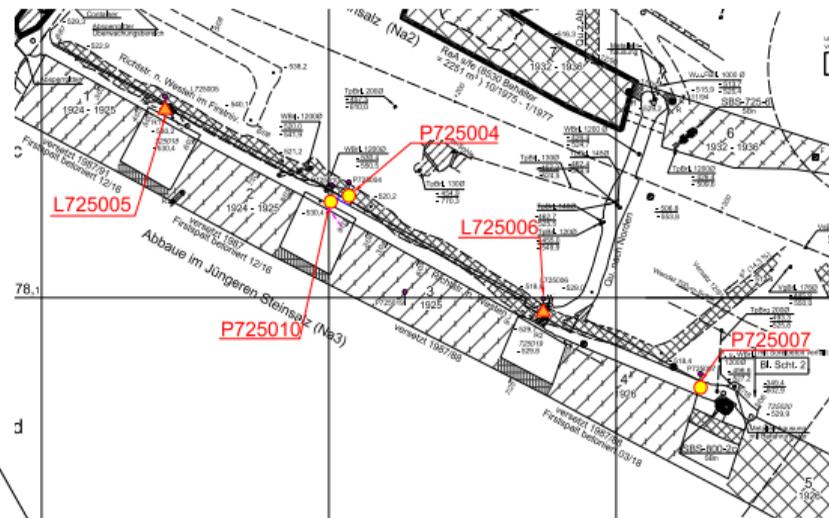
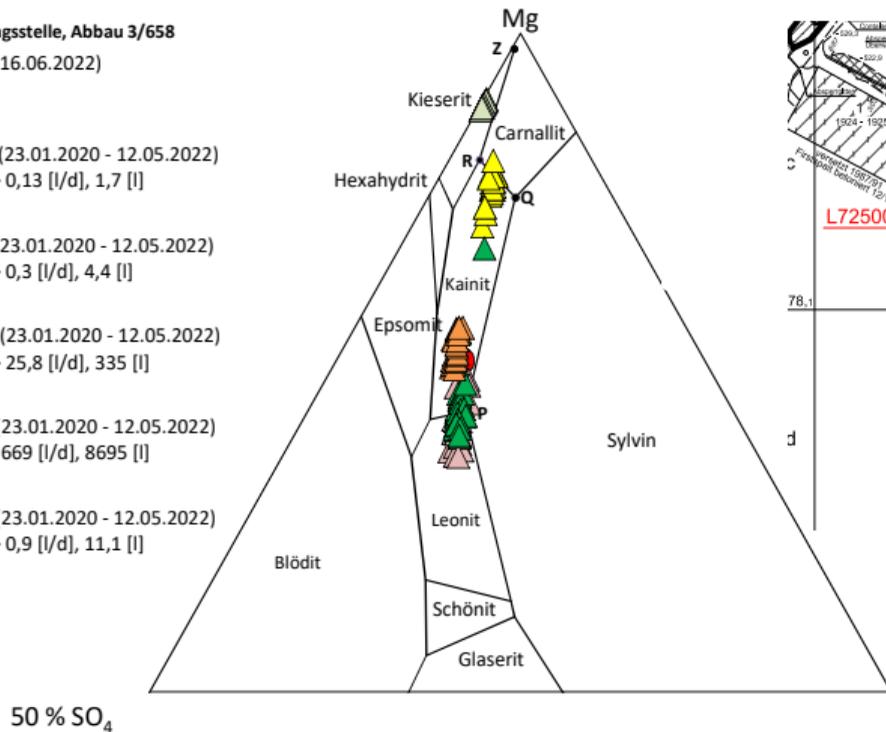
im Juni => 25,8 [l/d], 335 [l]

▲ P725004 (23.01.2020 - 12.05.2022)

im Juni => 669 [l/d], 8695 [l]

▲ P725007 (23.01.2020 - 12.05.2022)

im Juni => 0,9 [l/d], 11,1 [l]



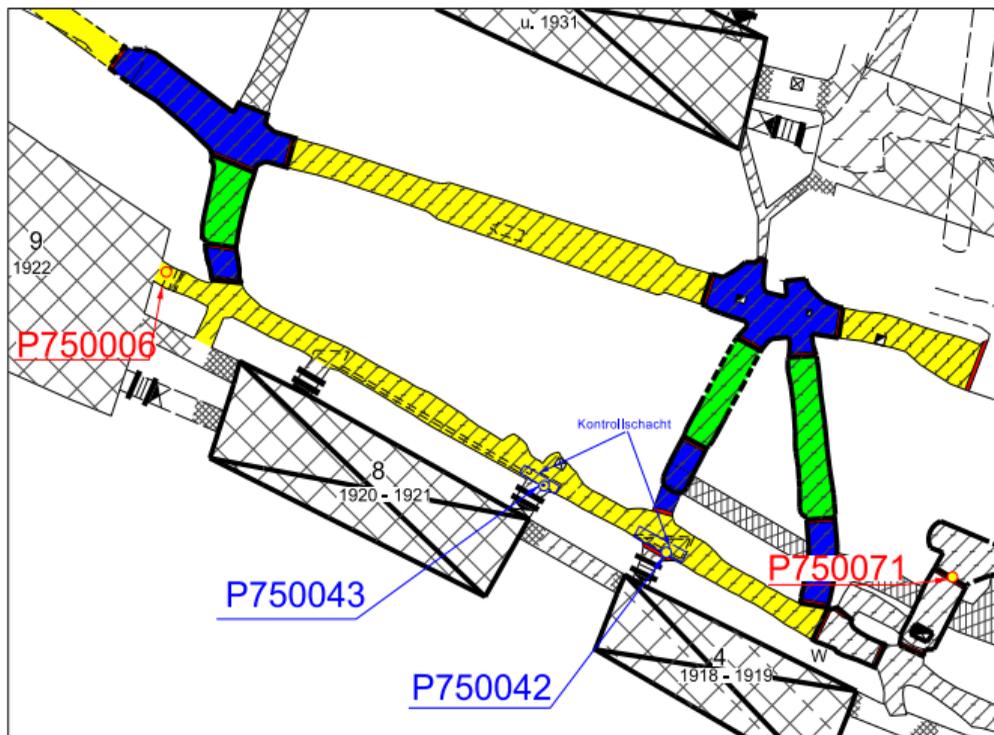
Jänecke Diagramm nach Eugster et. al. 1980 für das quinäre System mariner Evaporite bei 25°C, 1 atm

## 2

### Baufeld an der Südflanke

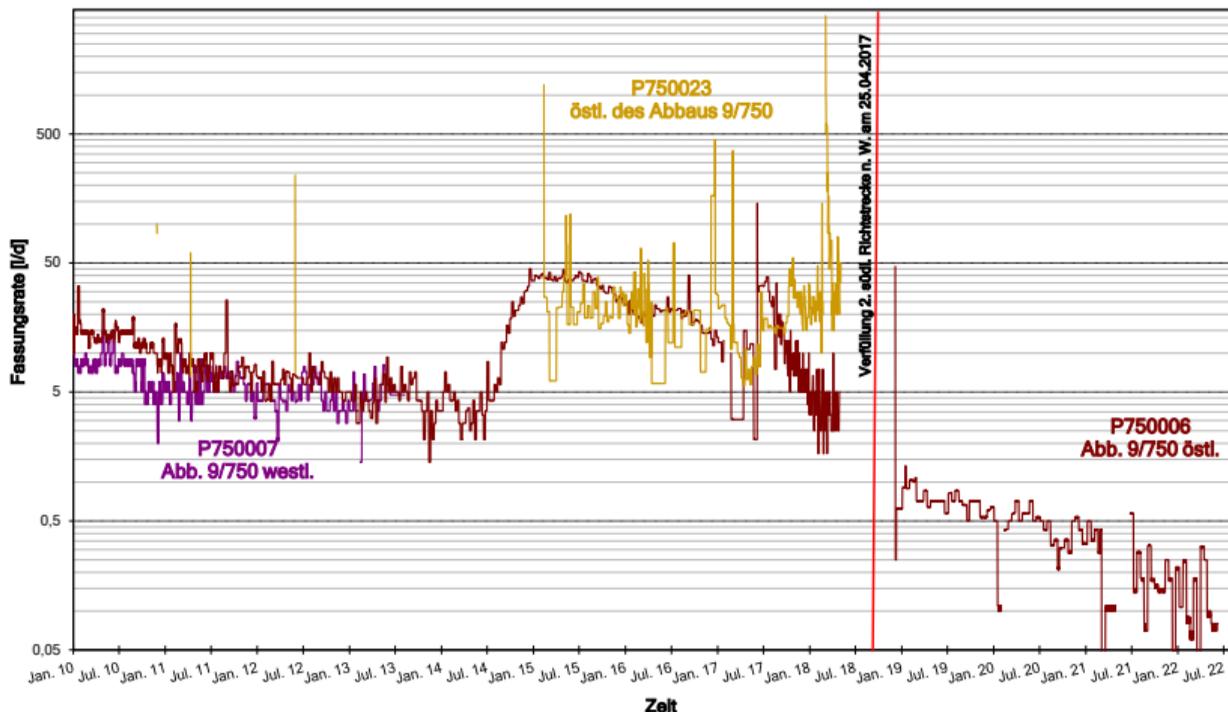
- 3D-Darstellung des Grubengebäudes an der Südflanke
- 658-m-Sohle: Bereich Hauptfassungsstelle
- 725-m-Sohle: Sammelstellen in der Richtstrecke nach Westen
- 750-m-Sohle: Sammelstellen östl. Abbau 9, nördlich ELK 8 und ELK 4 sowie nördlich Blindschacht 2
- 750-m-Sohle: Bereich vor der ELK 12/750
- Gesamte Südflanke

# Lage der Sammelstellen – seit 06/2019



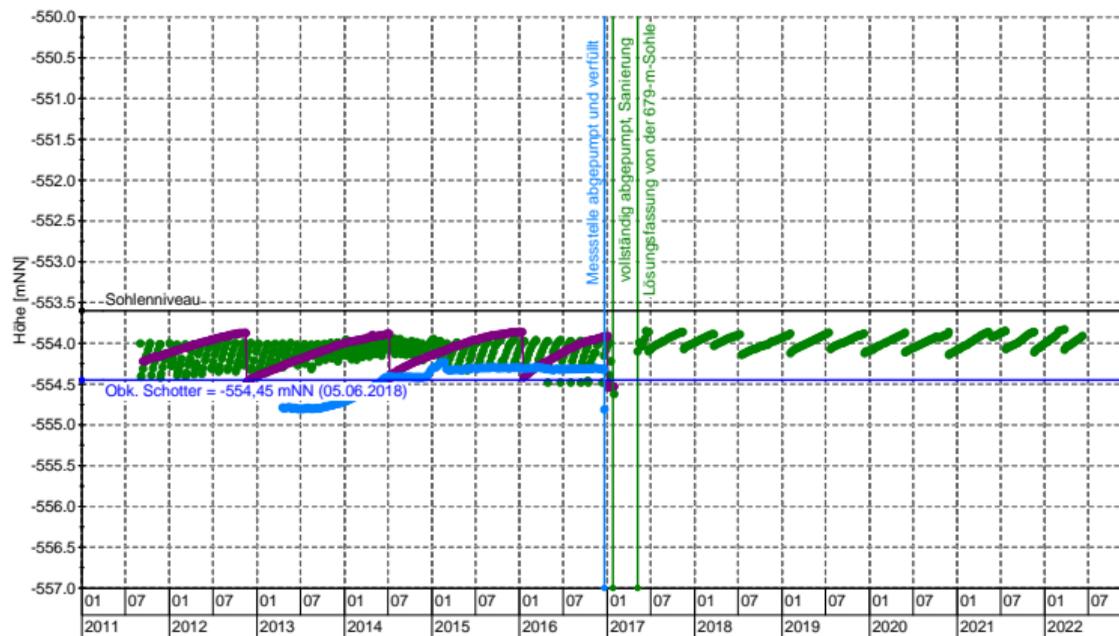
# Fassungsraten Abbau 9/750

Zeitraum: 01.01.2010 bis 13.06.2022



# Pegelmessstelle vor ELK 8/750 (P750043)

Zeitraum: 02.09.2011 bis 08.06.2022 (Lichtlotmessung)



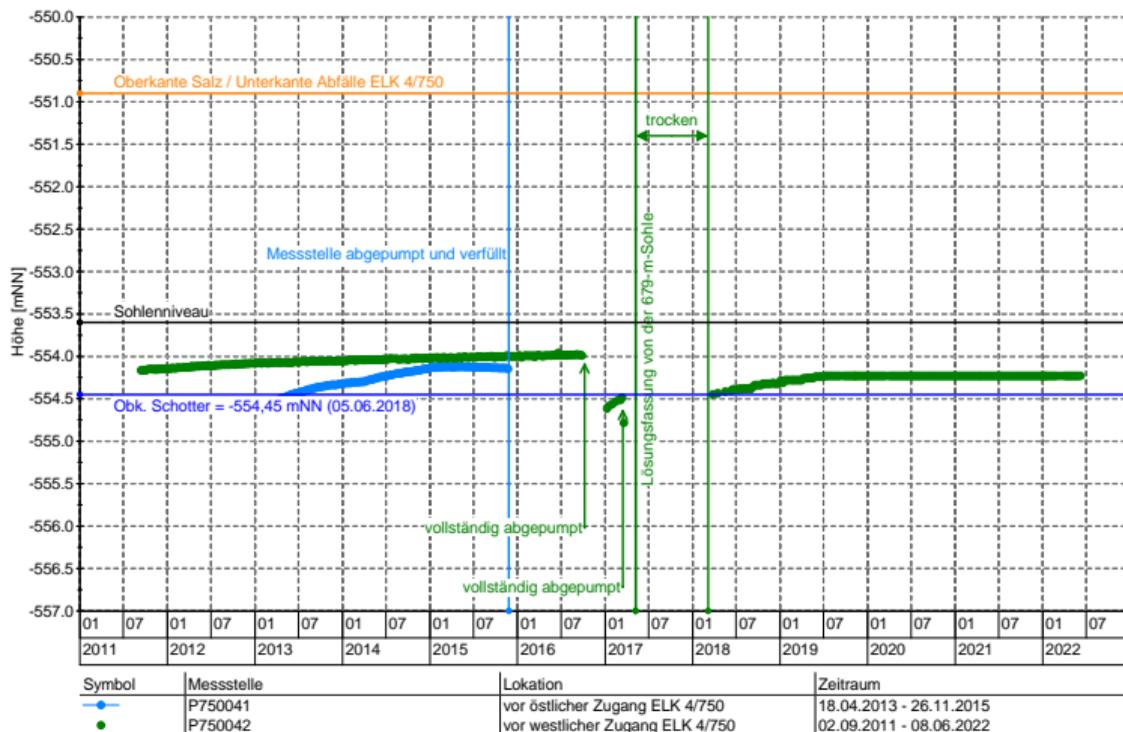
Symbol	Messstelle	Lokation	Zeitraum
●	P750043	vor östlicher Zugang ELK 8/750	02.09.2011 - 08.06.2022
●	P750044	vor westlicher Zugang ELK 8/750	13.09.2011 - 30.01.2017
●	P750045	vor westlicher Zugang ELK 8/750	18.04.2013 - 20.12.2016

# Pegelmessstelle vor ELK 4/750 (P750042)

Zeitraum: 02.09.2011 bis 08.06.2022 (Lichtlotmessung)



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG





# Chemismus der Salzlösungen

## Jänecke-Diagramm – aktuelle Entwicklung

Hauptfassungsstelle, Abbau 3/658

● L658008 (16.06.2022)

▲ P750042 (04.06.2018)

nicht abpumpbar => geringe Menge

▲ P750043 (16.01.2020 - 09.05.2021)

im März 2022 => 7,9 [l/d]

▲ P750071 (13.01.2020-09.05.2022)

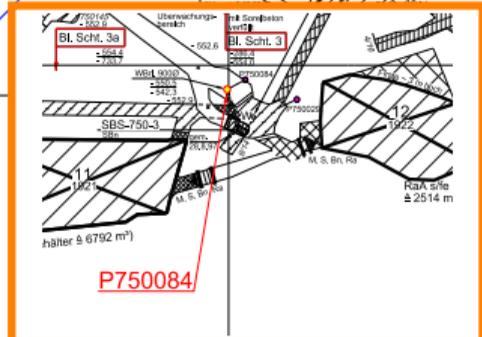
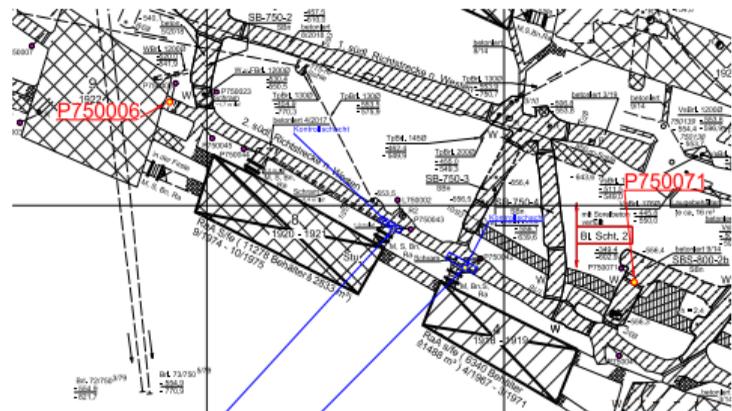
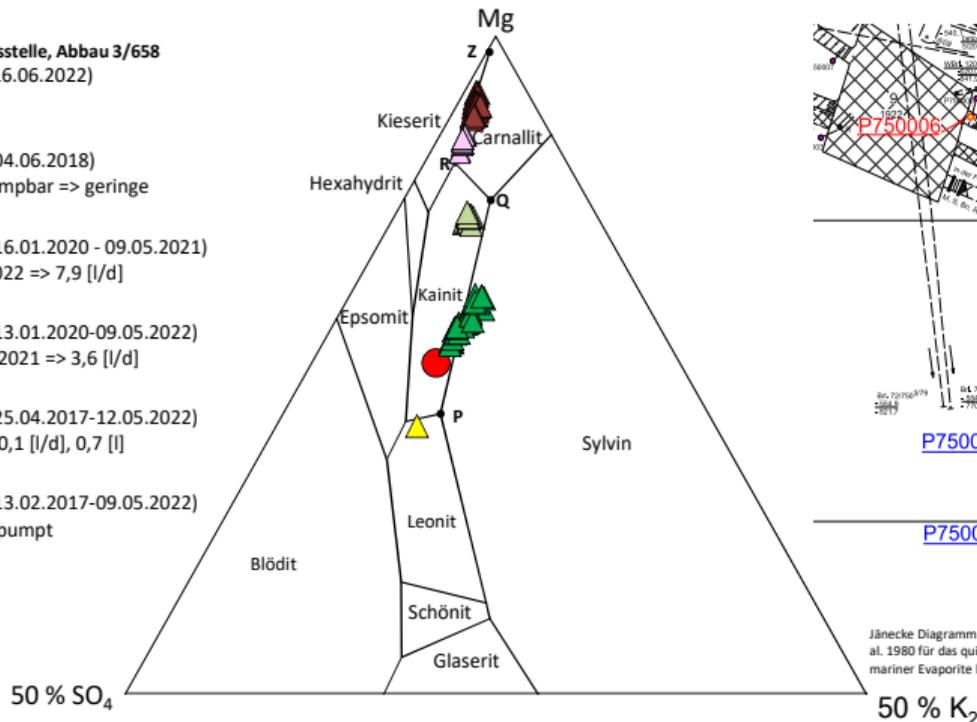
im August 2021 => 3,6 [l/d]

▲ P750006 (25.04.2017-12.05.2022)

im Juni => 0,1 [l/d], 0,7 [l]

▲ P750084 (13.02.2017-09.05.2022)

nicht abgepumpt



Jänecke Diagramm nach Eugster et. al. 1980 für das quinäre System mariner Evaporite bei 25°C, 1 atm

## 2

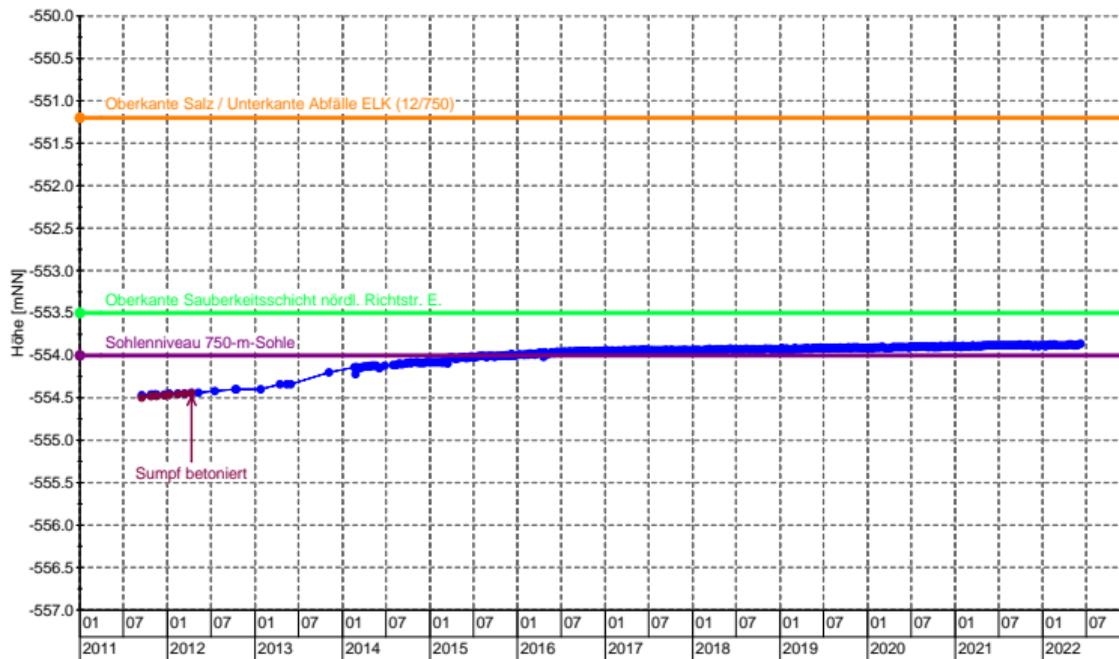
### Baufeld an der Südflanke

- 3D-Darstellung des Grubengebäudes an der Südflanke
- 658-m-Sohle: Bereich Hauptfassungsstelle
- 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**
- Gesamte Südflanke

# Pegelmessstelle vor ELK 12/750 (P750084)



Zeitraum: von 16.09.2011 bis 08.06.2022 (Lichtlotmessung)



Symbol	Messstelle	Lokation	Zeitraum
●	P750084	Kbr. vor betoniertem Sumpf (ELK 12/750)	16.09.2011 - 08.06.2022
●	P750029	Sumpf vor ELK 12/750	16.09.2011 - 14.08.2014

## 2

### Baufeld an der Südflanke

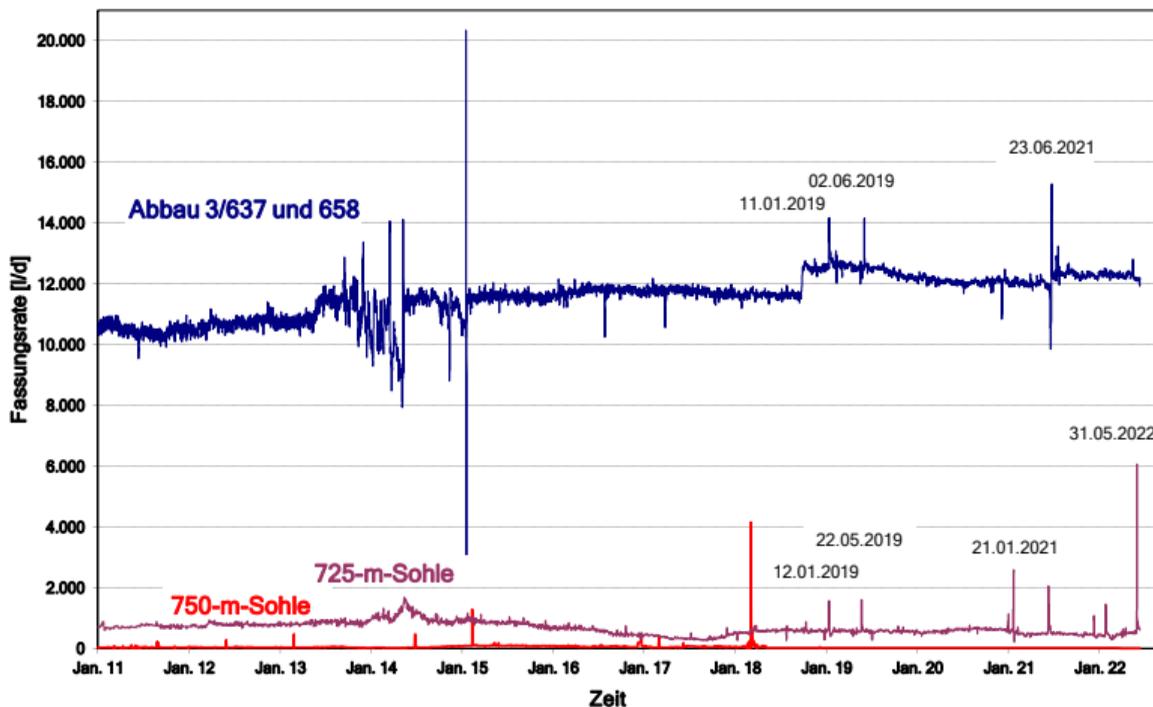
- 3D-Darstellung des Grubengebäudes an der Südflanke
- 658-m-Sohle: Bereich Hauptfassungsstelle
- 725-m-Sohle: Sammelstellen in der Richtstrecke nach Westen
- 750-m-Sohle: Sammelstellen östl. Abbau 9, nördlich ELK 8 und ELK 4 sowie nördlich Blindschacht 2
- 750-m-Sohle: Bereich vor der ELK 12/750
- **Gesamte Südflanke**

# Fassungsraten: 658-, 725- u. 750-m-Sohle

Zeitraum: 01.01.2011 bis 13.06.2022

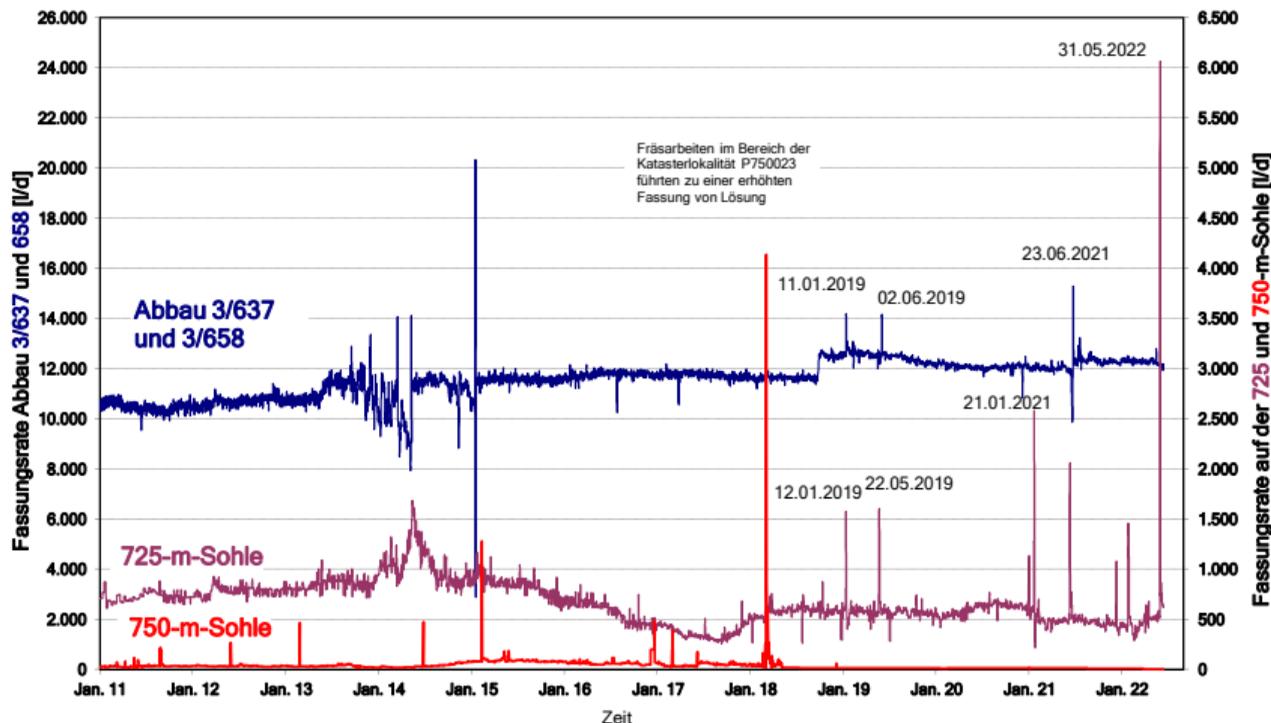


BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG



# Fassungsraten: 658-, 725- und 750-m-Sohle

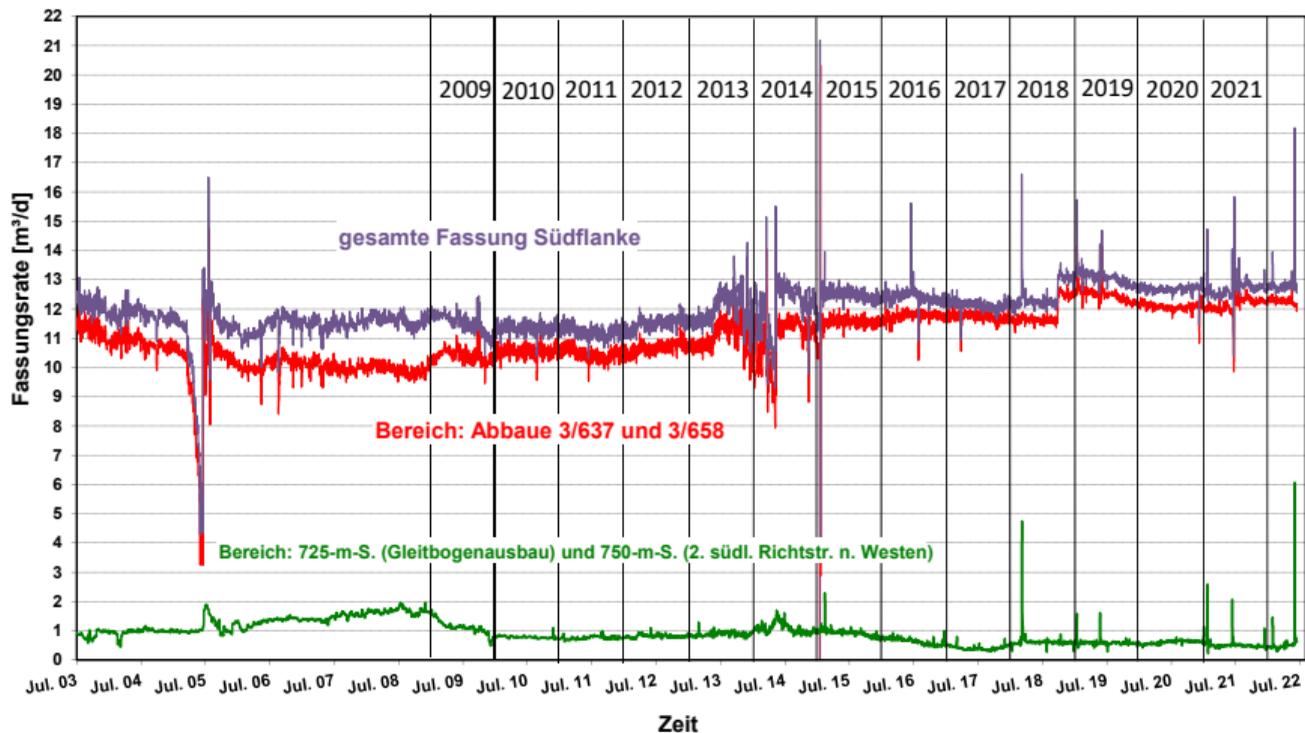
Zeitraum: 01.01.2011 bis 13.06.2022



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

# Gesamte Fassungsrate seit 2003

Zeitraum: 01.07.2003 bis 13.06.2022



# ÜBERBLICK

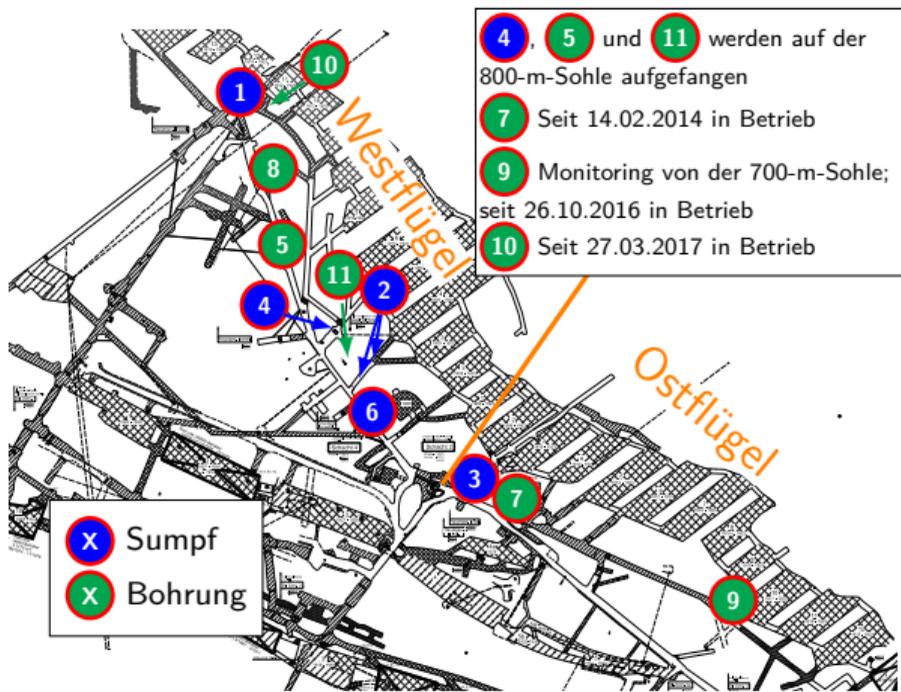
Teil 03

- 1 Grundlagen
- 2 Baufeld an der Südflanke
- 3 Carnallitbaufeld (Nordflanke)**
- 4 Tiefenaufschluss
- 5 Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring

# Fassungsraten 750-m-Sohle

Mittelwerte vom 01.01.2014 – 13.06.2022 (überwiegend v. d. 750-m-Sohle gefasst)

## Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle



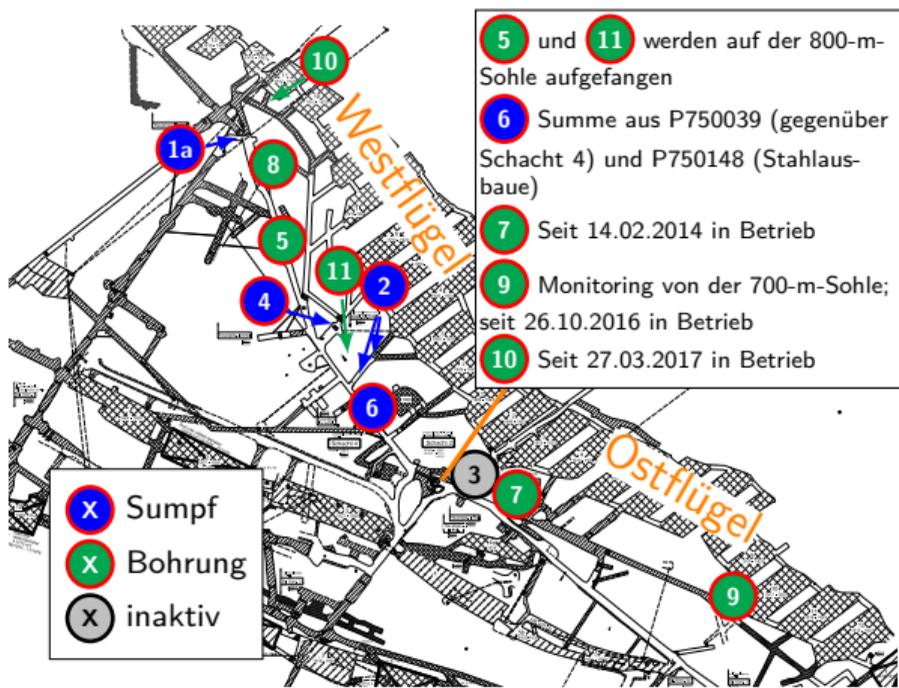
## Fassungsraten

Westflügel			Ostflügel		
1	50	Liter/Tag	3	3	Liter/Tag
2	90	Liter/Tag	7	19	Liter/Tag
4	7	Liter/Tag	9	0	Liter/Tag
5	13	Liter/Tag	Σ	22	Liter/Tag
6	14	Liter/Tag			
8	35	Liter/Tag			
10	105	Liter/Tag			
11	47	Liter/Tag			
Σ	361	Liter/Tag			
<b>Gesamtsumme:</b>					
<b>383</b> Liter/Tag					

# Fassungsraten 750-m-Sohle

Mittelwerte vom 01.01.2021 – 31.12.2021 (überwiegend v. d. 750-m-Sohle gefasst)

## Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle



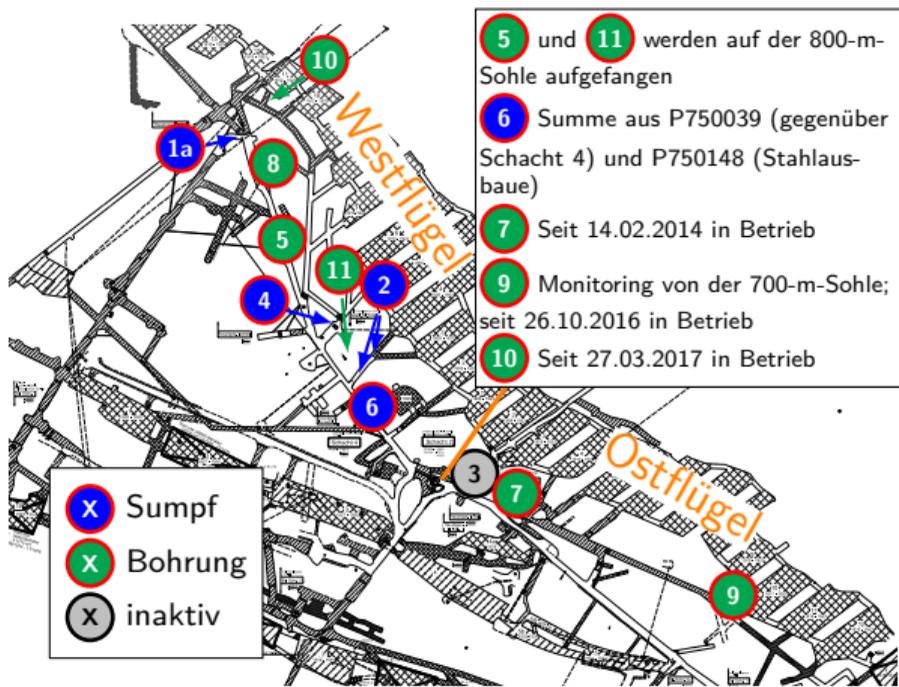
## Fassungsraten

Westflügel			Ostflügel		
1a	38	Liter/Tag	7	18	Liter/Tag
2	79	Liter/Tag	9	0	Liter/Tag
4	19	Liter/Tag	$\Sigma$	18	Liter/Tag
5	21	Liter/Tag			
6	10	Liter/Tag			
8	0	Liter/Tag			
10	145	Liter/Tag			
11	52	Liter/Tag			
$\Sigma$	364	Liter/Tag			
<b>Gesamtsumme:</b>					
				<b>382</b>	<b>Liter/Tag</b>

# Fassungsraten 750-m-Sohle

Mittelwerte vom 01.01.2022 – 13.06.2022 (überwiegend v. d. 750-m-Sohle gefasst)

## Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle



## Fassungsraten

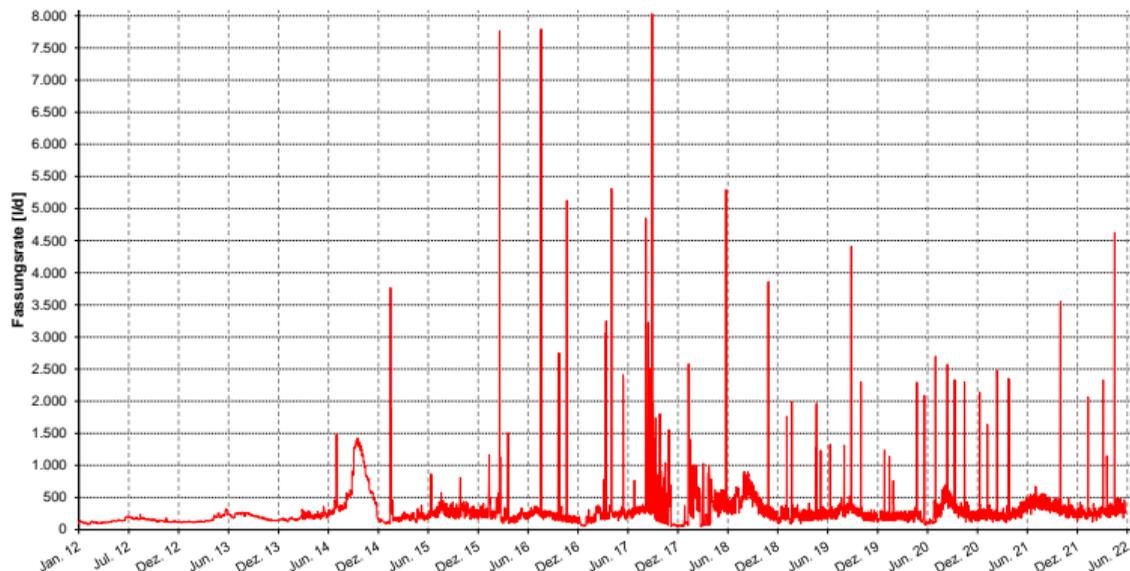
Westflügel			Ostflügel		
<b>1a</b>	44	Liter/Tag	<b>7</b>	22	Liter/Tag
<b>2</b>	76	Liter/Tag	<b>9</b>	0	Liter/Tag
<b>4</b>	19	Liter/Tag	<b>Σ</b>	22	Liter/Tag
<b>5</b>	24	Liter/Tag			
<b>6</b>	5	Liter/Tag			
<b>8</b>	0	Liter/Tag			
<b>10</b>	131	Liter/Tag			
<b>11</b>	27	Liter/Tag			
<b>Σ</b>	326	Liter/Tag			

**Gesamtsumme:**

**348** Liter/Tag

# Fassungsraten

Gesamter Bereich der Nordflanke, Zeitraum 01.01.2012 – 13.06.2022



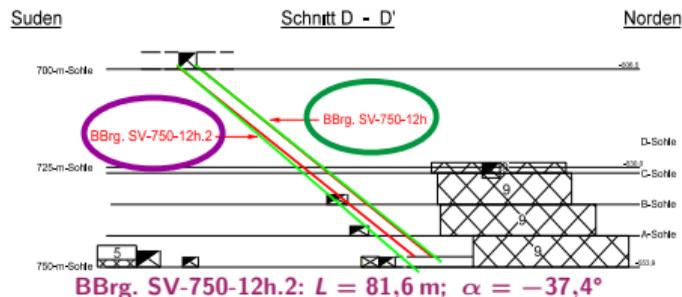
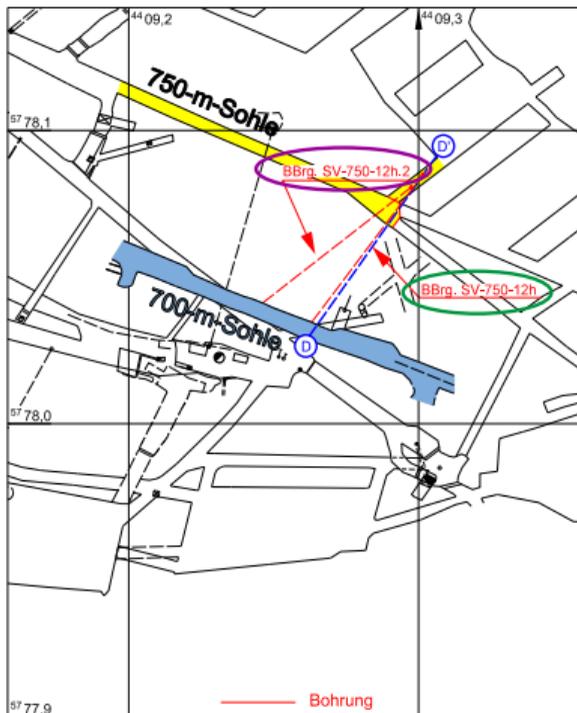
Jahr	Volumen [m <sup>3</sup> ]
2012	50,19
2013	65,60
2014	219,98 *
2015	103,72 *
2016	124,16 *
2017	149,47 *
2018	159,91 *
2019	108,99 *
2020	110,94 +
2021	125,71
2022	54,96

\* Werte wurden am 29.07.2020 neu bilanziert.

+ Wert wurden am 25.05.2021 neu bilanziert.

# Bohrungen im östl. Bereich des Kali-Baufeld

Lageplan BBrG. SV-750-12h (Pumpe: L750179) und -12h.2 (Monitoring: P750184)



# Bohrungen im östl. Bereich des Kali-Baufeld



Salzlösungsspiegel vor Kali-Abbau 9/Ost, Lichtlotmessung, Zeitraum: 2018 bis 2022



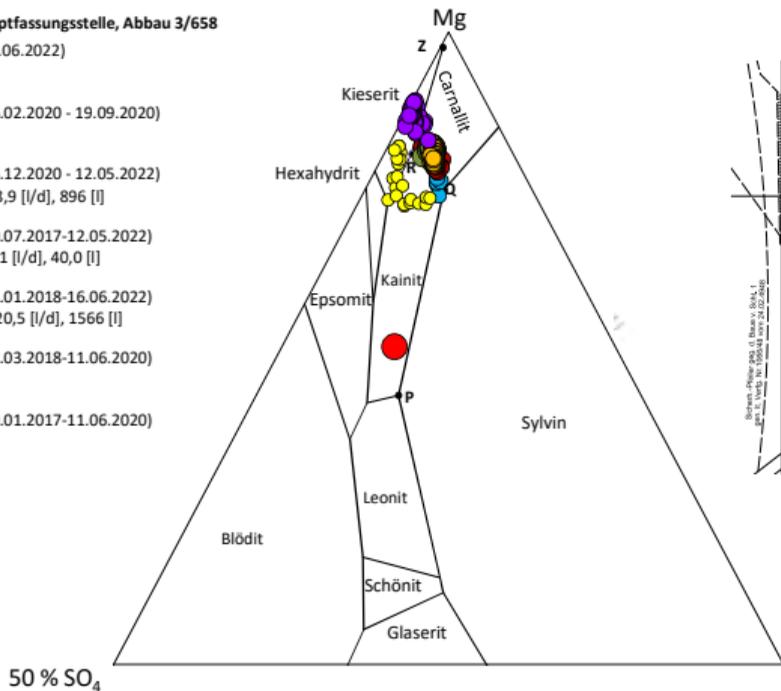
- P750184
  - L750179
- Bohrung BBrG.SV-750-12h (L7500179)  
575 L gefasst  
(Zeitraum: 31.01.2017 – 17.07.2018)

# Chemismus im Bereich "Reicheltsümpfe"

## Jänecke-Diagramm – aktuelle Entwicklung

Südflanke, Hauptfassungsstelle, Abbau 3/658

- L658008 (16.06.2022)
- P750059 (06.02.2020 - 19.09.2020)
- P750059 (15.12.2020 - 12.05.2022)  
im Juni => 68,9 [l/d], 896 [l]
- P750185 (20.07.2017-12.05.2022)  
im Juni => 3,1 [l/d], 40,0 [l]
- P750189 (11.01.2018-16.06.2022)  
im Juni => 120,5 [l/d], 1566 [l]
- P750061 (22.03.2018-11.06.2020)
- P750064 (19.01.2017-11.06.2020)



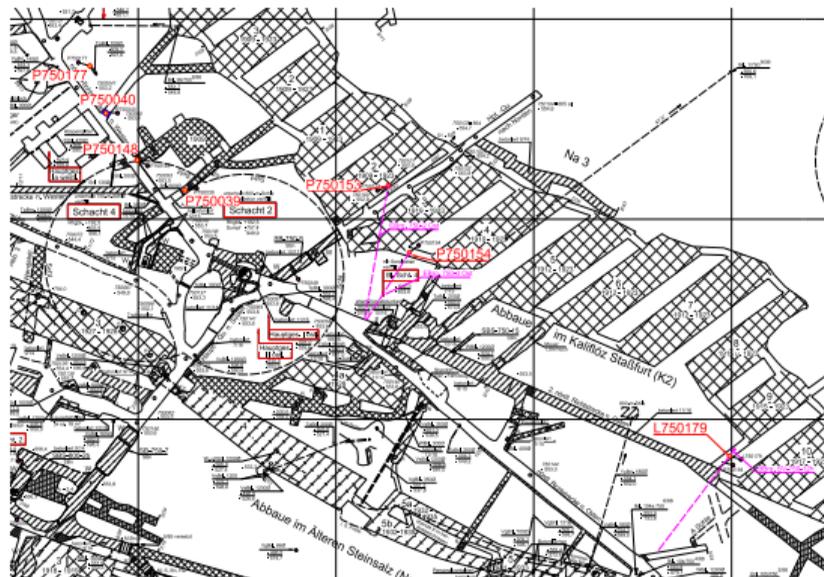
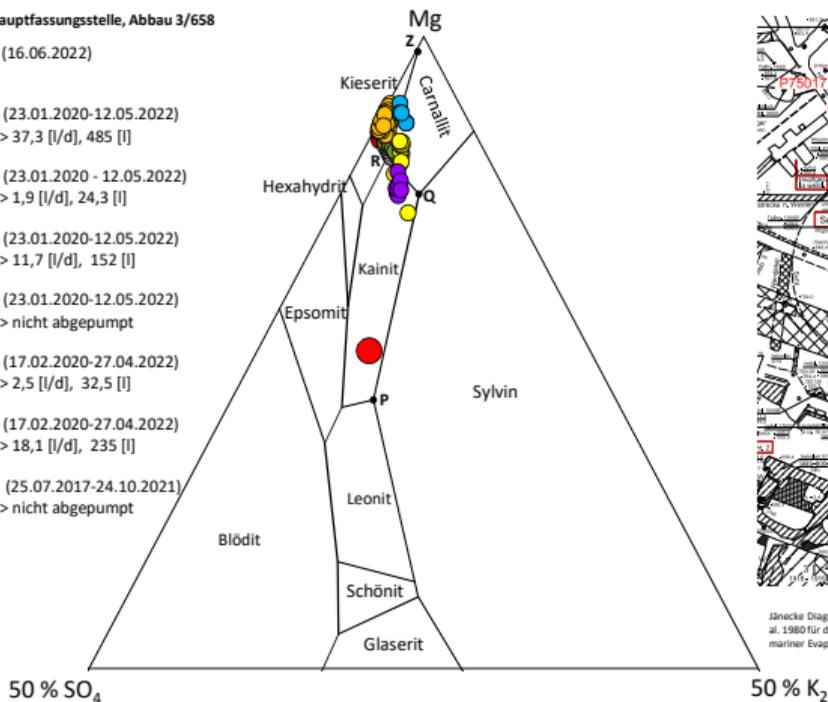
Jänecke Diagramm nach Eugster et. al. 1980 für das quaternäre System mariner Evaporite bei 25 °C, 1 atm

# Chemismus – Zentraler Bereich

## Jänecke-Diagramm – aktuelle Entwicklung

Südflanke, Hauptfassungsstelle, Abbau 3/658

- L658008 (16.06.2022)
- P750177 (23.01.2020-12.05.2022)  
im Juni => 37,3 [l/d], 485 [l]
- P750040 (23.01.2020 - 12.05.2022)  
im Juni => 1,9 [l/d], 24,3 [l]
- P750148 (23.01.2020-12.05.2022)  
im Juni => 11,7 [l/d], 152 [l]
- P750039 (23.01.2020-12.05.2022)  
im Juni => nicht abgepumpt
- P750153 (17.02.2020-27.04.2022)  
im Juni => 2,5 [l/d], 32,5 [l]
- P750154 (17.02.2020-27.04.2022)  
im Juni => 18,1 [l/d], 235 [l]
- L750179 (25.07.2017-24.10.2021)  
im Juni => nicht abgepumpt



Jänecke Diagramm nach Eugster et. al. 1980 für das quinäre System mariner Evaporite bei 25°C, 1 atm

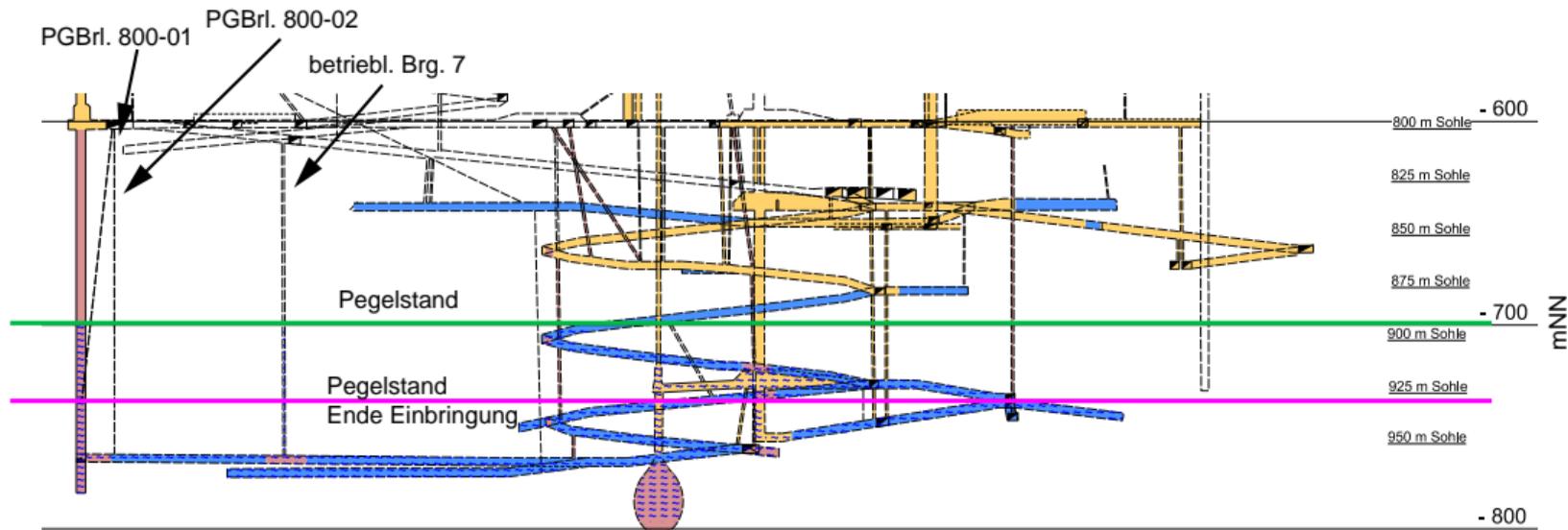
# ÜBERBLICK

Teil 03

- 1 Grundlagen
- 2 Baufeld an der Südflanke
- 3 Carnallititbaufeld (Nordflanke)
- 4 Tiefenaufschluss**
- 5 Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring

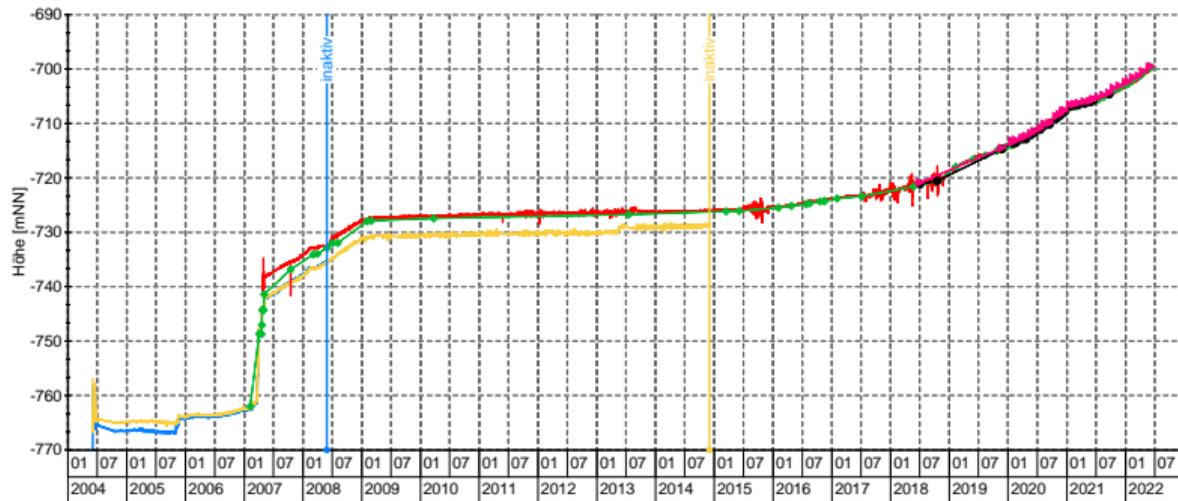
# Pegelstand der Salzlösung im Tiefenaufschluss

Darstellung im Schnitt 1



# Pegelstand der Salzlösung im Tiefenaufschluss

Zeitraum: 03.06.2004 bis 10.06.2022



Symbol	Messstelle	Lokation	Messwertfassung	Einbautiefe [mNN]	Zeitraum
—	PG1	östl. Bereich der Wetterstrecke zum BS 1	Porenwasserdruckgeber	-766	03.06.2004 - 29.05.2008
—	PG2	Zugang Sumpfstrecke 1	Porenwasserdruckgeber	-764	03.06.2004 - 02.12.2014
—	PG5	Betriebliche Bohrung 7	Porenwasserdruckgeber	-743	26.04.2007 - 10.06.2022
●	L975007	Betriebliche Bohrung 7	Kabellichtlot	-611	07.02.2007 - 10.06.2022
●	PGBrl.800-02	Wetterstrecke zum Blindschacht 1	Kabellichtlot	-604	04.07.2018 - 22.09.2021
●	PGBrl.800-01	Blindschacht 1	Kabellichtlot	-604	04.07.2018 - 10.06.2022

## Pegelstand:

- ca. 892 m Teufe (–700 mNN)
- konvergenzbedingter Anstieg im Jahr 2022 beträgt ca. 7,1 m/a
- 2021: 4,4 m/a
- 2020: 6,4 m/a

# ÜBERBLICK

Teil 03

- 1 Grundlagen
- 2 Baufeld an der Südflanke
- 3 Carnallititbaufeld (Nordflanke)
- 4 Tiefenaufschluss
- 5 Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring**

# Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring

## ■ 658-m-Sohle - Hauptfassungsstelle

- Die durchschnittliche Fassungsrage liegt im Jahr 2022 bei  $12,3 \text{ m}^3/\text{d}$  (2021:  $12,2 \text{ m}^3/\text{d}$ , 2020:  $12,1 \text{ m}^3/\text{d}$ ). Lediglich im Mai gab es einen kurzen, temporären Anstieg auf ca.  $12,8 \text{ m}^3/\text{d}$ . Die Meldeschwellen wurden 2022 im Gegensatz zu 2021 nicht verletzt.

## ■ 725-m-Sohle

- Die Auffangrate der Salzlösungen auf der 725-m-Sohle liegt 2022 bei  $0,535 \text{ m}^3/\text{d}$  und ist gegenüber den Vorjahren 2019-2021 im Mittel geringfügig angestiegen (2021:  $0,506 \text{ m}^3/\text{d}$ , 2020:  $0,605 \text{ m}^3/\text{d}$ , 2019:  $0,579 \text{ m}^3/\text{d}$ ).
- Die Fassungsrage und die Zusammensetzung der gefassten Lösung im Bereich Pfeiler 2/3 (P725010) deutet auf eine nicht mehr vollständig Trennung der Bereiche Abbau 2 und Abbau 3 hin. Sanierung erfolgt vorgezogen.

# Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring *(Forts.)*



## ■ 750-m-Sohle

### **Bereich Südflanke**

- Im Bereich östlicher Zugang Abbau 9/750 (P750006) erfolgt das Monitoring und die Fassung von der 679-m-Sohle. Die Fassungsrate liegt aktuell im Jahr 2022 bei ca. 0,1l/d (2021 ca. 0,2l/d, 2020 ca. 0,5l/d)
- Im Bereich östlicher Zugang ELK 8 (P750043) wurden 2022 im Mittel ca. 7,9l/d von der 679-m-Sohle gefasst (2021 ca. 7,4l/d, 2020 ca.6,0l/d) .
- Das Monitoring und die Fassung der Lösung aus dem Bereich der ehemaligen Umfahrung Blindschacht 2/750 erfolgt weiter von der 700-m-Sohle. Bis zum 16.08.2021 wurden im Jahr 2021 ca. 3,6l/d gefasst (2020 ca. 3l/d, 2019: ca. 5l/d).

# Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring *(Forts.)*



## ■ 750-m-Sohle

### **Bereich Nordflanke**

- Der Großteil der in der Nordflanke gefassten Lösungen erfolgt über Bohrungen hauptsächlich im Westflügel. Im gesamten Bereich der Nordflanke wurden 2022 bis Juni ca.  $0,35 \text{ m}^3/\text{d}$  gefasst. (2021: ca.  $0,38 \text{ m}^3/\text{d}$ , 2020: ca.  $0,36 \text{ m}^3/\text{d}$ ). Die chemische Zusammensetzung der Salzlösungen im Bereich der Nordflanke ist stabil.

# Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring *(Forts.)*



## ■ Gesamte Südflanke

- In der Südflanke wurden 2021 im Mittel insgesamt ca.  $12,7 \text{ m}^3/\text{d}$  gefasst. 2022 liegt die Fassungsrate bei ca.  $12,8 \text{ m}^3/\text{d}$ .
- 2021 wurde der Hauptanteil der Lösungen im Abbau 3/658 gefasst (95,9 %) sowie ca. 4 % auf der 725-m-Sohle und ca. 0,1 % auf der 750-m-Sohle aufgefangen.

## ■ Salzlösungsmonitoring

- Die Fassungs-systeme sind funktionsfähig.
- Die engmaschige Beobachtung aller wichtigen Sammelstellen und sonstiger Tropfstellen wird weiter betrieben und bei Bedarf intensiviert.



## Zusammenfassung und Fazit

04

# ÜBERBLICK

Teil 04

- 1 Résumé – Beanspruchung des Tragsystems
- 2 Résumé – Salzlösungsmonitoring
- 3 Schlussfolgerungen

# ÜBERBLICK

Teil 04

- 1 Résumé – Beanspruchung des Tragsystems
- 2 Résumé – Salzlösungsmonitoring
- 3 Schlussfolgerungen

# Spannungszustand

- Die maximalen gemessenen Spannungen entsprechen näherungsweise der maximalen Hauptspannung  $\sigma_1$  (horizontal querschlägige Richtung).

⇒  $\sigma_1$  ist auf hohem Niveau konstant.

- Die minimalen gemessenen Spannungen entsprechen näherungsweise der minimalen Hauptspannung  $\sigma_3$  (horizontal streichende Richtung).

⇒  $\sigma_3$  ist überwiegend auf niedrigem Niveau gleichbleibend bis leicht ansteigend.

## Spannungszustand *(Forts.)*

- ⇒ Die weiterhin großen Spannungsdifferenzen  $\Delta\sigma$  ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) sind in Verbindung mit dem hohen Schädigungsgrad Ursache für die fortschreitende Entfestigung des Tragsystems im Baufeld an der Südflanke.
- ⇒ Eine beginnende Stützwirkung des Versatzes in den Abbauen auf die Pfeiler ist in Teilen des Tragsystems unterstützt durch die Firstspaltverfüllung/  
Resthohlraumverfüllung erkennbar und führt lokal zu einem geringen Rückgang der Spannungsdifferenzen.

## Verformungssituation (Baufeld an der Südflanke)

- Die querschlägigen Pfeilerstauchungsraten liegen mit maximal 63–66 mm/a weiterhin auf einem hohen Niveau.
- Im Jahre 2021 ist eine degressive Entwicklung im Ost- und Westflügel festzustellen.
- Seit Beginn 2022 sind die Pfeilerstauchungsraten nahezu konstant.

## Verformungssituation (Baufeld an der Südflanke) *(Forts.)*

- Die Maxima der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten liegen weiterhin im West- und im Ostflügel.
  - Die Scherbeanspruchung am oberen Baufeld ist weiterhin hoch, entwickelt sich aber degressiv.
  - Aus den Extensometer- und Inklinometer- sowie Lagemessungen lassen sich Vektorverschiebungen für einzelne Pfeilerbereiche darstellen.
- ⇒ Diese bestätigen, dass die Pfeilerstauchung im Wesentlichen durch die Verschiebung der südlichen Ankerpunkte bzw. des südlichen Deckgebirges nach Norden bewirkt werden.

# 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 in den Pfeilern und Schweben, aber auch im angrenzenden Deckgebirge.

## Beanspruchung des Tragsystems *(Forts.)*

- Die mikroseismische Aktivität im Bereich des Tragsystems ist leicht rückläufig, liegt aber weiterhin auf hohem Niveau.
- Das mikroseismische Cluster bei ELK 4/750 ist weiterhin aktiv. Nach umfangreichen Stabilisierungsmaßnahmen in diesem Bereich der 750-m-Sohle hat sich ab Frühjahr 2018 die mikroseismische Aktivität bzw. der Anstieg der kumulativen Energie deutlich verringert.
- Die mikroseismische Aktivität im Bereich der ELK 6/750 ist hoch.
- Auch im zentralen Bereich der 700- bis 725-m-Sohle ist die mikroseismische Aktivität noch vergleichsweise hoch.
- Außerhalb des Grubengebäudes ist eine mikroseismische Aktivität östlich des Grubengebäudes unterhalb der 700-m-Sohle festzustellen.

# ÜBERBLICK

Teil 04

- 1 Résumé – Beanspruchung des Tragsystems
- 2 Résumé – Salzlösungsmonitoring
- 3 Schlussfolgerungen

## Baufeld an der Südflanke

### ■ Abbau 3/658:

- Die Fassungsrate an der Hauptfassungsstelle lag 2021 bis Mitte Juni bei  $12,0 \text{ m}^3/\text{d}$ .
- Im Juni 2021 gab es eine temporäre Veränderung: Rückgang auf ca.  $9,9 \text{ m}^3/\text{d}$ , Anstieg auf ca.  $15,3 \text{ m}^3/\text{d}$ , Rückgang auf ca.  $12,3 \text{ m}^3/\text{d}$ , danach ein etwa konstanter Verlauf.
- Die Veränderung korrelierte mit einem Anstieg der Dichte bis auf max.  $1,21 \text{ g}/\text{cm}^3$  und einer Veränderung der chemischen Zusammensetzung.
- Sowohl die Dichte als auch chemische Zusammensetzung liegen 2022 wieder im Bereich der Werte vor der Veränderung.
- Der Anteil der im Abbau 3/658 gefassten Lösung liegt 2021 bei rund 96 % (2020: 95 %).

## Salzlösungsmonitoring *(Forts.)*

- Auf der 725-m-Sohle lag die Fassungsrate im Jahr 2021 und 2022 bei ca.  $0,5 \text{ m}^3/\text{d}$  (2020 ca.  $0,6 \text{ m}^3/\text{d}$ ).
  - Dies entspricht 2021 ca. 4 % (2020: 5 %) der gefassten Menge in der Südflanke.
  - Auf der 750-m-Sohle wurden in 2021 ca. 0,1 % (2020: 0,1 %) der Lösungen gefasst, jedoch sind diese zum Teil kontaminiert, sie durchfeuchten Tragelemente und zersetzen carnallitische Gebirgsbereiche.
- ⇒ Nahezu die gesamte Lösungsmenge wird im Bereich der Abbaureihe 3 oberhalb der 750-m-Sohle gefasst.
- ⇒ Insgesamt lag die Fassungsrate im Baufeld an der Südflanke im Jahr 2021 bei ca.  $12,7 \text{ m}^3/\text{d}$  (aktuell:  $12,8 \text{ m}^3/\text{d}$ ).

## Salzlösungsmonitoring *(Forts.)*

*Insgesamt ist das installierte und ergänzte Fassungssystem funktionsfähig sowie für die Bewertung der Zutrittssituation und eine geochemische Charakterisierung geeignet.*

## Nordflanke

- Von 2014 bis 2022 wurden durchschnittlich  $0,38 \text{ m}^3/\text{d}$  gefasst. Im Wesentlichen im westlichen Teil des Carnallititbaufeldes.
  - Die chemische Zusammensetzung ist unverändert.
  - Im Jahr 2022 wurden ca.  $0,35 \text{ m}^3/\text{d}$  gefasst.
- ⇒ Ein weiterer Ausbau der Fassungssysteme im zentralen Bereich des Carnallititbaufeldes und ein Monitoring durch Pegelbohrungen ist in Vorbereitung.
- ⇒ Perspektivisch ist eine Fassung der Lösung über Bohrungen von der 700-m-Sohle geplant.

# ÜBERBLICK

Teil 04

- 1 Résumé – Beanspruchung des Tragsystems
- 2 Résumé – Salzlösungsmonitoring
- 3** 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 im Carnallititbaufeld unverzichtbar.
  - Zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit der Infrastrukturräume sind die lokalen Monitoringprogramme fortzuführen und die laufenden Sanierungsprogramme, insbesondere am oberen Baufeldrand, Wendelstrecke sowie auf der 700-m-, 725-m- und 750-m-Sohle, planmäßig fortzusetzen.
- ⇒ Bei Bedarf werden weitere zielgerichtete Sanierungs- und Stabilisierungsmaßnahmen initiiert.

## Schlussfolgerungen *(Forts.)*

- ⇒ Aufgrund der Vorschädigung und der anhaltenden gebirgsmechanischen Beanspruchung insbesondere im Zutrittsbereich ist keine Abnahme der hydrogeologischen Gefährdung zu erkennen. Es besteht vielmehr die Gefahr, dass der Lösungszutritt eskaliert (AüL).
- ⇒ Für den Fall eines Notfalls (AüL), aber auch im Hinblick auf die geplante Rückholung der radioaktiven Abfälle, ist eine zügige Stabilisierung des Tragsystems weiterhin unabdingbar.



**BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG**

Geomonitoring Asse

Schachtanlage Asse II  
Am Walde 2, 38319 Remlingen

**[www.bge.de](http://www.bge.de)**  
[www.einblicke.de](http://www.einblicke.de)

