



BUNDEGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

# GEBIRGSBEOBACHTUNGSGESPRÄCH 2023

Geotechnisches, geophysikalisches Monitoringprogramm und Salzlösungsmonitoring

R. Wendling, F. Herrmann, P. Lorenz, Dr. P. E. Wolff, Dr. H. Kühn,  
Dr. J. Kupper (IfG), Dr. S. Halder

Schöppenstedt, den 20. Juni 2024

# GESAMTÜBERSICHT

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



A 3D technical illustration of a reactor core. The core is composed of numerous horizontal fuel elements stacked vertically. A complex network of monitoring equipment, including sensors and structural supports, is visible around and within the core. The background is a light blue-grey color with faint, dark lines suggesting a structural or monitoring grid.

# Ergebnisse des Geomonitorings Asse

01

# ÜBERBLICK

Teil 01

- 1 Einleitung
- 2 Belastungssituation
- 3 Lage- und Höhenmessungen
- 4 Verformungsmessungen im Tragsystem
- 5 Geophysikalische Überwachung
- 6 Lokale Monitoringprogramme

# ÜBERBLICK

Teil 01

- 1 Einleitung
- 2 Belastungssituation
- 3 Lage- und Höhenmessungen
- 4 Verformungsmessungen im Tragsystem
- 5 Geophysikalische Überwachung
- 6 Lokale Monitoringprogramme

# ÜBERBLICK

wesentliche Ergebnisse aus dem Jahr 2023

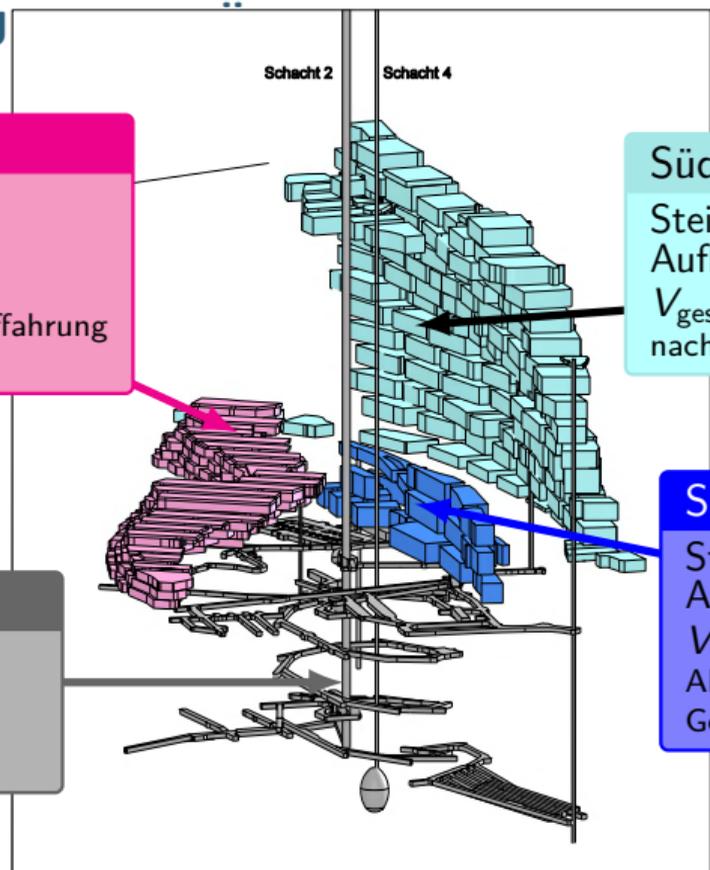
- ⇒ Die Messwerte zur Überwachung der Belastungssituation, der Verformungen und der geophysikalischen Aktivität zeichnen einen ähnlichen Trend der Gesamtsituation des Grubengebäudes wie im Vorjahr
- ⇒ Lokale Monitoringprogramme zeigen ein weiteres Voranschreiten der Schädigungen

## ÜBERBLICK *(Forts.)*

wesentliche Ergebnisse aus dem Jahr 2023

- ⇒ Stabilisierungsmaßnahmen wie die Firstspaltverfüllung, Resthohlraumverfüllung und Stützender Versatz wirken und tragen zum Lastabtrag bei
- ⇒ Die Pfeilerstauchungsraten können im numerischen Modell gut abgebildet werden und liegen innerhalb der prognostizierten Bandbreite
- ⇒ Bei Lösungszutritt gab es deutliche Veränderungen der Fassungssituation der Lösungen

# BAUFELDER IM GRU



**Nordflanke**  
Carnallitbaufeld  
Auffahrung 1909–1925  
 $V_{ges} \approx 1 \text{ Mio. m}^3$   
Grubenbaue während der Auffahrung  
größtenteils verfüllt

**Südflanke**  
Steinsalzbaufeld im Na3  
Auffahrung 1916–1964  
 $V_{ges} \approx 3,35 \text{ Mio. m}^3$   
nach der Gewinnungsphase unverfüllt

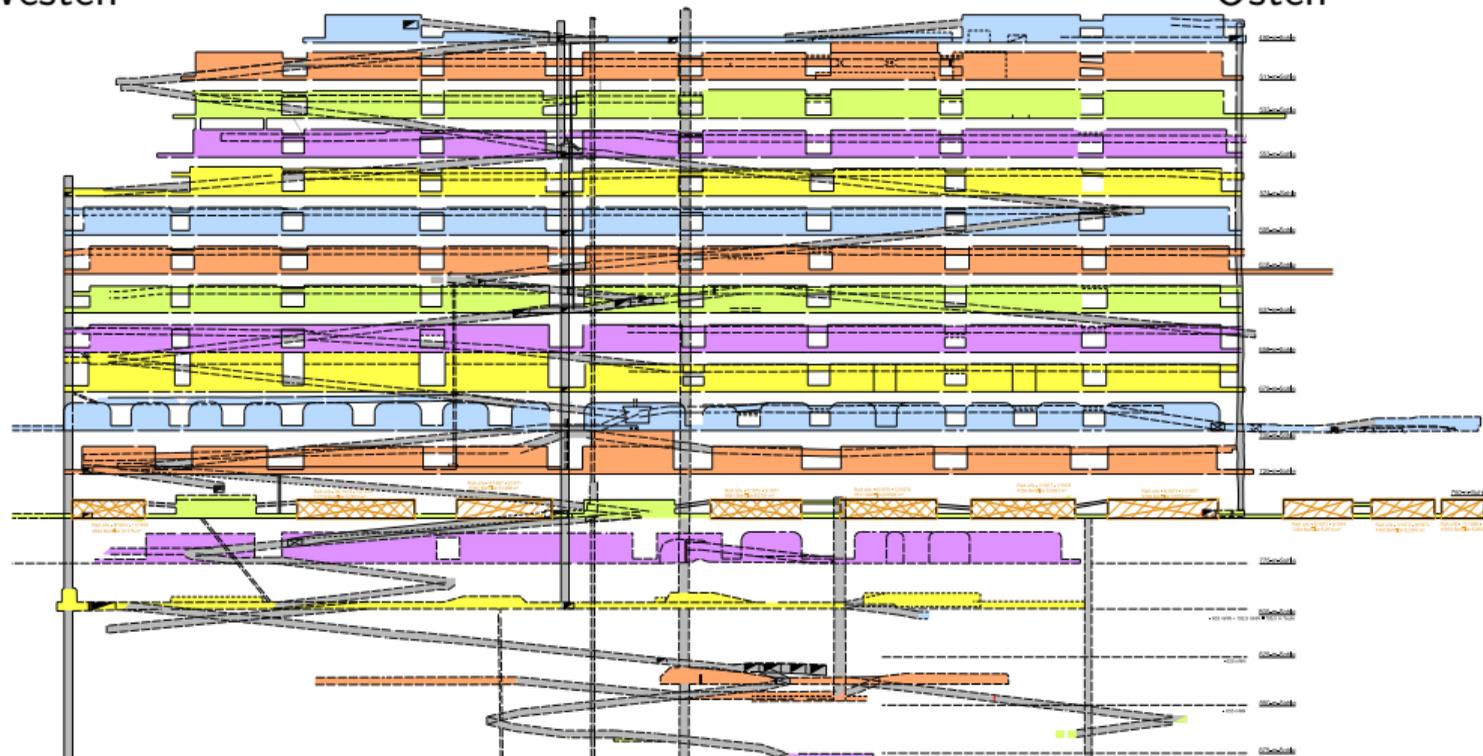
**Sattelkern**  
Steinsalzbaufeld im Na2  
Auffahrung 1927–1964  
 $V_{ges} \approx 450.000 \text{ m}^3$   
Abbaue auf der 775-m-Sohle in der  
Gewinnungsphase teilweise verfüllt

**Tiefenaufschluss**  
Forschungszwecke  
Auffahrung 1984–1992  
 $V_{ges} \approx 240.000 \text{ m}^3$

# BAUFELD AN DER SÜDFLANKE

Westen

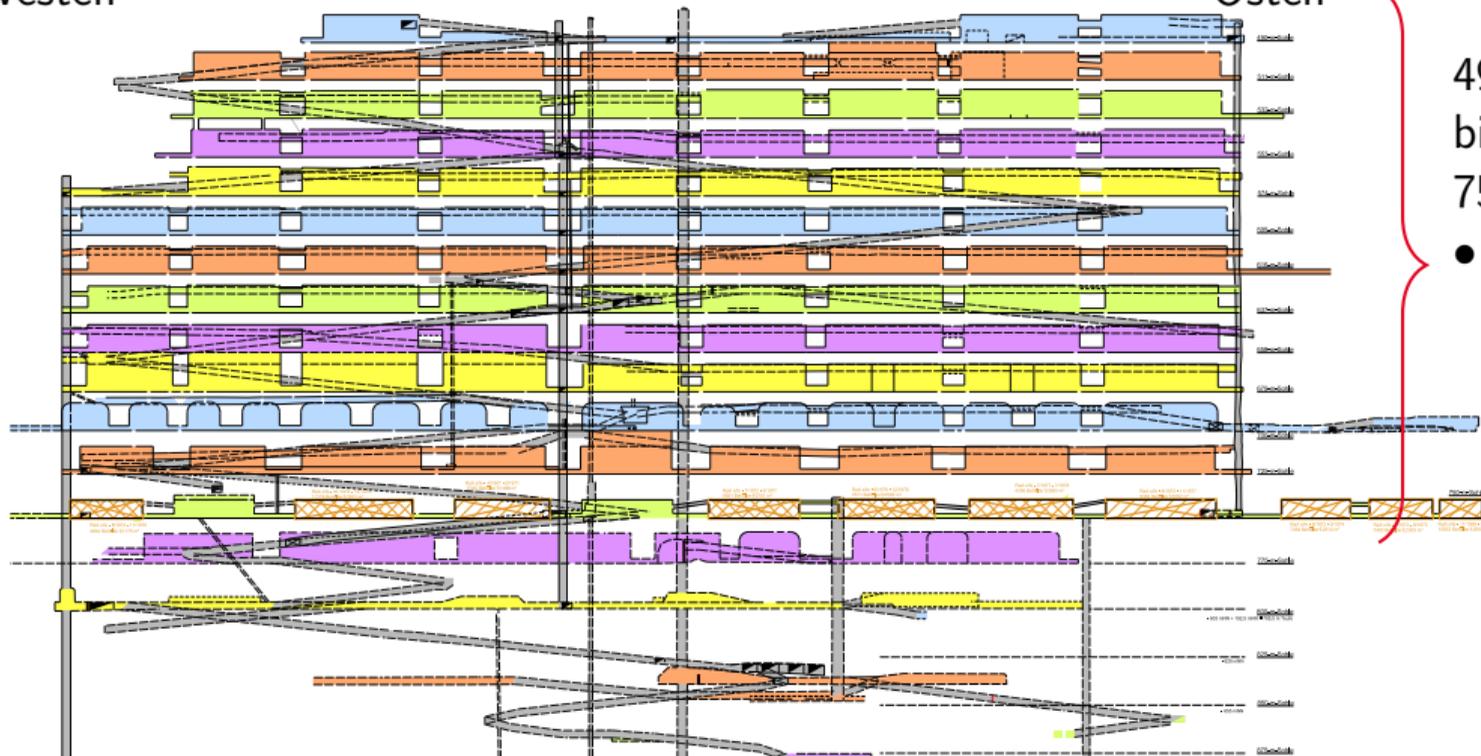
Osten



# BAUFELD AN DER SÜDFLANKE

Westen

Osten

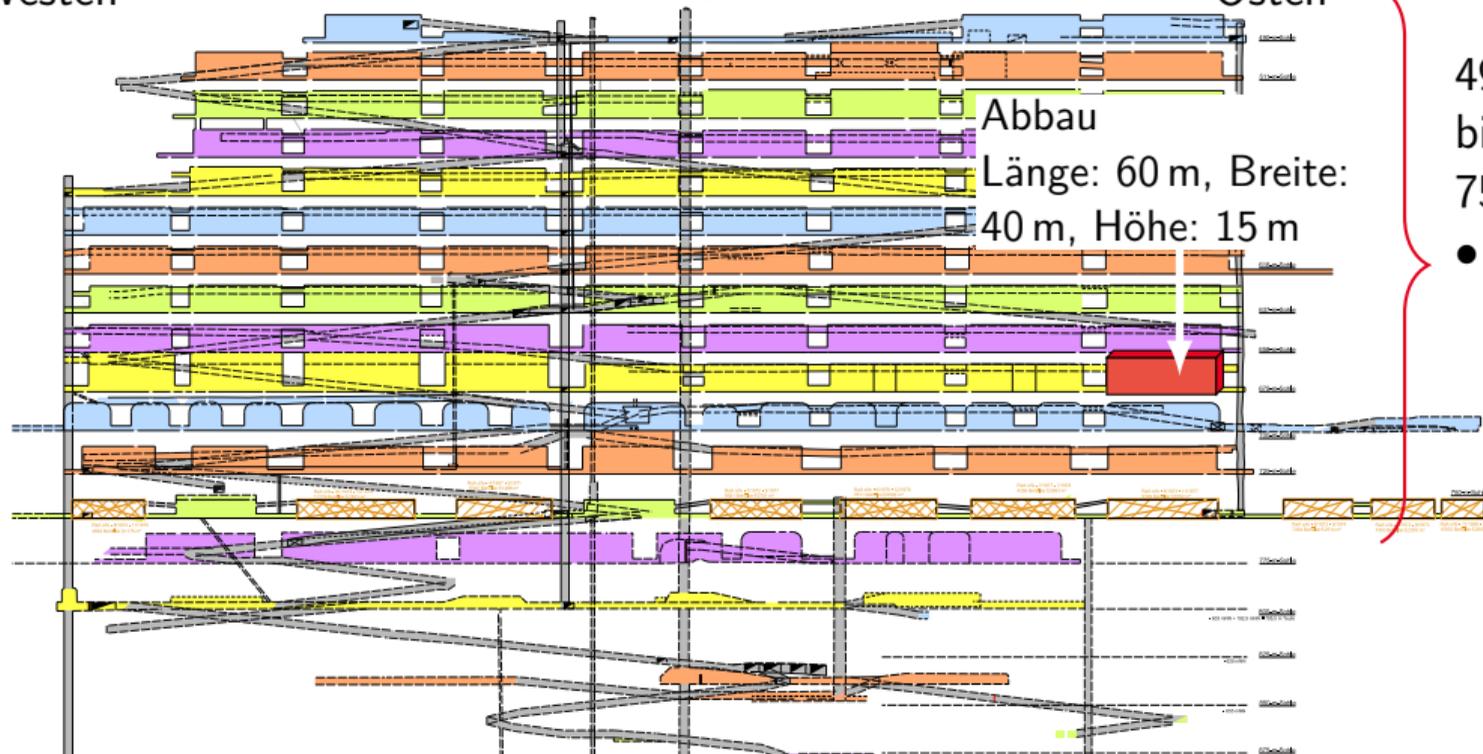


490-m-Sohle  
bis zur  
750-m-Sohle  
● 131 Abbaue

# BAUFELD AN DER SÜDFLANKE

Westen

Osten



Abbau

Länge: 60 m, Breite:

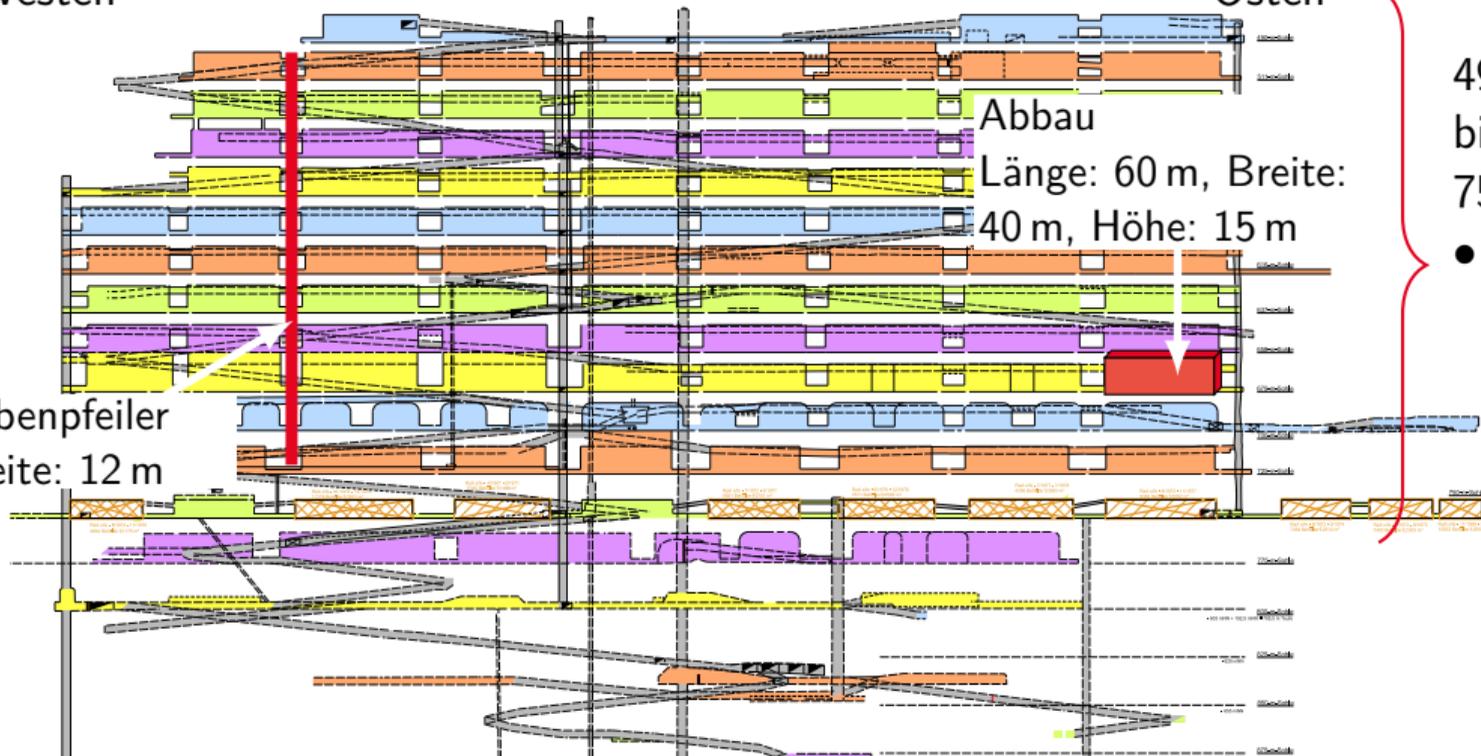
40 m, Höhe: 15 m

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

# BAUFELD AN DER SÜDFLANKE

Westen

Osten

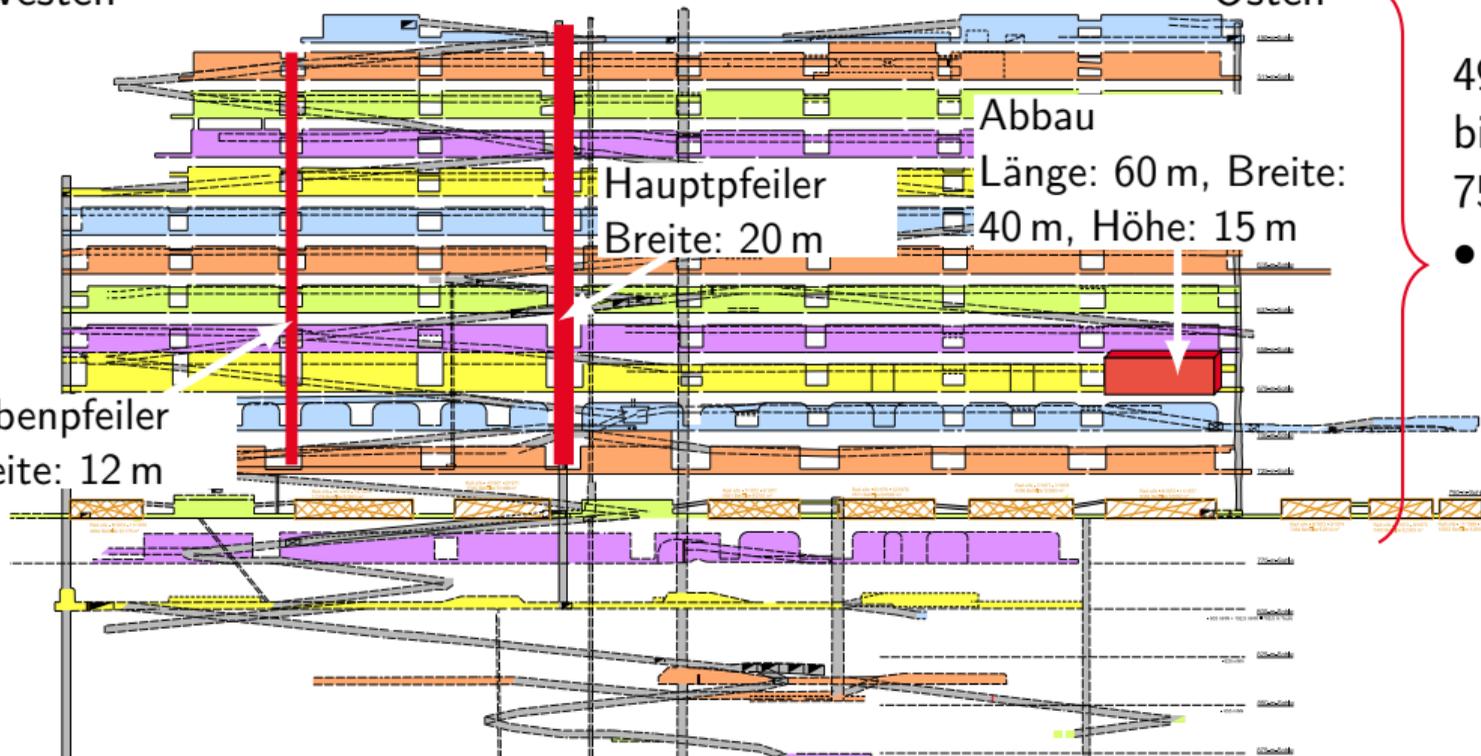


490-m-Sohle  
bis zur  
750-m-Sohle  
● 131 Abbaue

# BAUFELD AN DER SÜDFLANKE

Westen

Osten



Hauptpfeiler  
Breite: 20 m

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

Nebepfeiler  
Breite: 12 m

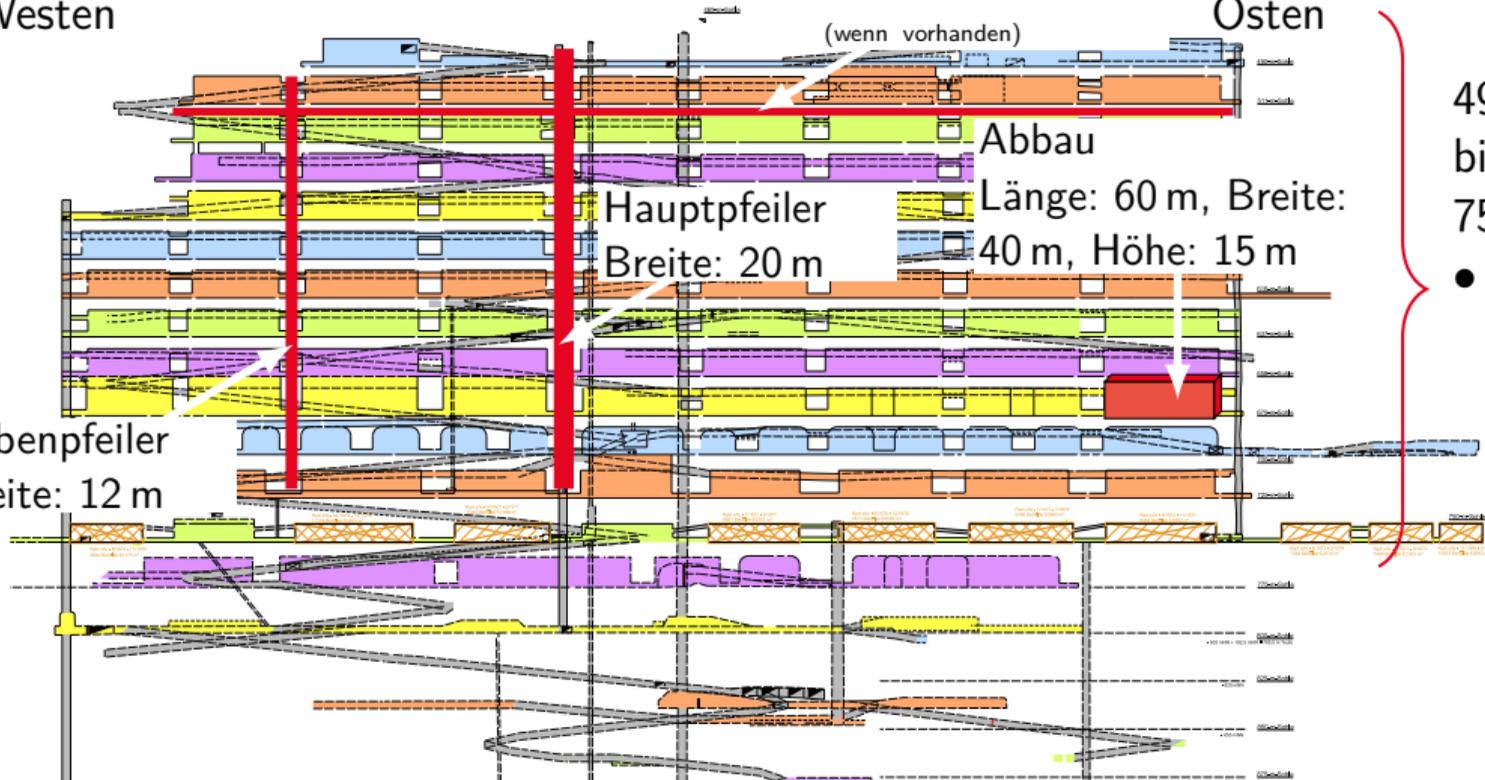
490-m-Sohle  
bis zur  
750-m-Sohle  
● 131 Abbaue

# BAUFELD AN DER SÜDFLANKE

Schweben  
Mächtigkeit: 6 m

Westen

Osten

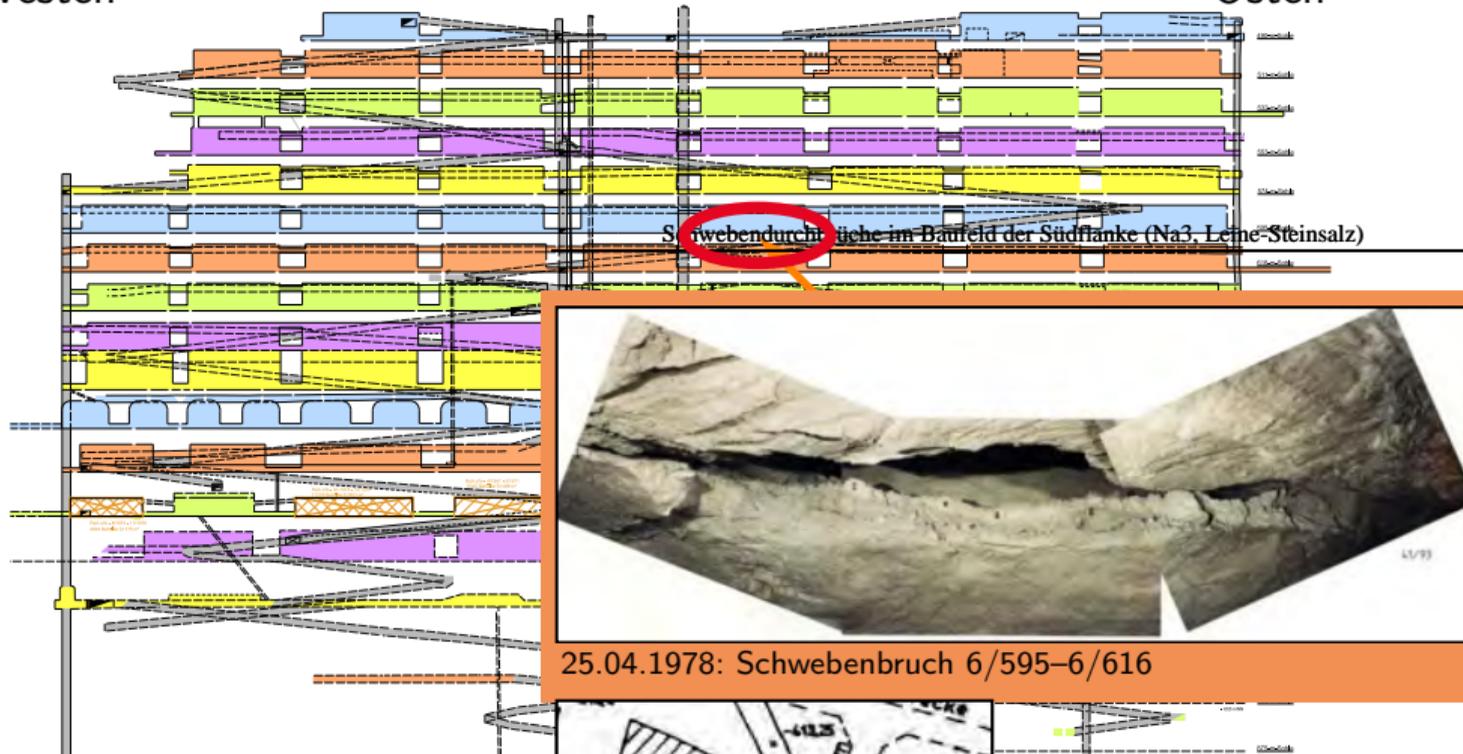


490-m-Sohle  
bis zur  
750-m-Sohle  
● 131 Abbaue

# BAUFELD AN DER SÜDFLANKE

Westen

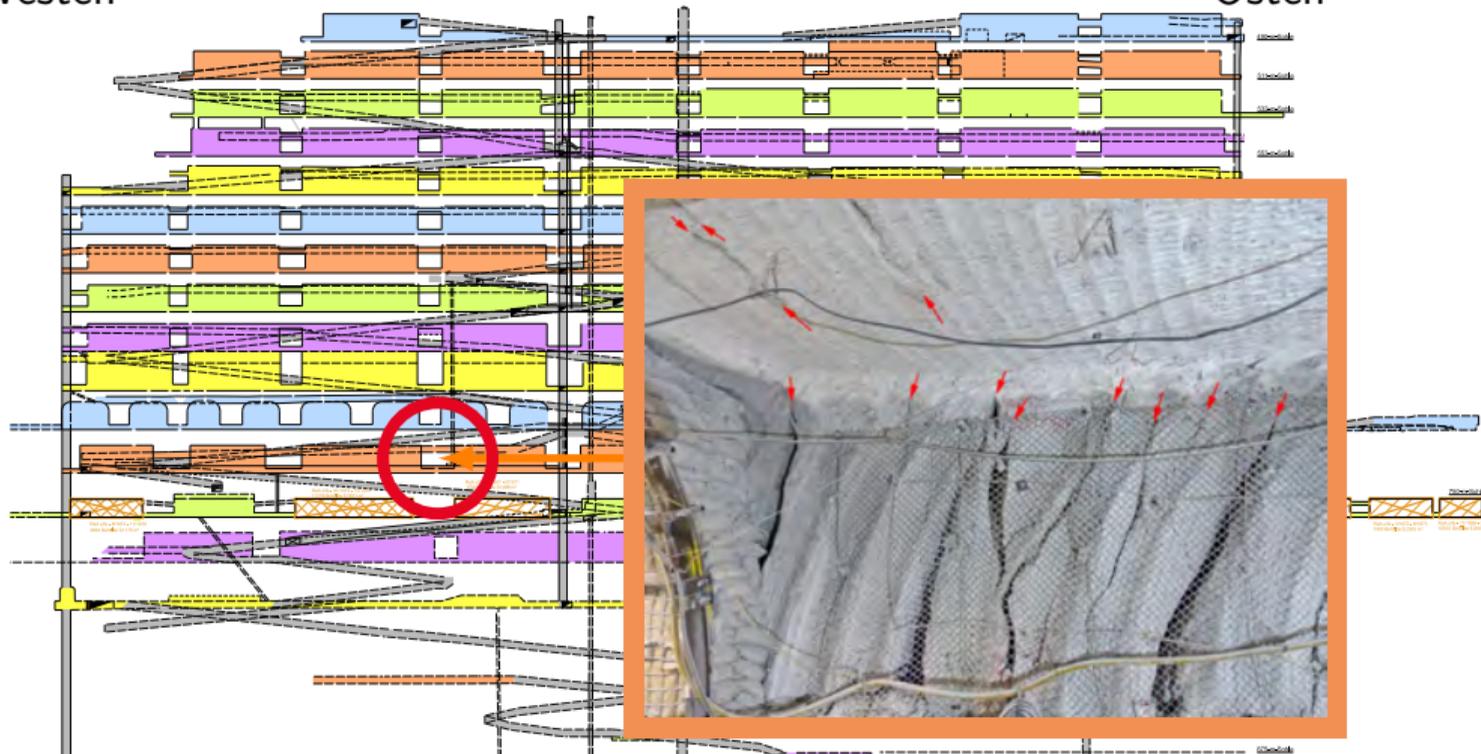
Osten



# BAUFELD AN DER SÜDFLANKE

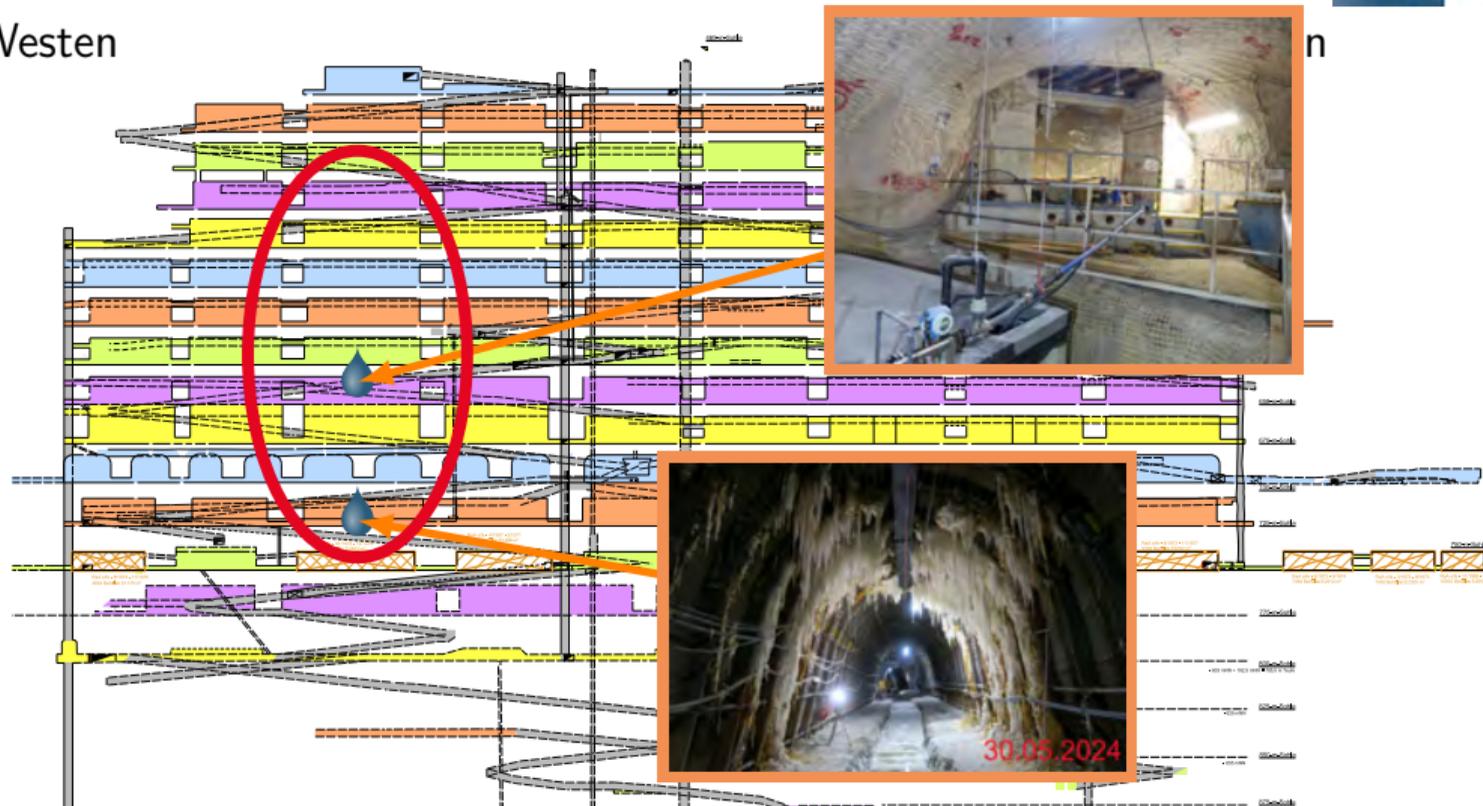
Westen

Osten

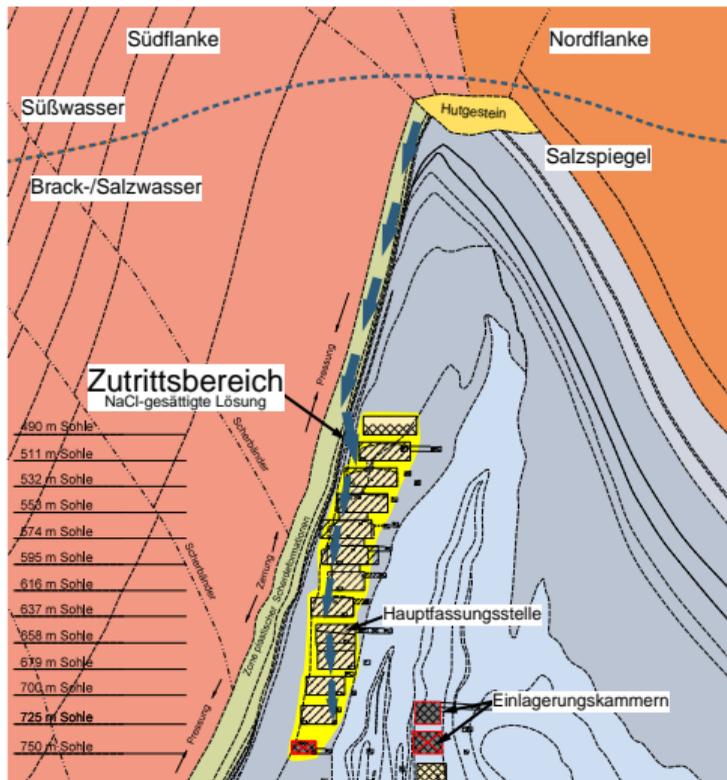


# BAUFELD AN DER SÜDFLANKE

Westen



# INTERAKTION: DECKGEBIRGE – SÜDFLANKE



## Vermutete Fließwege des Salzlösungszutrittes

vereinfachter Geologischer Schnitt durch die Abbaureihe 3 ohne Berücksichtigung der 3D-Seismik

- Deckgebirge
- Salinar
- dilatante Auflockerungszone
- vermutete 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 wurden zielgerichtete Sanierungsmaßnahmen empfohlen und sukzessive umgesetzt.

# GEOTECHNISCHES ÜBERWACHUNGSPROGRAMM

(Forts.)



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

- 84 von den 100 Abbauen sind verfüllt (Stand: 06/2024).
  - 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 Resthohlraum- und Nachverfüllungen mit Sorelbeton notwendig.

## STABILISIERUNGSMASSNAHMEN

Einfluss auf die gebirgsmechanische Situation im Grubengebäude

### ■ Südflanke 490- bis 725-m-Sohle

Insgesamt wurden bis Juni 2024 ca. 215.000 m<sup>3</sup> Sorelbeton im Baufeld an der Südflanke eingebracht.

### ■ 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.

# STABILISIERUNGSMASSNAHMEN

Einfluss auf die gebirgsmechanische Situation im Grubengebäude



- **Carnallititbaufeld 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 06/2024 wurden bisher ca. 433.000 m<sup>3</sup> Sorelbeton in das Grubengebäude eingebracht (Gesamt Hohlraumvolumen ca. 4,7 Mio.m<sup>3</sup>).

## VERFÜLLMASSNAHMEN

Um den Schädigungsprozess weiter zu verlangsamen, wurden 2023 und 2024 folgende Maßnahmen umgesetzt:

- Verfüllung der Durchhieben zwischen den Abbaureihen 8 und 9 auf der 490-m- und 511-m-Sohle
- Firstspaltverfüllung in den Abbauen 2/595, 4/595, 2/574, 4/616
- Strömungsbarriere und Widerlager am Sandkipploch auf der 700-m-Sohle
- Verfüllung des Schachtzuganges der Wetterstrecken auf der 700-m-Sohle

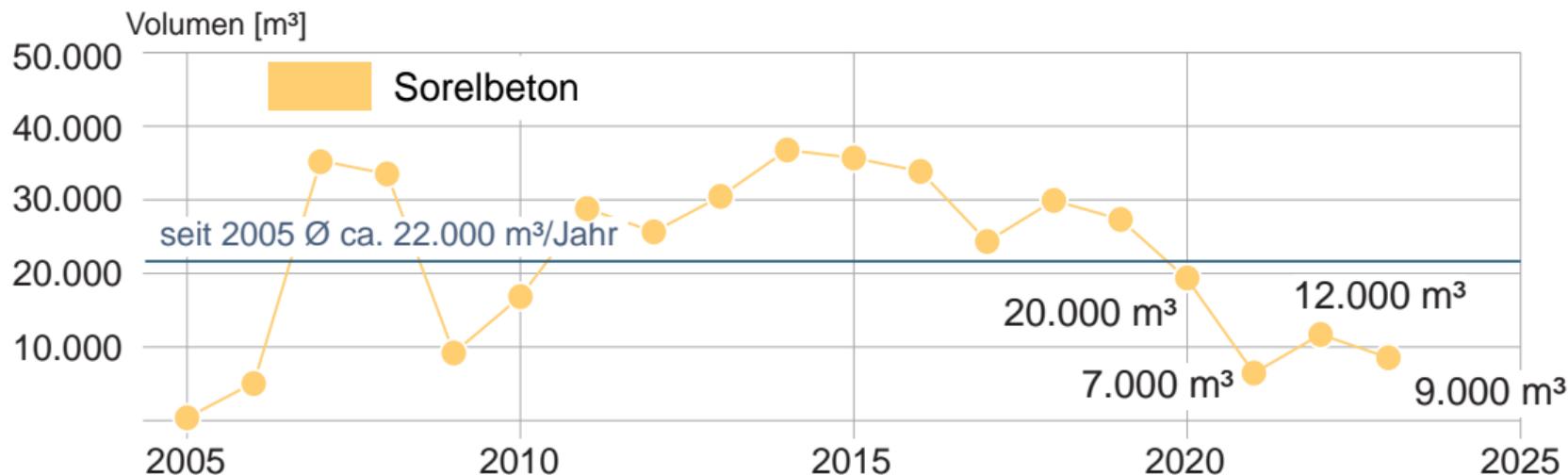
## VERFÜLLMASSNAHMEN

Um den Schädigungsprozess weiter zu verlangsamen, wurden 2023 und 2024 folgende Maßnahmen umgesetzt:

- Blindschacht 3a im Abbau 5/750 von der 925-m zur 750-m-Sohle
- Strecke des Temperaturfelds V auf der 775-m-Sohle
- Wendelstrecke auf der 825-m-Sohle

# VOLUMENBILANZ

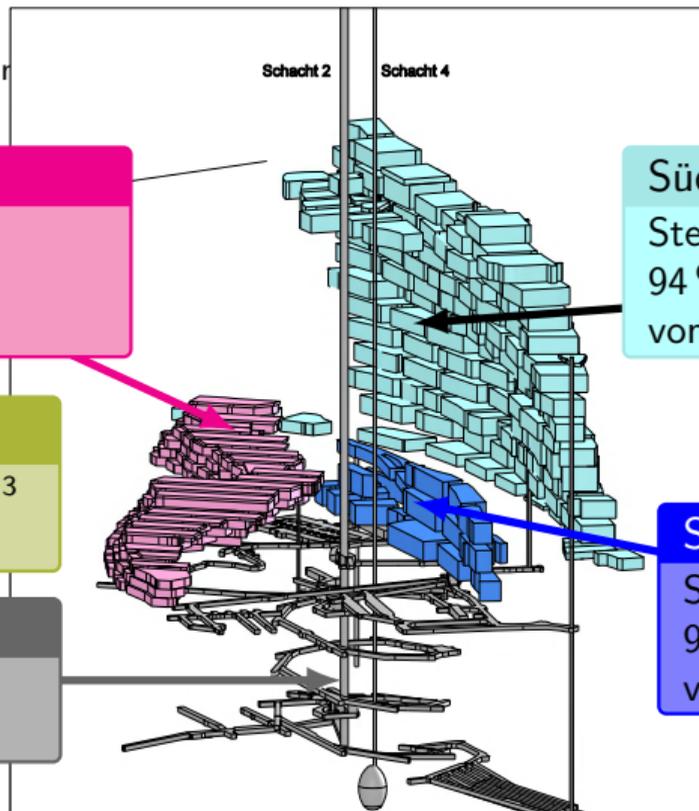
Darstellung der Verfüllvolumina der letzten Jahre



■ eingebrachte Sorelbetonmenge der letzten Jahre

# VOLUMENBILANZ

Stand: 2022 (letzte Hohlrumbaillar)



**Nordflanke**  
Carnallitbaufeld  
99 % (2020: 99 %)  
von 951.000 m<sup>3</sup> verfüllt

**Südflanke**  
Steinsalzbaufeld im Na3  
94 % (2020: 94 %)  
von 2.932.000 m<sup>3</sup> verfüllt

**Grubengebäude**  
offener Hohlraum = 379.000 m<sup>3</sup>  
Porenraum = 1.116.000 m<sup>3</sup>

**Tiefenaufschluss**  
74 % (2020: 73 %)  
von 255.000 m<sup>3</sup> verfüllt

**Sattelkern**  
Steinsalzbaufeld im Na2  
90 % (2020: 89 %)  
von 414.000 m<sup>3</sup> verfüllt

Wendelstrecke ca. 80.000 m<sup>3</sup>, seigere Bauwerke ca. 44.000 m<sup>3</sup>

# ÜBERBLICK

Teil 01

- 1 Einleitung
- 2 Belastungssituation**
- 3 Lage- und Höhenmessungen
- 4 Verformungsmessungen im Tragsystem
- 5 Geophysikalische Überwachung
- 6 Lokale Monitoringprogramme

## 2 Belastungssituation

- Spannungsmessungen in den Pfeilern
- Lastmessungen im Versatz

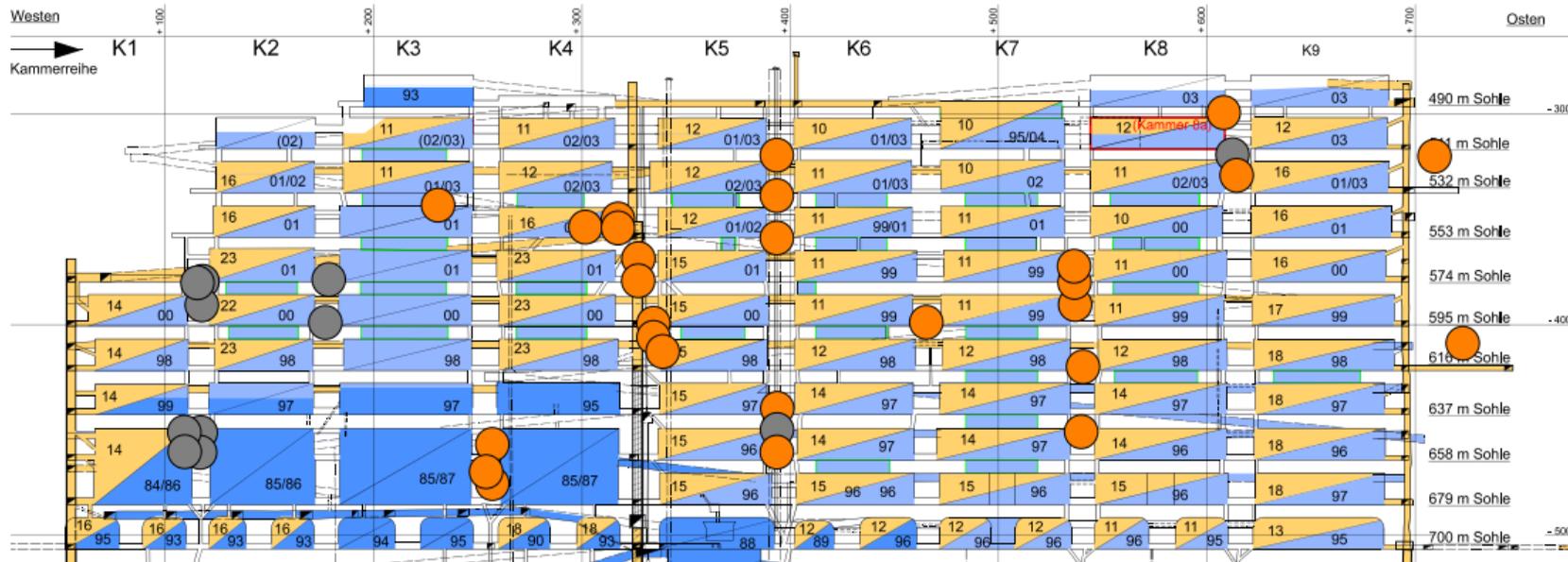
# AUFBAU EINER SPANNUNGSMONITORSTATION (SMS)



- Einbau in Bohrungen
- Orientierung der Druckkissen entsprechend der Raumlage der Bohrung ausgerichtet. Systembild zeigt eine SMS für vertikale Bohrung.
- Bohrung wird im Bereich der SMS mit Sorelmörtel (feine Körnung) verfüllt.

# SPANNUNGSMONITORSTATIONEN (SMS)

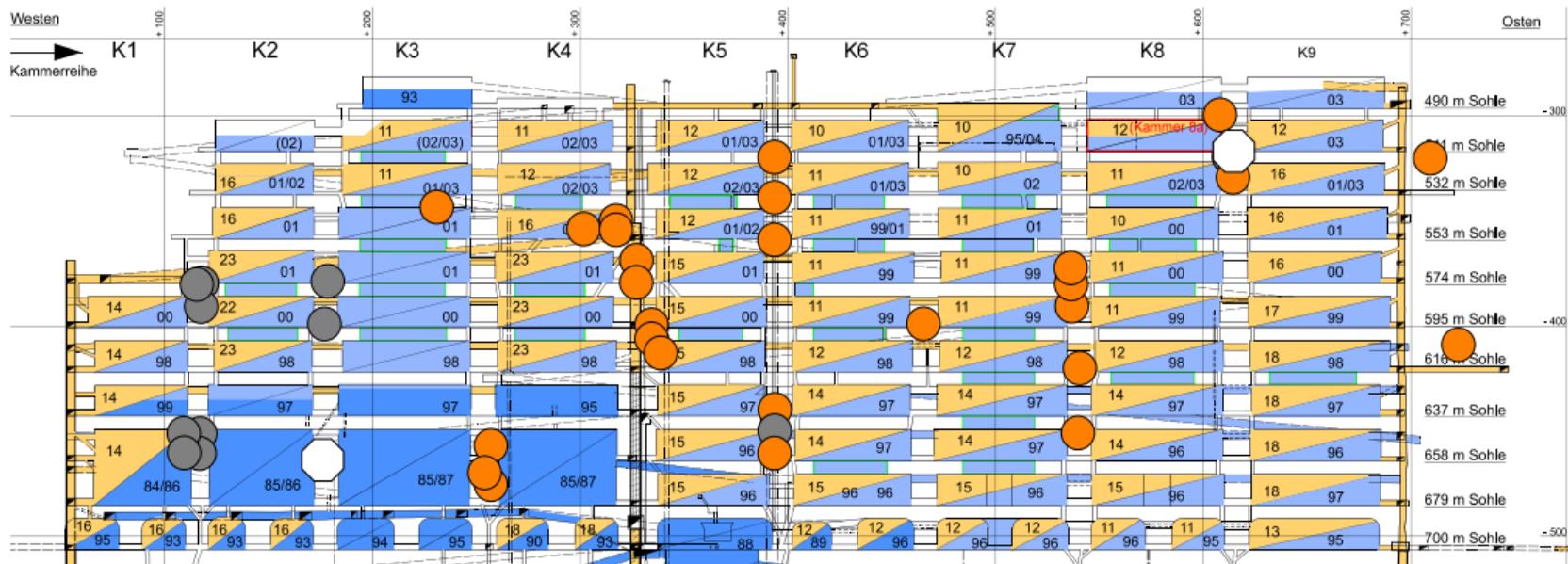
Lage im Schnitt 1



- 28 SMS in Messwerterfassung (Stand: 12/2023); keine Ausfälle in 2023
- überwiegend ausgefallen, d. h. nur maximale o. minimale Komponente für 3D-Darstellung

# SPANNUNGSMONITORSTATIONEN (SMS)

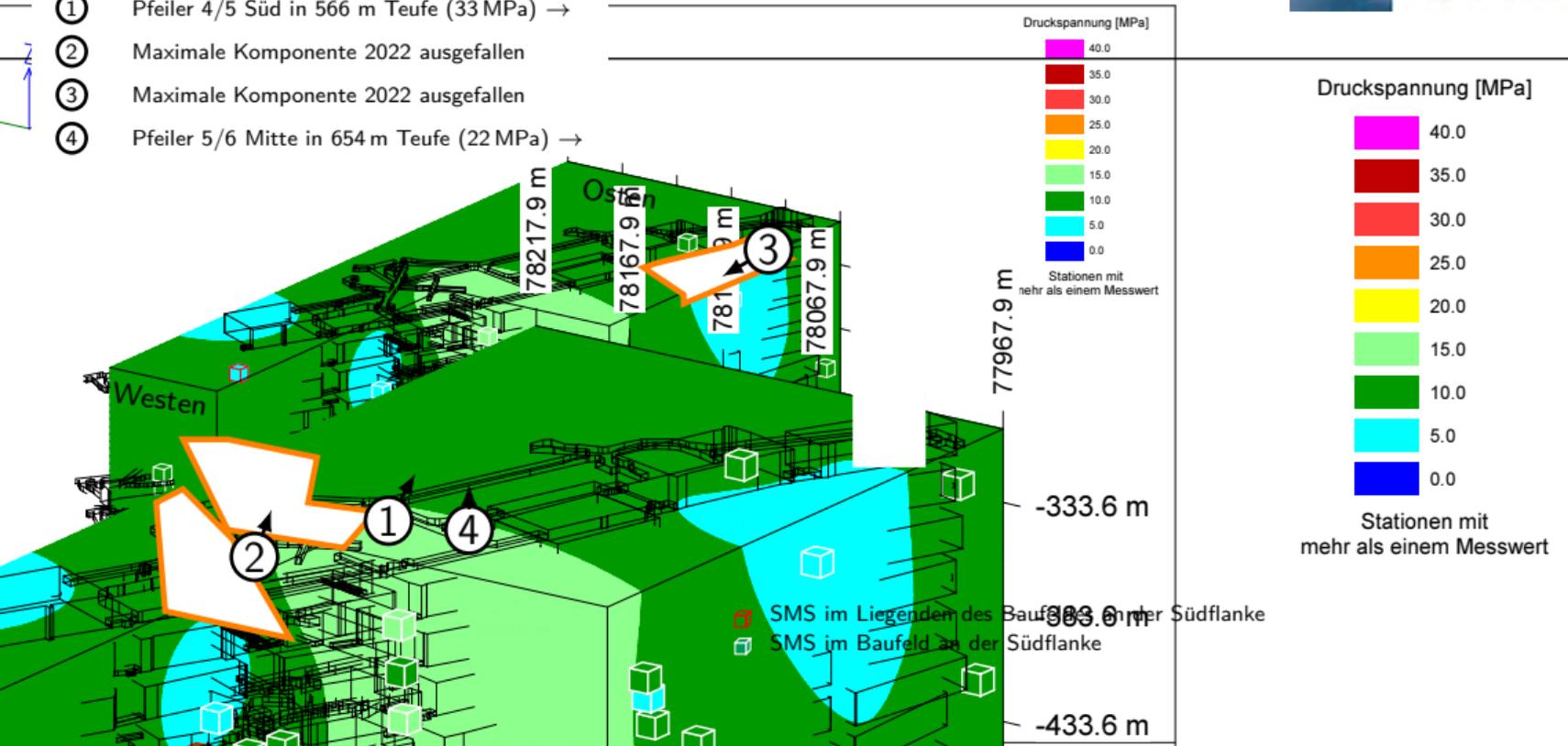
Lage im Schnitt 1



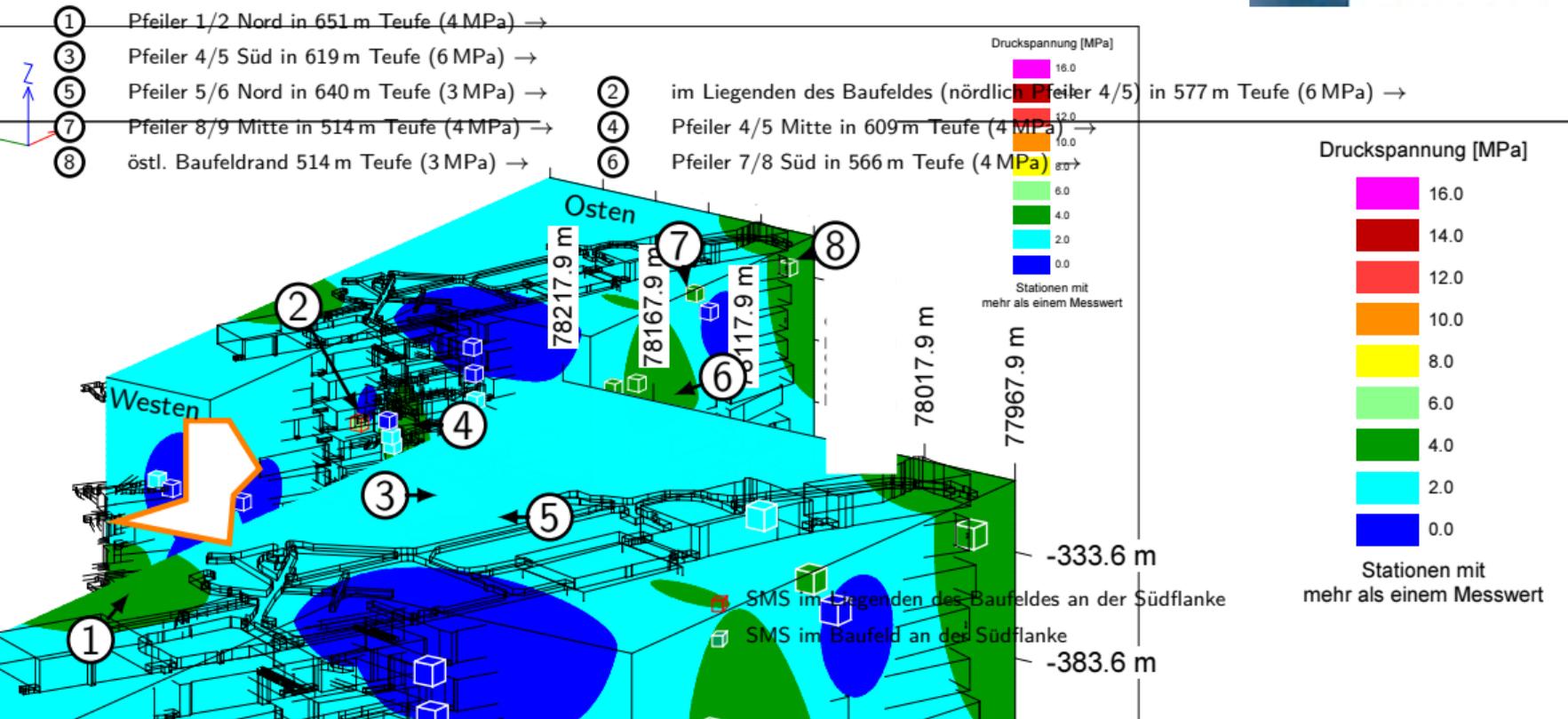
- Ersatz 8/9-511 (Sommer 2024)
- Ersatz 2/3-658 (Ende 2024)

# MAXIMALSPANNUNGSMESSWERTE 12/2023

- ① Pfeiler 4/5 Süd in 566 m Teufe (33 MPa) →
- ② Maximale Komponente 2022 ausgefallen
- ③ Maximale Komponente 2022 ausgefallen
- ④ Pfeiler 5/6 Mitte in 654 m Teufe (22 MPa) →

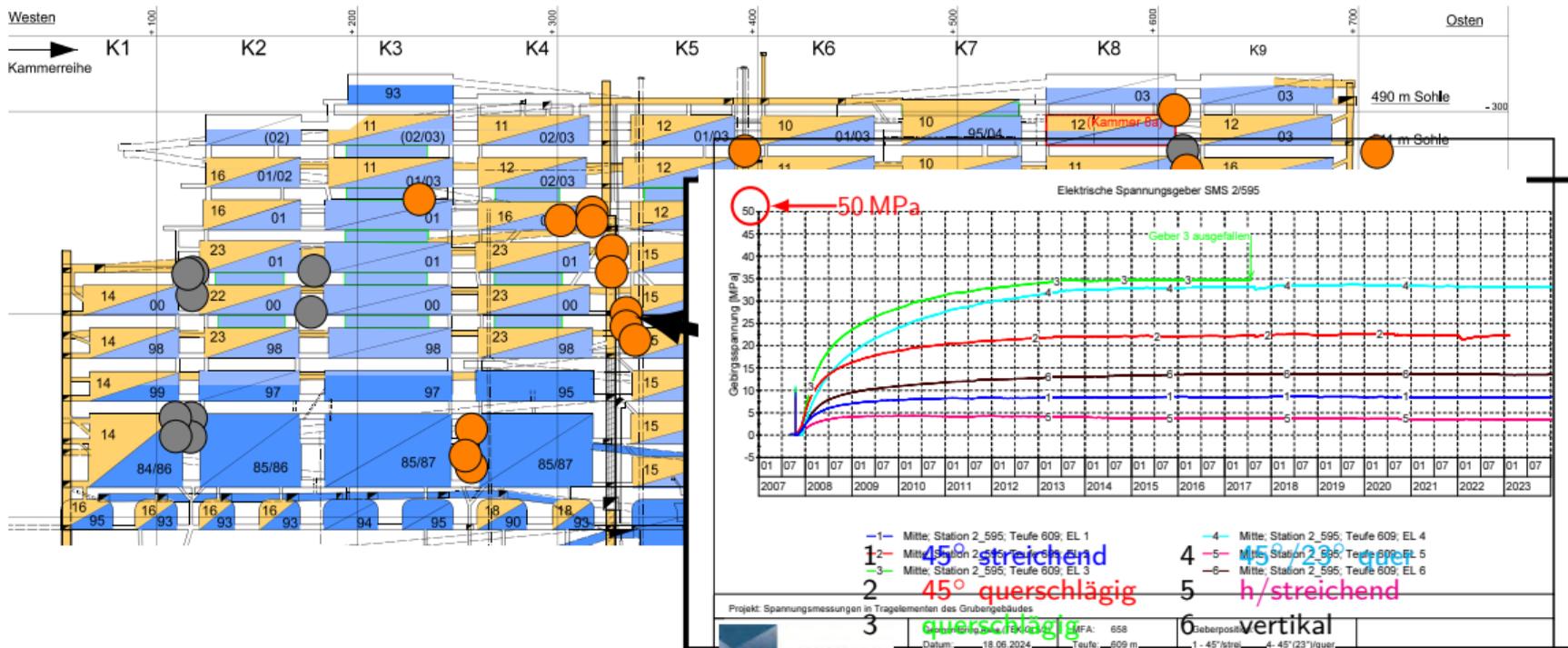


# MINIMALSPANNUNGSMESSWERTE 12/2023



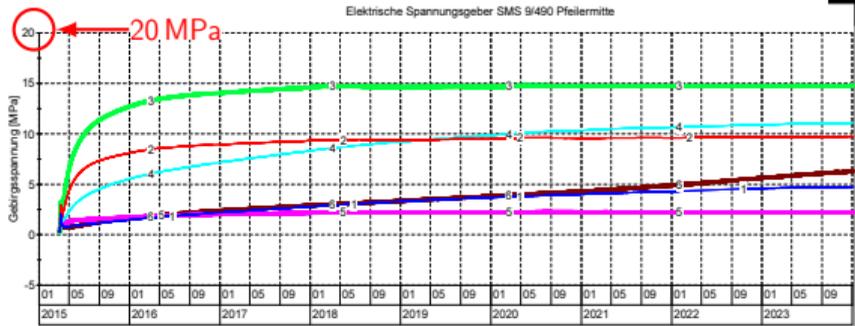
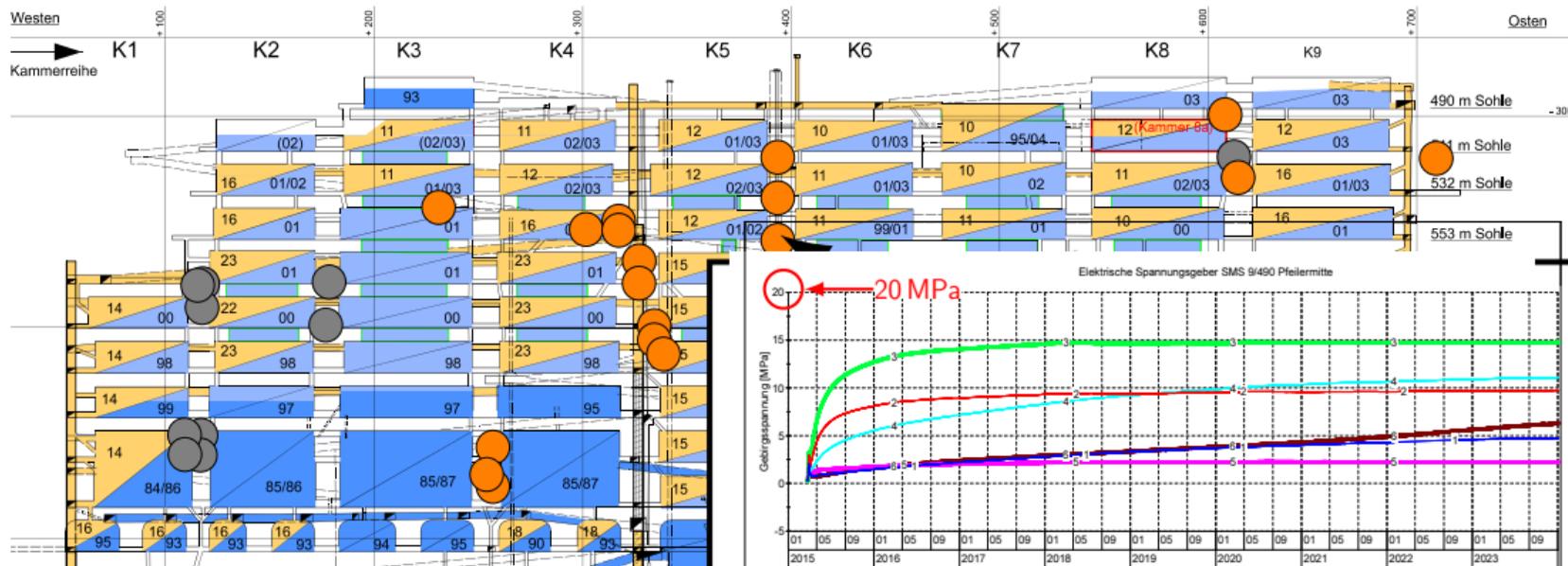
# SPANNUNGSSITUATION IM PFEILER 4/5

Pfeilermitte 609 m Teufe – Messwerte



# SPANNUNGSSITUATION IM PFEILER 5/6

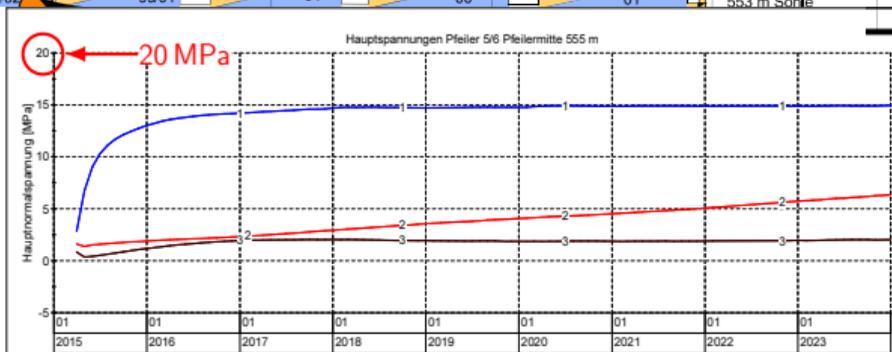
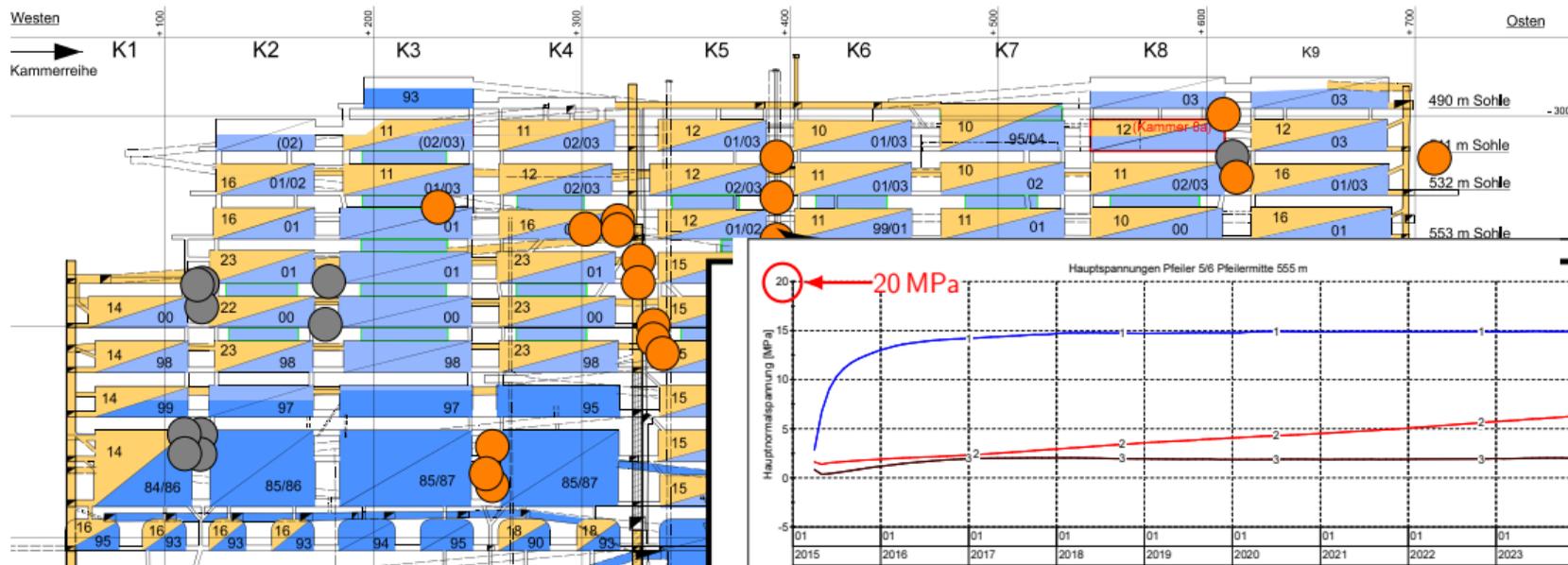
Pfeilermitte, 555 m Teufe – Messwerte



- 1 45° streichend  
Mitte, Station 9\_490, Teufe 555, EL 1
- 2 45° querschlägig  
Mitte, Station 9\_490, Teufe 555, EL 2
- 3 querschlägig  
Mitte, Station 9\_490, Teufe 555, EL 3
- 4 45°/23° quer  
Mitte, Station 9\_490, Teufe 555, EL 4
- 5 0°/streifend  
Mitte, Station 9\_490, Teufe 555, EL 5
- 6 vertikal  
Mitte, Station 9\_490, Teufe 555, EL 6

# SPANNUNGSSITUATION IM PFEILER 5/6

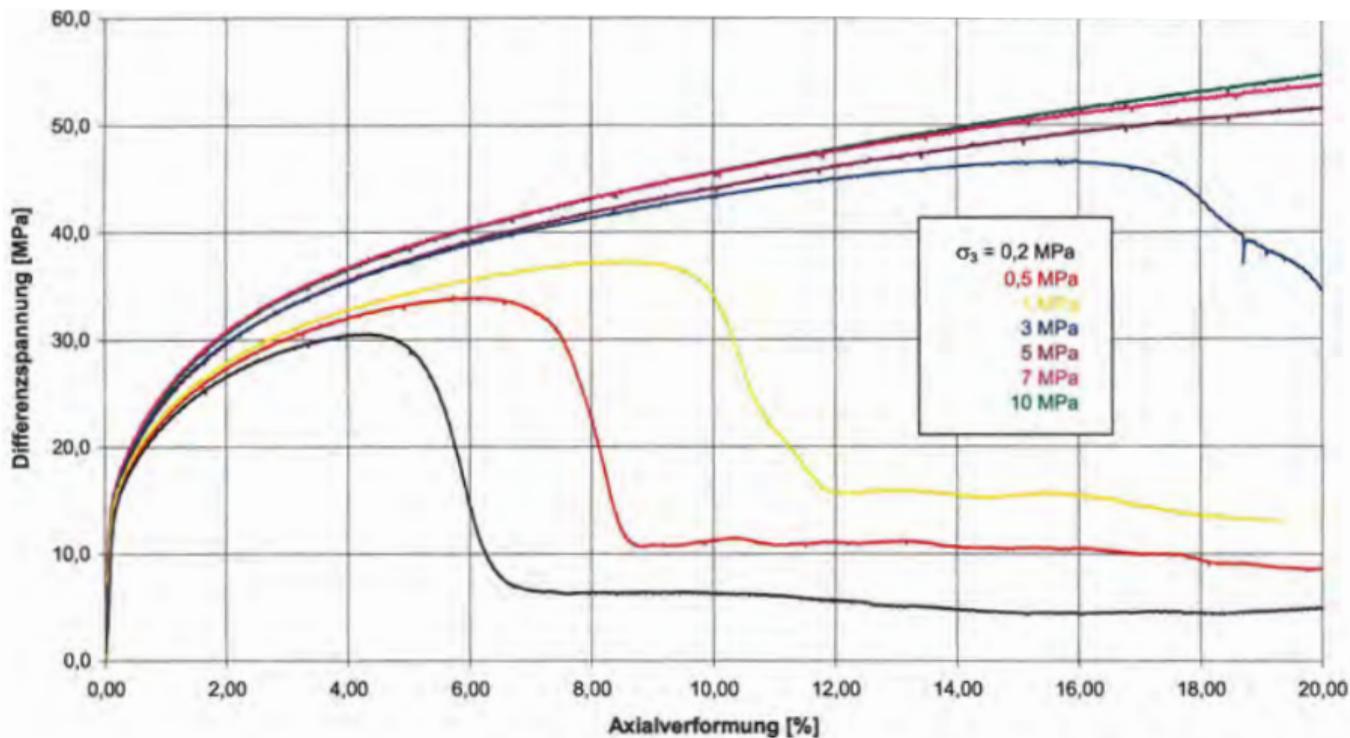
Pfeilermitte, 555 m Teufe – Hauptspannungen



- 1 maximale Hauptspannung (h/quer) Maximale Hauptspannung, horizontal-Querschläge Richtung
- 2 mittlere Hauptspannung (v/vertikal) Mittlere Hauptspannung, vertikale Richtung
- 3 minimale Hauptspannung (h/strei) Minimale Hauptspannung, horizontal-Querschläge Richtung

# FESTIGKEITSKURVE STEINSALZ

Laboruntersuchung



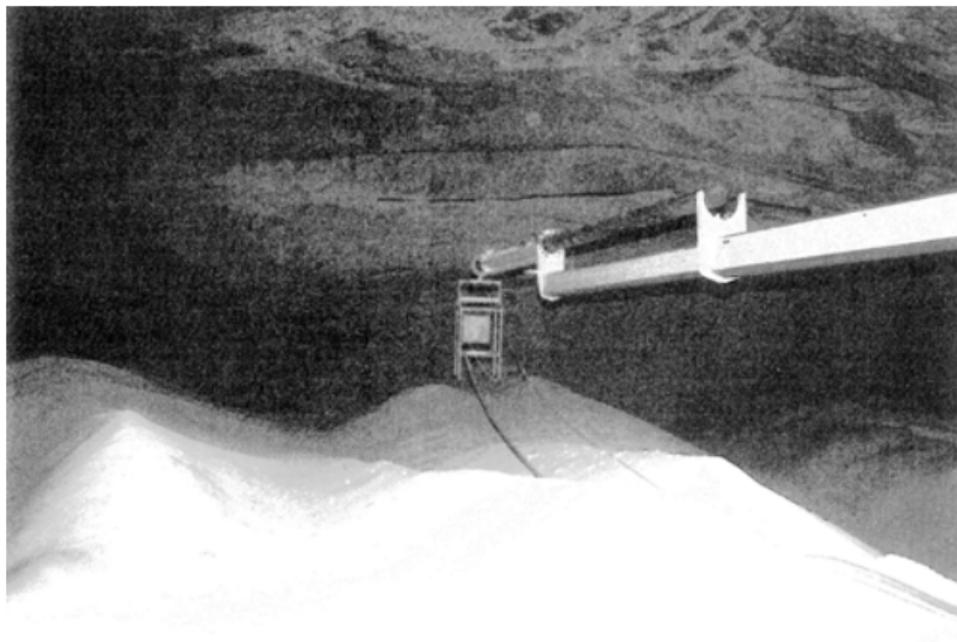
## 2 Belastungssituation

- Spannungsmessungen in den Pfeilern
- Lastmessungen im Versatz

## STATUS

- Kein Messgeberausfall in 2023.
  - Das Versatzmaterial kann längerfristig noch keine relevanten Effektivspannungen abtragen.
  - Im Vergleich zu 2022 sind die Messwerten nahezu unverändert.
- ⇒ Ableitung eines Nachweises für eine Stützwirkung der Pfeiler aus den Messungen direkt im Versatz nicht möglich.
- ⇒ **Ableitung eines Nachweises für eine Stützwirkung der Pfeiler aus den Messungen in den Pfeilern in streichender Richtung möglich.**

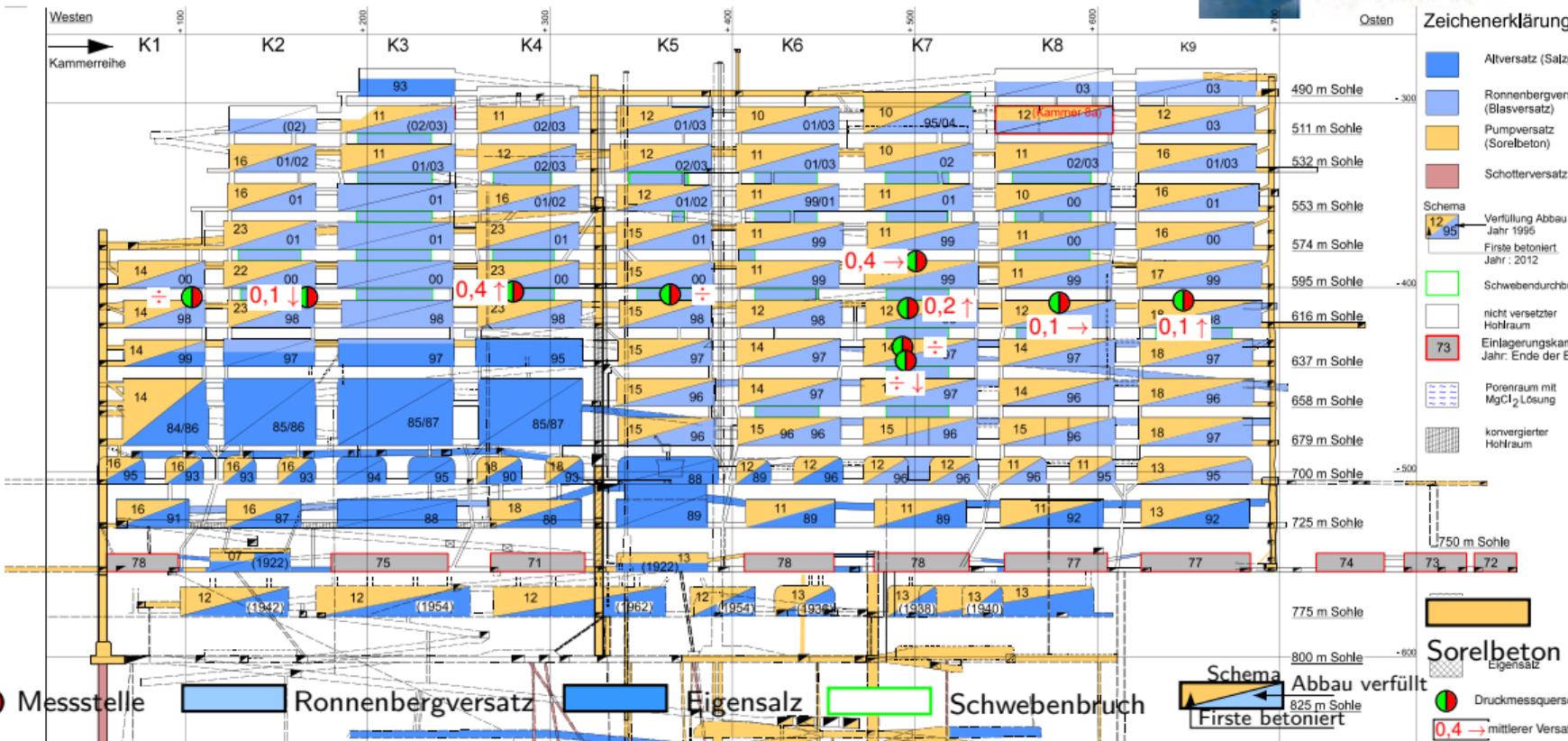
# INSTRUMENTIERUNG



# MITTLERE GEMESSENE VERSATZDRÜCKE (12/23)



BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG



Messstelle Ronnenbergversatz Eigensalz Schwebenbruch

Schema Abbau erfüllt  
750 m Sohle  
825 m Sohle  
Firste betoniert

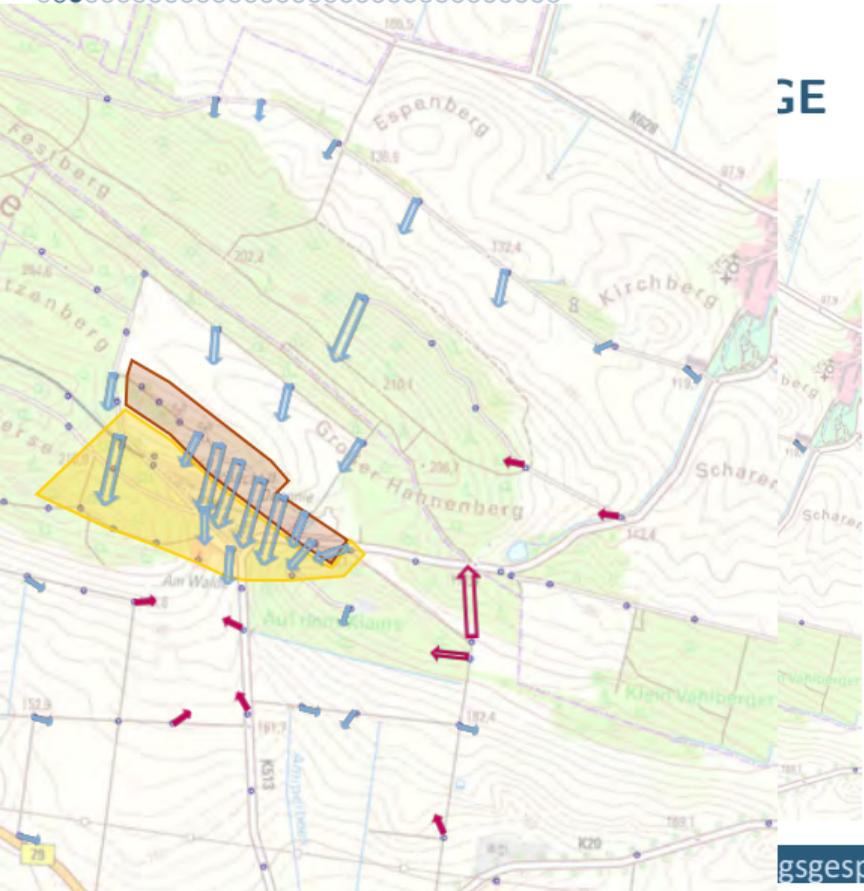
# ÜBERBLICK

Teil 01

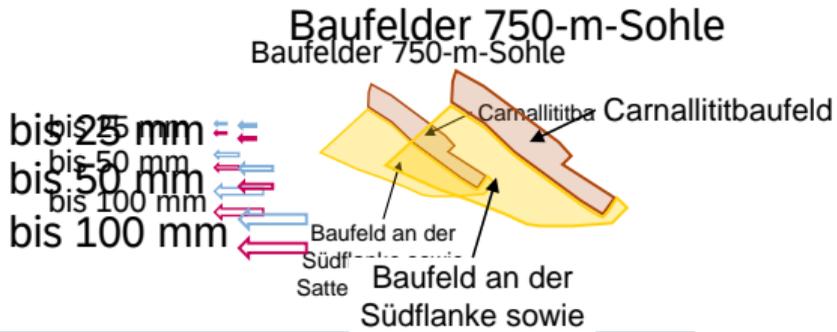
- 1 Einleitung
- 2 Belastungssituation
- 3 Lage- und Höhenmessungen**
- 4 Verformungsmessungen im Tragsystem
- 5 Geophysikalische Überwachung
- 6 Lokale Monitoringprogramme

## 3 Lage- und Höhenmessungen

- Lagemessungen über Tage
- Höhenmessungen über Tage
- Bodenbewegungen am Kuhlager
- Lagemessungen unter Tage
- Höhenmessungen unter Tage
- Zusammenfassung und Bewertung



- Deutlich querschlägig zur Lagerstätte
- Nördlich der Abbaue in der
- Südflanke maximale Bewegungen, nach Norden abnehmend
- Bewegungen südlich der Abbaue in der Südflanke insgesamt geringer



gsgespräch 2023 13. Juni 2024 Sattelkernbaufeld 4

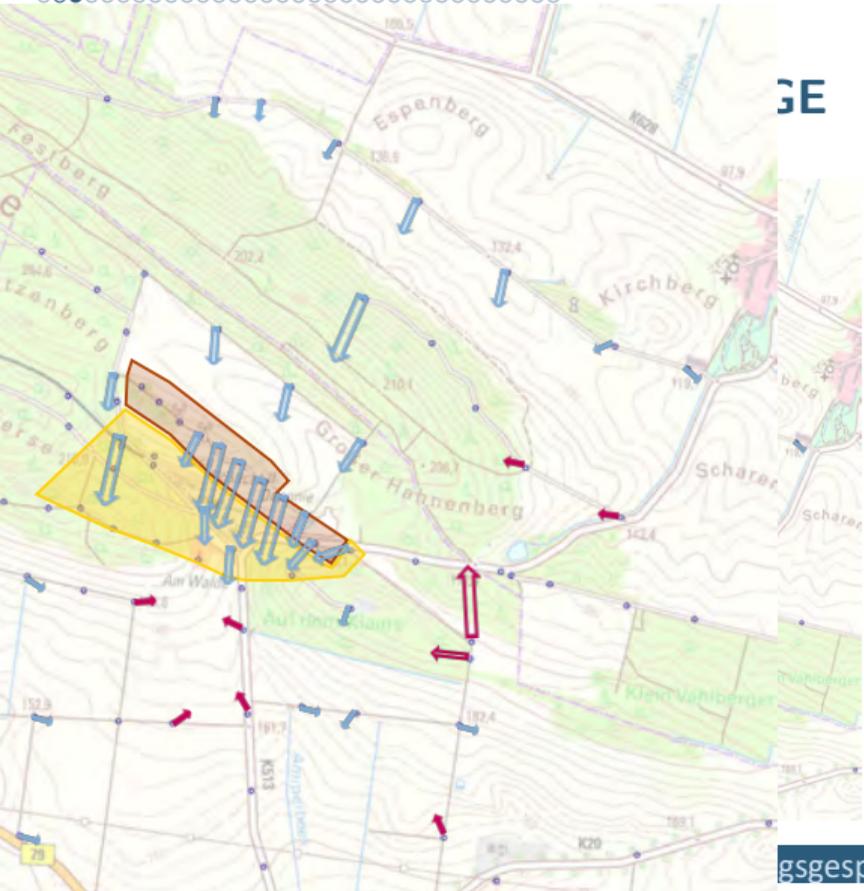




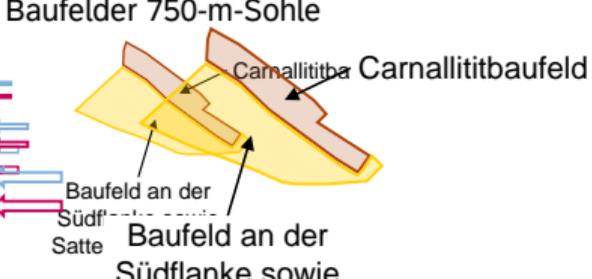
3E



- Deutlich **querschlägig** zur Lagerstätte
- Nördlich der Abbaue in der Südflanke maximale Bewegungen, nach Norden abnehmend
- Bewegungen nach Süden abnehmend in der Südflanke insgesamt geringer



Baufelder 750-m-Sohle

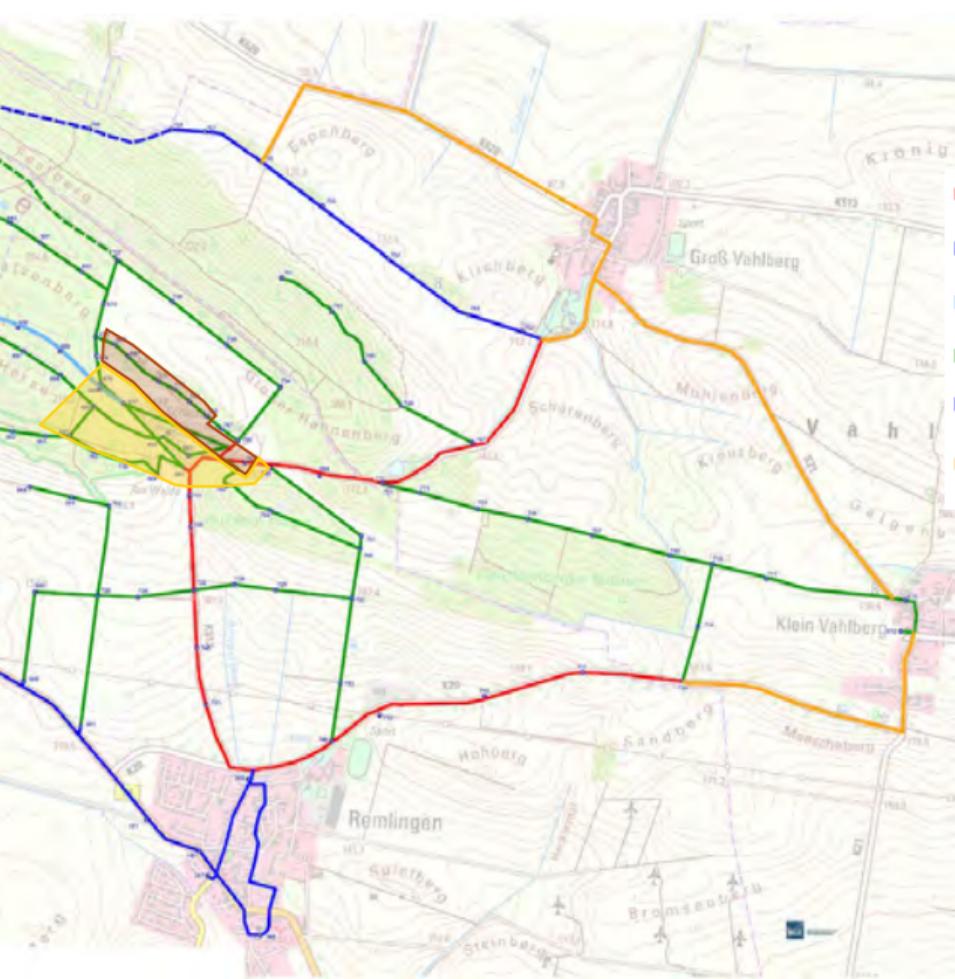


- bis 25 mm
- bis 50 mm
- bis 50 mm
- bis 100 mm
- bis 100 mm

## 3 Lage- und Höhenmessungen

- Lagemessungen über Tage
- Höhenmessungen über Tage
- Bodenbewegungen am Kuhlager
- Lagemessungen unter Tage
- Höhenmessungen unter Tage
- Zusammenfassung und Bewertung



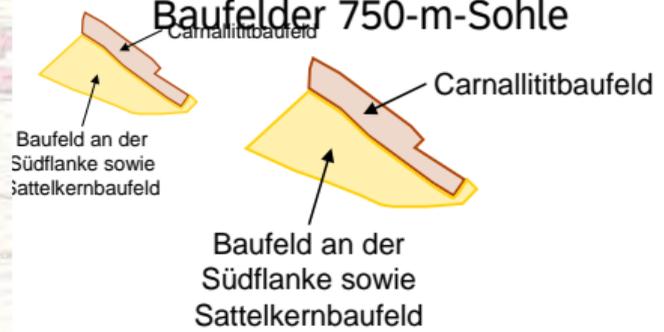


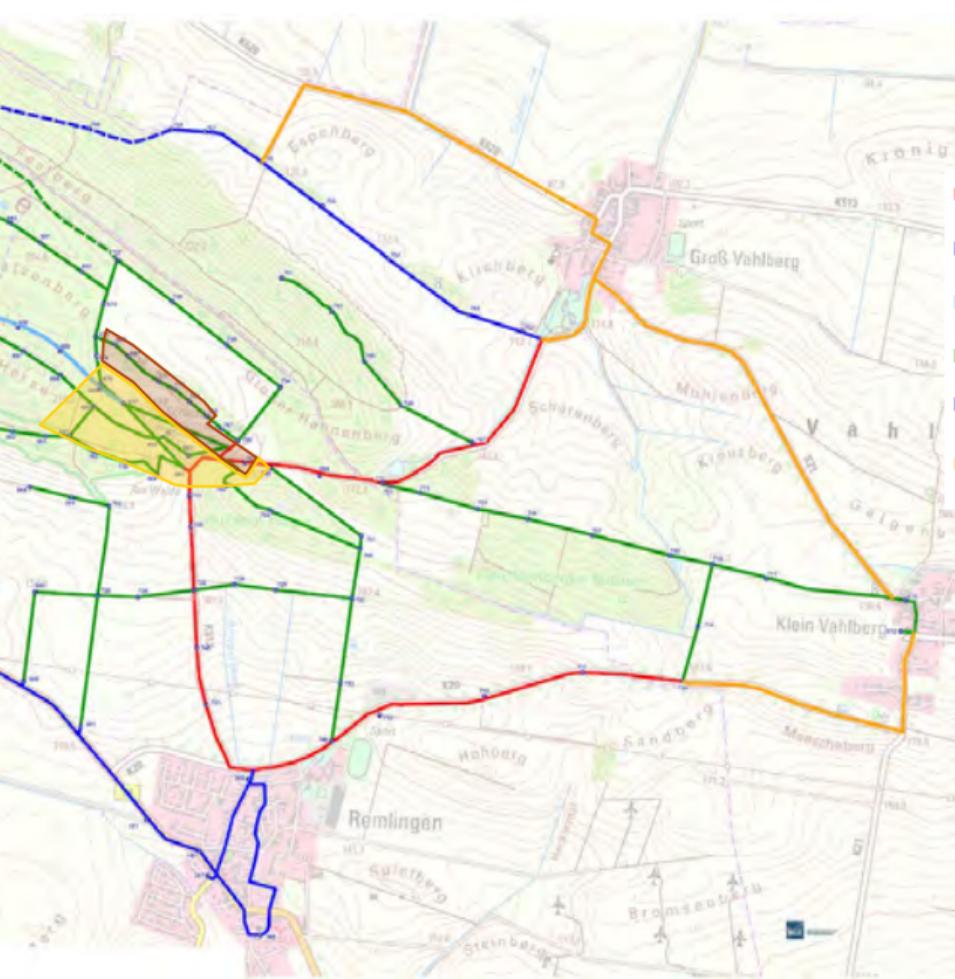
## 120 Höhenfestpunkte verteilt auf:



- Straße, befestigt, stark befahren (7 km / 15%)
- Straße und Wege, befestigt (14 km / 31%)
- Bahnstrecke (2 km / 4%)
- Straße und Wege, unbefestigt (23 km / 50%)
- / — ohne vermarkte Zwischenpunkte
- Geplante Erweiterung des Höhenmessnetzes

Baufelder 750-m-Sohle



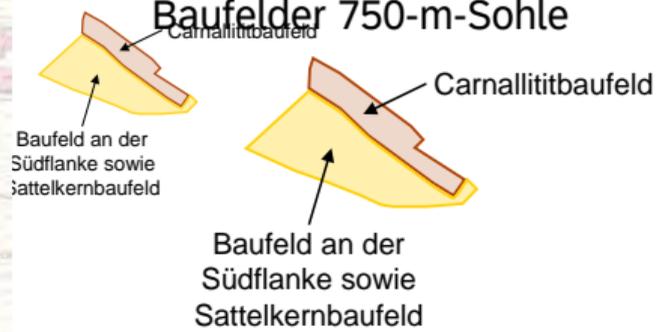


120 Höhenfestpunkte verteilt auf:



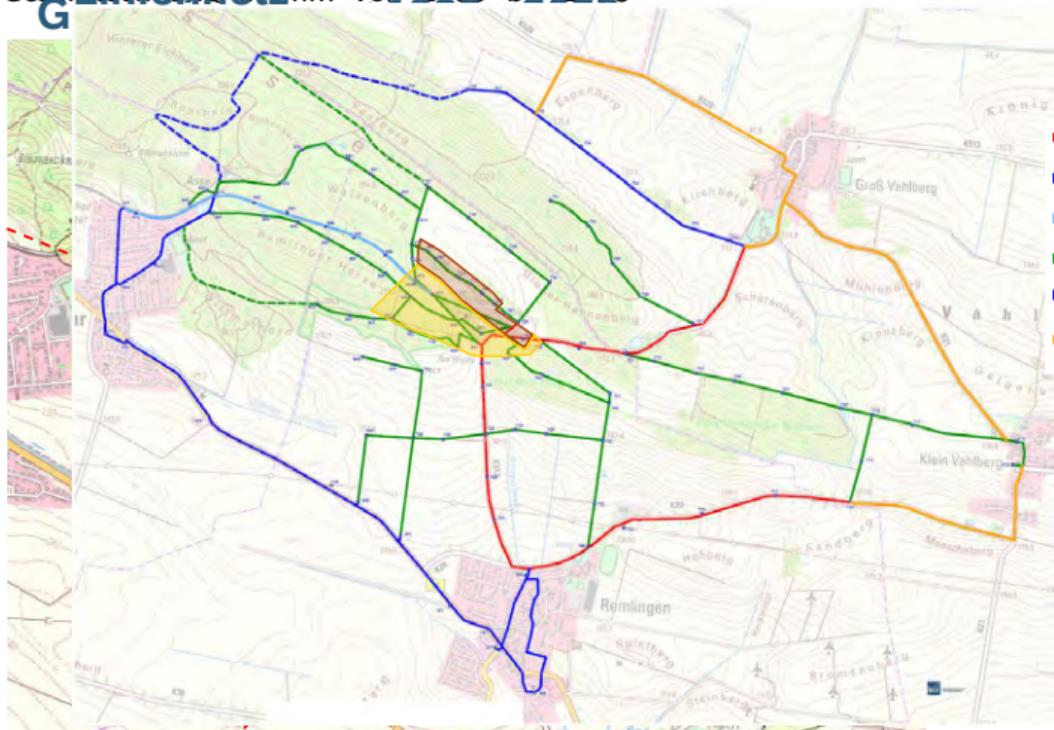
- Straße, befestigt, stark befahren (7 km / 15%)
- Straße und Wege, befestigt (14 km / 31%)
- Bahnstrecke (2 km / 4%)
- Straße und Wege, unbefestigt (23 km / 50%)
- / — ohne vermarkte Zwischenpunkte
- Geplante Erweiterung des Höhenmessnetzes

Baufelder 750-m-Sohle



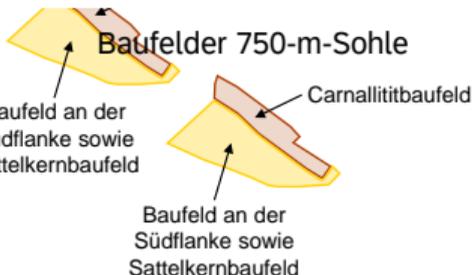


# HÖHENMESSUNG ÜBER TAGE HÖHENMESSUNG ÜBER TAGE Gesamtänderung 67 mm von 1999 bis 2023



## 120 Höhenfestpunkte verteilt auf:

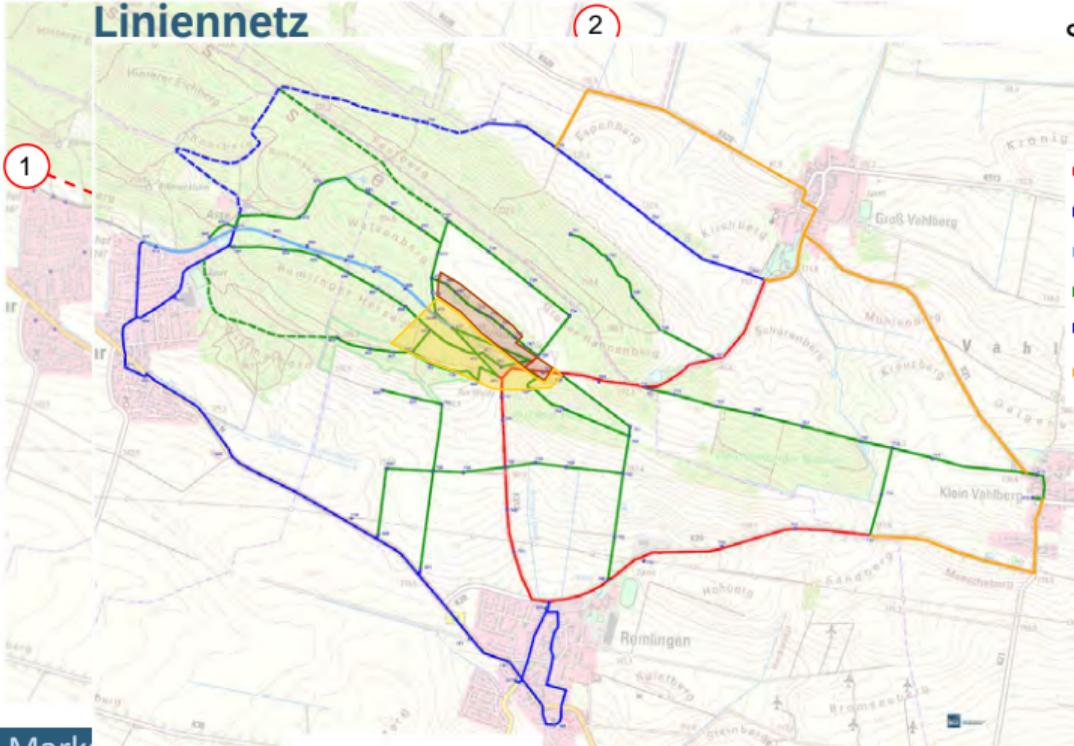
-  Straße, befestigt, stark befahren (7 km / 15%)
-  Straße und Wege, befestigt (14 km / 31%)
-  Bahnstrecke (2 km / 4%)
-  Straße und Wege, unbefestigt (23 km / 50%) m
-  ohne vermarktete Zwischenpunkte
-  Geplante Erweiterung des Höhenmessnetzes



# HÖHENMESSUNG ÜBER TAGE Stöhenmessung über Tage

Schnittlinien

## HÖHENMESSUNG ÜBER TAGE Linienetz



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG



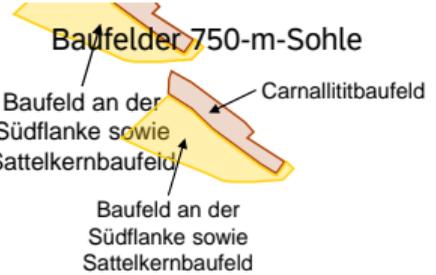
BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

Schnittlinien

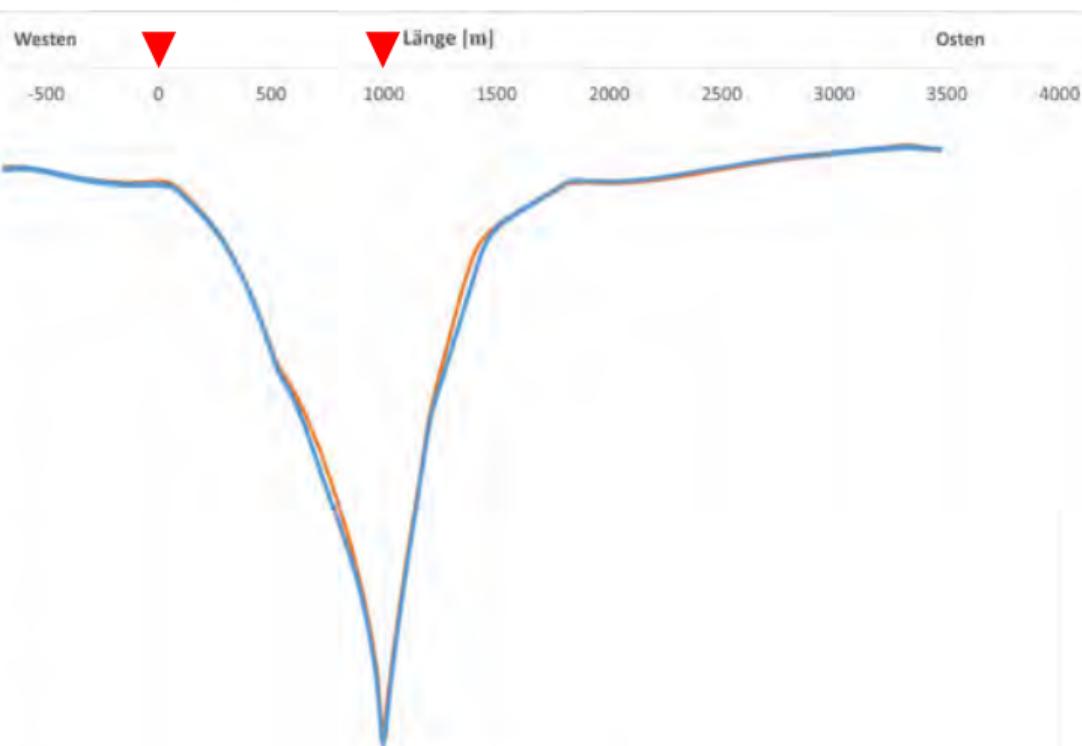
Schnittlinien

Schnitt 1: Senkungstrog von ca. 120 Höhenpunkte verteilt auf ca. 2,9 km in Ost-West-Richtung

-  Straße, befestigt, stark befahren (7 km / 15%)
-  Straße und Wege, befestigt (14 km / 31%)
-  Bahnstrecke (2 km / 4%)
-  Straße und Wege, unbefestigt (23 km / 50%)
-  ohne vermarkte Zwischenpunkte
-  Geplante Erweiterung des Höhenmessnetzes



# SENKUNGMESSUNG ÜBER TAGE HÖHENMESSUNG ÜBER TAGE Senkung Schnitt 1, 1986 - 2023



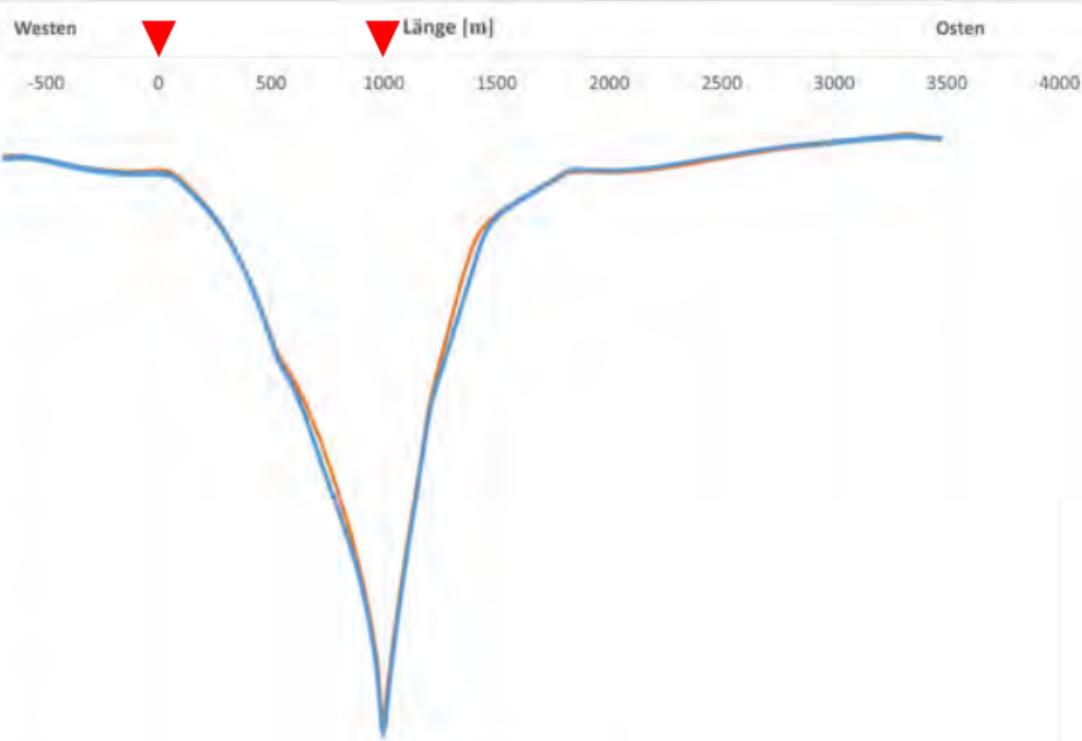
• ein gleichmäßiger Verlauf auf beiden Flanken



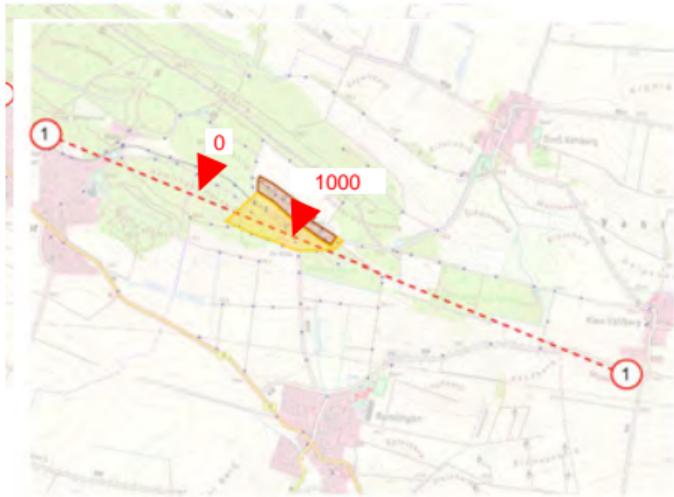
# SENKUNG ÜBER TAGE

## HÖHENMESSUNG ÜBER TAGE

### Senkung Schnitt 1, 1986 - 2023



- ein gleichmäßiger Verlauf auf beiden Flanken
- ein gleichmäßiger Verlauf auf beiden Flanken

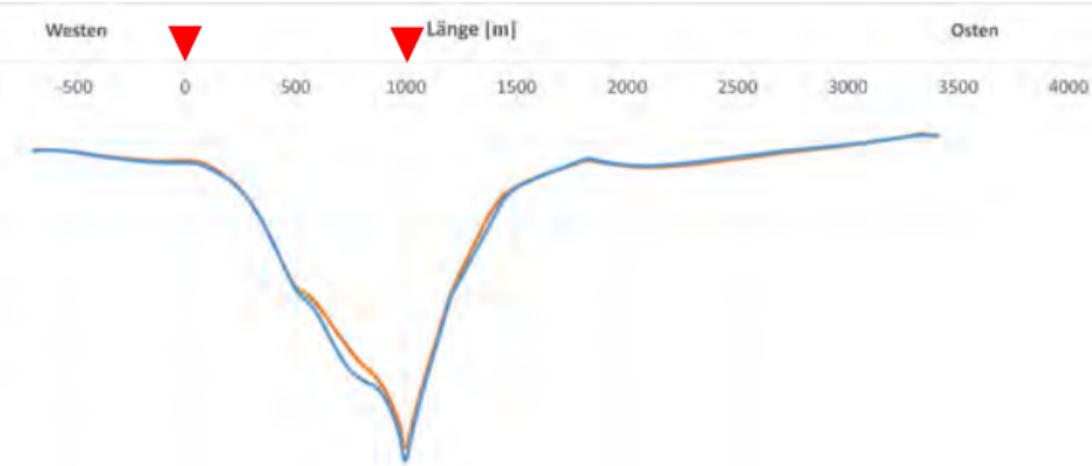


13. Juni 2024 10/34

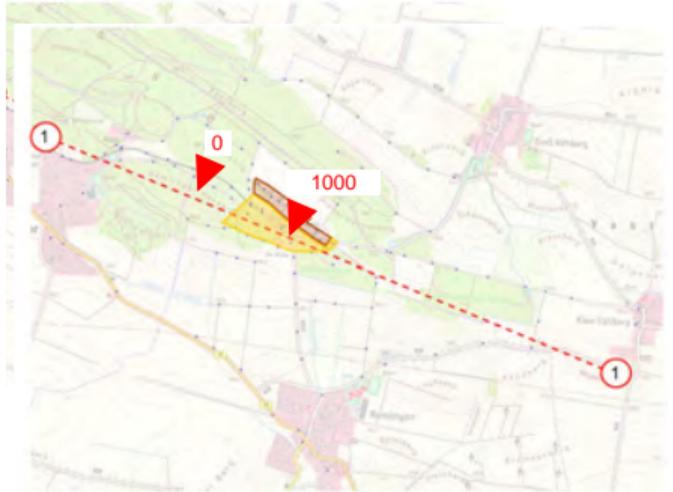
# SENKUNGMESSUNG ÜBER TAGE

## HÖHENSINKUNG ÜBER TAGE

Senkung Schritt 1, 1999 - 2023



Ein gleichmäßiger Verlauf auf beiden Planken

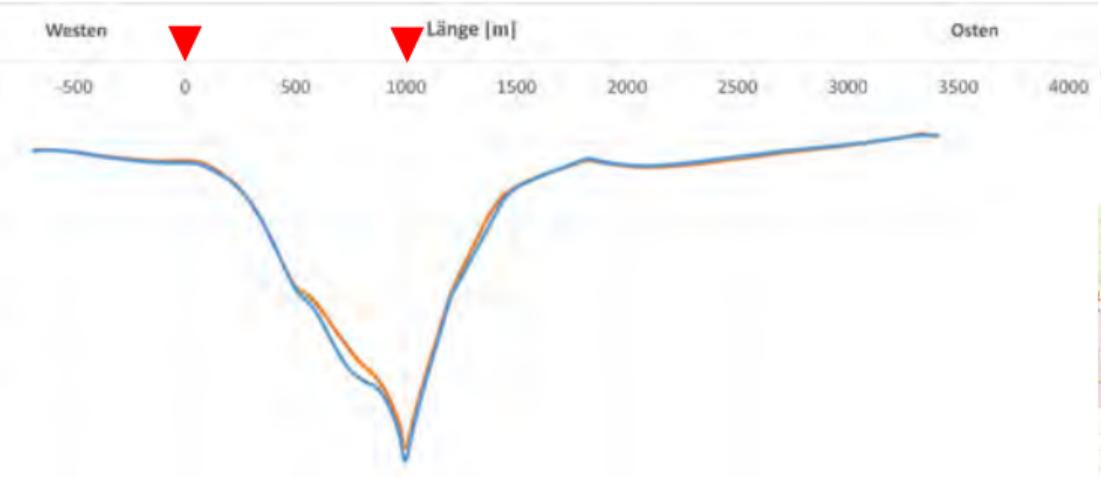


13. Juni 2024 11/34

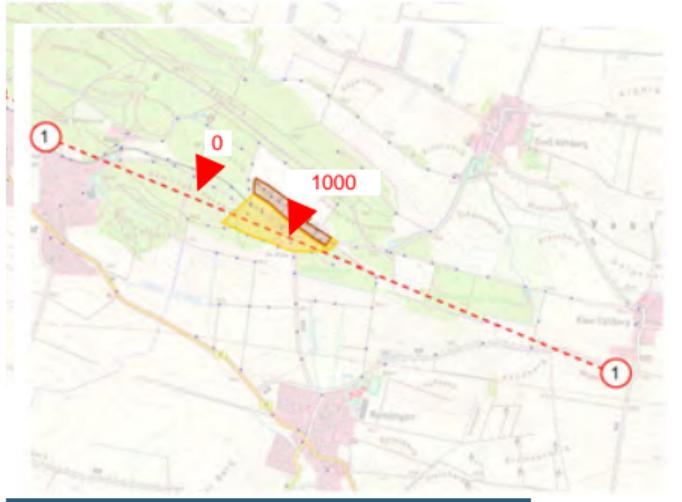
# SENKUNGSMESSUNG ÜBER TAGE

## HÖHENMESSUNG ÜBER TAGE

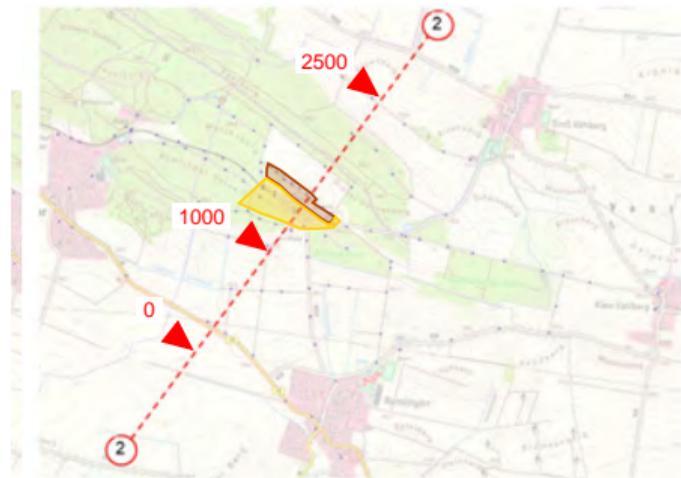
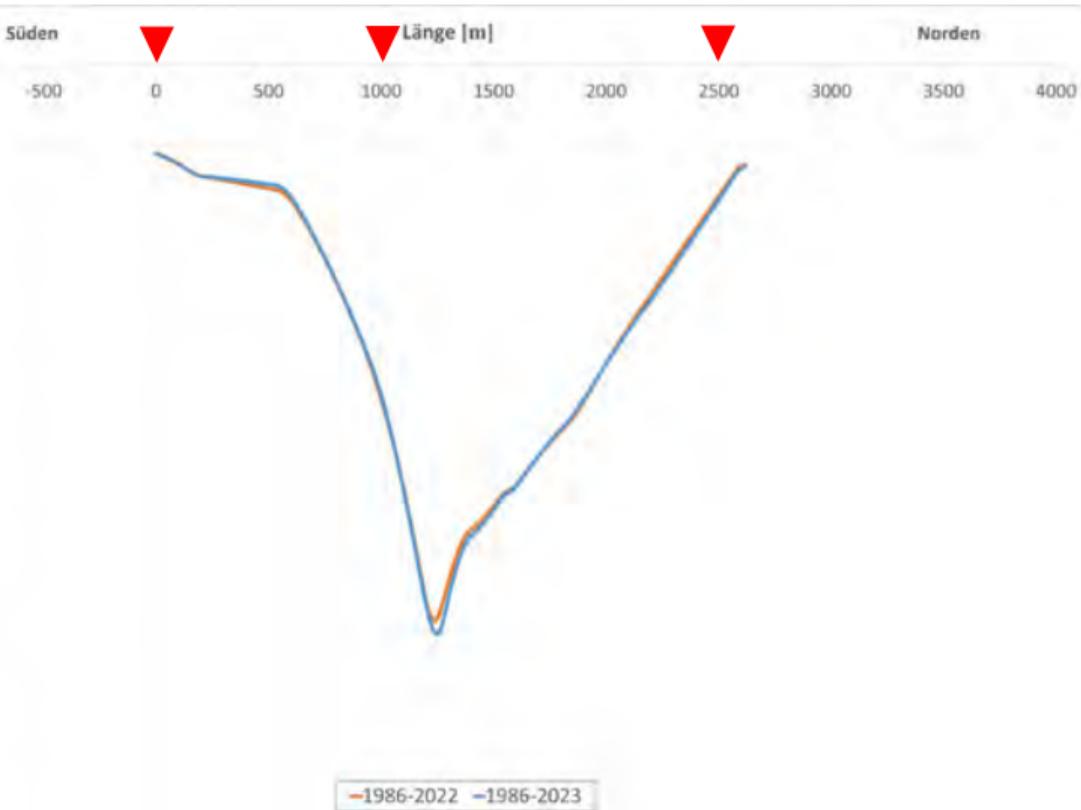
### Senkung Schritt 1, 1999-2023



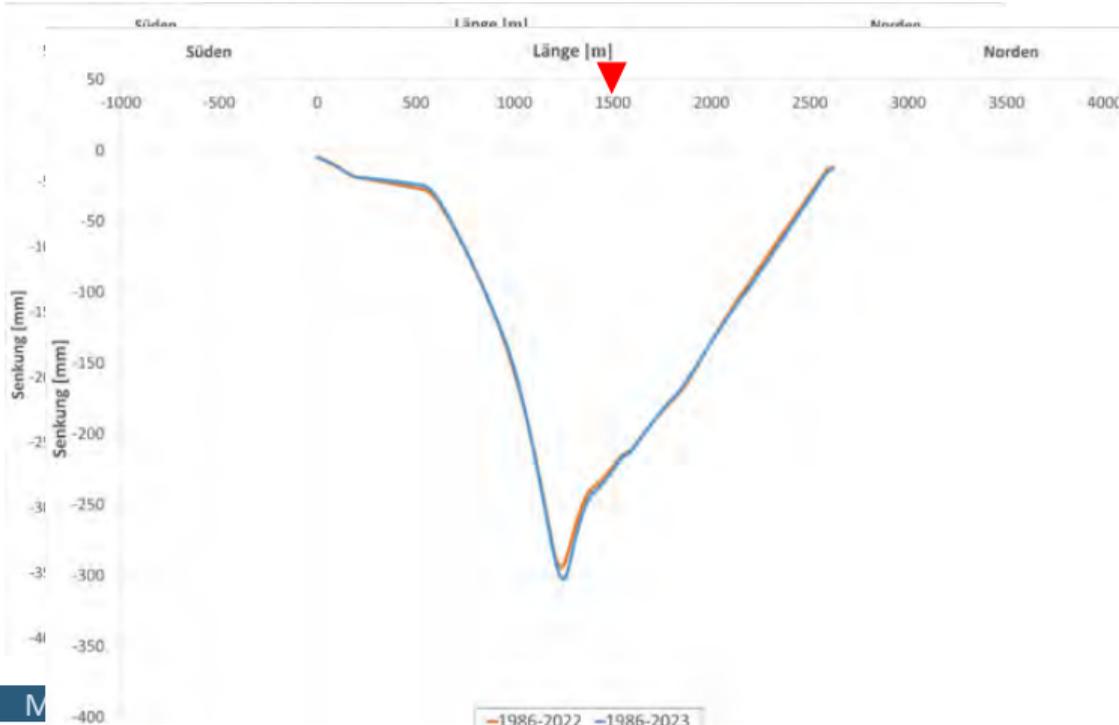
■ ein gleichmäßiger Verlauf auf beiden Flanken  
 ■ ein gleichmäßiger Verlauf auf beiden Flanken



# ung Schnitt 2, 1986 - 2023

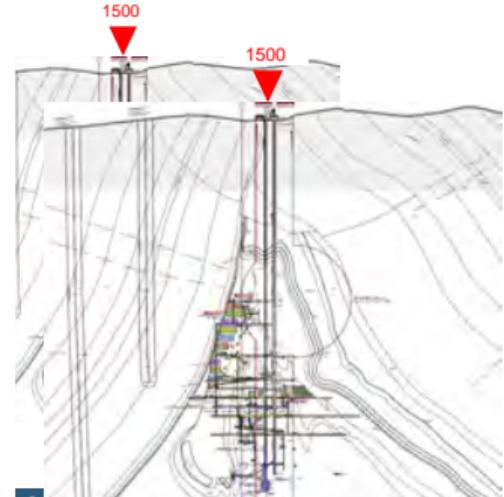


# HÖHENMESSUNG ÜBER TAGE Senkung Schnitt 2, 1986-2023

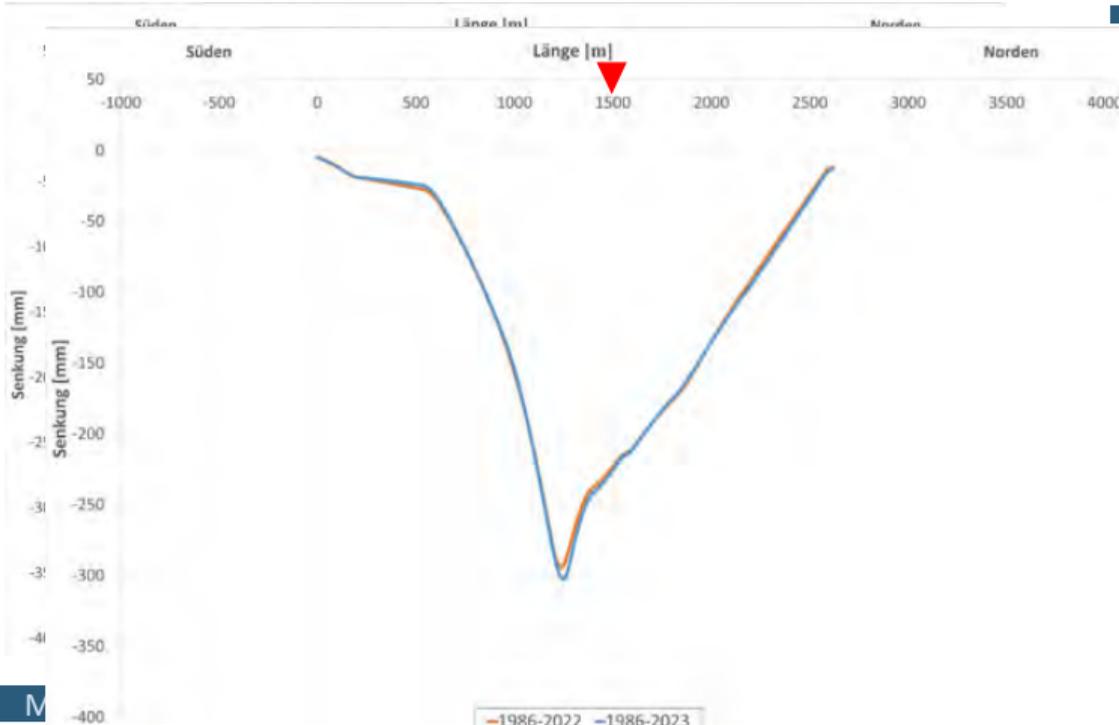


Senkungmaximum über  
Südflanke  
Kali-Baufeld

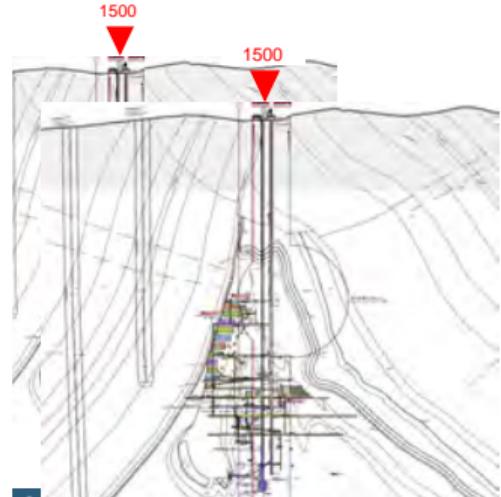
- Einfluss Kali-Baufeld



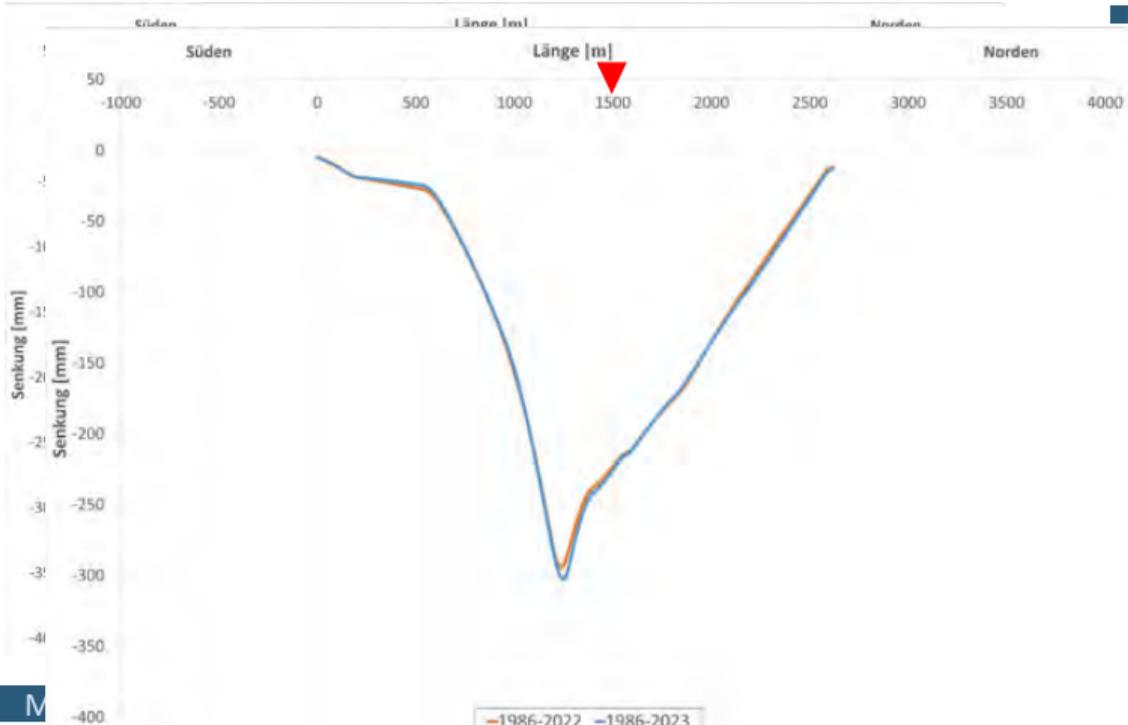
# HÖHENMESSUNG ÜBER TAGE Senkung Schnitt 2, 1986-2023



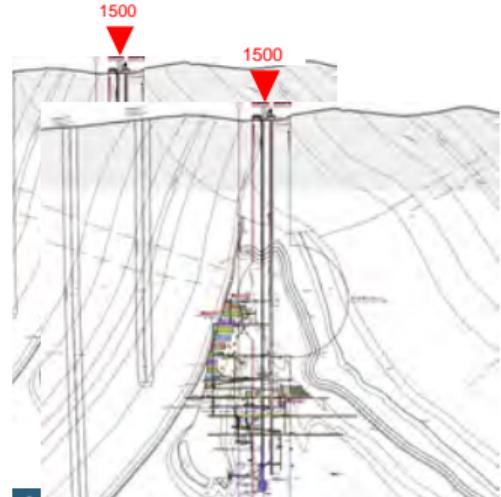
- Senkungsmaximum über Südfanke
- Senkungsmaximum über Südflanke
- Einfluss Kali-Baufeld



# HÖHENMESSUNG ÜBER TAGE Senkung Schnitt 2, 1986-2023

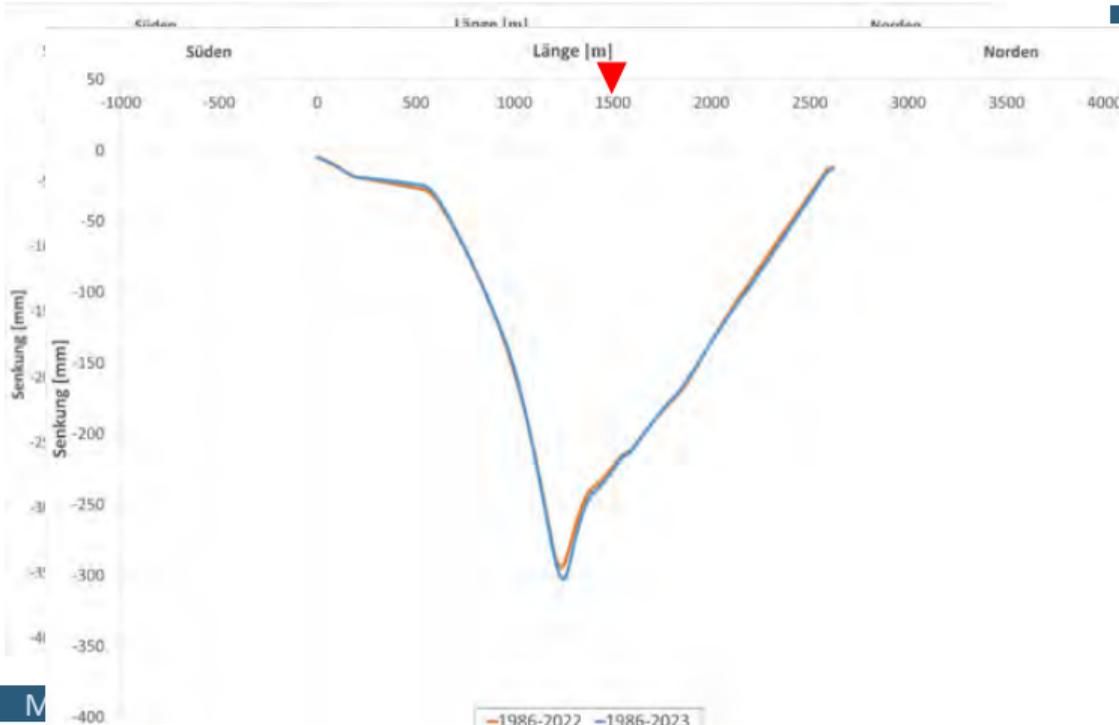


- Senkungsmaximum über Eisflanke
- Senkungsmaximum über Eisflanke Kali-Baufeld
- Einfluss Kali-Baufeld

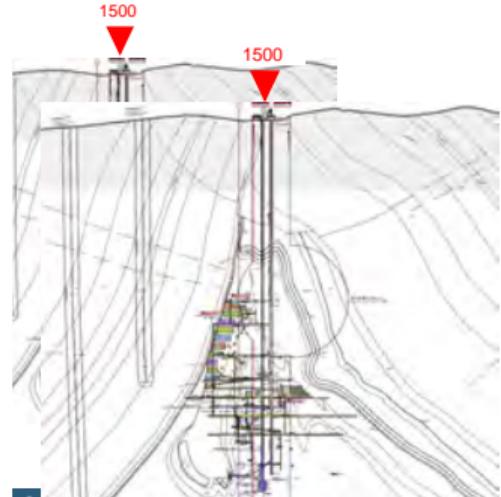


# HÖHENMESSUNG ÜBER TAGE Senkung Schnitt 2, 1999 - 2023

# HÖHENMESSUNG ÜBER TAGE Senkung Schnitt 2, 1986 - 2023



- Senkungsmaximum über Eisflanke
- Senkungsmaximum über Eisflanke
- Senkungsmaximum über Eisflanke
- Senkungsmaximum über Eisflanke
- Einfluss Kali-Baufeld



# HÖHENMESSUNG ÜBER TAGE

Zusammenfassung



# HÖHENMESSUNG ÜBER TAGE

## Zusammenfassung



- Die Senkungen über die Schachtanlage Asse II setzt sich im langjährigen Trend fort. Die maximale Senkung liegt bei 7 mm/a im Bereich der Südflanke.

# HÖHENMESSUNG ÜBER TAGE

## Zusammenfassung



- Die Senkungen über die Schachtanlage Asse II setzt sich im langjährigen Trend fort. Die maximale Senkung liegt bei 7 mm/a im Bereich der Südflanke.
  - Der Senkungsnullrand im Norden wird nicht eindeutig erfasst
- ⇒ das Messnetz wird in diesem Bereich sukzessive erweitert.

# HÖHENMESSUNG ÜBER TAGE

## Zusammenfassung

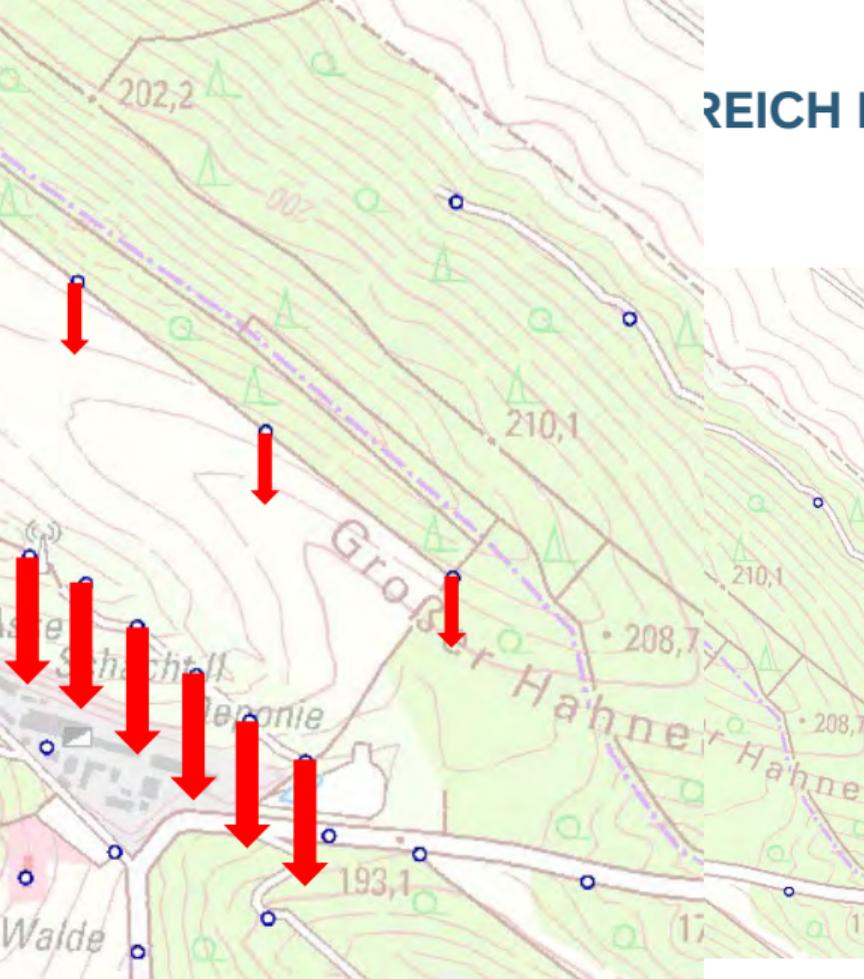


- Die Senkungen über die Schachtanlage Asse II setzt sich im langjährigen Trend fort. Die maximale Senkung liegt bei 7 mm/a im Bereich der Südflanke.
  - Der Senkungsnullrand im Norden wird nicht eindeutig erfasst
- ⇒ das Messnetz wird in diesem Bereich sukzessive erweitert.
- Es können keine signifikante Höhenänderungen festgestellt werden, welche von der Schachtanlage Asse I ausgehen.

## 3

### Lage- und Höhenmessungen

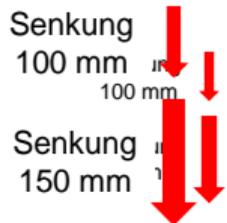
- Lagemessungen über Tage
- Höhenmessungen über Tage
- **Bodenbewegungen am Kuhlager**
- Lagemessungen unter Tage
- Höhenmessungen unter Tage
- Zusammenfassung und Bewertung

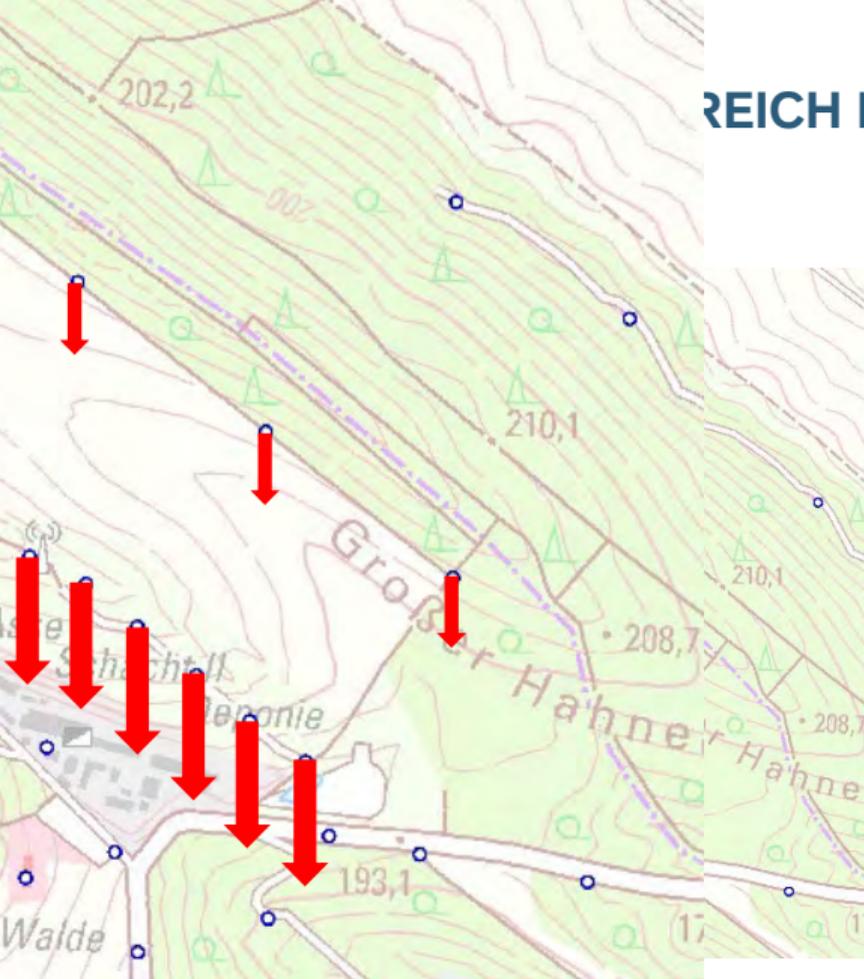


## REICH KUHLAUZ



- Bewegungen 1999 bis 2023
- Zwischen den Jahren 1999 und 2023 haben sich die Punkte nördlich der Fläche um 100 mm, südlich um 150 mm gesenkt.
- Mit dem Abstand der Punkte von etwa 300 m ergibt sich die Schiefelage von ca. 0,2 mm/m.
- Zwischen den Jahren 1999 und 2023 haben sich die Punkte nördlich der Fläche um 100 mm, südlich um 150 mm gesenkt.
- Mit dem Abstand der Punkte von etwa 300 m ergibt sich die Schiefelage von ca. 0,2 mm/m.

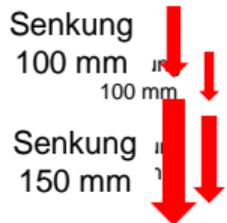


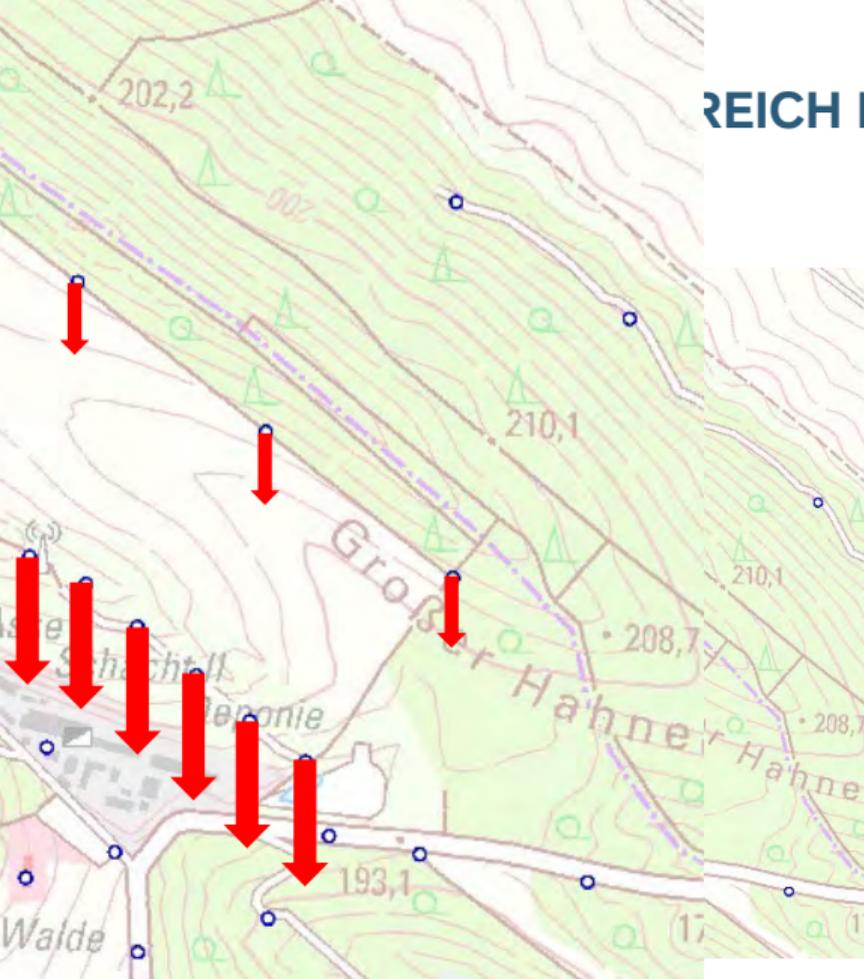


## REICH KUHLAUZER



- Bewegungen 1999 bis 2023
- Zwischen den Jahren 1999 und 2023 haben sich die Punkte nördlich der Fläche um 100 mm, südlich um 150 mm gesenkt.
- Bewegungen 1999 bis 2023
- Zwischen den Jahren 1999 und 2023 haben sich die Punkte nördlich der Fläche um 100 mm, südlich um 150 mm gesenkt.
- Mit dem Abstand der Punkte von etwa 300 m ergibt sich die Schiefelage von ca. 0,2 mm/m.
- Mit dem Abstand der Punkte von etwa 300 m ergibt sich die Schiefelage von ca. 0,2 mm/m.

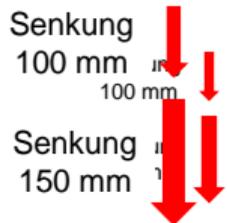


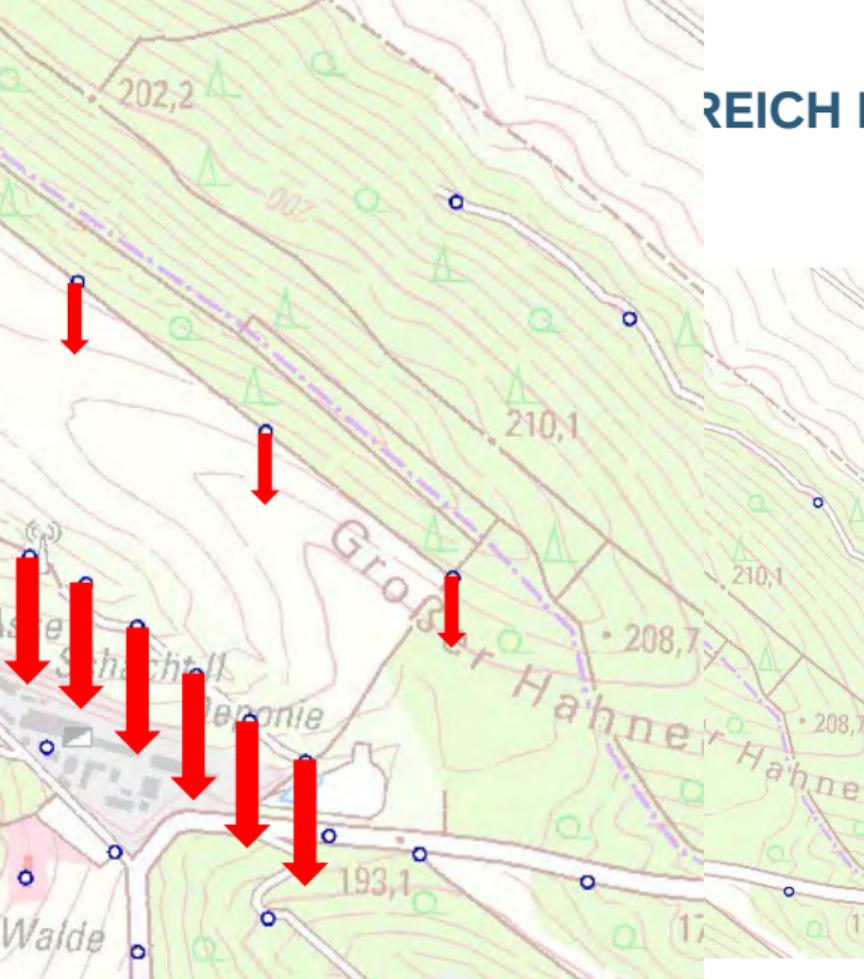


## REICH KUHLAUZ



- Bewegungen 1999 bis 2023
- Zwischen den Jahren 1999 und 2023 haben sich die Punkte nördlich der Fläche um 100 mm, südlich um 150 mm gesenkt.
- Bewegungen 1999 bis 2023
- Zwischen den Jahren 1999 und 2023 haben sich die Punkte nördlich der Fläche um 100 mm, südlich um 150 mm gesenkt.
- Mit dem Abstand der Punkte von etwa 300 m ergibt sich die Schiefelage von ca. 0,2 mm/m.
- Mit dem Abstand der Punkte von etwa 300 m ergibt sich die Schiefelage von ca. 0,2 mm/m.

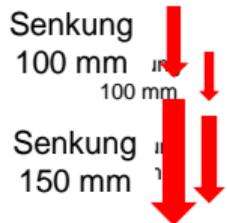




# REICH KUHLAUZER



- Bewegungen 1999 bis 2023
- Zwischen den Jahren 1999 und 2023 haben sich die Punkte nördlich der Fläche um 100 mm, südlich um 150 mm gesenkt.
- Bewegungen 1999 bis 2023
- Zwischen den Jahren 1999 und 2023 haben sich die Punkte nördlich der Fläche um 100 mm, südlich um 150 mm gesenkt.
- Mit dem Abstand der Punkte von ca. 300 m ergibt sich die Schiefe von ca. 0,2 mm/m.
- Mit dem Abstand der Punkte von etwa 300 m ergibt sich die Senkung von ca. 0,2 mm/m.



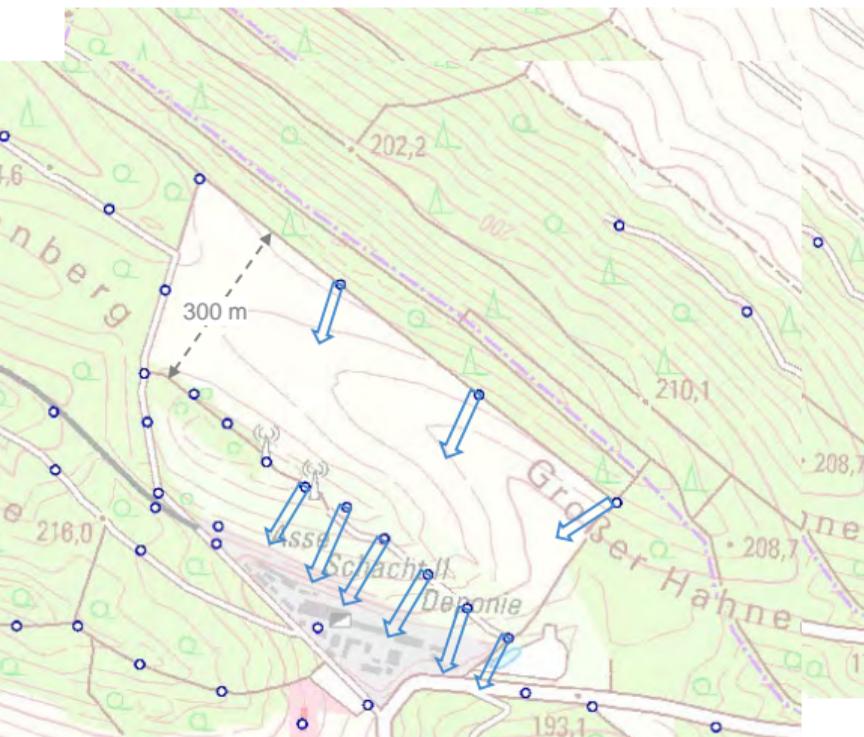
# LÄNGENÄNDERUNGEN BEREICH KUHLAGER

# LÄNGENÄNDERUNGEN BEREICH KUHLAGER

Bereich Kuhlager



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG  
BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG



- Bewegungen 2009 bis 2023

- Bewegungen der Jahre 2009 und 2023

- Zwischen den Jahren 2009 und 2023 haben sich die Punkte nördlich der Fläche um 50 mm, südlich um 55 mm verschoben.

- Die Richtungen der Bewegung sind gleichartig.

- Die Richtungen der Bewegung sind gleichartig.
- Mit dem Abstand der Punkte von etwa 300 m ergibt sich die Längenänderung von ca. 0,02 mm/m.

- Mit dem Abstand der Punkte von etwa 300 m ergibt sich die Längenänderung von ca. 0,02 mm/m.

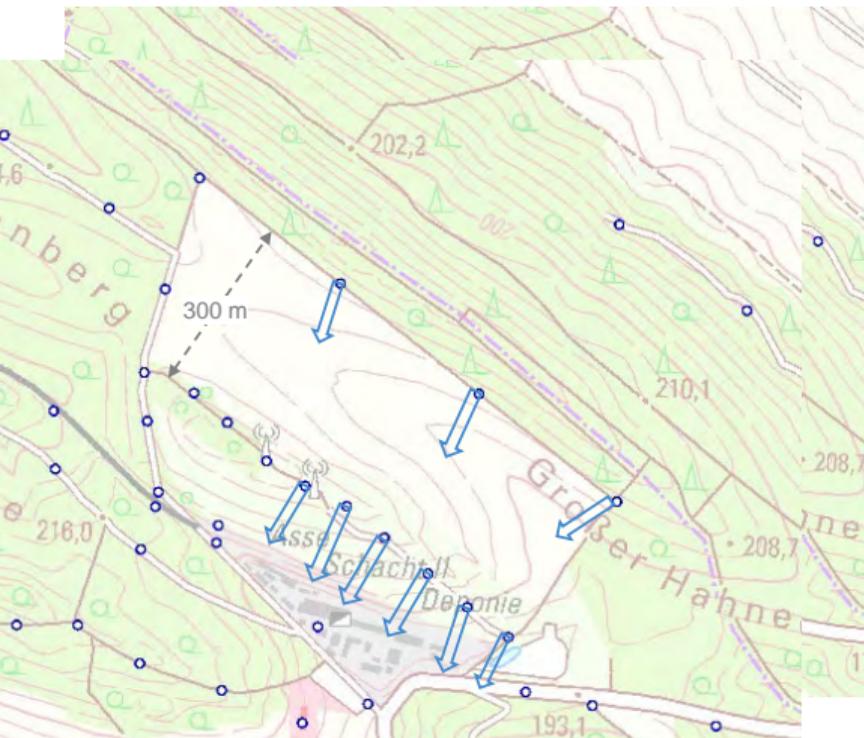
50 mm ←  
55 mm ←

50 mm ←

55 mm ←

# LÄNGENÄNDERUNGEN BEREICH KUHLAGER LÄNGENÄNDERUNGEN BEREICH KUHLAGER

Bereich Kuhlager

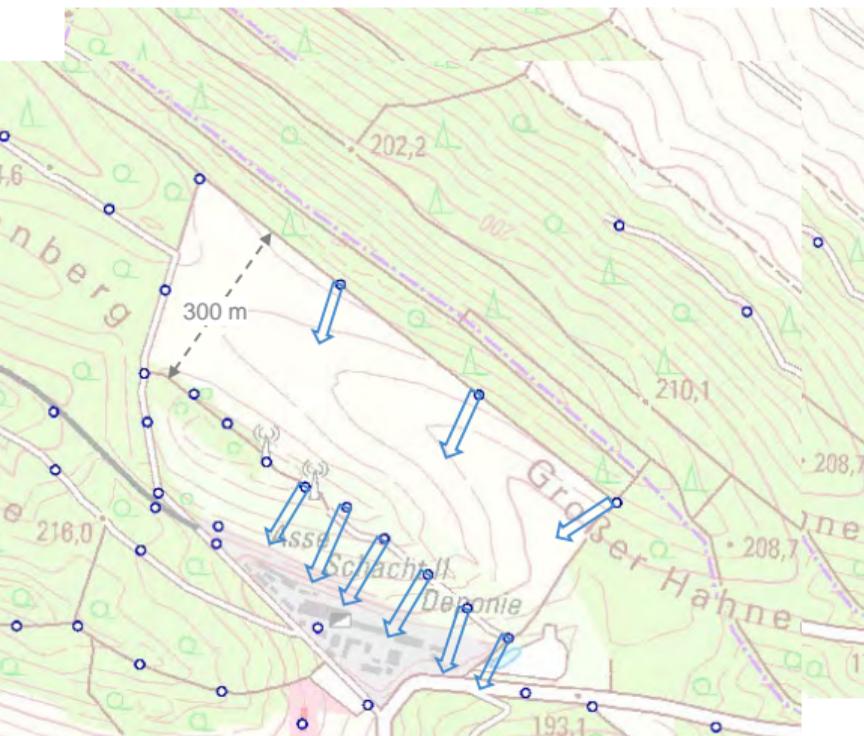


- Bewegungen 2009 bis 2023
- Bewegungen der Jahre 2009 und 2023 haben sich die Punkte nördlich der Fläche um 50 mm, südlich um 55 mm verschoben.
- Zwischen den Jahren 2009 und 2023 haben sich die Punkte nördlich der Fläche um 50 mm, südlich um 55 mm verschoben.
- Die Richtungen der Bewegung sind gleichartig.
- Die Richtungen der Bewegung sind gleichartig.
- Mit dem Abstand der Punkte von etwa 300 m ergibt sich die Längenänderung von ca. 0,02 mm/m.
- Mit dem Abstand der Punkte von etwa 300 m ergibt sich die Längenänderung von ca. 0,02 mm/m.

50 mm ←  
55 mm ←

# LÄNGENÄNDERUNGEN BEREICH KUHLAGER LÄNGENÄNDERUNGEN BEREICH KUHLAGER

Bereich Kuhlager

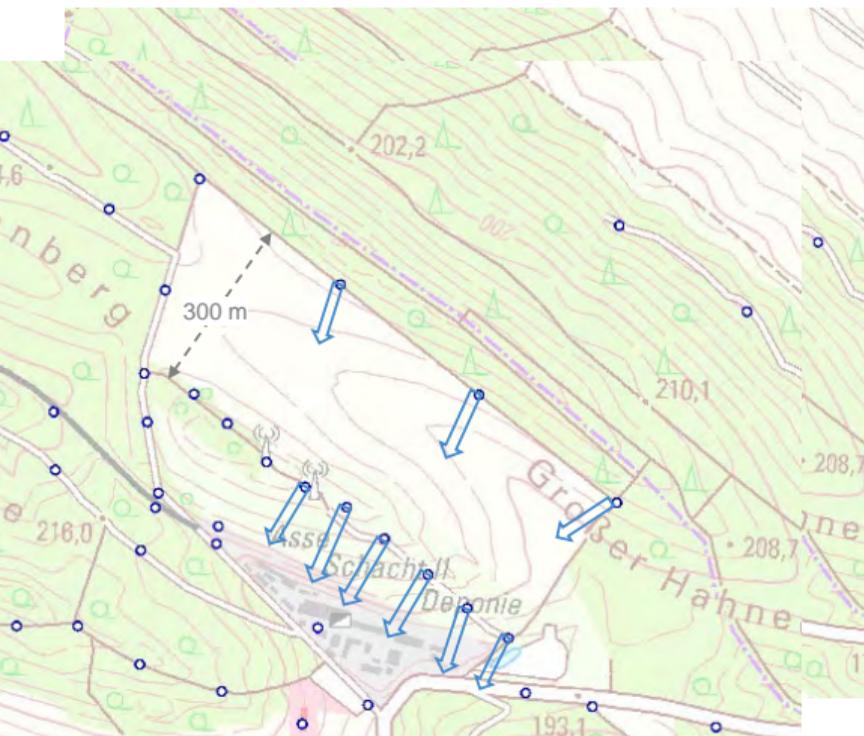


- Bewegungen 2009 bis 2023
- Bewegungen 2009 bis 2023 und 2023 bis 2023
- Bewegungen der Jahre 2009 und 2023 haben sich die Punkte nördlich der Fläche um 50 mm, südlich um 55 mm verschoben.
- Die Richtungen der Bewegung sind gleichartig.
- Die Richtungen der Bewegung sind gleichartig.
- Mit dem Abstand der Punkte von etwa 300 m ergibt sich die Längenänderung von ca. 0,02 mm/m.
- Mit dem Abstand der Punkte von etwa 300 m ergibt sich die Längenänderung von ca. 0,02 mm/m.

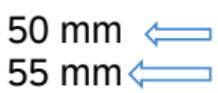


# LÄNGENÄNDERUNGEN BEREICH KUHLAGER LÄNGENÄNDERUNGEN BEREICH KUHLAGER

Bereich Kuhlager

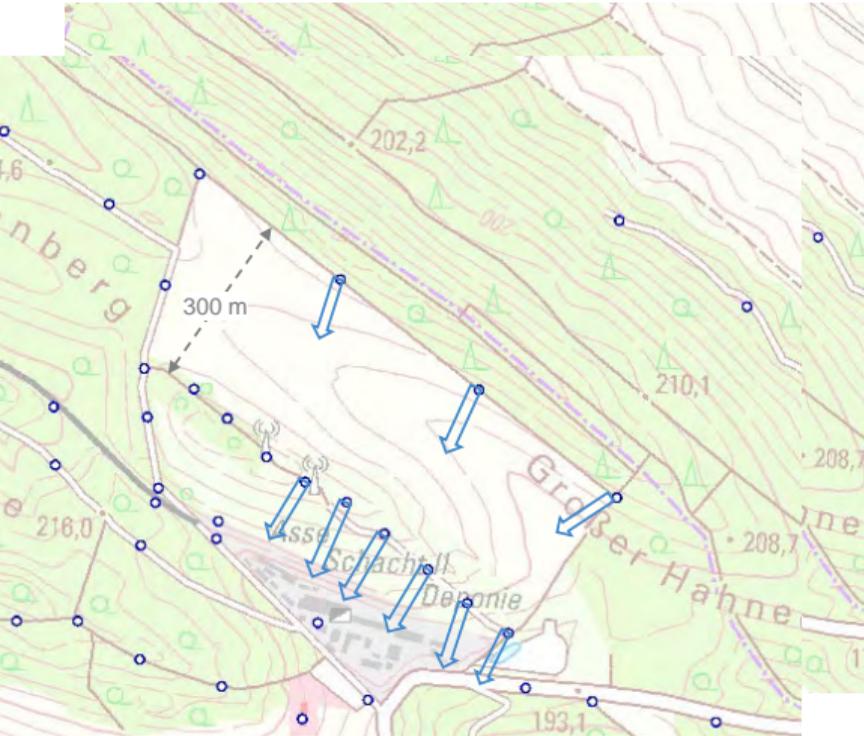


- Bewegungen 2009 bis 2023
- Bewegungen 2009 bis 2023 und 2023 bis 2023
- Zwischen den Jahren 2009 und 2023 haben sich die Punkte nördlich der Fläche um 50 mm südlich um 55 mm verschoben.
- Die Richtungen der Bewegung sind gleichartig.
- Die Richtungen der Bewegung sind gleichartig.
- Mit dem Abstand der Punkte von etwa 300 m ergibt sich die Längenänderung von ca. 0,02 mm/m.
- Mit dem Abstand der Punkte von etwa 300 m ergibt sich die Längenänderung von ca. 0,02 mm/m.



# LÄNGENÄNDERUNGEN BEREICH KUHLAGER LÄNGENÄNDERUNGEN BEREICH KUHLAGER

Bereich Kuhlager



- Bewegungen 2009 bis 2023
- Bewegungen 2009 bis 2023
- sich haben sich die Punkte nördlich der Fläche um 50 mm südlich um 55 mm verschoben.
- Die Richtungen der Bewegung sind gleichartig.
- Die Richtungen der Bewegung sind gleichartig.
- Mit dem Abstand der Punkte von etwa 300 m ergibt sich die Längenänderung von ca. 0,02 mm/m.
- Mit dem Abstand der Punkte von etwa 300 m ergibt sich die Längenänderung von ca. 0,02 mm/m.



Empfindlichkeits- Kategorie	$T_{Gr}$ [mm/m]	$R_{Gr}$ [km]	$\epsilon_{Gr}$ [mm/m]	$\dot{s}_{Gr}$ [mm/Tag]	$\dot{\epsilon}_{Gr}$ [mm/m/ Tag]	$\Delta s_{Gr}$ [mm]	Beispiele für Bebauung
0	1,0	50	0,5	1	0,005	1	monumentale historische Bauwerke, Dome, Kathedralen, Chemieanlagen, Großkraftwerke
1	2,5	20	1,5	3	0,015	2,5	Industrieanlagen, öffentl. Gebäude, Theater, Kirchen, Bau-Denkmäler, Hochdruckgasleitungen
2	5,0	12	3,0	6	0,030	5	gelockerte städt. Bebauung, Bahngleise, Rohrleitungen
3	10,0	6	6,0	12	0,060	10	Flachbauten, Straßen, Kabel
4	15,0	4	9,0	18	0,100	15	gesicherte Bauwerke

Tab. 8.1: Bodenbewegungsgrenzwerte für eine zulässige Objektbeanspruchung in Abhängigkeit von der Empfindlichkeitskategorie (Sroka, 2003)

## Legende

- Schiefelage  $T$  [mm/m]
- Krümmungsradius  $R$  [km]
- horizontale Deformation  $\epsilon$  [mm/m]
- Senkungsgeschwindigkeit  $\dot{s}$  [mm/d]
- Deformationsgeschwindigkeit  $\dot{\epsilon}$  [mm/(m d)]
- Vergleichmäßigung der Senkung  $\Delta s$  [mm]

## VERGLEICH MIT GRENZWERTEN

Empfindlichkeits-Kategorie	$T_{Gr}$ [mm/m]	$R_{Gr}$ [km]	$\epsilon_{Gr}$ [mm/m]	$\dot{s}_{Gr}$ [mm/Tag]	$\epsilon_{Gr}$ [mm/m/ Tag]	$\Delta s_{Gr}$ [mm]	Beispiele für Bebauung
0	1,0	50	0,5	1	0,005	1	monumentale historische Bauwerke, Dome, Kathedralen, Chemieanlagen, Großkraftwerke
1	2,5	20	1,5	3	0,015	2,5	Industrieanlagen, öffentl. Gebäude, Theater, Kirchen, Bau-Denkmäler, Hochdruckgasleitungen
2	5,0	12	3,0	6	0,030	5	glockerte städt. Bebauung, Bahnleise, Rohrleitungen
3	10,0	6	6,0	12	0,060	10	Flachbauten, Straßen, Kabel
4	15,0	4	9,0	18	0,100	15	gesicherte Bauwerke

Tab. 8.1: Bodenbewegungsgrenzwerte für eine zulässige Objektbeanspruchung in Abhängigkeit von der Empfindlichkeitskategorie (Sroka, 2003)

### Legende

- Schiefelage  $T$  [mm/m]
- Krümmungsradius  $R$  [km]
- horizontale Deformation  $\epsilon$  [mm/m]
- Senkungsgeschwindigkeit  $\dot{s}$  [mm/d]
- Deformationsgeschwindigkeit  $\dot{\epsilon}$  [mm/(m d)]
- Vergleichmäßigung der Senkung  $\Delta s$  [mm]

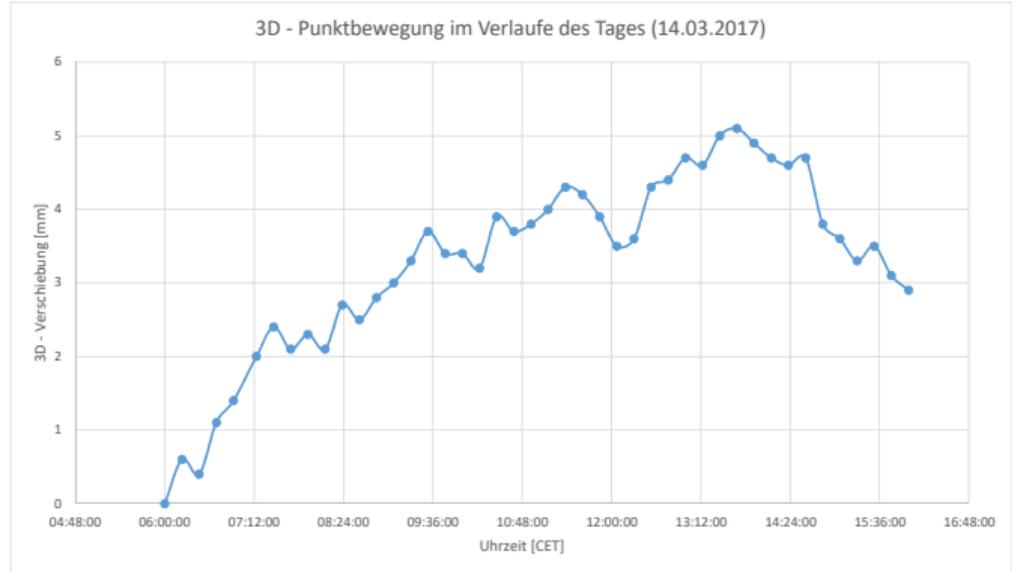
– Schiefelage  $T$  = 0,02mm/m

– Horizontale Deformation  $\epsilon$  = 0,2 mm/m

– Senkungsgeschwindigkeit  $\dot{s}$  = 3 mm/a

# BEISPIEL

Punktbewegungen über den Tagesverlauf



Quelle: Menge, F.: Studie zum Einsatz moderner Sensoren mit der Software 4D-Control; Studienarbeit, Hrsg. Institut für Markscheidereiwesen und Geodäsie, Freiberg, 2017

# BODENBEWEGUNGEN AN KUHLAGER

Zusammenfassung



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

# BODENBEWEGUNGEN AN KUHLAGER

## Zusammenfassung



- Schiefelage und horizontale Deformation im Bereich des Kaliabbaufeldes (üT Kuhlager) weit unterhalb der Bodenbewegungsgrenzwerte.

## 3 Lage- und Höhenmessungen

- Lagemessungen über Tage
- Höhenmessungen über Tage
- Bodenbewegungen am Kuhlager
- **Lagemessungen unter Tage**
- Höhenmessungen unter Tage
- Zusammenfassung und Bewertung



# LAGEMESSUNG UNTER TAGE

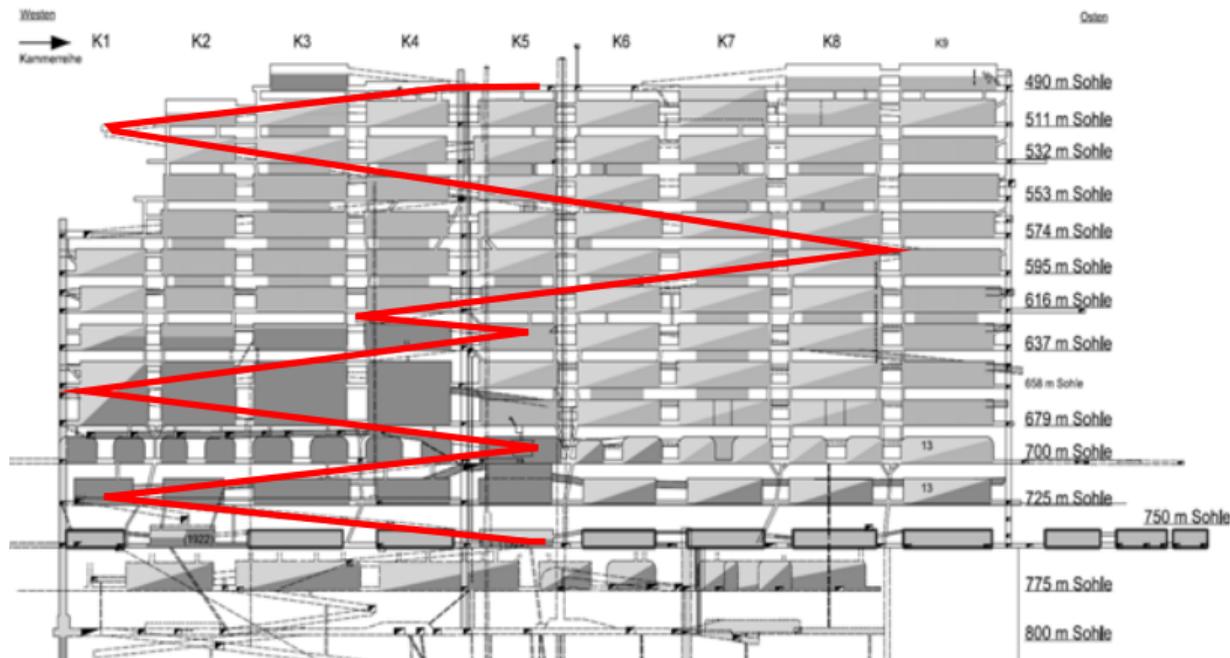
## Polygonzug Wendelstrecke

# LAGEMESSUNGEN UNTER TAGE

Polygonzug Wendelstrecke



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG  
BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG



# LAGEMESSUNG UNTER TAGE

## LAGEMESSUNGEN UNTER TAGE

### Polygonzug 700-m-Sohle



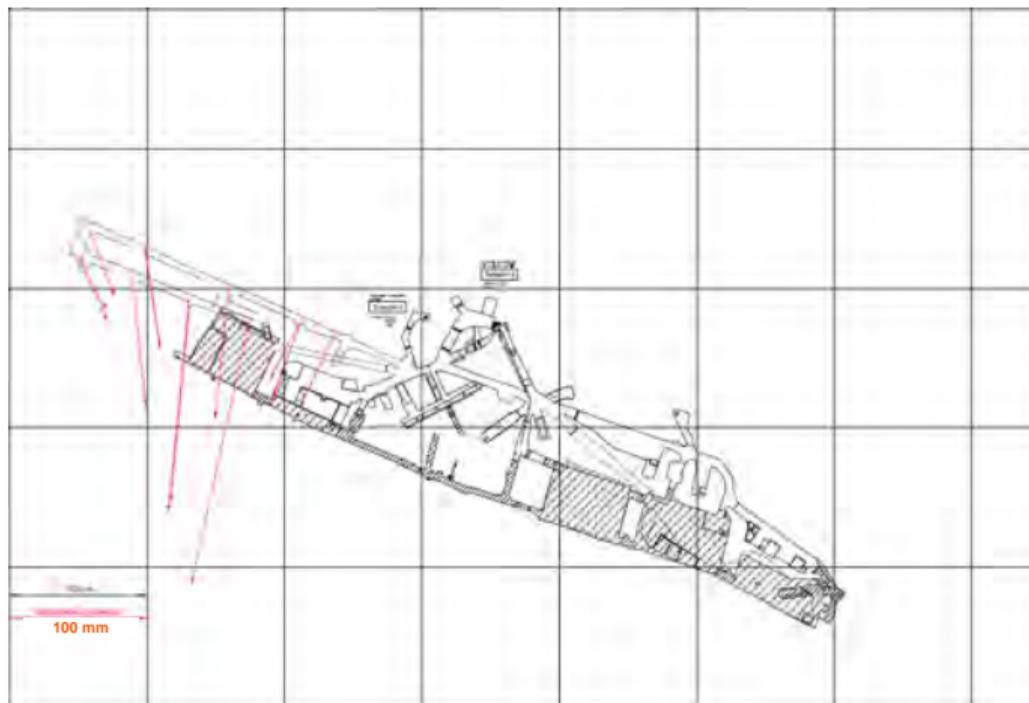
# LAGEMESSUNG UNTER TAGE LAGEMESSUNGEN UNTER TAGE

490-511-532 m Sohle, Wendelstrecke 2009-2023

## Wendelstrecke 2009 - 2023



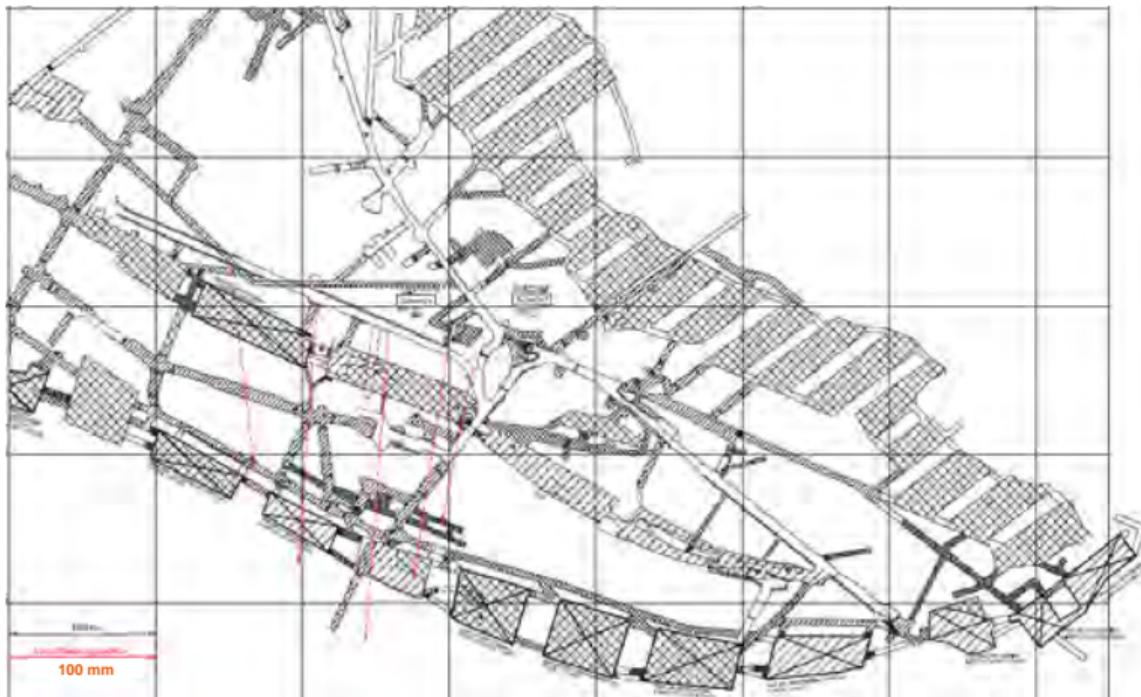
BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG



# LAGEMESSUNG UNTER TAGE

## LAGEMESSUNGEN UNTER TAGE

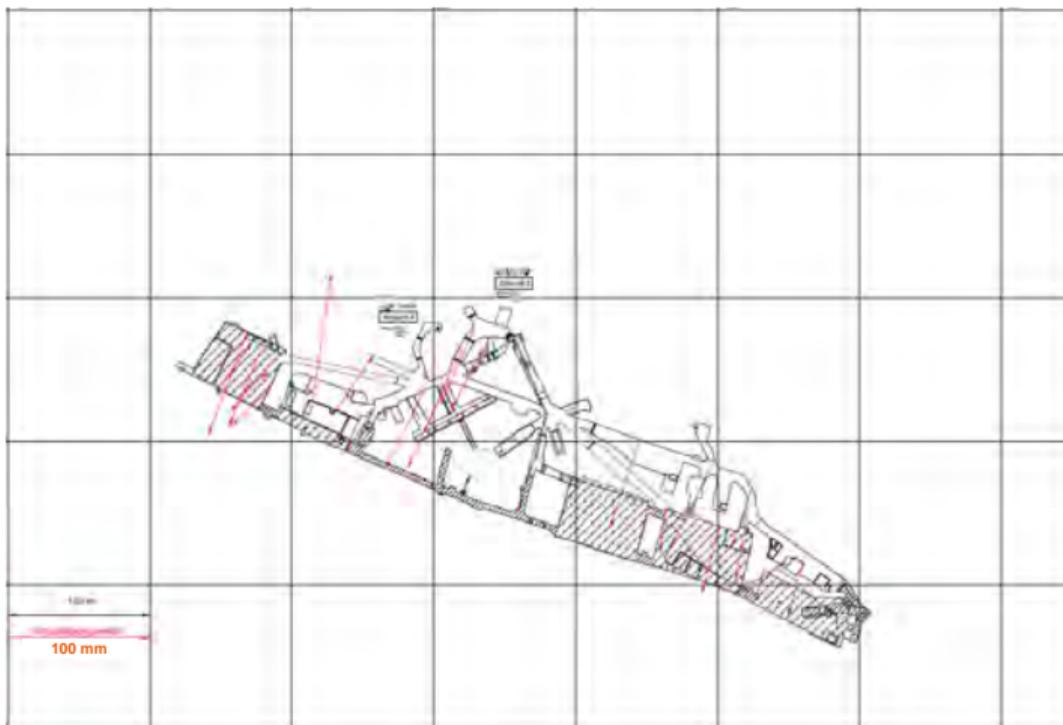
### 750 m Sohle, Wendelstrecke 2009 - 2023



# LAGEMESSUNG UNTER TAGE

## LAGEMESSUNGEN UNTER TAGE

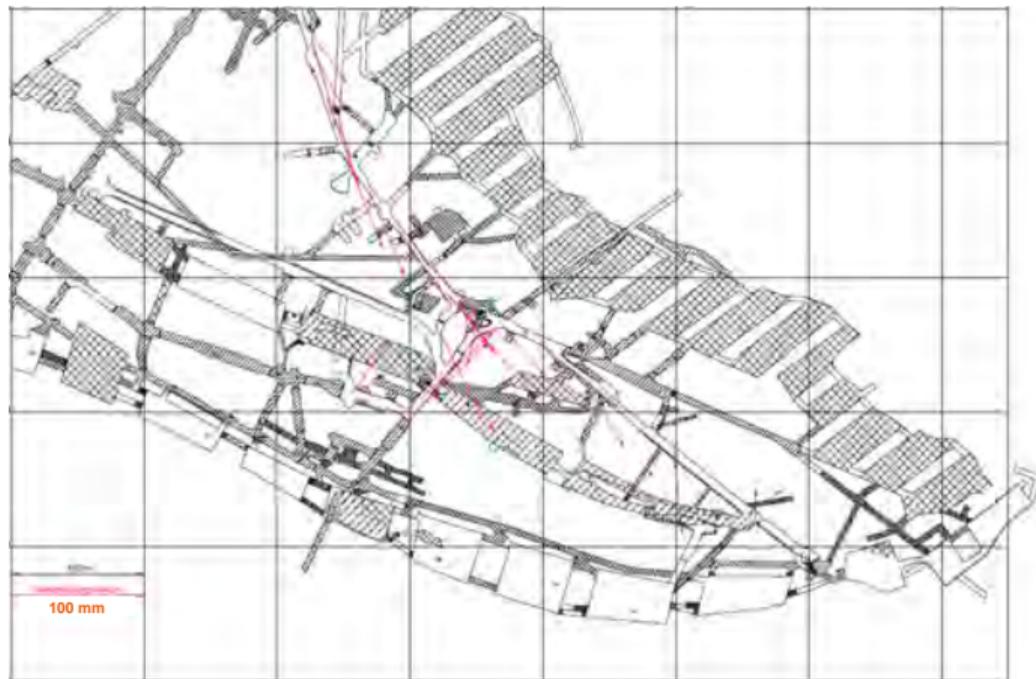
### 490 m Sohle, 2009 – 2023



# LAGEMESSUNG UNTER TAGE

## LAGEMESSUNGEN UNTER TAGE

### 750 m Sohle, 2009 - 2023



# LAGEMESSUNGEN UNTER TAGE

Zusammenfassung



# LAGEMESSUNGEN UNTER TAGE

## Zusammenfassung



- Bewegungen in der Größenordnung der Vorjahre.

# LAGEMESSUNGEN UNTER TAGE

## Zusammenfassung



- Bewegungen in der Größenordnung der Vorjahre.
- Gesamtverschiebung seit 2009 überwiegend im Bereich bis 150 mm.

# LAGEMESSUNGEN UNTER TAGE

## Zusammenfassung



- Bewegungen in der Größenordnung der Vorjahre.
- Gesamtverschiebung seit 2009 überwiegend im Bereich bis 150 mm.
- Ausnahmen (490-/725- und 750-m-Sohle) mit etwa 250 mm in der Wendelstrecke.

# LAGEMESSUNGEN UNTER TAGE

## Zusammenfassung



- Bewegungen in der Größenordnung der Vorjahre.
  - Gesamtverschiebung seit 2009 überwiegend im Bereich bis 150 mm.
  - Ausnahmen (490-/725- und 750-m-Sohle) mit etwa 250 mm in der Wendelstrecke.
- ⇒ **Keine signifikante Änderung, Fortsetzung der Bewegung auf niedrigem Niveau.**

## 3

### Lage- und Höhenmessungen

- Lagemessungen über Tage
- Höhenmessungen über Tage
- Bodenbewegungen am Kuhlager
- Lagemessungen unter Tage
- **Höhenmessungen unter Tage**
- Zusammenfassung und Bewertung

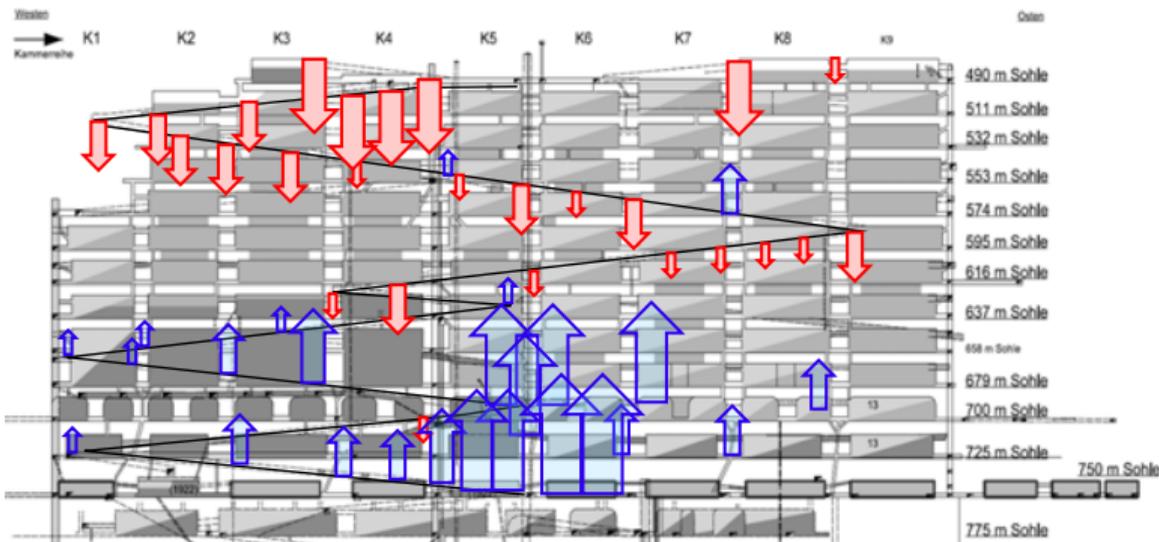
# HÖHENMESSUNG UT

## Schnitt 1, Beobachtungszeitraum von 2009 bis 2023



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

CHAFT  
ING



bis 50  
mm



bis 100  
mm



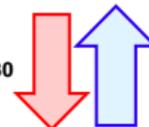
bis 150  
mm



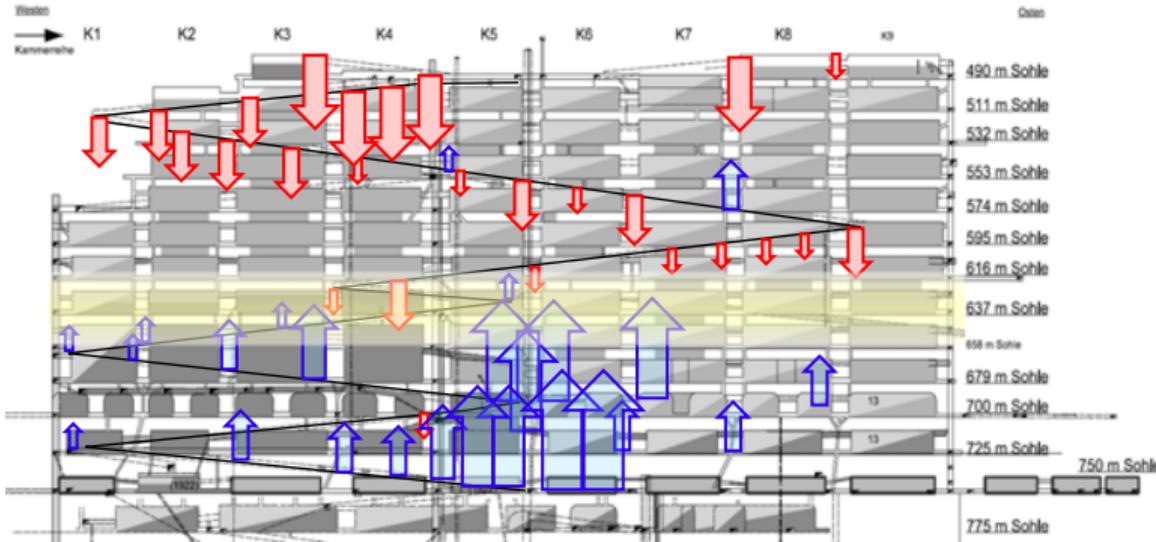
bis 200  
mm



Bis 230  
mm



# HÖHENMESSUNG UT HOHENMESSUNGEN UNTER TAGE Schritt 1, Beobachtungszeitraum von 2009 bis 2023



bis 50 mm



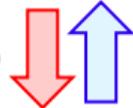
bis 100 mm



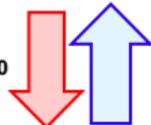
bis 150 mm



bis 200 mm



Bis 230 mm





# HÖHENMESSUNGEN UNTER TAGE

## Zusammenfassung

Im Beobachtungszeitraum von 2009 bis 2023:

- Langfristiger Senkungstrend ist im Bereich 490-m-Sohle bis 637-m-Sohle zu erkennen, während ein durchgängiger Hebungstrend im Bereich 658-m-Sohle bis 750-m-Sohle aufgewiesen wird.

## 3 Lage- und Höhenmessungen

- Lagemessungen über Tage
- Höhenmessungen über Tage
- Bodenbewegungen am Kuhlager
- Lagemessungen unter Tage
- Höhenmessungen unter Tage
- Zusammenfassung und Bewertung

# ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG



## ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG



- Das Baufeld der Südflanke ist bestimmend für die maximalen Bewegungen bei **Lage- und Höhenmessungen über und unter Tage.**

## ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG

- Das Baufeld der Südflanke ist bestimmend für die maximalen Bewegungen bei **Lage- und Höhenmessungen über und unter Tage.**
- Übertägige **Lageänderungen** gleichbleibend im Trend der Vorjahre.

## ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG

- Das Baufeld der Südflanke ist bestimmend für die maximalen Bewegungen bei **Lage- und Höhenmessungen über und unter Tage**.
- Übertägige **Lageänderungen** gleichbleibend im Trend der Vorjahre.
- Die **Höhenmessungen über Tage** zeigen, dass sich die Senkungen über die Schachanlage Asse II im langjährigen Trend fortsetzen. Die maximale Senkung liegt bei 7 mm/a im Bereich der Südflanke.

## ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG

- Das Baufeld der Südflanke ist bestimmend für die maximalen Bewegungen bei **Lage- und Höhenmessungen über und unter Tage**.
- Übertägige **Lageänderungen** gleichbleibend im Trend der Vorjahre.
- Die **Höhenmessungen über Tage** zeigen, dass sich die Senkungen über die Schachtanlage Asse II im langjährigen Trend fortsetzen. Die maximale Senkung liegt bei 7 mm/a im Bereich der Südflanke.
- **Lagemessungen unter Tage** zeigen keine signifikante Änderung, die Bewegungen setzen sich auf niedrigem Niveau fort.

## ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG

- Das Baufeld der Südflanke ist bestimmend für die maximalen Bewegungen bei **Lage- und Höhenmessungen über und unter Tage**.
- Übertägige **Lageänderungen** gleichbleibend im Trend der Vorjahre.
- Die **Höhenmessungen über Tage** zeigen, dass sich die Senkungen über die Schachanlage Asse II im langjährigen Trend fortsetzen. Die maximale Senkung liegt bei 7 mm/a im Bereich der Südflanke.
- **Lagemessungen unter Tage** zeigen keine signifikante Änderung, die Bewegungen setzen sich auf niedrigem Niveau fort.
- **Höhenmessungen unter Tage** im gesamten Beobachtungszeitraum von 2009 bis 2023 lassen einen gleichbleibenden Trend zu erkennen.

# ÜBERBLICK

Teil 01

- 1 Einleitung
- 2 Belastungssituation
- 3 Lage- und Höhenmessungen
- 4 Verformungsmessungen im Tragsystem**
- 5 Geophysikalische Überwachung
- 6 Lokale Monitoringprogramme

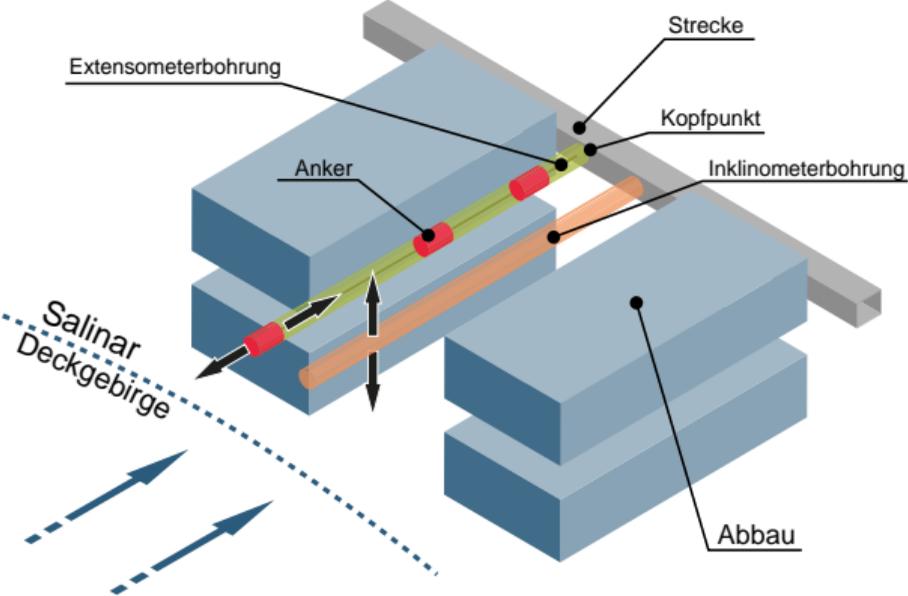
## 4 Verformungsmessungen im Tragsystem

- Extensometermessungen
- Inklinometermessungen und visuelle Beobachtungen in den Pfeilern
- Verschiebungsvektor Südflanke
- Konvergenzmessungen

# EXTENSOMETERMESSUNGEN

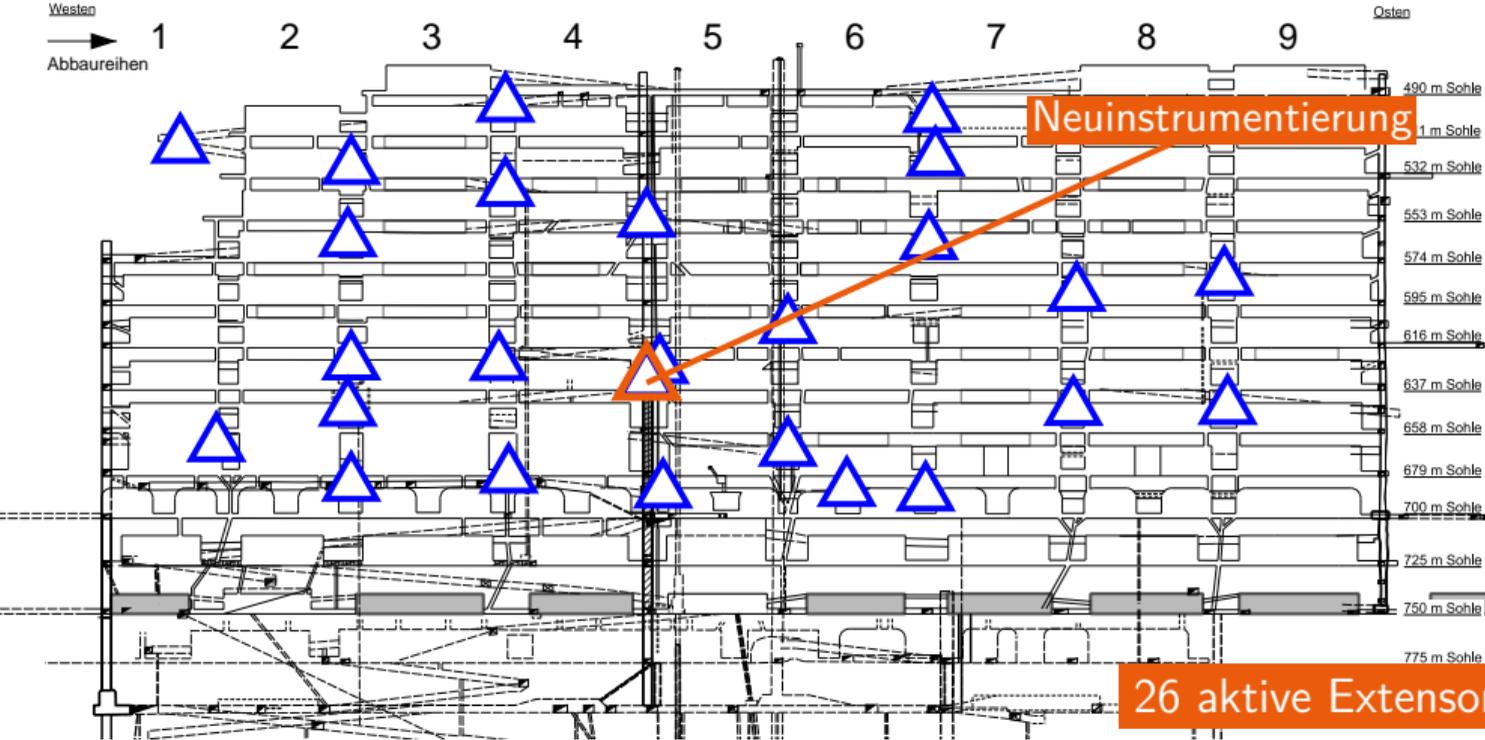
Messungen in den Pfeilern am Baufeld an der Südflanke

- Relativverschiebungen zwischen Ankern und Kopfpunkt entlang einer Bohrlochachse
- Ableitung der horizontalen Pfeilerstauchungsrate in ca. Nord-Süd-Richtung
- Ableitung einer vertikalen Bewegung anhand Inklinometermessungen
- Interaktion zwischen Deckgebirge und Abbaukante auf die Tragelemente des Grubengebäudes



# EXTENSOMETERMESSUNGEN

Messstellenübersicht im Schnitt 1, Stand: 01.01.2024

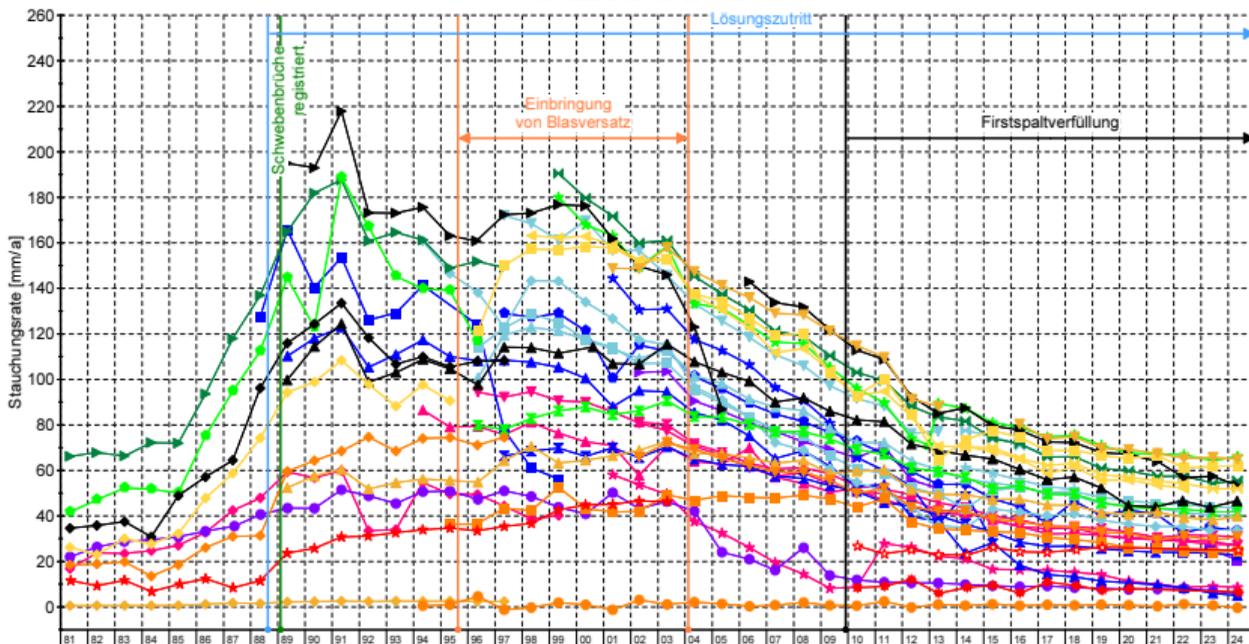


# QUERSCHLÄGIGE PFEILERSTAUCHUNGSRATEN

Jahresscheiben 05/1981 bis 05/2024 in [mm/a]

Pfeilerstauchungsraten

Jahresscheiben 05/1981 - 05/2022



### Legende:

- ★ 490/8-8 [K 8/490]
  - ◆ 4903-4904 [K 3/490]
  - ▲ 4909-49010 [K 8/490]
  - 511/3-4 Brg. 511001 [E]
  - ◇ 511/4-5 [E]
  - ▽ 511/6-7 Brg. 511002 [E]
  - ◊ 511/532 Brg. Brl. 119/532 [E]
  - ▲ 574/2-3 Brg. 574003 [E]
  - ◆ 574/4-5 [E]
  - ▲ 574/6-7 Brg. 574004 [E]
  - ◆ 595/7-8 Brg. 595001 [E]
  - ▲ 595/7-8 Brg. 595005 [E]
  - ◆ 595/8-9 Brg. 595002 [E]
  - ▲ 616/5-6 Brg. 616002 [E]
  - ◆ 658/2-3 Brg. 658005 [E]
  - ▲ 658/3-4 Brg. 658004 [E]
  - ◆ 658/3-4 Brg. 658010 [E]
  - ▲ 658/7-8 Brg. 658008 [E]
  - ◆ 658/8-9 Brg. 658009 [E]
  - ▲ 679/1-2 Brg. 679003 [E]
  - ◆ 679/3-4 Brg. 679005 [E]
  - ▲ 532/2-3 Brg. 532013 [E]
  - ◆ 532/4-5 [E]
  - ▲ 532/6-7 Brg. 532016 [E]
  - ◆ 553/3-4 Brg. 553009 [E]
  - ▲ 553/4-5 Brg. 553008A [E]
  - ◆ 553/4-5 Brg. 553011 [E]
  - ▲ 553/4-5 Brg. 553013 [E]
  - ◆ 616/5-6 Brg. 616004 [E]
  - ▲ 637/2-3 Brg. 637004 [E]
  - ◆ 637/3-4 Brg. 637005 [E]
  - ▲ 637/4-5 Brg. 637003 [E]
  - ◆ 637/4-5 Brg. 637008 [E]
  - ▲ 637/6-7 Brg. 637007 [E]
  - ◆ 637/6-7 Brg. 637012 [E]
  - ▲ 679/5-6 Brg. 679004 [E]
  - ◆ 700/Abt6(11-12) Brg. 700003 [E]
  - ▲ 700/2-3(4-5) Brg. 700002
  - ◆ 700/4-5(8-9/10) Brg. 700001 [E]
  - ▲ 700/4-5(8-9/10) Brg. 700005 [E]
  - ◆ 700/6-7(12-13) Brg. 700004 [E]
- (E) = Extensometer querschlägig  
 (K) = Konvergenzmessstelle (horizontal)

- ★ 490/8-8 [K 8/490]
- ▲ 532/2-3 Brg. 532013 [E]
- ▲ 574/2-3 Brg. 574003 [E]
- ▲ 616/5-6 Brg. 616004 [E]
- ▲ 658/2-3 Brg. 658005 [E]
- ▲ 679/5-6 Brg. 679004 [E]
- ◆ 4903-4904 [K 3/490]
- ◆ 532/4-5 [E]
- ◆ 574/4-5 [E]
- ◆ 637/2-3 Brg. 637004 [E]
- ▲ 658/3-4 Brg. 658004 [E]
- ▲ 700/Abt6(11-12) Brg. 700003 [E]
- ▲ 511/3-4 Brg. 511001 [E]
- ▲ 532/6-7 Brg. 532016 [E]
- ▲ 553/3-4 Brg. 553009 [E]
- ▲ 553/4-5 Brg. 553008A [E]
- ▲ 553/4-5 Brg. 553011 [E]
- ▲ 553/4-5 Brg. 553013 [E]
- ▲ 616/5-6 Brg. 616004 [E]
- ▲ 637/2-3 Brg. 637004 [E]
- ▲ 637/3-4 Brg. 637005 [E]
- ▲ 637/4-5 Brg. 637003 [E]
- ▲ 637/4-5 Brg. 637008 [E]
- ▲ 637/6-7 Brg. 637007 [E]
- ▲ 637/6-7 Brg. 637012 [E]
- ▲ 679/5-6 Brg. 679004 [E]
- ▲ 700/Abt6(11-12) Brg. 700003 [E]
- ▲ 700/2-3(4-5) Brg. 700002
- ▲ 700/4-5(8-9/10) Brg. 700001 [E]
- ▲ 700/4-5(8-9/10) Brg. 700005 [E]
- ▲ 700/6-7(12-13) Brg. 700004 [E]



# ENTWICKLUNG DER PFEILERSTAUCHUNGSRATEN

automatisch registrierende Extensometer für die Jahre 2022 und 2023



## Westflügel

	2022	2023	Delta
wAbb2-532	-0,4	0,4	+0,8
1/2-679	6,9	6,2	-0,7
2/3-532	38,7	37,9	-0,8
2/3-574	44,3	45,4	+1,2
2/3-637	40,8	39,8	-1,0
2/3-658	6,7	5,4	-1,2
2/3(4/5)-700	28,1	27,0	-1,1
3/4-511	20,8	21,5	+0,7
3/4-553	59,7	60,0	+0,3
3/4-637	44,5	43,0	-1,5
3/4-679	24,7	24,8	+0,1

Rückgang   
 Anstieg

## Ostflügel

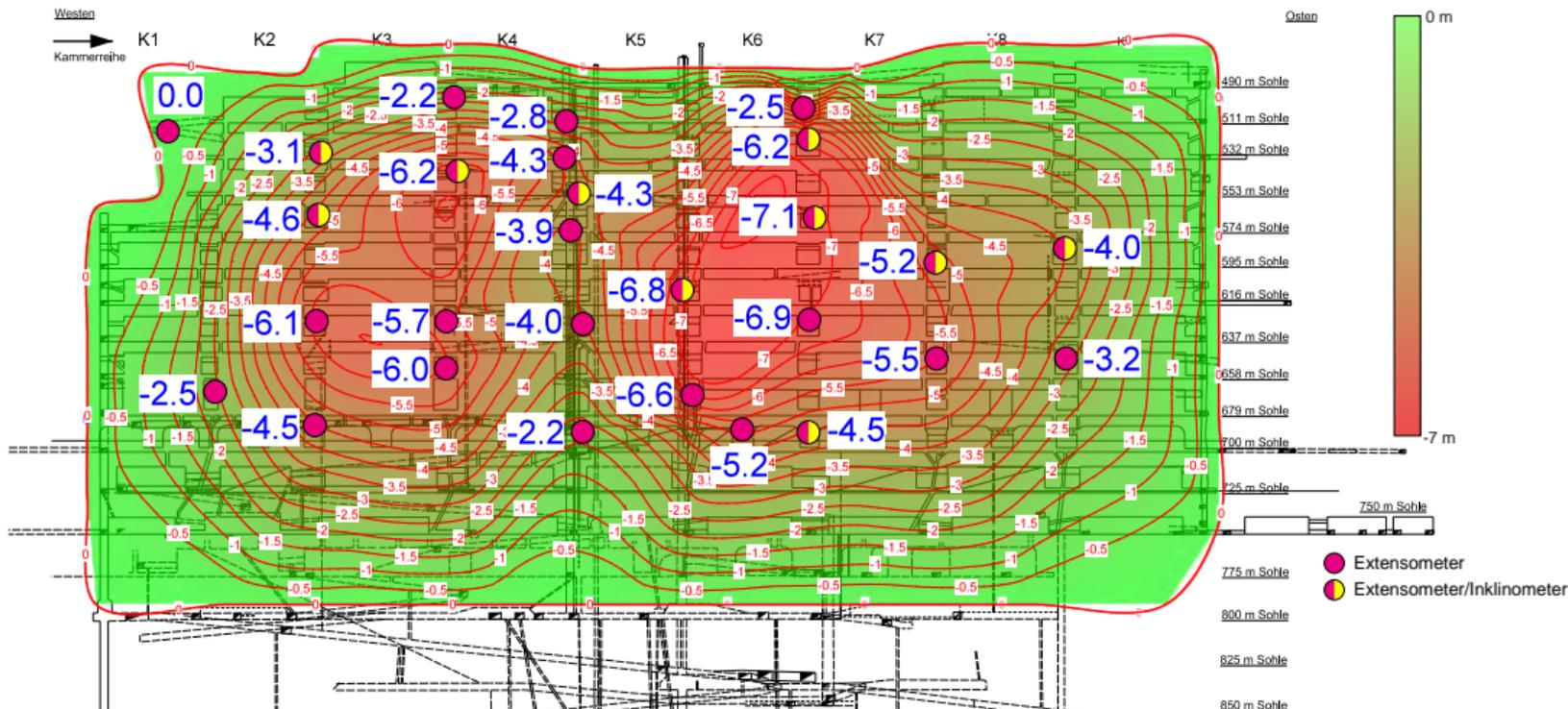
	2022	2023	Delta
5/6-616	55,5	53,0	-2,5
5/6-679	30,0	24,2	-5,8
Abr6-700	31,3	29,5	-1,8
6/7-511	27,9	27,8	-0,1
6/7-532	64,0	63,1	-0,9
6/7-574	58,6	51,4	-7,2
6/7(11/13)-700	28,4	26,9	-1,5
7/8-595	64,6	62,7	-1,9
7/8-658	34,9	33,7	-1,2
8/9-595	40,4	38,4	-2,0
8/9-658	23,7	22,6	-1,1

⇒ Im Bereich des Hauptpfeilers (4/5) Rückgang um -0,1 mm/a bis -2,9 mm/a

# EXTENSOMETERMESSUNGEN

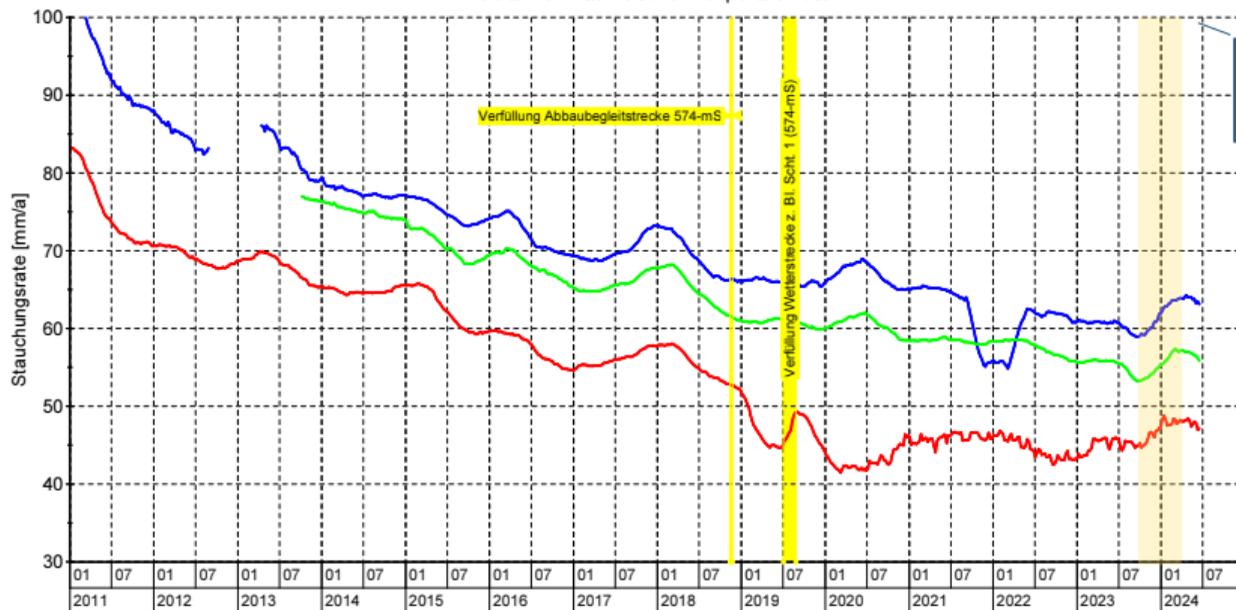
Abschätzung der integralen Pfeilerstauchung bis Ende 2023

Isolinienkarte der Abschätzung der integralen Pfeilerstauchung in (m) von Ende der Auffahrung bis Ende 2023



# STAUCHUNGSRATEN IM WESTFLÜGEL

Pfeilerstauchungsraten Maximum im Westflügel  
 Gleitender Mittelwert über die quartale Raten



Beobachtungszeitraum  
 01.10.2023 bis  
 31.03.2024

## Legende:

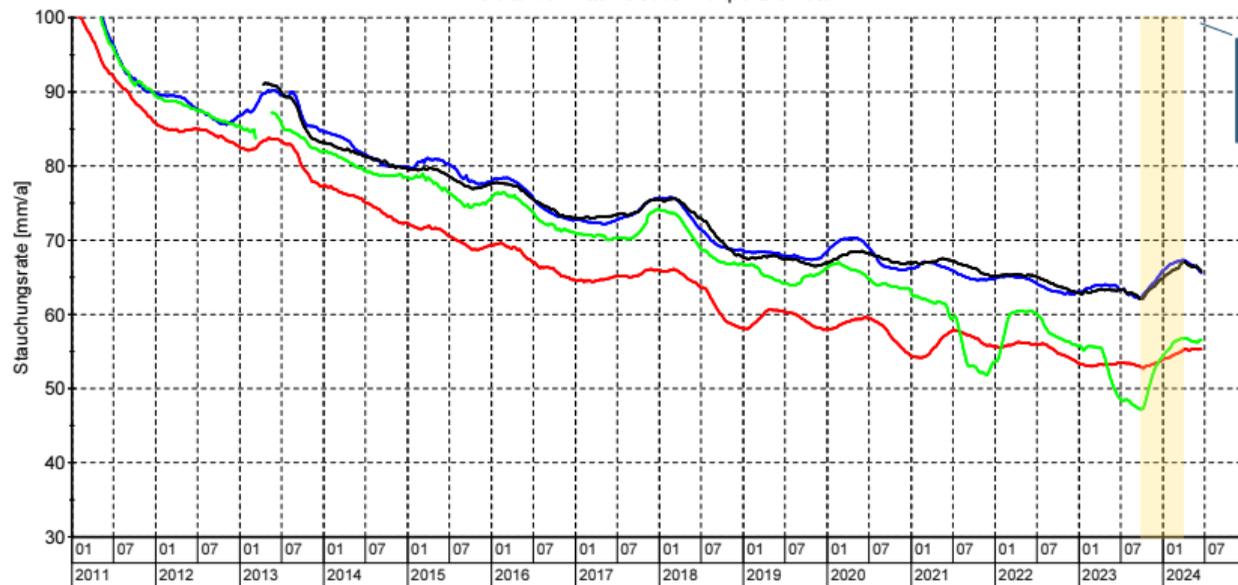
- 2/3-574
- 3/4-553
- 4/5-553 (Beton)

Symbol	Messstelle	Sohle	Pfeiler	Bohrung	Teufe*	Zeitraum
—	MFA 490-TA1506	574-m-Sohle	2/3	574003	52,6 m	04.01.2009 - 16.06.2024
—	MFA 490-TA1504	553-m-Sohle	3/4	553009	58,9 m	04.01.2009 - 16.06.2024
—	MFA 490-TA1516	553-m-Sohle	4/5 (Beton)	553013	49,3 m	04.01.2009 - 16.06.2024

# STAUCHUNGSRATEN IM OSTFLÜGEL

Gleitender Mittelwert über die Quartaleraten [mm/a] Stand: 16.06.2024

Pfeilerstauchungsraten Maximum im Ostflügel  
 Gleitender Mittelwert über die quartale Raten



Beobachtungszeitraum  
 01.10.2023 bis  
 31.03.2024

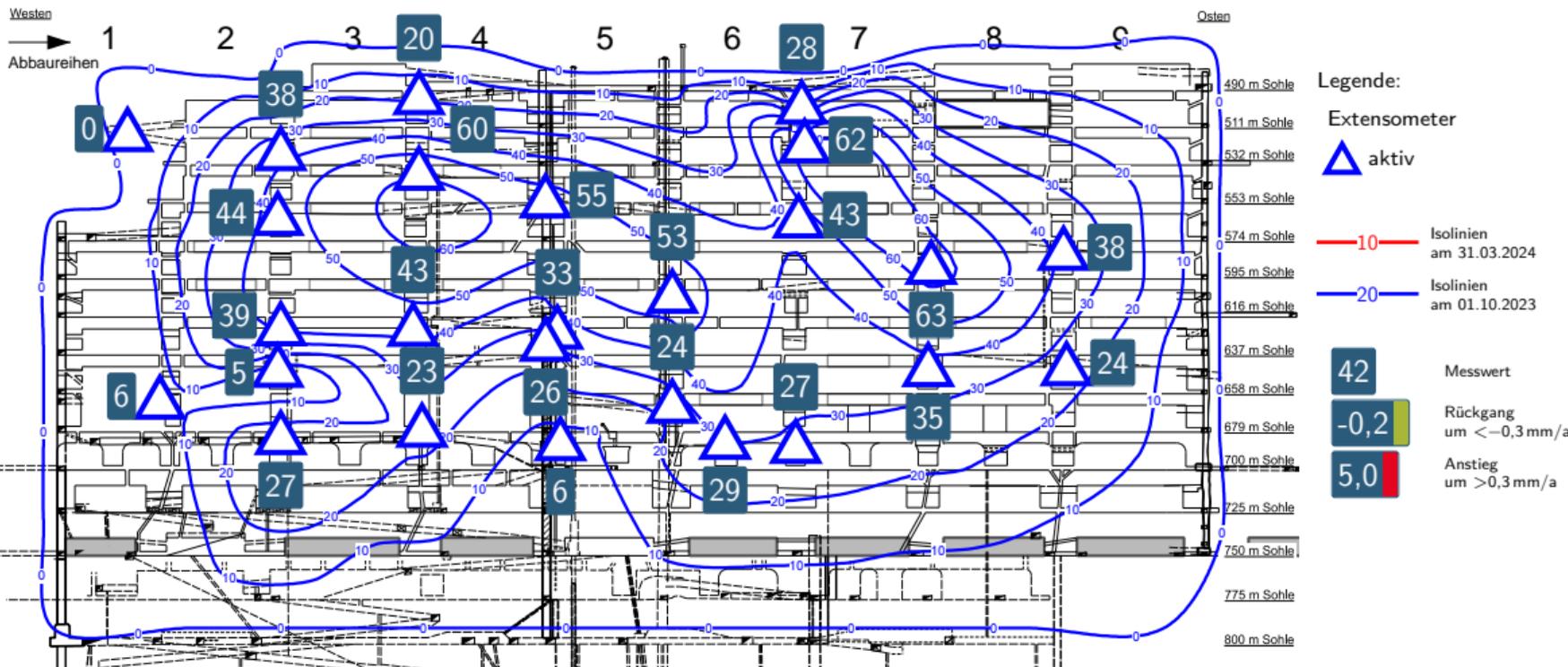
## Legende:

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

Symbol	Messstelle	Sohle	Pfeiler	Bohrung	Teufe*	Zeitraum
—	MFA 490-TA\510	616-m-Sohle	5/6	616004	53,4 m	04.01.2009 - 13.06.2024
—	MFA 490-TA\523	532-m-Sohle	6/7	532016	61,4 m	04.01.2009 - 13.06.2024
—	MFA 490-TA\507	574-m-Sohle	6/7	574004 neu	47,9 m	04.01.2009 - 13.06.2024
—	MFA 490-TA\508	595-m-Sohle	7/8	595005 neu	49,9 m	10.04.2012 - 13.06.2024

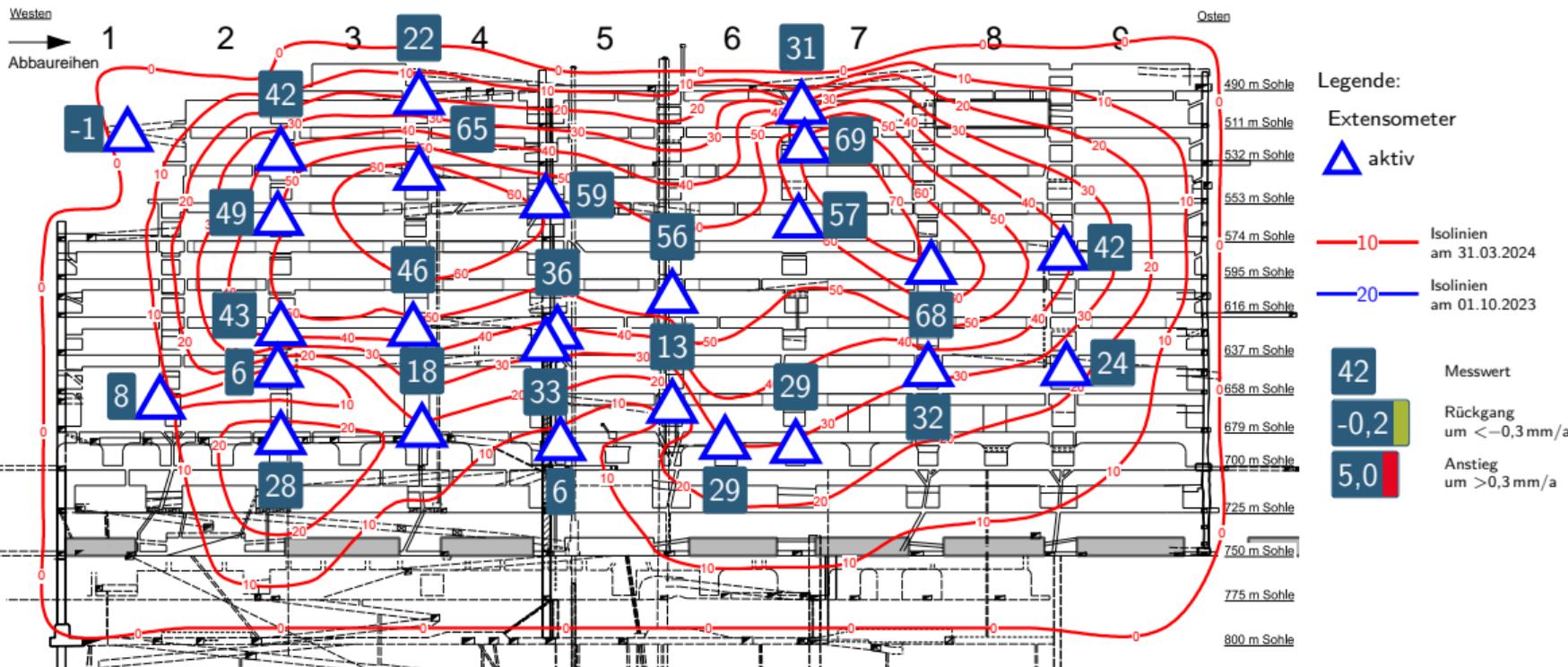
# ISOLINIENDARSTELLUNG

Pfeilerstauchungsraten zum Zeitpunkt 01.10.2023 (Quartalsraten in [mm/a])



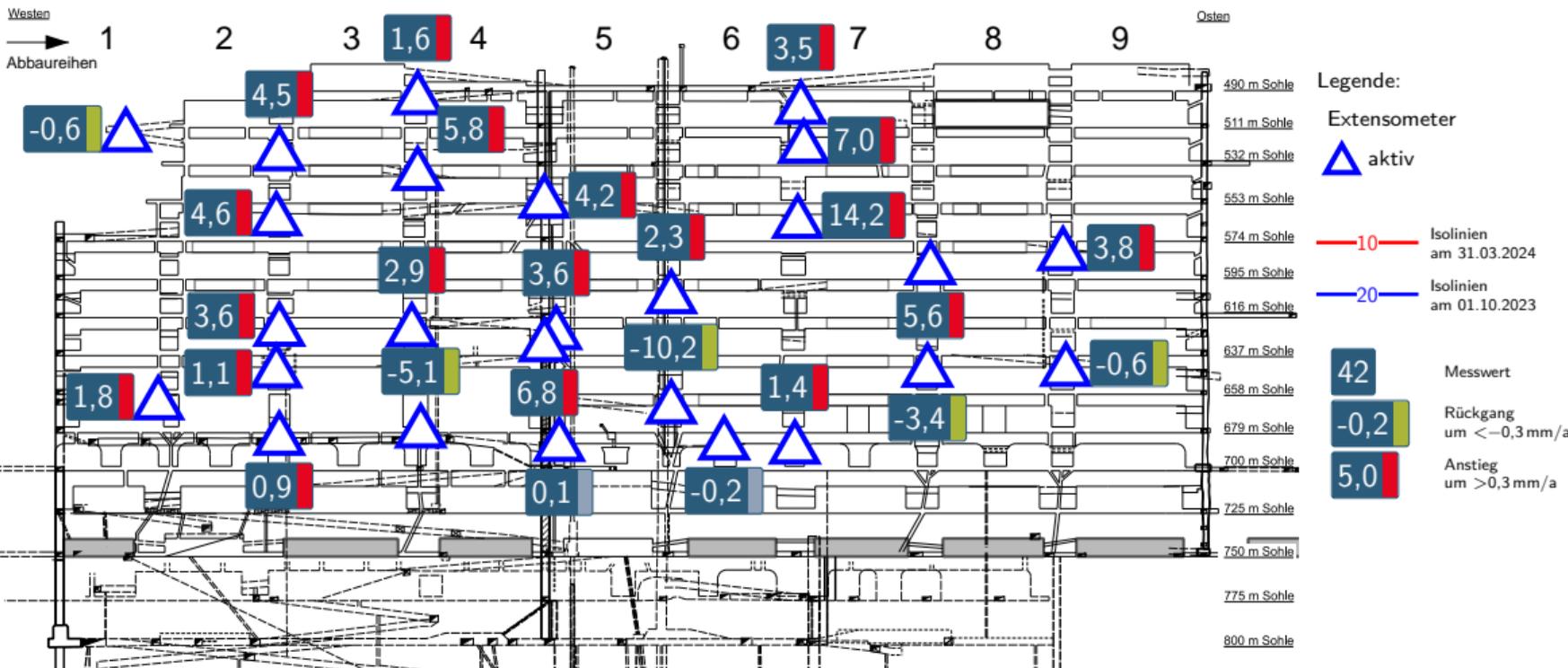
# ISOLINIENDARSTELLUNG

Pfeilerstauchungsraten zum Zeitpunkt 31.03.2024 (Quartalsraten in [mm/a])



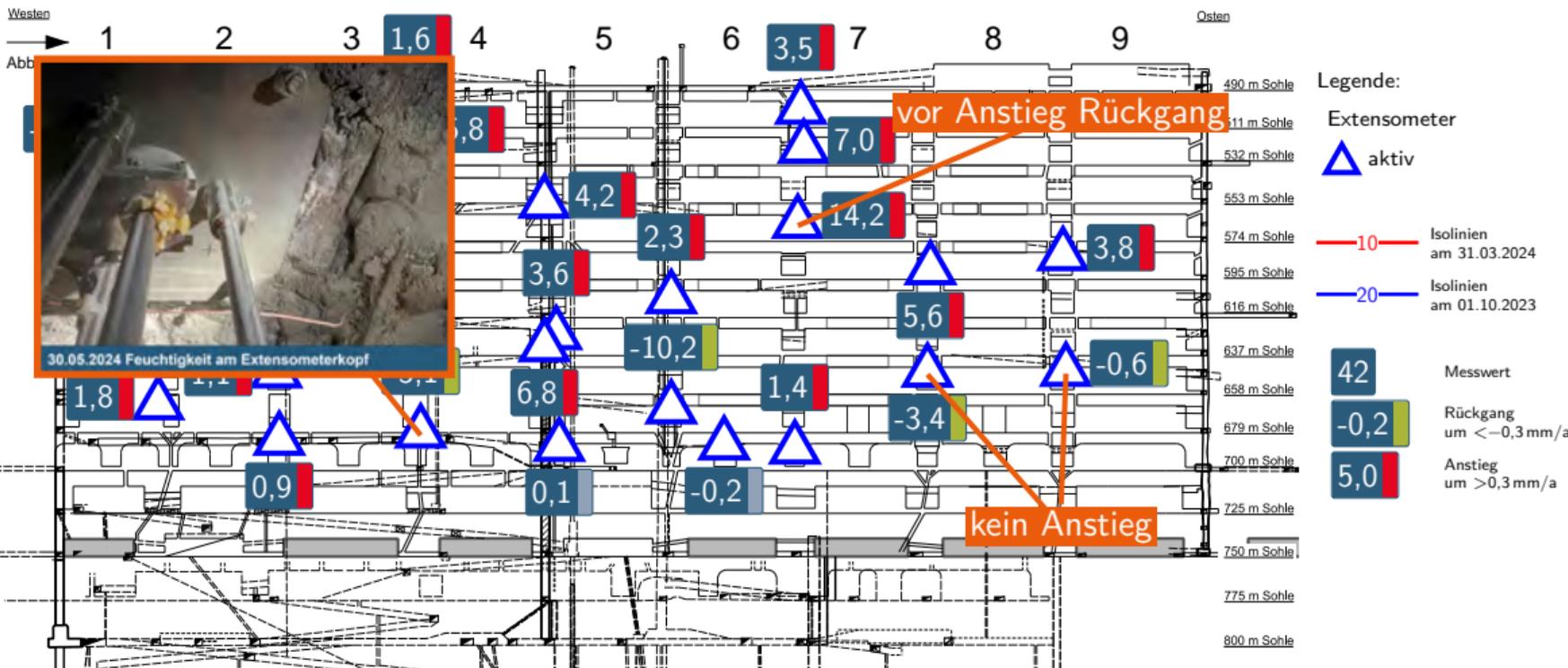
# ISOLINIENDARSTELLUNG

Vergleich der Pfeilerstauchungsraten (Quartalsraten in [mm/a])



# ISOLINIENDARSTELLUNG

Vergleich der Pfeilerstauchungsraten (Quartalsraten in [mm/a])



# ZUSAMMENFASSUNG

## Extensometermessungen

- Im Jahr 2023 insgesamt ein degressiver Verlauf der Pfeilerstauchungsraten zu beobachten
- Die Pfeilerstauchungsraten betragen Ende 2023 maximal ca. 60 mm/a (Pfeilerreihe 3/4, 553-m-Sohle) und ca. 63 mm/a (Pfeilerreihe 6/7, 574-m-Sohle und Pfeilerreihe 7/8, 595-m-Sohle)
- Zwischen September 2023 und März 2024 konnte ein globaler Anstieg der Pfeilerstauchungsraten beobachtet werden

# ZUSAMMENFASSUNG *(Forts.)*

## Extensometermessungen



- Die aktuelle Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten ist degressiv
  - Aktuell betragen die Pfeilerstauchungsraten maximal ca. 63 mm/a (Pfeilerreihe 3/4, 553-m-Sohle) und ca. 66 mm/a (Pfeilerreihe 6/7, 574-m-Sohle und Pfeilerreihe 7/8, 595-m-Sohle) (Quartalsraten)

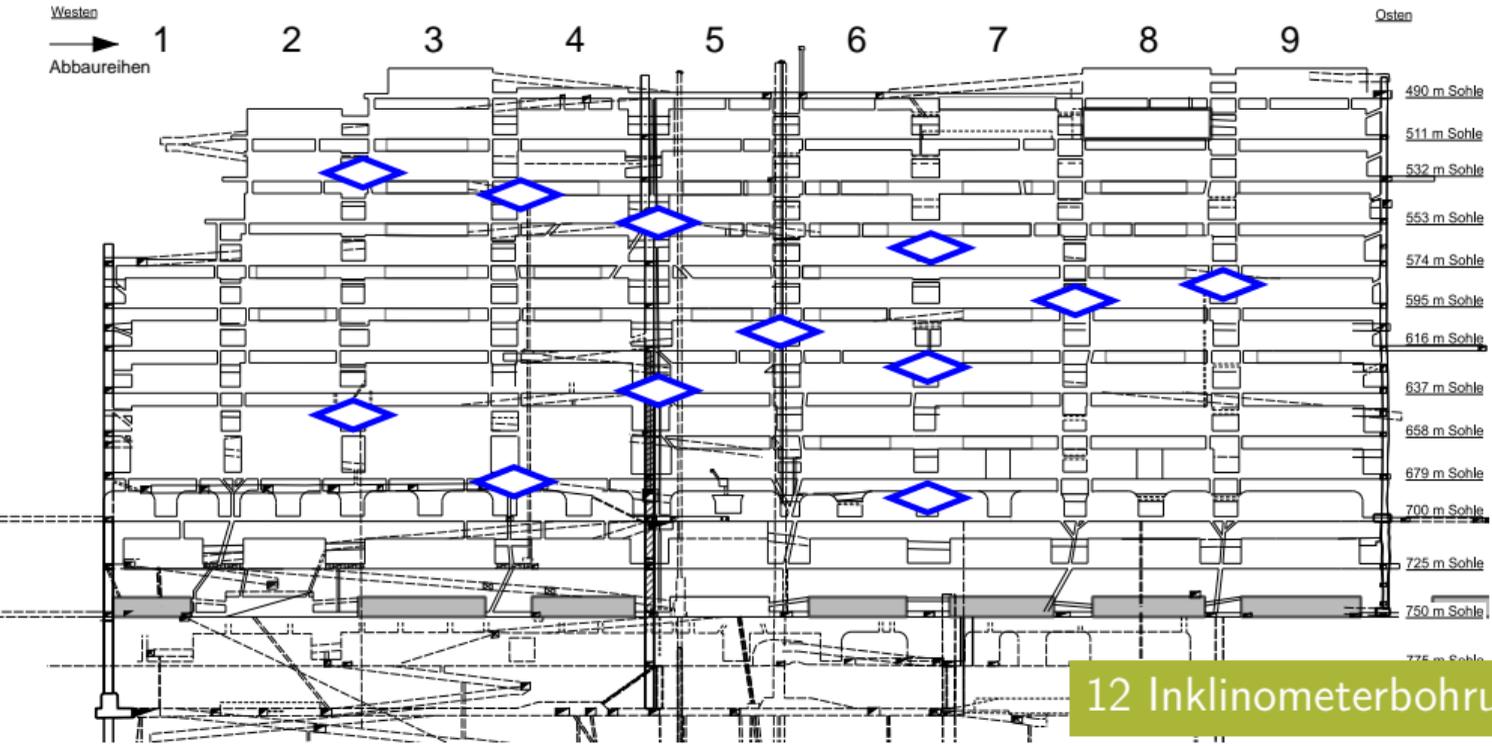
## 4

### Verformungsmessungen im Tragsystem

- Extensometermessungen
- Inklinometermessungen und visuelle Beobachtungen in den Pfeilern
- Verschiebungsvektor Südflanke
- Konvergenzmessungen

# MESSSTELLENÜBERSICHT

## Inklinometerbohrungen im Schnitt 1



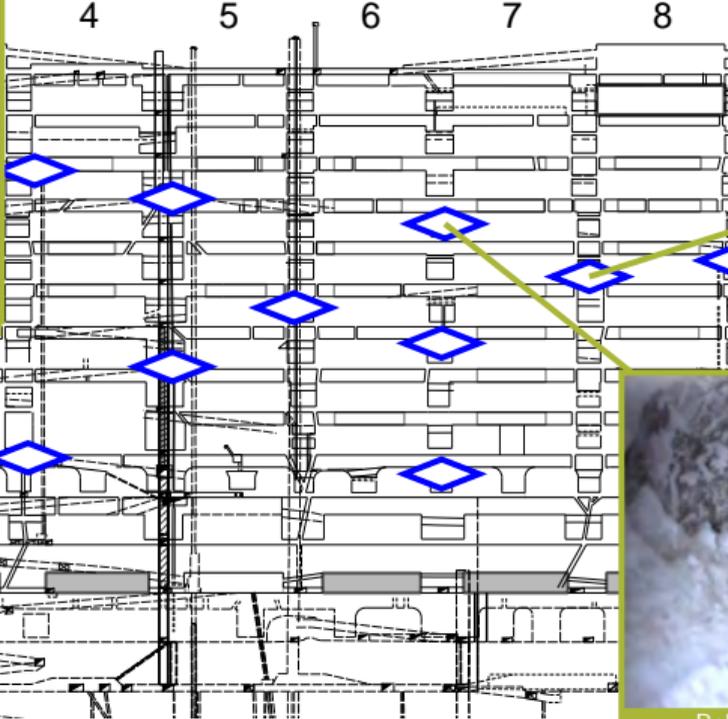
12 Inclinometerbohrungen

# INKLINOMETERBOHRUNGEN

Ergebnisse der visuellen Beobachtungen, Verformungen



Bohrung 658010 bei ca. 14 m



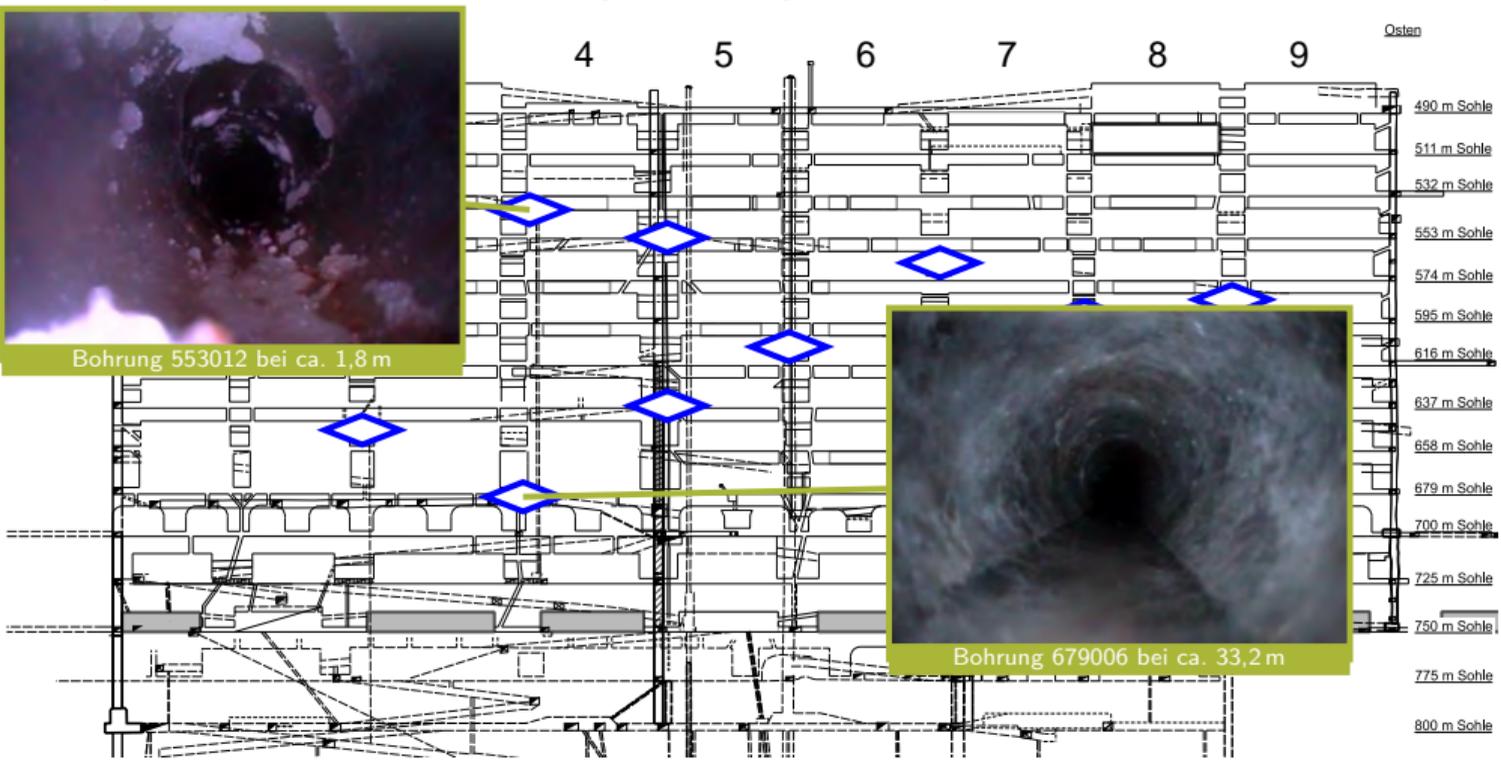
Bohrung 595006 bei ca. 27 m



Bohrung 574007 bei ca. 25 m

# INKLINOMETERBOHRUNGEN

Ergebnisse der visuellen Beobachtungen, Feuchtigkeit

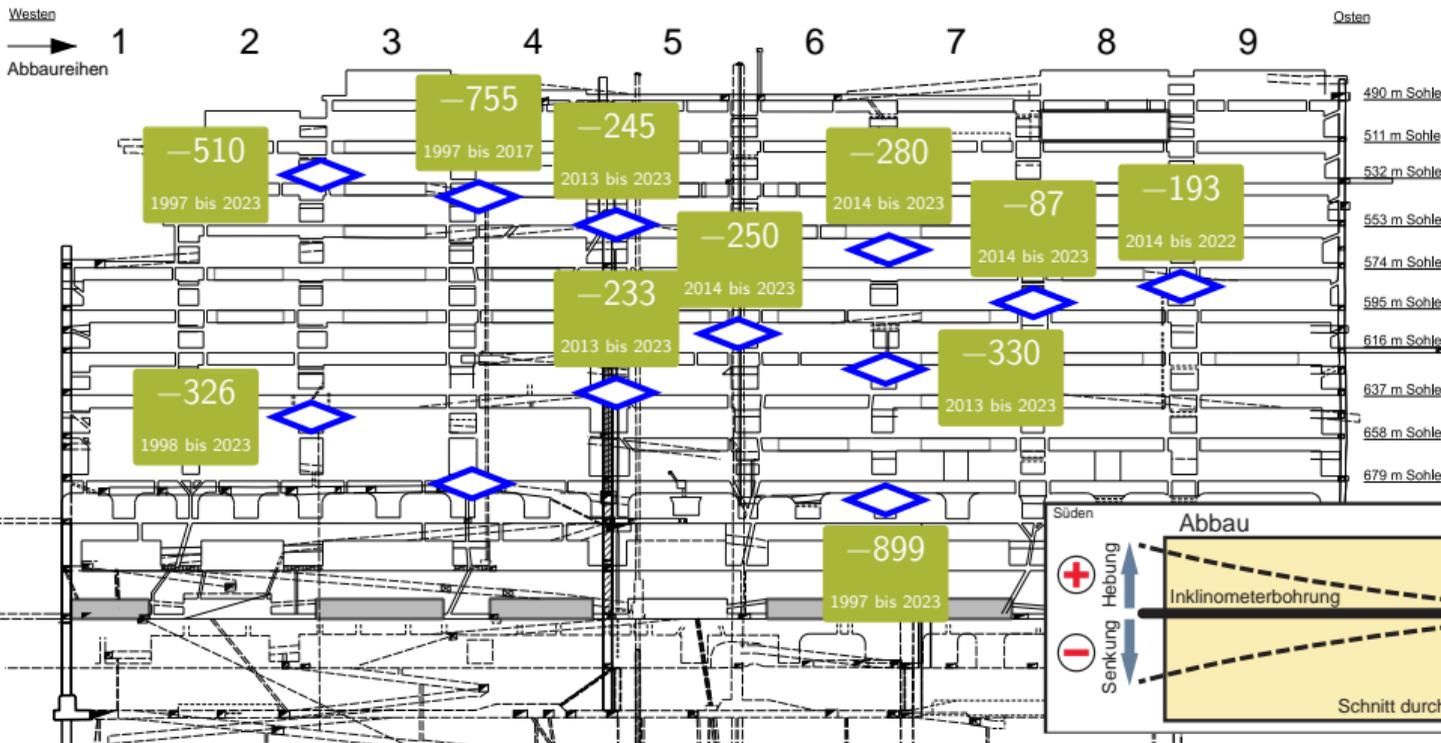


Bohrung 553012 bei ca. 1,8 m

Bohrung 679006 bei ca. 33,2 m

# INKLINOMETERMESSUNGEN

maximale Höhenänderungen in [mm] bis ins Jahr 2023



# INKLINOMETERMESSUNGEN

## Zusammenfassung



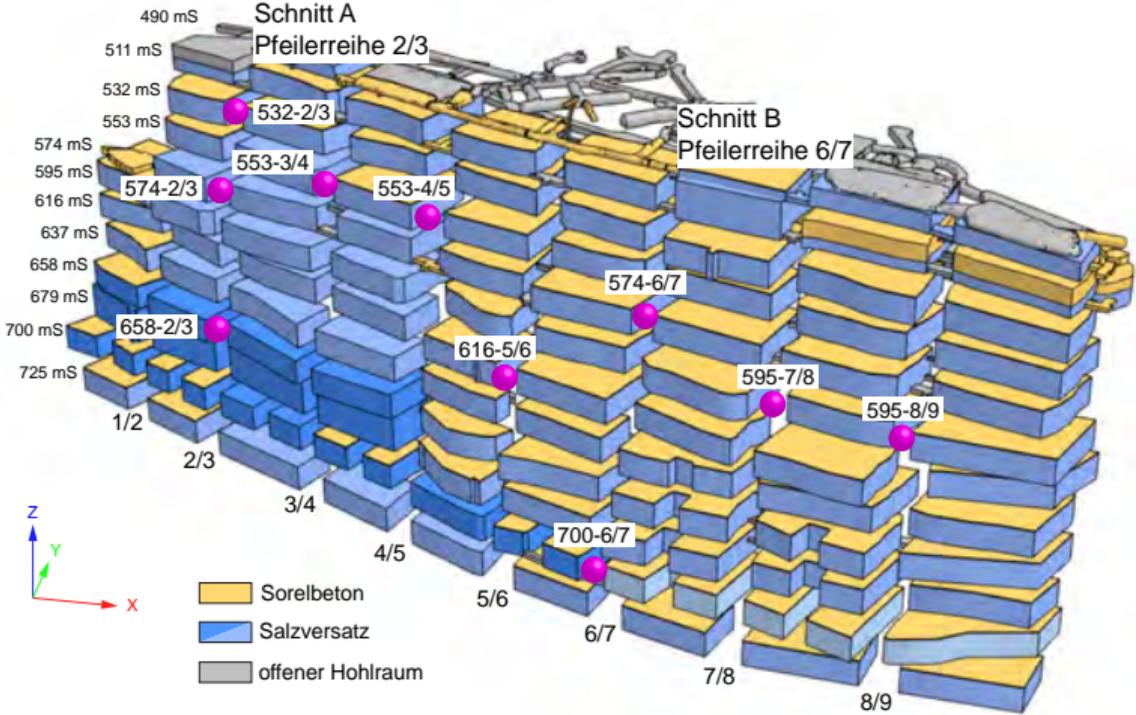
- Die visuelle Beobachtungen in den Inklinometerbohrungen weisen auf eine hohe Beanspruchung der Pfeiler hin
- Feuchtigkeit in der Pfeilerreihe 3/4 zu erkennen
- Die Ergebnisse der Inklinometermessungen zeigen:
  - Die Höhenänderungen weisen auf nach unten gerichtete Vertikalverschiebungen hin
  - Diese sind in den südlichen Bereichen der Pfeiler am größten
  - Die nördlichen Bereiche weisen deutlich geringere Höhenänderungen auf

## 4 Verformungsmessungen im Tragsystem

- Extensometermessungen
- Inklinometermessungen und visuelle Beobachtungen in den Pfeilern
- **Verschiebungsvektor Südflanke**
- Konvergenzmessungen

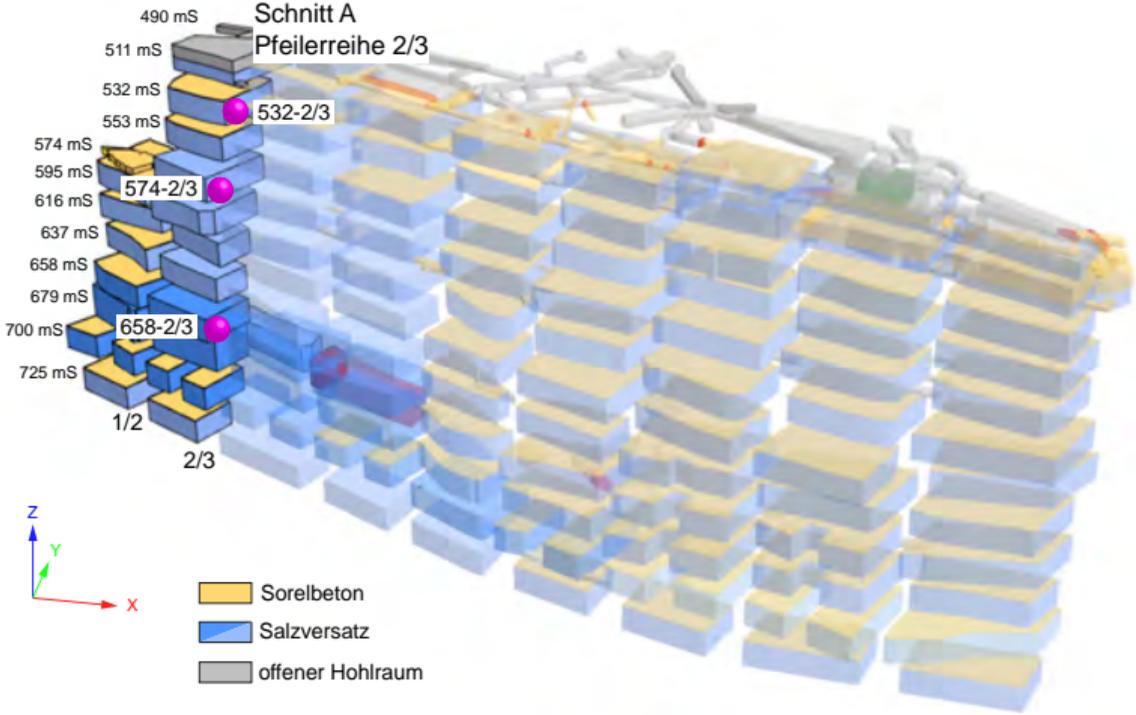
# VERSCHIEBUNGSVEKTOR

Ergebnisse – 3D-Darstellung - Messstellen



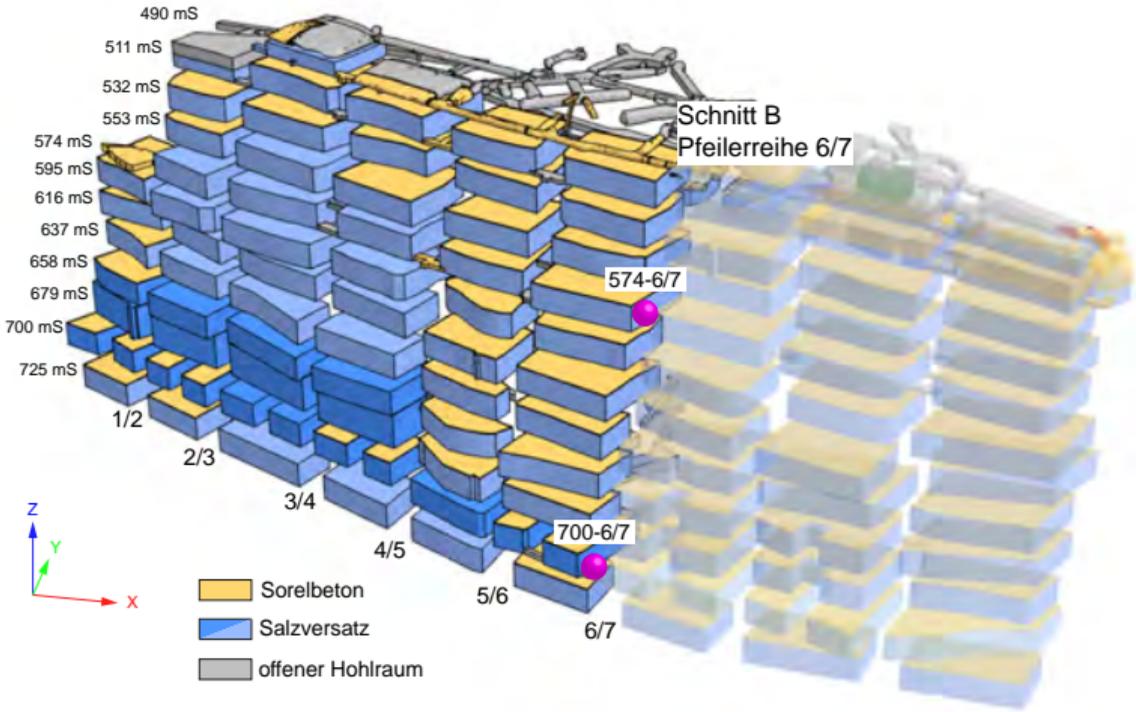
# VERSCHIEBUNGSVEKTOR

Schnitt A durch Pfeilerreihe 2/3



# VERSCHIEBUNGSVEKTOR

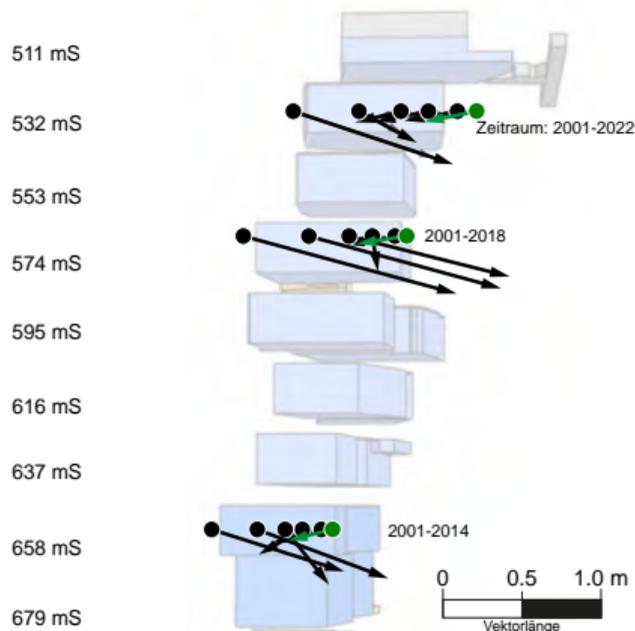
Schnitt B durch Pfeilerreihe 6/7



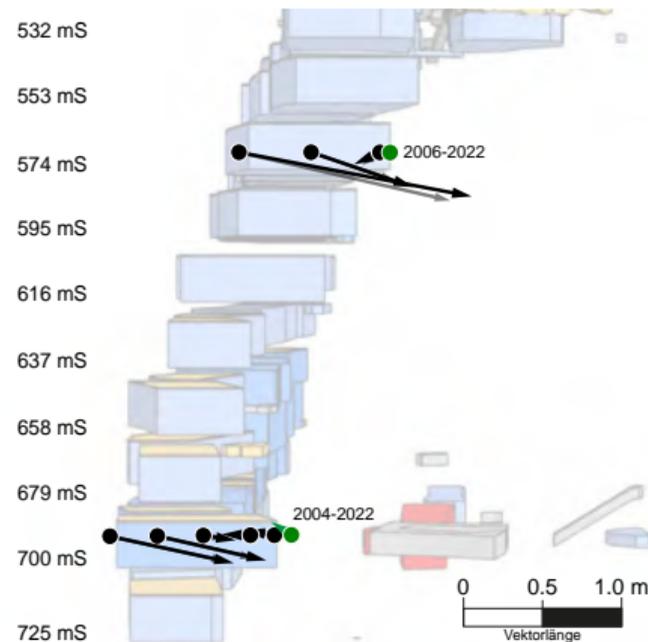
# VERSCHIEBUNGSVEKTOR

Ergebnisse

Pfeilerreihe 2/3 - Schnitt A



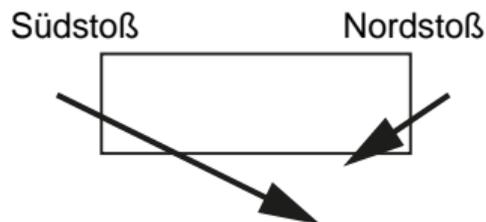
Pfeilerreihe 6/7 - Schnitt B



# VERSCHIEBUNGSVEKTOR

## Zusammenfassung

- die südlichen Ankerpunkte zeigen die größte Verschiebungen in Richtung Nord-Nordosten
- die nördlichen Punkte zeigen deutlich geringere Verschiebungen in Richtung Süd-Südwesten



- ⇒ **Asymmetrische Verformung der Pfeiler in der Messebene**
- ⇒ **Durchbiegung der Südflanke überwiegend aus südlicher Richtung**

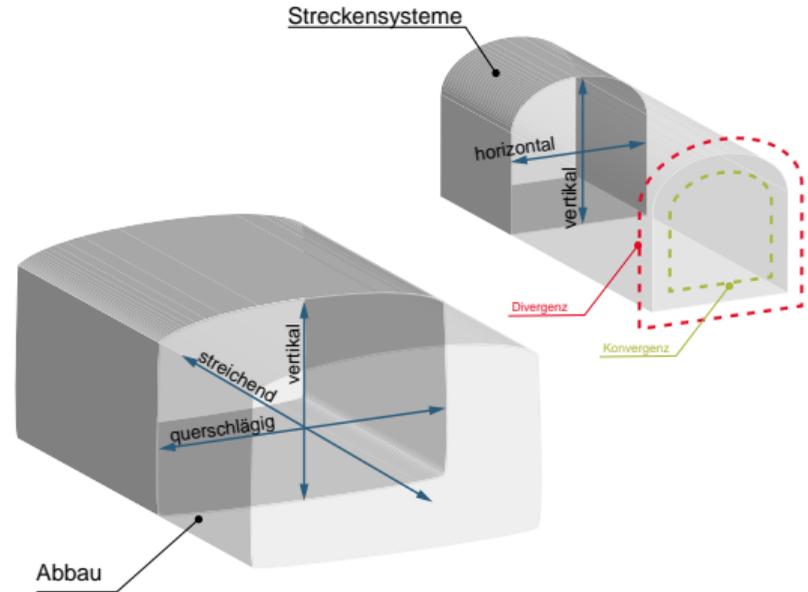
## 4 Verformungsmessungen im Tragsystem

- Extensometermessungen
- Inklinometermessungen und visuelle Beobachtungen in den Pfeilern
- Verschiebungsvektor Südflanke
- Konvergenzmessungen

# KONVERGENZMESSUNGEN

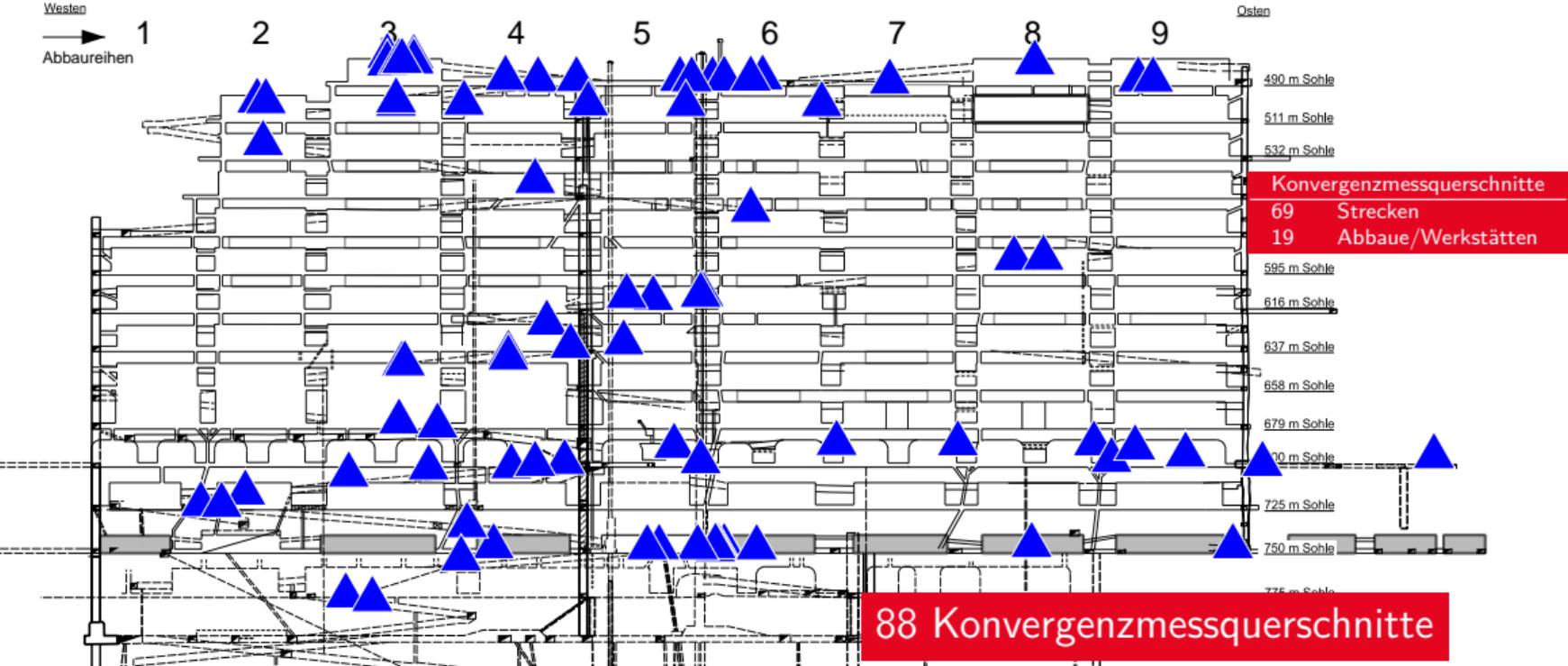
Messprinzip und Messziele

- Erfassung von Hohlraumverformungen im Grubengebäude
- Monitoring der gebirgsmechanischen Beanspruchung in ausgewählten Bereichen
- Konvergenzraten zur Bilanzierung der verbleibenden Hohlräume
- Planung von Abdichtbauwerken in Streckenabschnitten
- Parameter für numerische Modellierungen



# KONVERGENZMESSUNGEN

Lage der Konvergenzmesstellen im Schnitt 1, Stand: 31.12.2023



# KONVERGENZMESSUNGEN

Übersicht der Ergebnisse

- ⇒ **Die Konvergenz- und Verformungsraten liegen auf dem Niveau des Vorjahres**
  - Konvergenzraten abhängig von Geologie und Messrichtung
  - in den Abbauen/Werkstätten liegen die Konvergenzraten bei:
    - bis zu 26 mm/a horizontal querschlägig
    - bis zu 3 mm/a horizontal streichend
    - bis zu 29 mm/a vertikal
  - die Streckenkonvergenzen betragen:
    - 2–10 mm/a horizontal
    - 0,3–12 mm/a vertikal

# KONVERGENZMESSUNGEN *(Forts.)*

## Übersicht der Ergebnisse



- dies entspricht Verformungsraten von 0,2–2,5 ‰/a
- erhöhte Konvergenzraten in den Bereichen:
  - Richtstrecke nach Osten im Firstniveau auf der 700-m-Sohle
  - Richtstrecke nach Westen im Sohlenniveau auf der 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
  - Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle
- Ableitung einer Verformungsrate im Tiefenaufschluss von ca. 6 ‰/a anhand des konvergenzbedingten Anstieg des Lösungspegel

# ÜBERBLICK

Teil 01

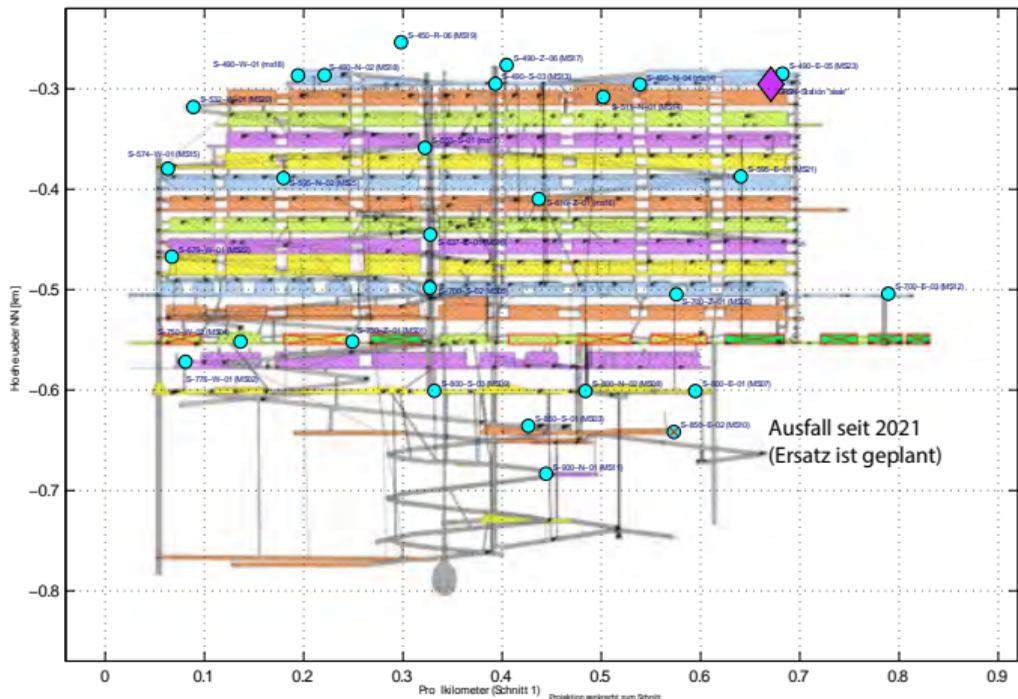
- 1 Einleitung
- 2 Belastungssituation
- 3 Lage- und Höhenmessungen
- 4 Verformungsmessungen im Tragsystem
- 5 Geophysikalische Überwachung**
- 6 Lokale Monitoringprogramme

## 5 Geophysikalische Überwachung

- Mikroseismische Überwachung
- Mikroakustische Überwachung

# NETZGEOMETRIE

## Lage der Mikroseismikstationen

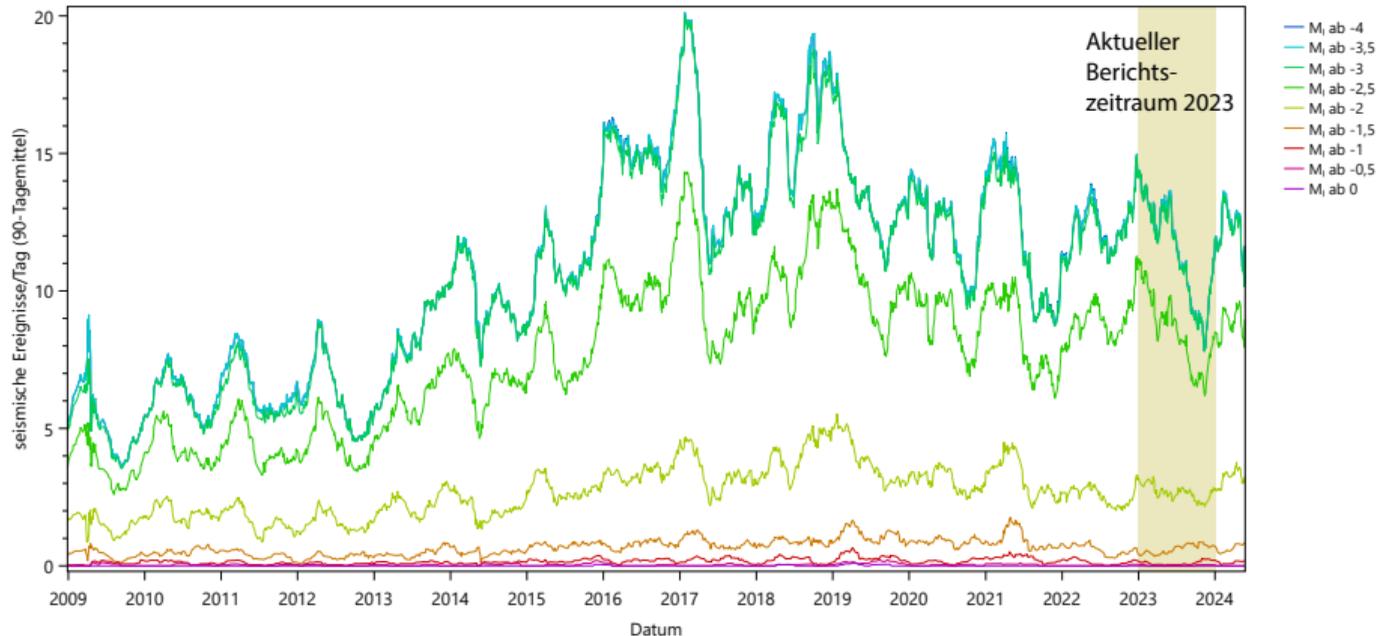


### Legende:

-  27 im Berichtszeitraum 2023 in Betrieb befindliche Mikroseismiksonden
-  Breitbandstation im Deutschen Seismologischen Regionalnetz

# EREIGNISRATE IM GESAMTEN ÜBERWACHTEN BEREICH

(Mittelung über 90 Tage, aus Betriebsphasen vor die Gesamtzeit hochgerechnet, mit 15117 seismischen Ereignissen von 01.10.2008 bis 22.05.2024)  
Zeitbereiche: no-work | Ortungsarten: A Stand: 23.05.2024

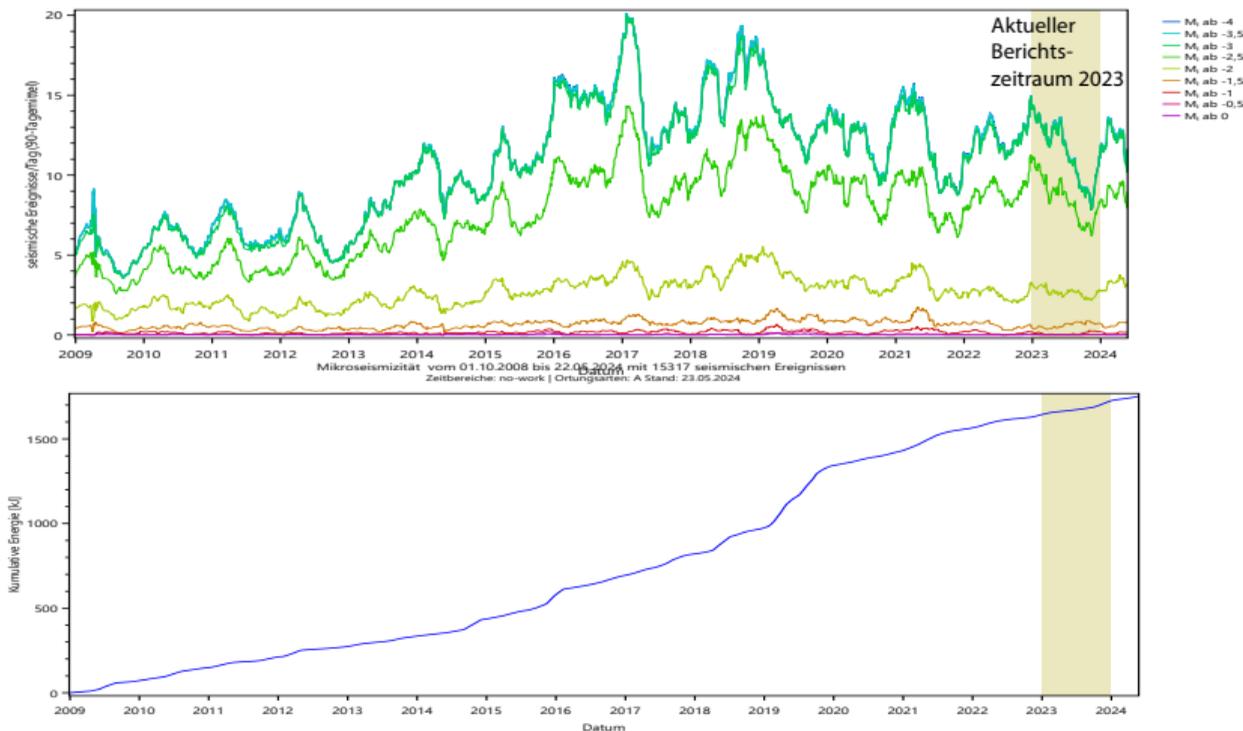


- Langfristig betrachtet ist die Ereignisrate seit 2009 stark angestiegen.
- Die Gesamtereignisrate unterliegt deutlichen Schwankungen.
- Im Kalenderjahr 2023 ist die Rate im Vergleich zum Vorjahr etwas zurückgegangen (im Mittel um ca. 14%).

# EREIGNISRATE UND KUMULATIVE ENERGIE IM GESAMTEN ÜBERWACHTEN BEREICH

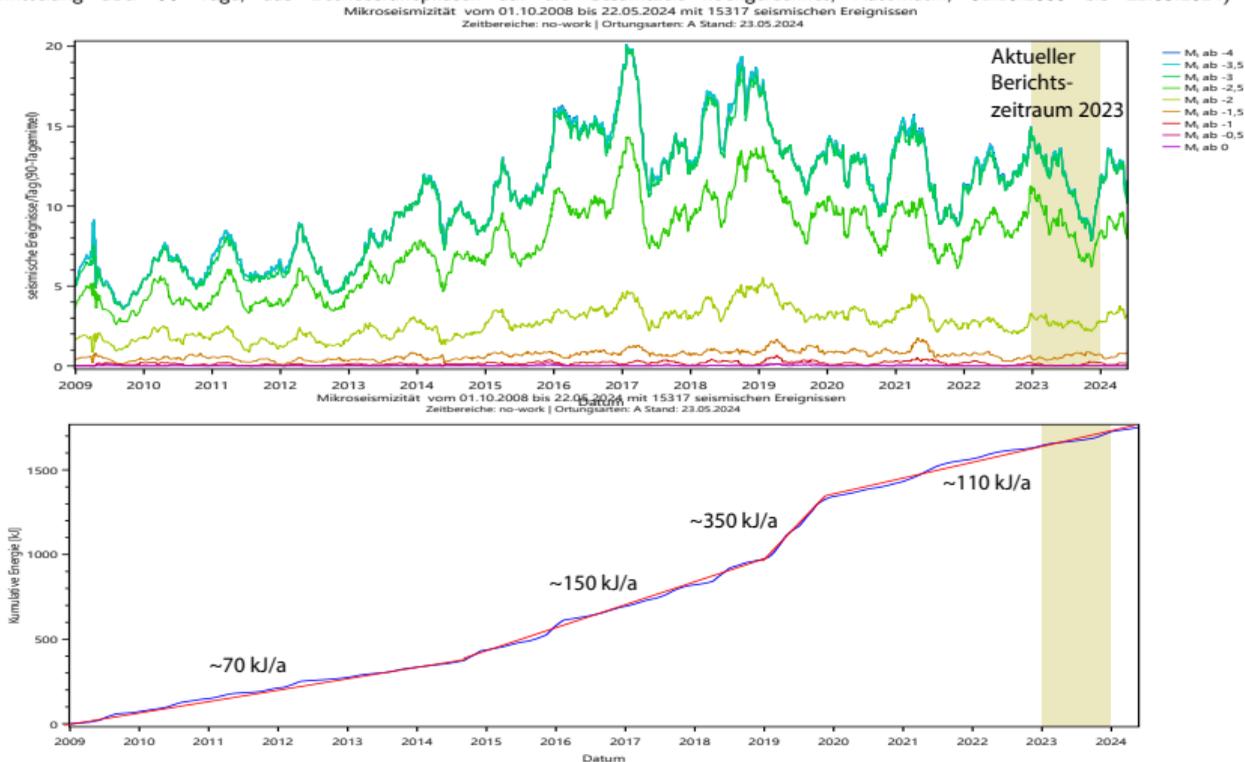
(Mittlung über 90 Tage, aus Betriebsruhephasen auf die Gesamtzeit hochgerechnet, Automatik, 01.10.2008 bis 22.05.2024)

Mikroseismizität vom 01.10.2008 bis 22.05.2024 mit 15317 seismischen Ereignissen  
 Zeitbereiche: no-work | Ortungsarten: A Stand: 23.05.2024



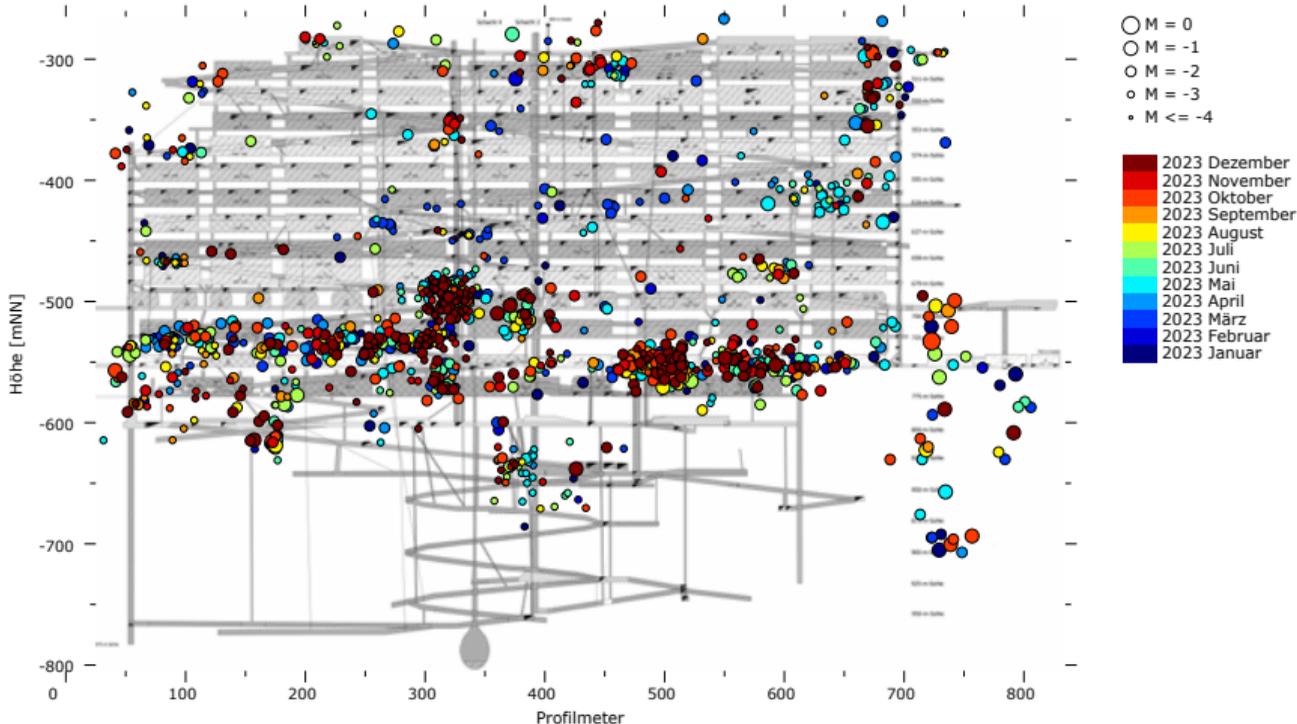
# EREIGNISRATE UND KUMULATIVE ENERGIE IM GESAMTEN ÜBERWACHTEN BEREICH

(Mittelung über 90 Tage, aus Betriebsruhephasen auf die Gesamtzeit hochgerechnet, Automatik, 01.10.2008 bis 22.05.2024)



# MIKROSEISMIZITÄT VOM 1. JANUAR 2023 BIS 31. DEZEMBER 2023

Mikroseismizität vom 01.01.2023 bis 31.12.2023 mit 1461 seismischen Ereignissen (1437 im gezoomten/distanzabhängigen Bereich) Zeitbereiche:  
no-work | Ortungsarten: M Stand: 23.05.2024  
Manuelle Auswertung, Zeiträume ohne bergmännische Aktivitäten („Betriebsruhe“), Profilmeter (Schnitt 1)

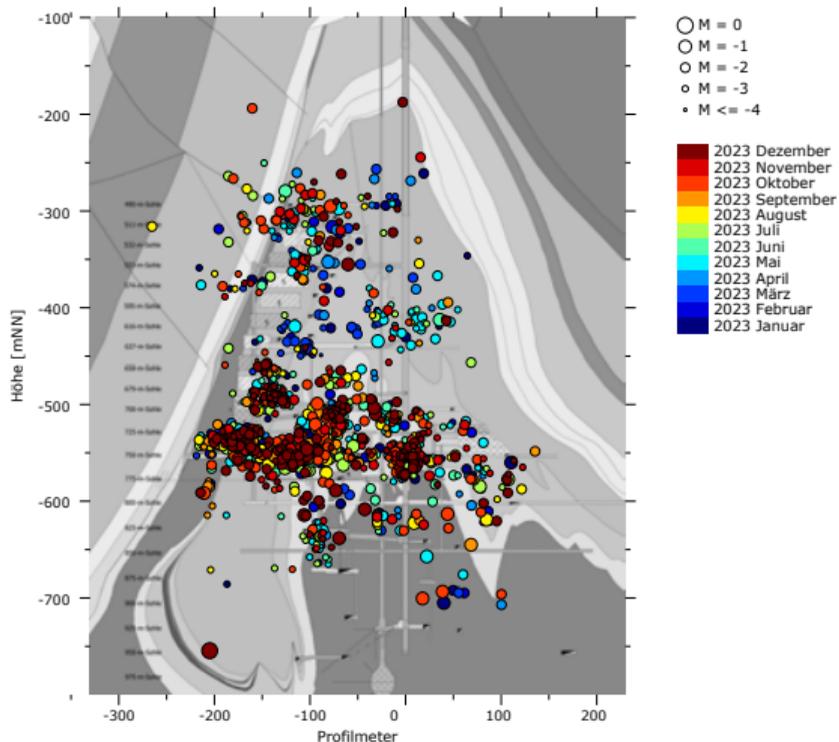


# MIKROSEISMIZITÄT VOM 1. JANUAR 2023 BIS 31. DEZEMBER 2023

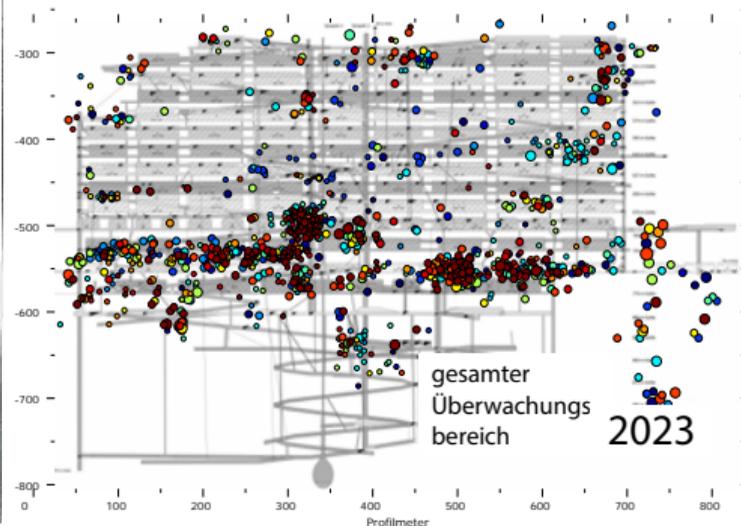
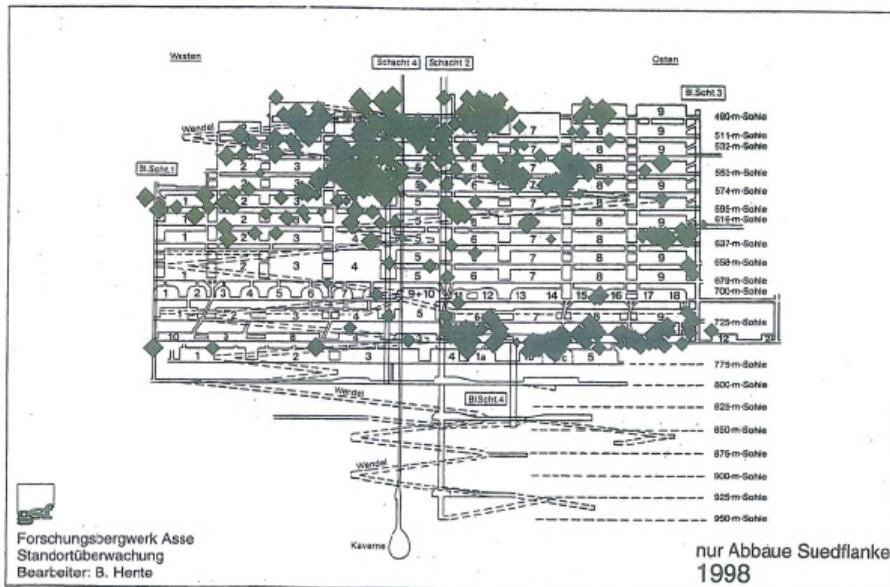
Mikroseismizität vom 01.01.2023 bis 31.12.2023 mit 1461 seismischen Ereignissen Zeitbereiche: no-work | Ortungsarten: M Stand: 23.05.2024



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



# VERGLEICH MIKROSEISMISCHE AKTIVITÄT 1998 UND 2023



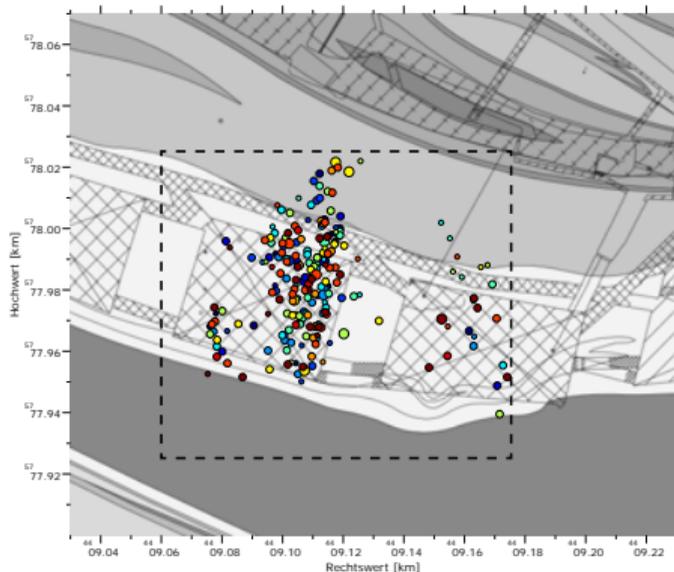
(Netzsensitivität ist im Vergleich zur aktuellen Anlage,  
insbesondere im Bereich der unteren Sohlen, deutlich reduziert.)

# CLUSTER IM BEREICH DER ELK 6/750

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

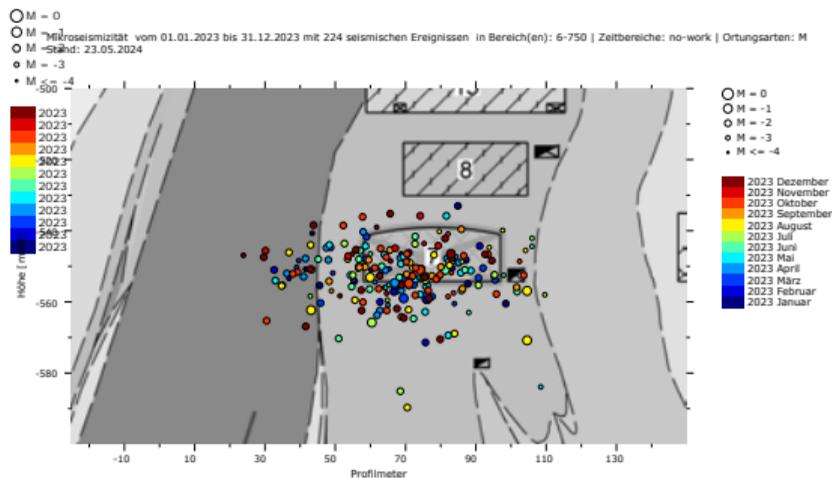
Draufsicht auf die 750-m-Sohle

Mikroseismizität vom 01.01.2023 bis 31.12.2023 mit 224 seismischen Ereignissen in Bereich(en): 6-750 | Zeitbereiche: no-work | Ortungsarten: M  
Stand: 23.05.2024



Hintergrundbild: 750-m-Sohle

Schnitt 22 senkrecht zum Streichen durch Abbaureihe 8



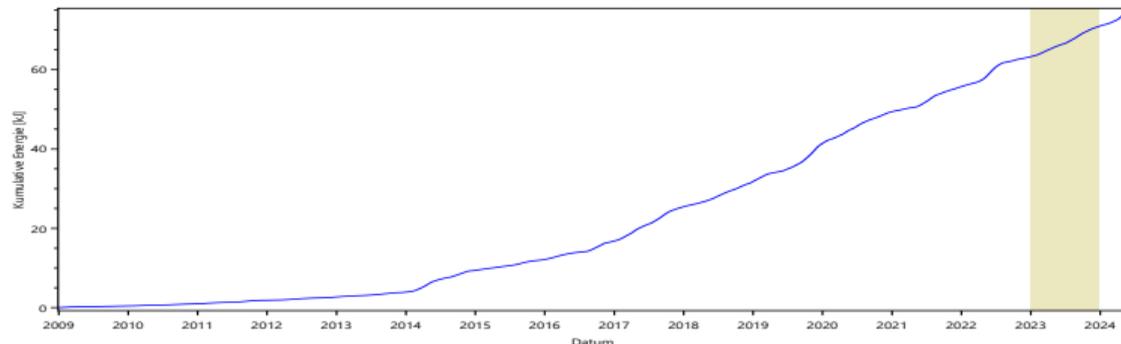
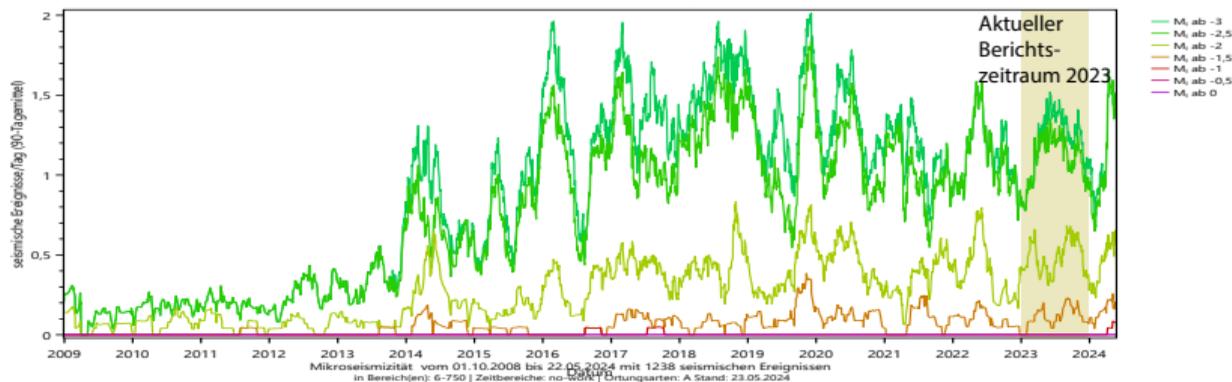
Hintergrundbild: Schnitt 22

Die Aktivität im Bereich der ELK 6/750 hat sich 2023 ähnlich dem Vorjahr fortgesetzt.

# EREIGNISRATE UND KUMULATIVE ENERGIE BEI DER ELK 6/750

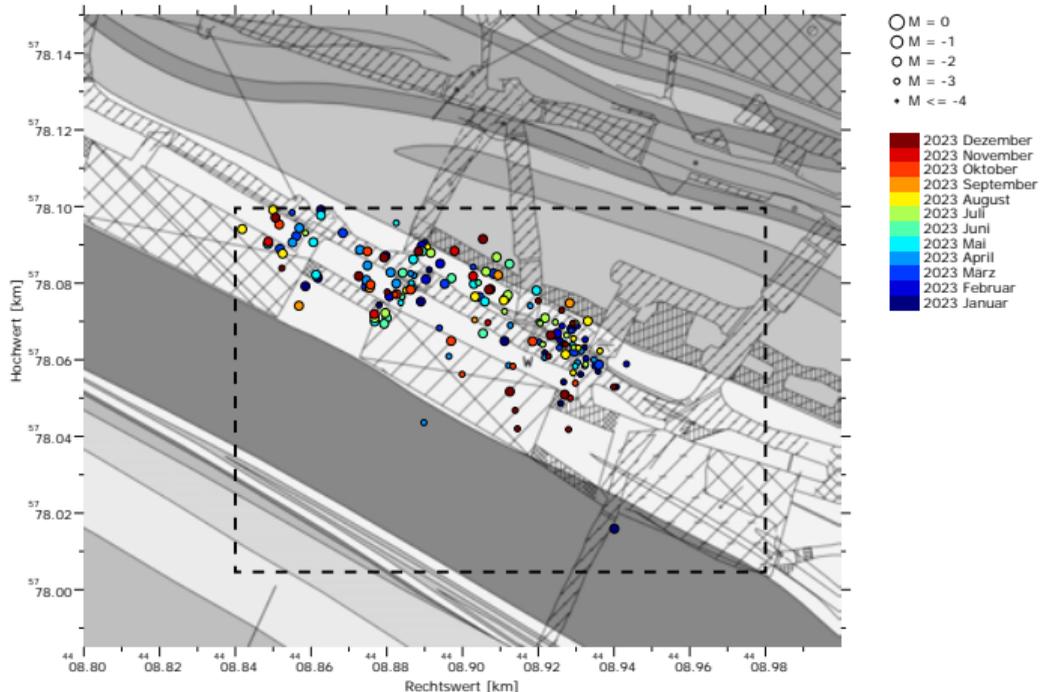


(Mittlung über 90 Tage, aus Betriebsphasen auf die Gesamtzeit noch gerechnet. Automatik, 01.10.2008 bis 22.05.2024)



# CLUSTER BEI DER ELK 4/750

Mikroseismizität vom 01.01.2023 bis 31.12.2023 mit 165 seismischen Ereignissen in Bereich(en): 4-725 | Zeitbereiche: no-work | Ortungsarten: M  
 Mandat: Auswertung, Zeiträume ohne bergmännische Aktivitäten („Betriebsruhe“)



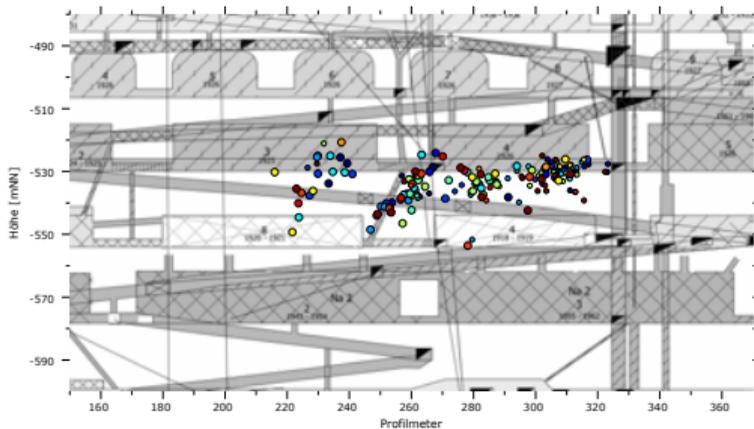
Der Schwerpunkt des Clusters liegt weiterhin nördlich der ELK 4/750 oberhalb der verfüllten 2. südlichen Richtstrecke nach Westen zwischen der 725- und 750-m-Sohle.

# CLUSTER BEI DER ELK 4/750

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

## Schnitt 1 (Ausschnitt)

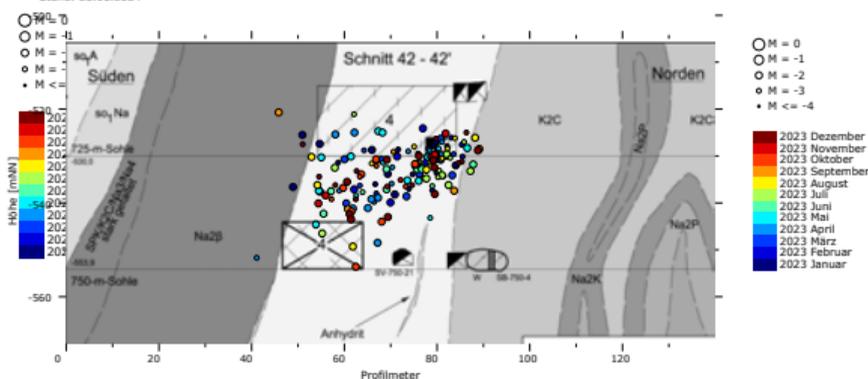
Mikroseismität vom 01.01.2023 bis 31.12.2023 mit 165 seismischen Ereignissen (164 im gezoomten/distanzabhängigen Bereich) in Bereich(en): 4-725  
 | Zeitbereiche: no-work | Ortungsarten: M Stand: 23.05.2024



Hintergrundbild: Schnitt 1

## Schnitt 42 senkrecht zum Streichen durch ELK 4/750

Mikroseismität vom 01.01.2023 bis 31.12.2023 mit 165 seismischen Ereignissen in Bereich(en): 4-725 | Zeitbereiche: no-work | Ortungsarten: M  
 Stand: 23.05.2024

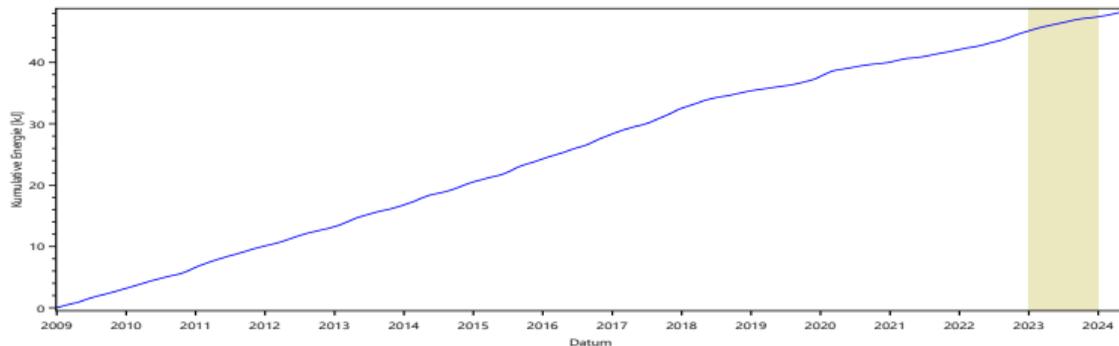
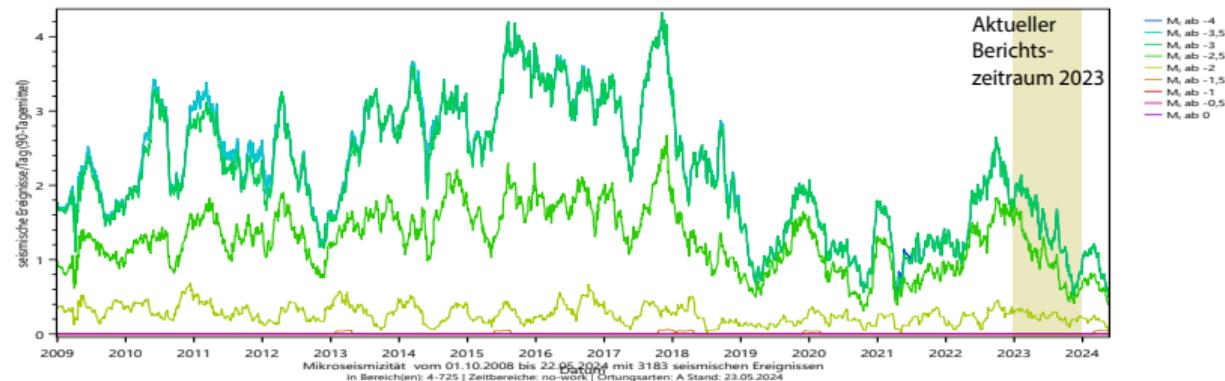


Hintergrundbild: Schnitt 42

# EREIGNISRATE UND KUMULATIVE ENERGIE BEI DER ELK 4/750

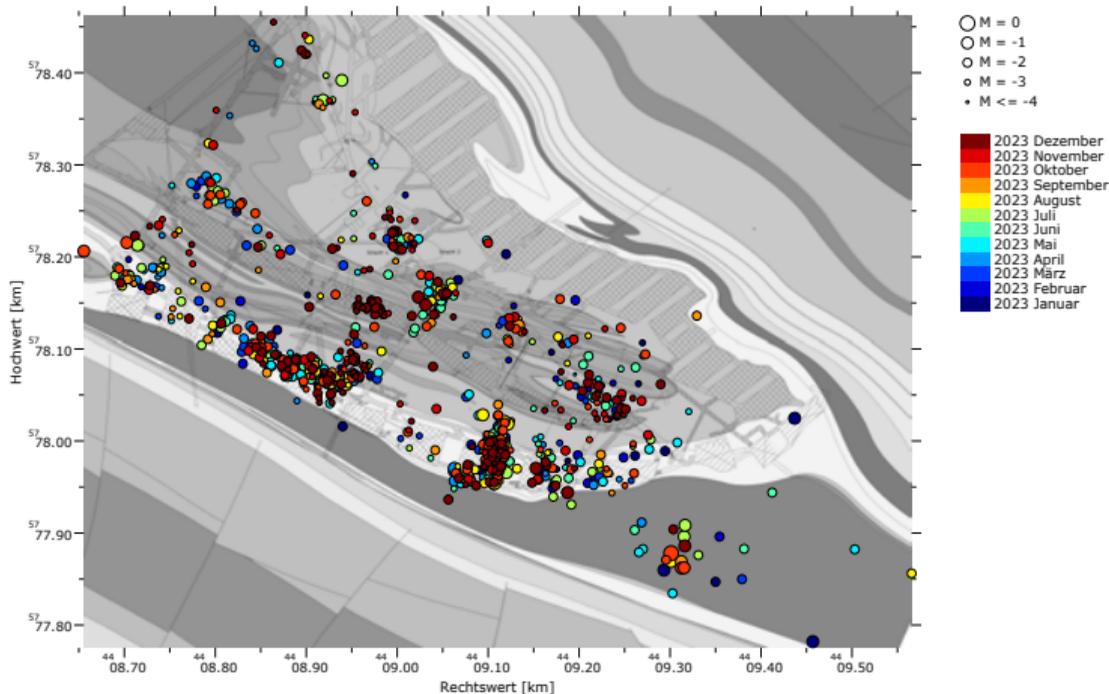
(Mittelung über 90 Tage, aus Betriebsruhephasen auf die Gesamtzeit hochgerechnet, Automatik, 01.10.2008 bis 22.05.2024)

Mikroseismizität vom 01.10.2008 bis 22.05.2024 mit 3183 seismischen Ereignissen  
 in Bereich(en): 4-725 | Zeitbereiche: no-work | Ortungsarten: A Stand: 23.05.2024



# CLUSTER IM BEREICH DER 700- BIS 775-M-SOHL

Manuelle Auswertung, Zeitraum: 01.01.2023 bis 31.12.2023 | Ortungsarten: M Stand: 10.06.2024  
Zeitraum ohne bergmännische Aktivitäten (Betriebsstillstand) im Bereich(en): 700, 725, 750, 775 | Zeitbereiche: no-work |



Hintergrundbild: 750-m-Sohle

## ZUSAMMENFASSUNG

### Mikroseismik

Die Gesamtsituation ist unverändert.

Ursachen der Mikroseismizität sind

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

bzw. deren Zusammenspiel.

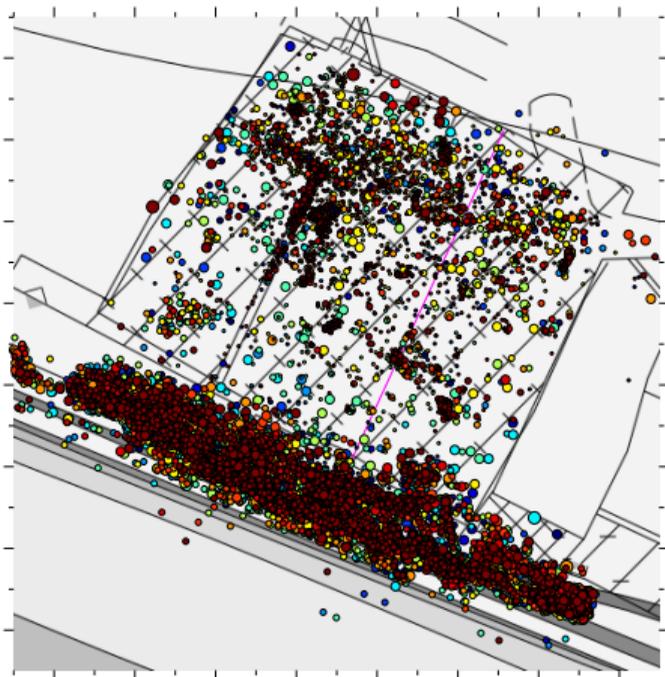
**Ausreichende Stabilisierungsmaßnahmen führen auf lange Sicht zum Rückgang der Mikroseismizität.**

## 5 Geophysikalische Überwachung

- Mikroseismische Überwachung
- Mikroakustische Überwachung

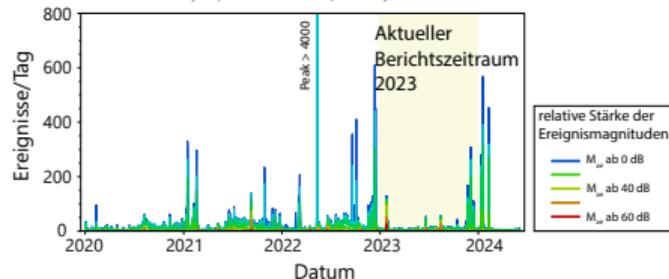
# MIKROAKUSTISCHE ÜBERWACHUNG

Abbau 3/490 (01.01.2023–31.12.2023)

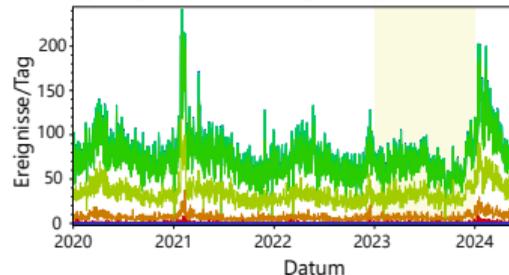


Hintergrundbild: 490-m-Sohle

## Firstbereich (01/2020 bis 06/2024)

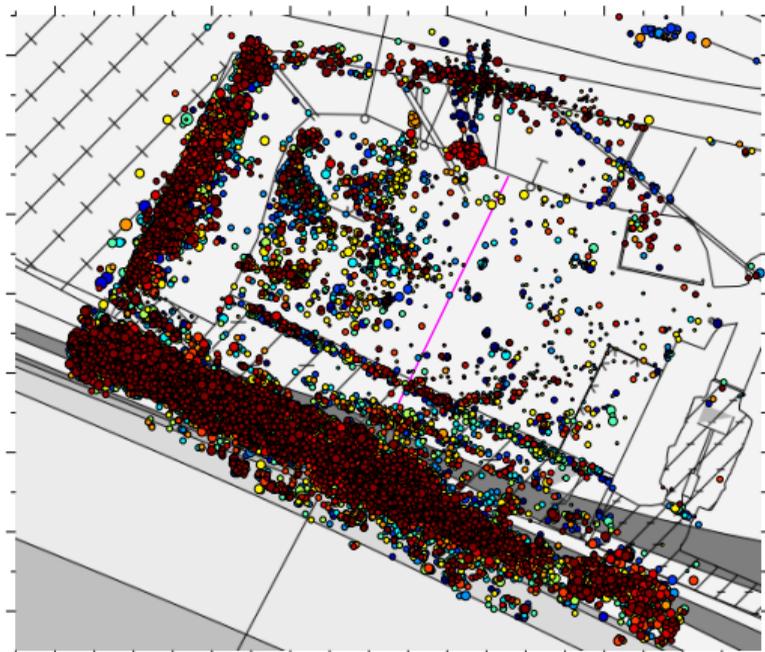


## Übergang Salz-Deckgebirge (01/2020 bis 06/2024)



# MIKROAKUSTISCHE ÜBERWACHUNG

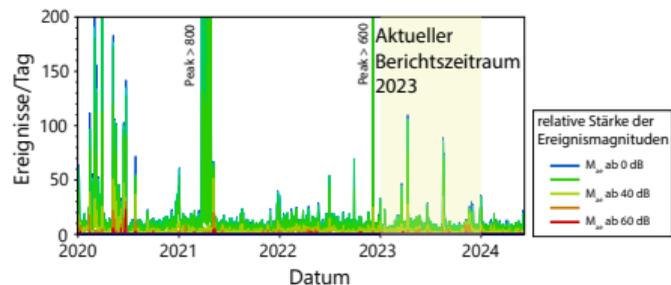
Abbau 4/490 (01.01.2023–31.12.2023)



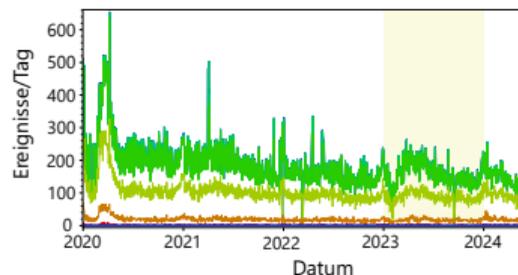
Hintergrundbild: 490-m-Sohle

- M ~ 100dB
  - M ~ 80dB
  - M ~ 60dB
  - M ~ 40dB
  - M ~ 20dB
- 
- 2023 Dezember
  - 2023 November
  - 2023 Oktober
  - 2023 September
  - 2023 August
  - 2023 Juli
  - 2023 Juni
  - 2023 Mai
  - 2023 April
  - 2023 März
  - 2023 Februar
  - 2023 Januar

## Firstbereich (01/2020 bis 06/2024)



## Übergang Salz-Deckgebirge (01/2020 bis 06/2024)



# ZUSAMMENFASSUNG

## Mikroakustik

- **Zeitweise stark erhöhte Clusteraktivität im Firstbereich im Abbau 3/490.**
- **Erhöhte Aktivität im Bereich Salz-Deckgebirge südlich Abbau 3/490 zu Jahresbeginn.**

# ÜBERBLICK

Teil 01

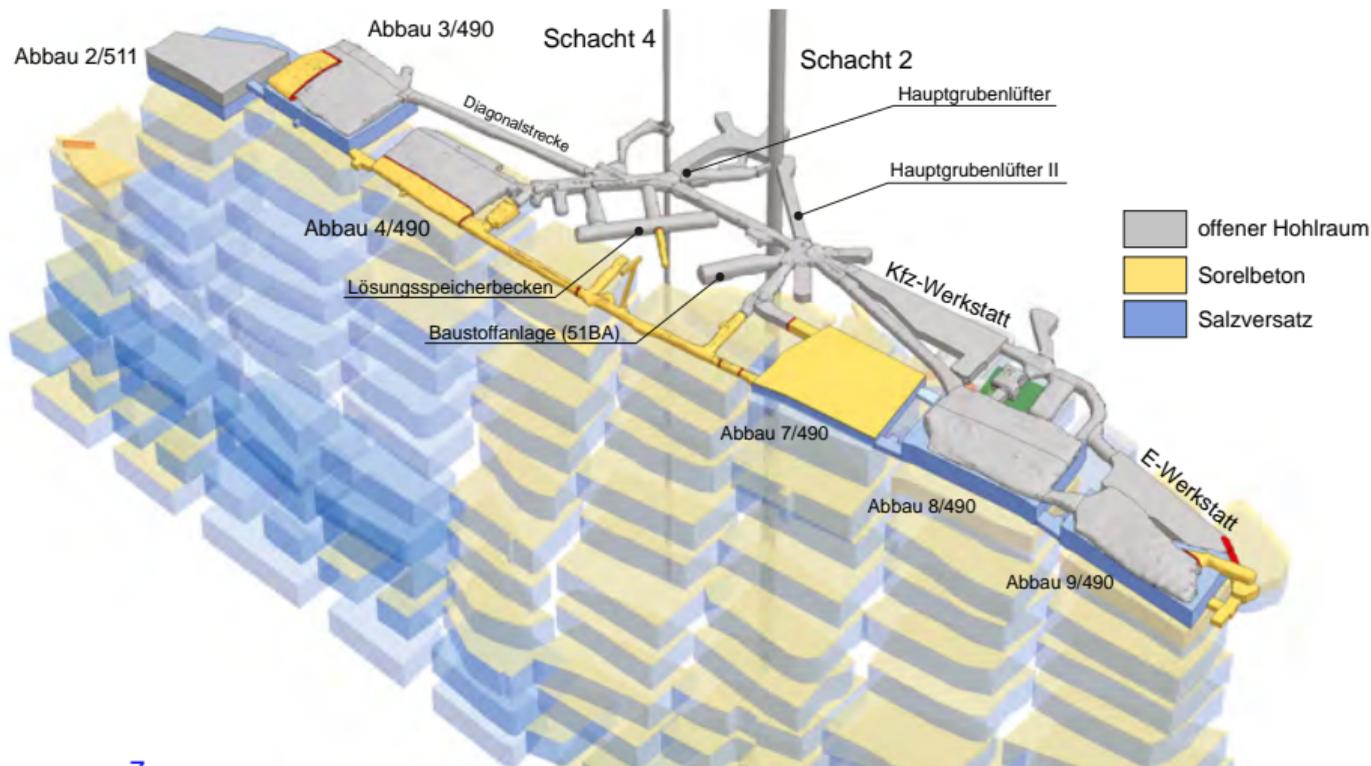
- 1 Einleitung
- 2 Belastungssituation
- 3 Lage- und Höhenmessungen
- 4 Verformungsmessungen im Tragsystem
- 5 Geophysikalische Überwachung
- 6 Lokale Monitoringprogramme**

## 6 Lokale Monitoringprogramme

- Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- Wendelstrecke von der 490- bis zur 800-m-Sohle
- 700-m-Sohle
- 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
- 750-m-Sohle: östlicher Bereich – Abbau 5/750 (Na2)

# OBERER BAUFELDDRAND

Übersicht Infrastrukturräume auf der 490-m- und 511-m-Sohle



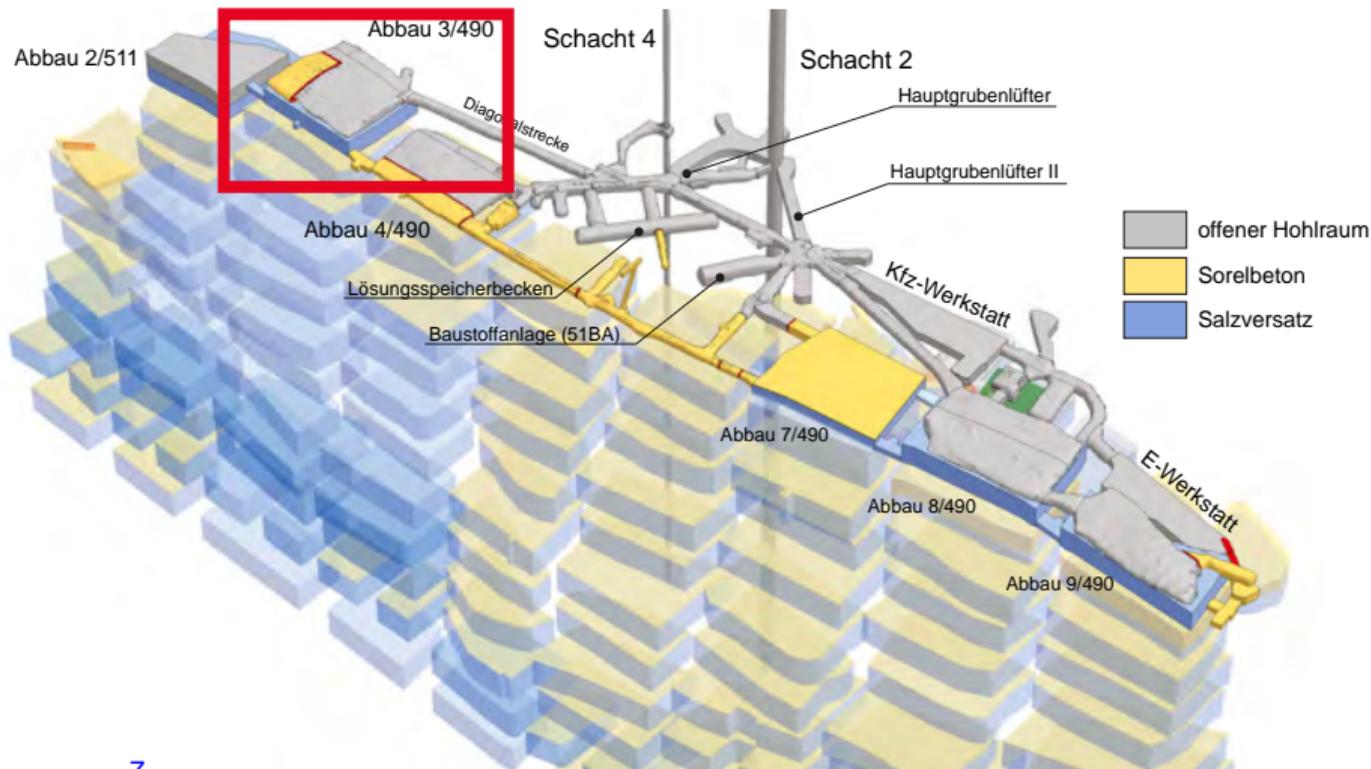
## OBERER BAUFELD BRAND

Gebirgsmechanische und Bergbauliche Situation

- Infrastrukturräume am oberen Baufeld der Südflanke sind wichtig für den weiteren Bergwerksbetrieb
  - Lange offene Standzeit sowie teilweise geringe Firstwölbung
  - Hohe gebirgsmechanische Beanspruchung mit fortschreitenden Schädigungsprozessen
- ⇒ **Bedarf an Monitoring- und ggf. Stabilisierungsmaßnahmen**
- ⇒ **im Jahr 2023 keine wesentlichen Änderungen**

# OBERER BAUFELDDRAND

Übersicht Infrastrukturräume auf der 490-m- und 511-m-Sohle



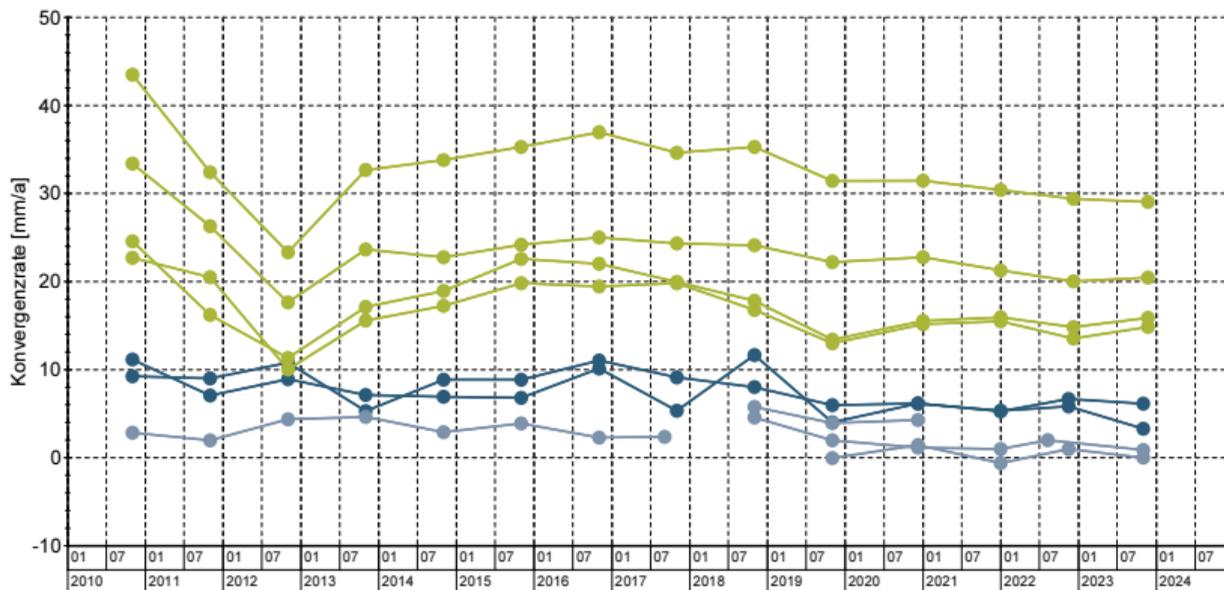
# OBERER BAUFELDDRAND



# OBERER BAUFELDDRAND

Abbau 3/490 - Ergebnisse Konvergenzrate in mm/a auf der 490-m-Sohletraum 2010 bis 2024

Abbau 3/490



Legende:

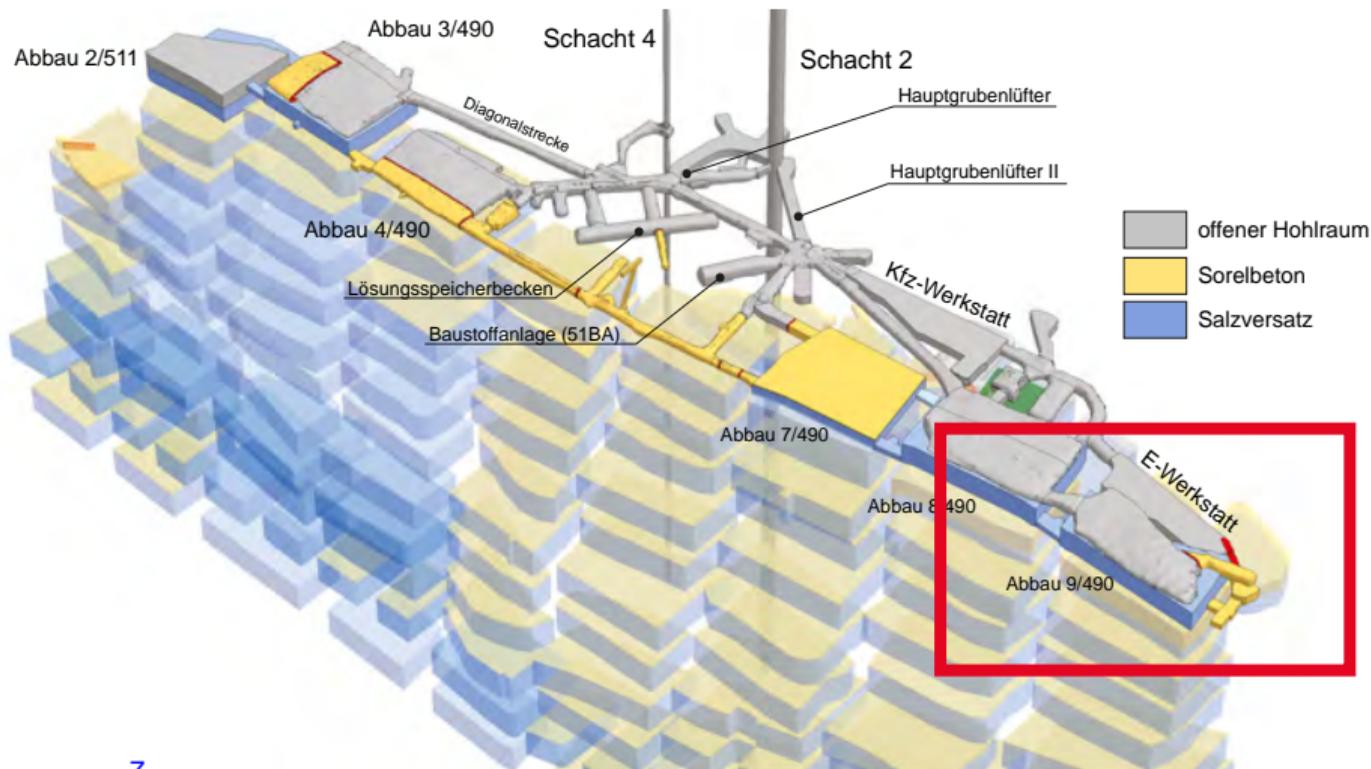
Horizontal

- querschlägig
- streichend
- Vertikal

Symbol	Messquerschnitt	Messrichtung	Baufeld	Grubenraum	Instrumentierungsbereich	Geologie
●	4903-4904	Horizontal querschlägig	Südflanke	Abbau	Abbaue/Werkstätten	Na3
●	4911-4912	Horizontal querschlägig	Südflanke	Abbau	Abbaue/Werkstätten	Na3
●	4913-4914	Horizontal streichend	Südflanke	Abbau	Abbaue/Werkstätten	Na3
●	4913-4931	Horizontal streichend	Südflanke	Abbau	Abbaue/Werkstätten	Na3
●	4913-4932	Horizontal streichend	Südflanke	Abbau	Abbaue/Werkstätten	Na3
●	4929-4930	Horizontal streichend	Südflanke	Abbau	Abbaue/Werkstätten	Na3

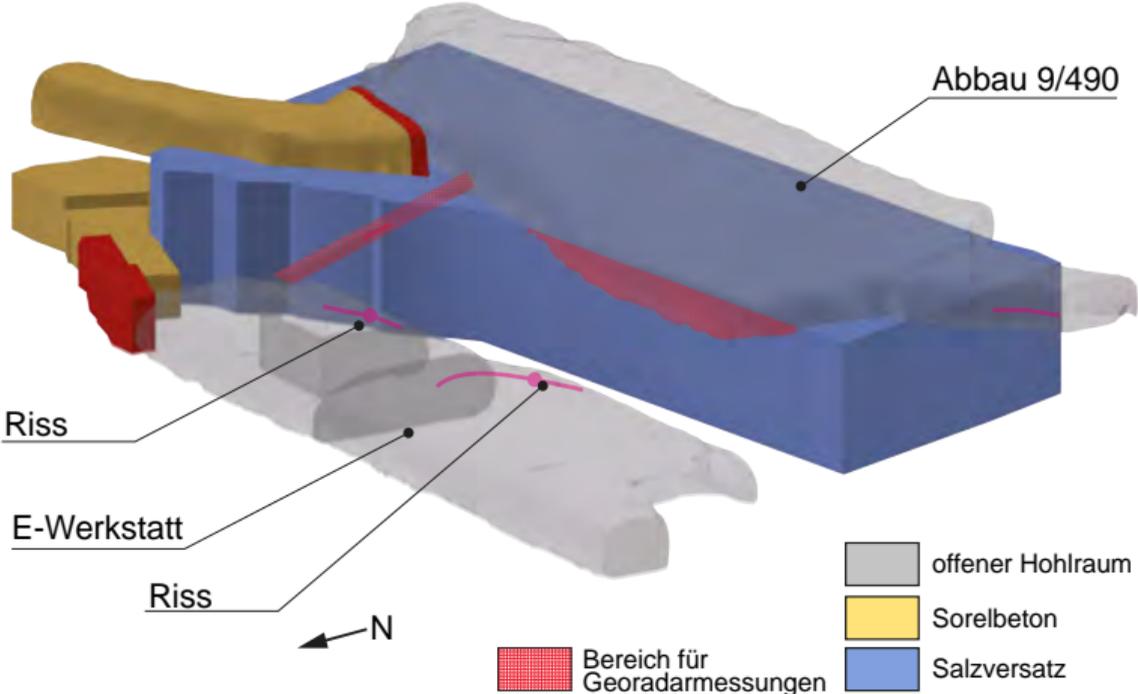
# OBERER BAUFELDDRAND

Übersicht Infrastrukturräume auf der 490-m- und 511-m-Sohle



# OBERER BAUFELDDRAND

Pfeiler zwischen Abbau 9/490 und E-Werkstatt



# OBERER BAUFELDDRAND

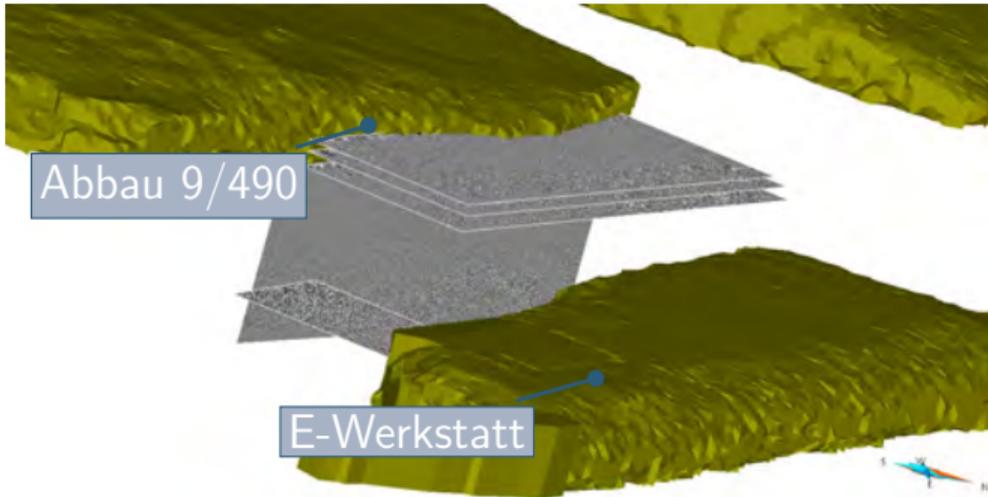
E-Werkstatt - Rissentwicklung



- Risse zeigen weiterhin Verlängerungen der Risslängen
  - keine Änderungen der Geschwindigkeiten
  - Erstellung von Stoßkontrollbohrungen aus dem Abbau 9/490 in den Pfeiler
- ⇒ Georadaruntersuchungen (Bohrungen und Sohle)

# OBERER BAUFELDDRAND

E-Werkstatt - Georadarmessungen und Bewertung



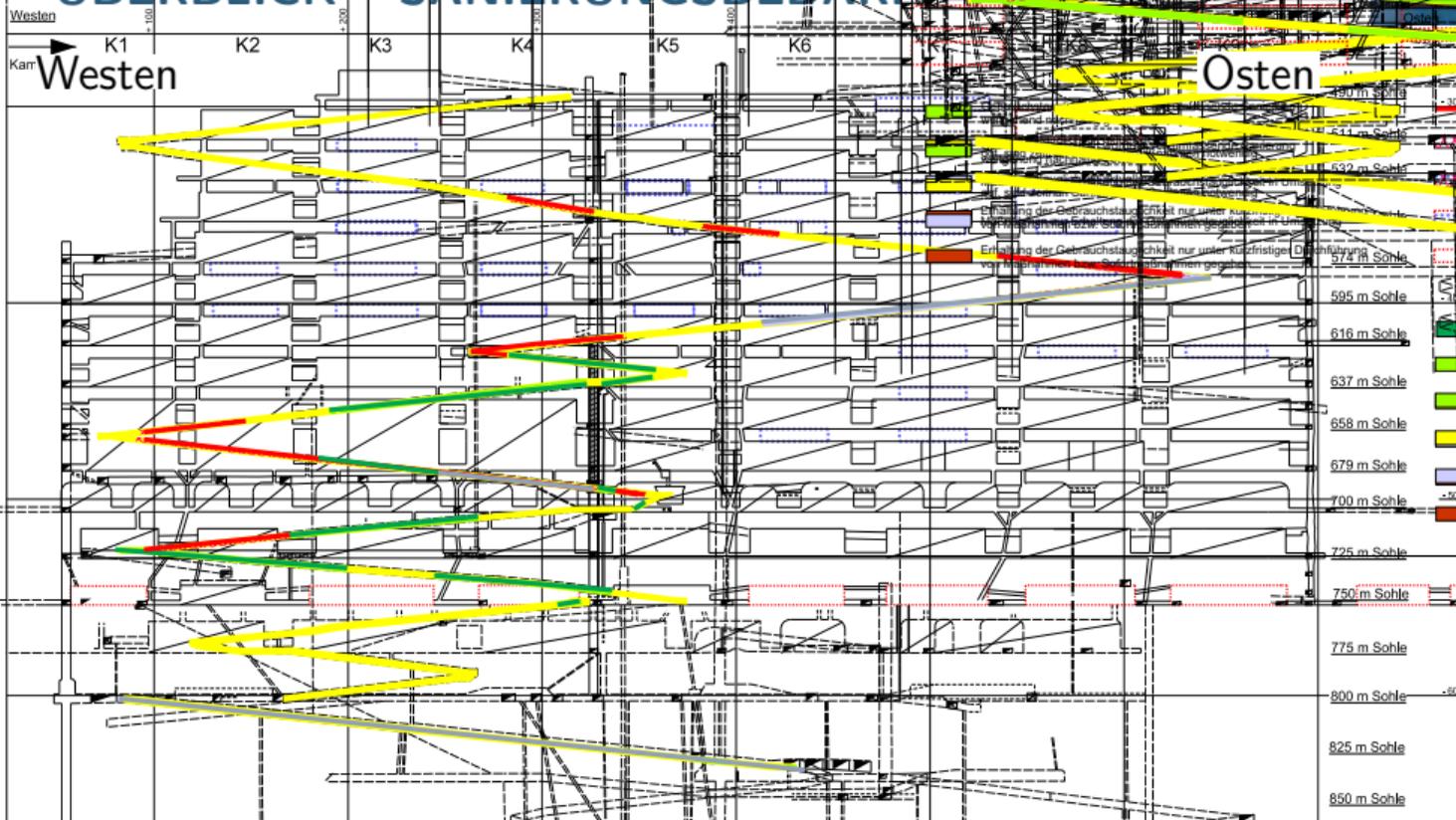
- keine erkennbare Schädigung in den Stoßkontrollbohrungen
  - Es kann eine Mächtigkeit von ca. 8 m für den Pfeiler abgeleitet werden
- ⇒ die Messungen zeigen keine weiteren erkennbaren Störungen oder Risse im Pfeiler

## 6 Lokale Monitoringprogramme

- Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- Wendelstrecke von der 490- bis zur 800-m-Sohle
  - 700-m-Sohle
  - 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
  - 750-m-Sohle: östlicher Bereich – Abbau 5/750 (Na2)

# ÜBERBLICK SANIERUNGSPLAN

Verlauf der Wendelstrecke, dargestellt im vereinfachten strichleeren Bild



Osten

Schädigung

Schwebenbruch

Stützbauwerke

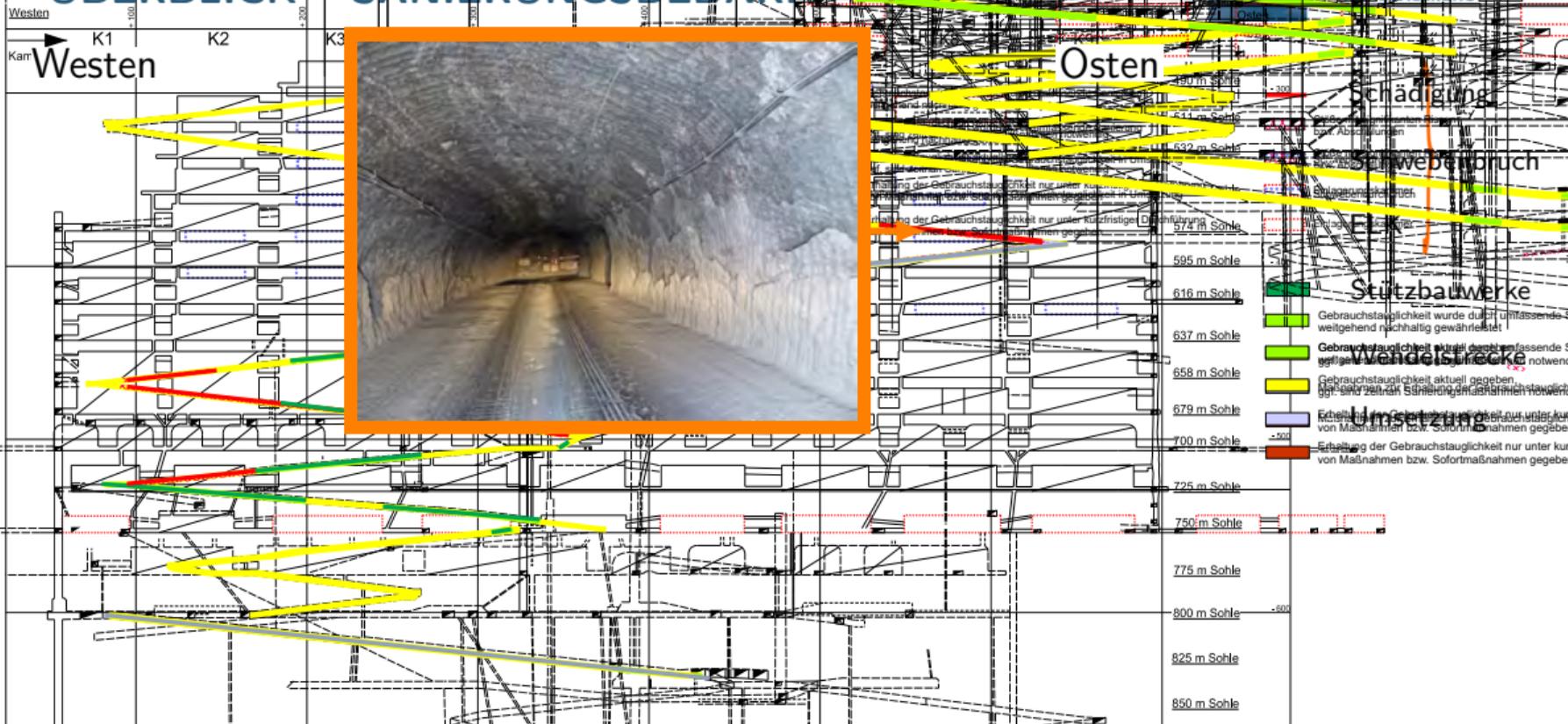
Wendelschleife

Umsetzung

- Gebrauchstauglichkeit wurde durch umfassende Sanierungsmaßnahmen nachhaltig gewährleistet
- Gebrauchstauglichkeit wird durch umfassende Sanierungsmaßnahmen langfristig sichergestellt
- Gebrauchstauglichkeit aktuell gegeben, aber Sanierungsmaßnahmen sind erforderlich
- Erhaltung der Gebrauchstauglichkeit nur unter kurzfristiger Einwirkung von Maßnahmen bzw. Sofortmaßnahmen gegeben

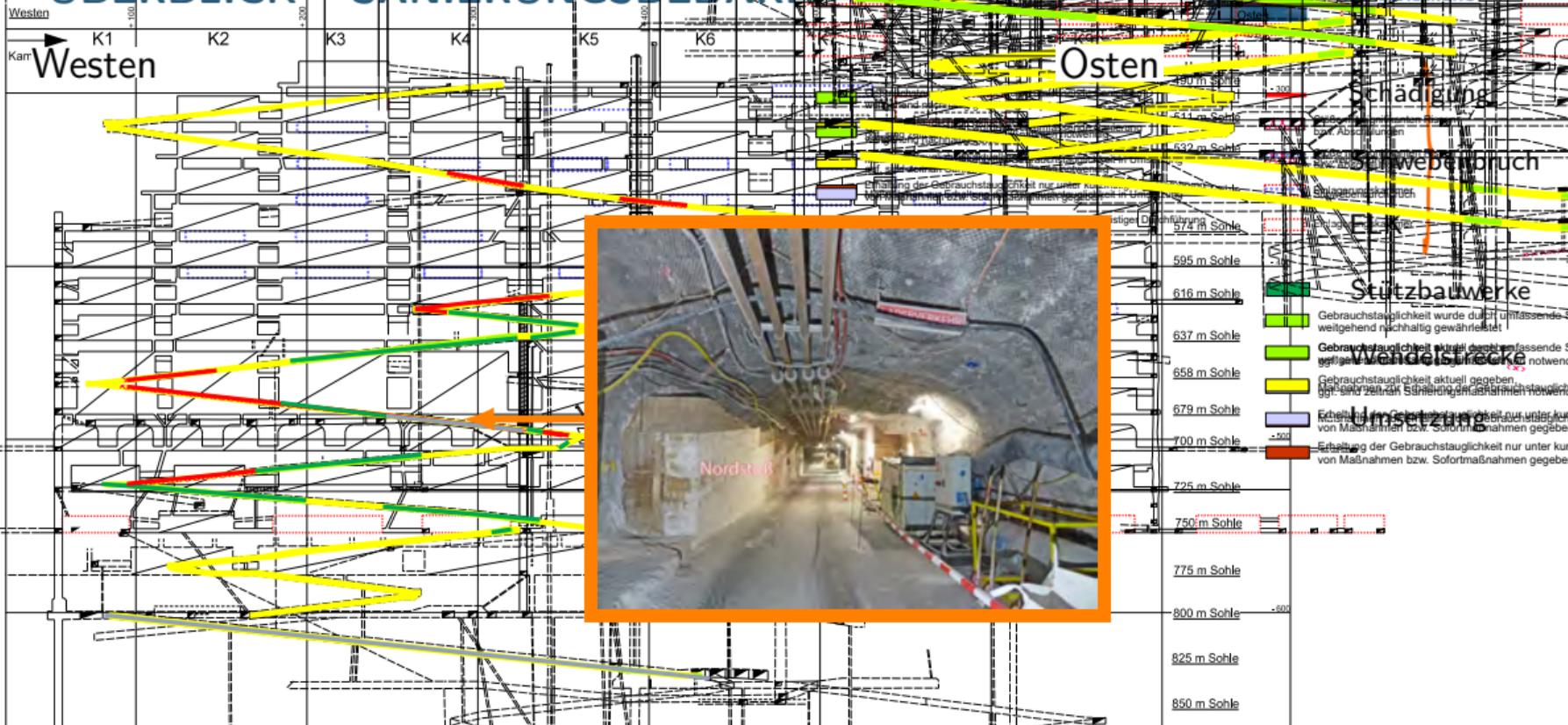
# ÜBERBLICK SANIERUNGSPLAN

Verlauf der Wendelstrecke, dargestellt im vereinfachten strichleeren Bild



# ÜBERBLICK SANIERUNGSPLAN

Verlauf der Wendelstrecke, dargestellt im vereinfachten strichleeren Bild



Osten

Westen  
 Kar K1 K2 K3 K4 K5 K6

Schädigung

Schwebenbruch

Stützballwerke

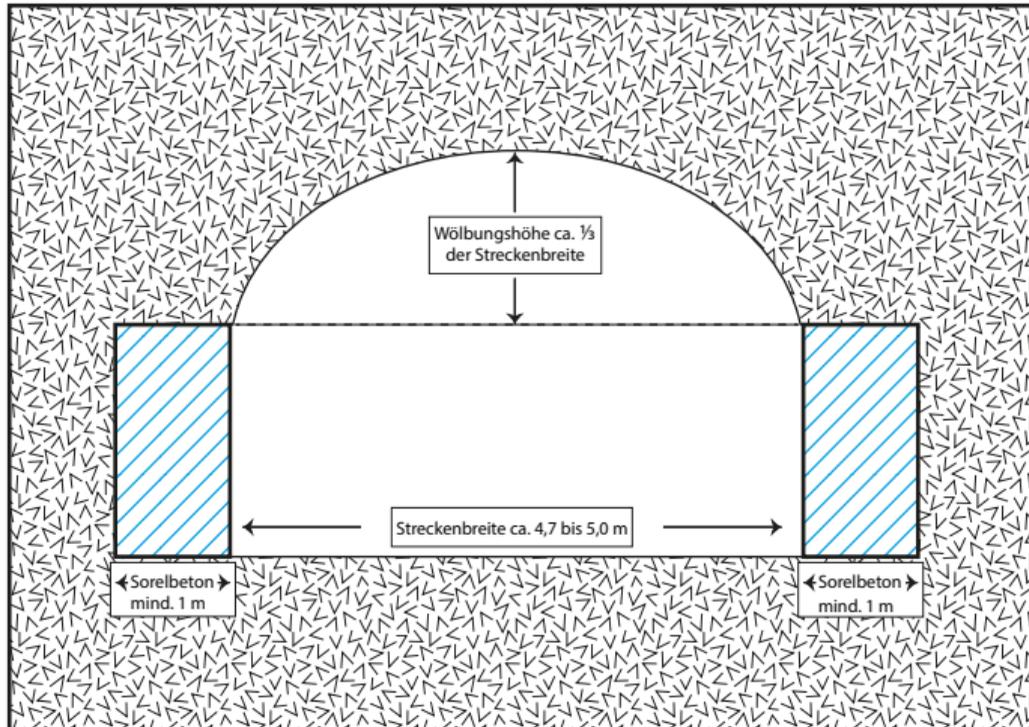
Wendelstrecke

Umsetzung

- Gebrauchstauglichkeit wurde durch umfassende S weitgehend nachhaltig gewährleistet
- Gebrauchstauglichkeit wird durch umfassende S ggf. erforderlich
- Gebrauchstauglichkeit aktuell gegeben, ggf. sind zeitlich befristete Sicherungsmaßnahmen erforderlich
- Erhaltung der Gebrauchstauglichkeit nur unter kurzfristigen von Maßnahmen bzw. Sofortmaßnahmen gegeben

- 595 m Sohle
- 616 m Sohle
- 637 m Sohle
- 658 m Sohle
- 679 m Sohle
- 700 m Sohle
- 725 m Sohle
- 750 m Sohle
- 775 m Sohle
- 800 m Sohle
- 825 m Sohle
- 850 m Sohle

# STÜTZBAUWERKE – PRINZIP

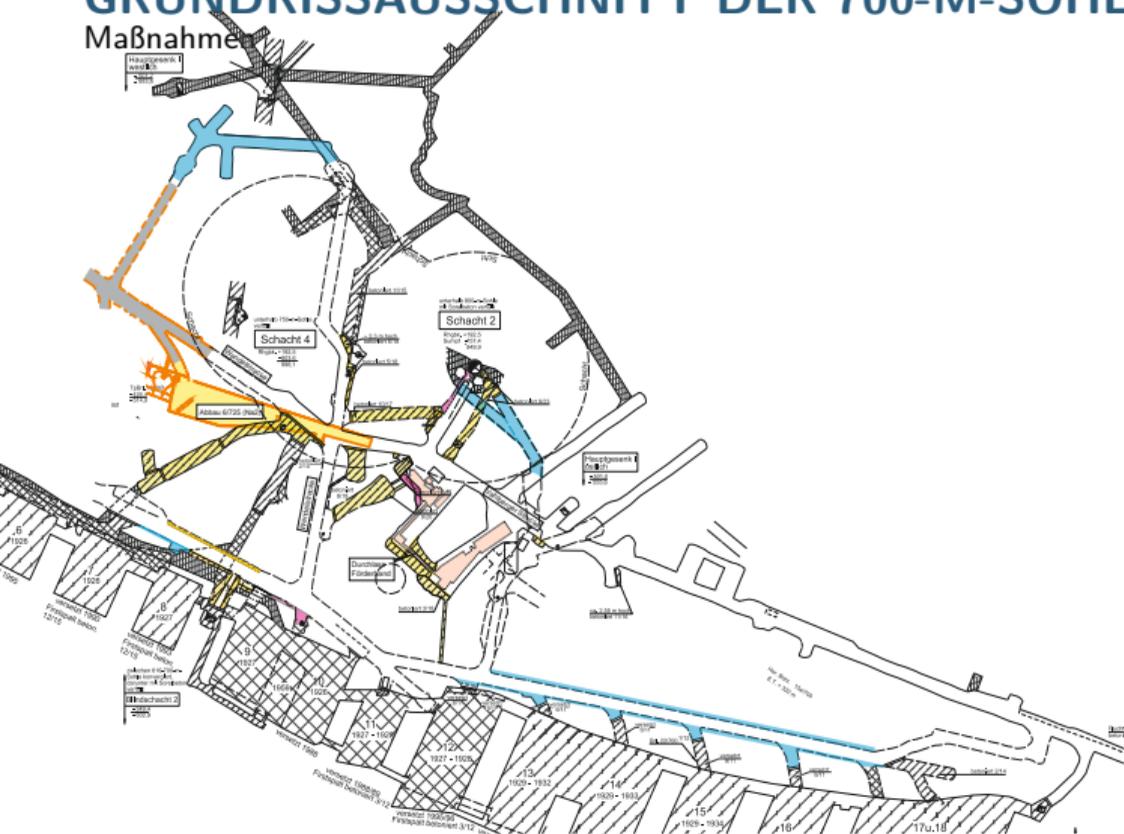


## 6 Lokale Monitoringprogramme

- Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- Wendelstrecke von der 490- bis zur 800-m-Sohle
- **700-m-Sohle**
- 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
- 750-m-Sohle: östlicher Bereich – Abbau 5/750 (Na2)

# GRUNDRISSAUSSCHNITT DER 700-M-SOHL

Maßnahmen



verfüllt

Vorbereitung

725-m-S

in Umsetzung

Grundrissausschnitt 700-M-Sohle, geplante Maßnahmen und geplanter Baubereich

	Maßnahmen zur Verfüllung mit Sandsteinen bzw. Brechung von Stützbauwerken in Umsetzung		Verfüllt (Baumaßnahmen/Entsorgung)		725-m-S
	geplante Verfüllung mit Sandsteinen, keine Brechung von Stützbauwerken		Schrittweiser Umbau von Teilen der Baustellenecke 200A		in Umsetzung

# FIRSTSTRECKE 700-M-SOHL



# FIRSTSTRECKE 700-M-SOHL

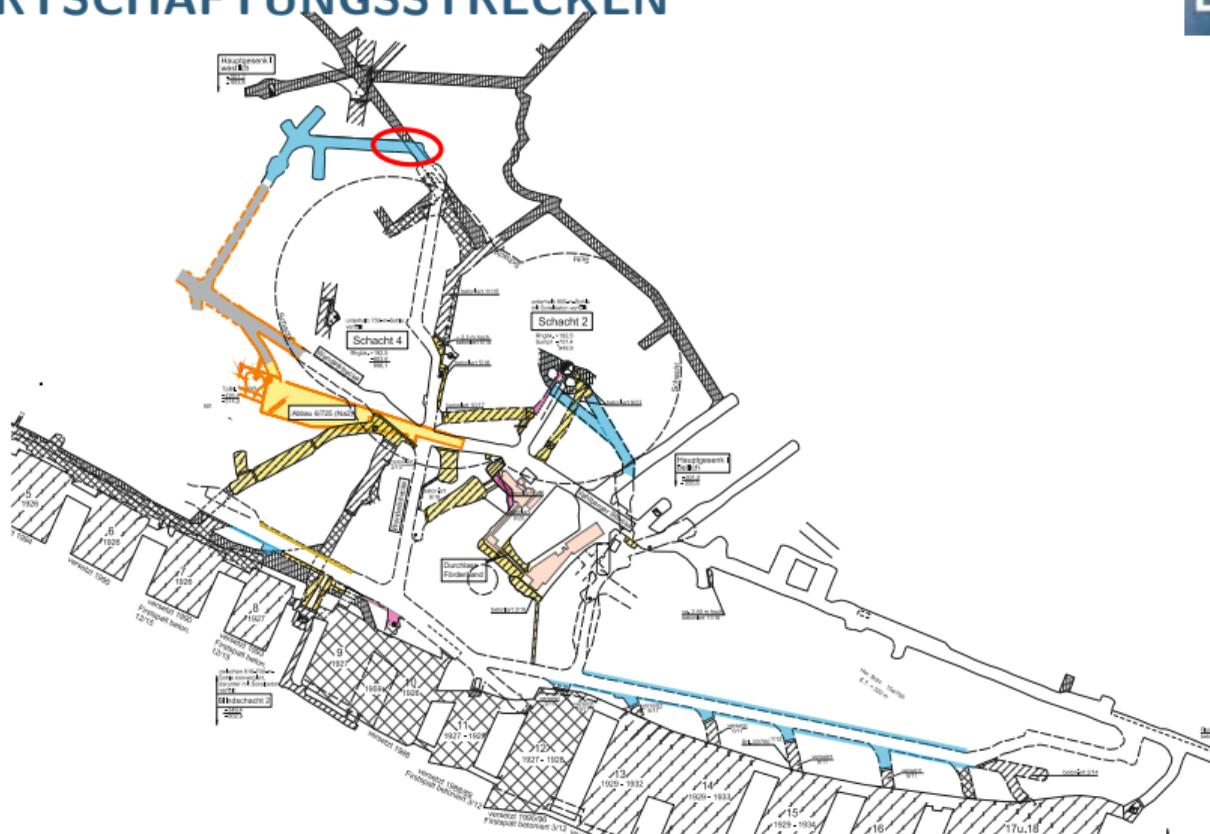


17.04.2024



05.06.2024

# BEWIRTSCHAFTUNGSTRECKEN



# BEWIRTSCHAFTUNGSTRECKEN



16.06.2023



17.04.2024

## 6 Lokale Monitoringprogramme

- Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- Wendelstrecke von der 490- bis zur 800-m-Sohle
- 700-m-Sohle
- **725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)**
- 750-m-Sohle: östlicher Bereich – Abbau 5/750 (Na2)

## ALLGEMEINES

- Auffahrung einer Strecke im nördlichen Bereich der Abbaue 1 bis 4 und Sicherung durch einen Gleitbogenausbau 03/2003 bis 06/2006
- Anstieg der Fassungsrate seit Anfang 2024 von 300 Liter pro Tag auf 6.000 Liter pro Tag (s. Salzlösungsmonitoring)
- Sichtbare Entfestigungserscheinungen

# FOTOS — PFEILER 3/4



Blick nach Osten  
(24.05.2024)



Pfeiler 3/4, 725-m-Sohle

## 6 Lokale Monitoringprogramme

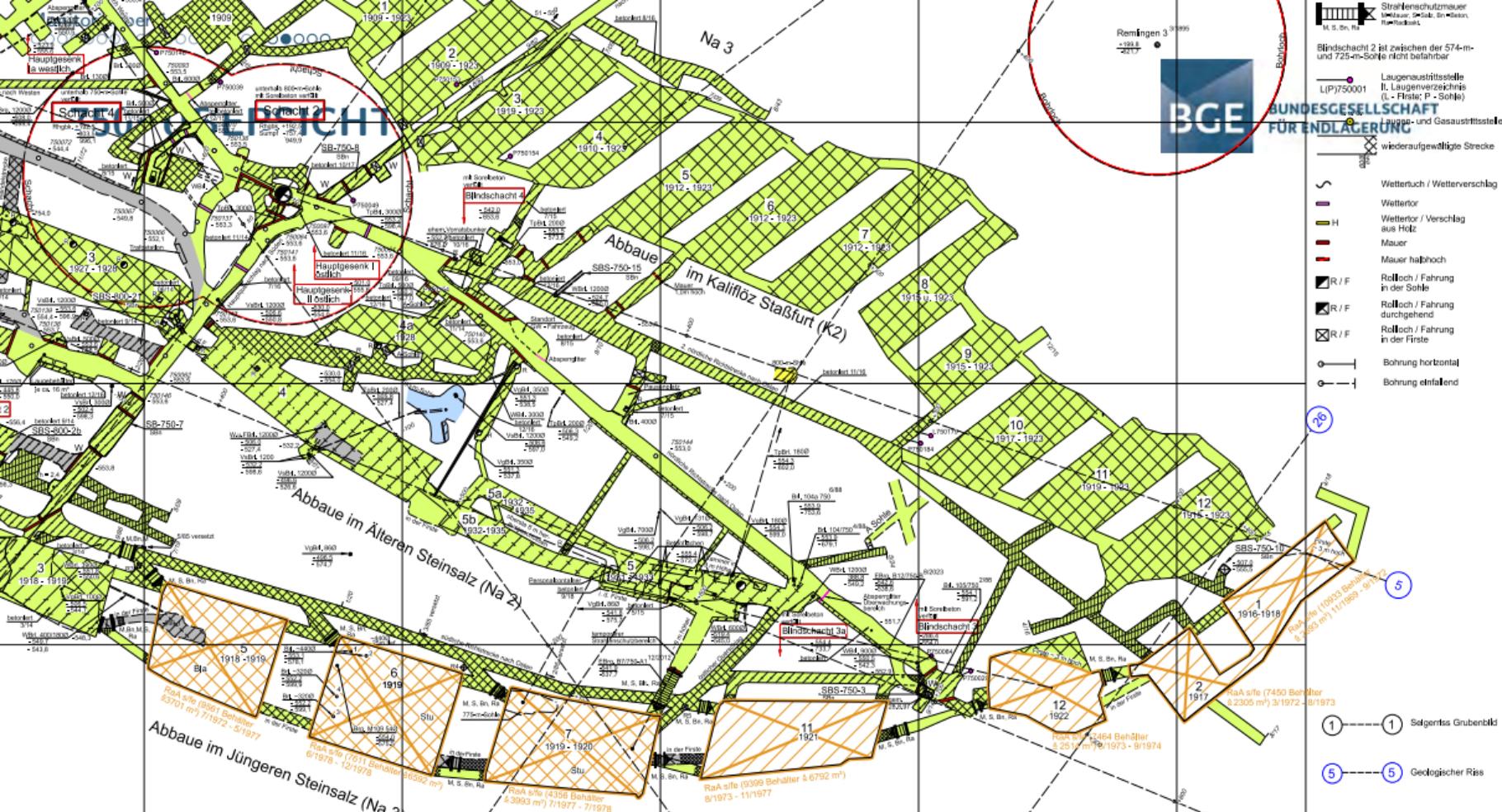
- Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- Wendelstrecke von der 490- bis zur 800-m-Sohle
- 700-m-Sohle
- 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
- 750-m-Sohle: östlicher Bereich – Abbau 5/750 (Na2)

## ABBAU 5/750 (NA2)

Status



- Sanierungsbedarf Mitte 2023 festgestellt.
  - Über Erkundungsbohrungen wurden die Ankerlängen ermittelt.
  - Verfüllung Blindschacht 3a.
  - Errichtung eines Stützbauwerks auf festem Salz.
- ⇒ Offenhaltung für Erkundung ELK 12/750 und Verfüllmaßnahmen im Niveau 725-m-Sohle.



**BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDFÜHRUNG**

Strahlenschutzmauer (Stahl, Dr. Beton, Leichtbauwerk)

Blindschacht 2 ist zwischen der 574-m- und 725-m-Sohle nicht betreibbar

Laugenverzeichnisse (L - Flinte; P - Sohle)

Abbaue- und Gasaustrittsstellen

wiederaufgewälzte Strecke

Wetterfluch / Wetterverschluss

Wettertor

Wettertor / Verschluss aus Holz

Mauer

Mauer halbhoch

R / F Rollloch / Führung in der Sohle

R / F Rollloch / Führung durchgehend

R / F Rollloch / Führung in der Firse

Bohrung horizontal

Bohrung entfallend

26

5

1 1 Selbsteiges Grubenbild

5 5 Geologischer Riss

RaA site (1003 Behälter & 2305 m³) 3/1972 - 8/1973

RaA site (7450 Behälter & 2305 m³) 3/1972 - 8/1973

RaA site (5404 Behälter & 2514 m³) 8/1973 - 8/1974

RaA site (4358 Behälter & 3993 m³) 7/1977 - 7/1978

RaA site (3099 Behälter & 6792 m³) 8/1973 - 11/1977

RaA site (2011 Behälter & 6197 m³) 6/1978 - 12/1978

RaA site (851 Behälter & 6370 m³) 7/1972 - 5/1977

RaA site (2000 Behälter & 5092 m³) 6/1978 - 12/1978

RaA site (1003 Behälter & 2305 m³) 3/1972 - 8/1973



# FOTOS DER SCHÄDIGUNGEN VOM JULI 2023



Abschalung



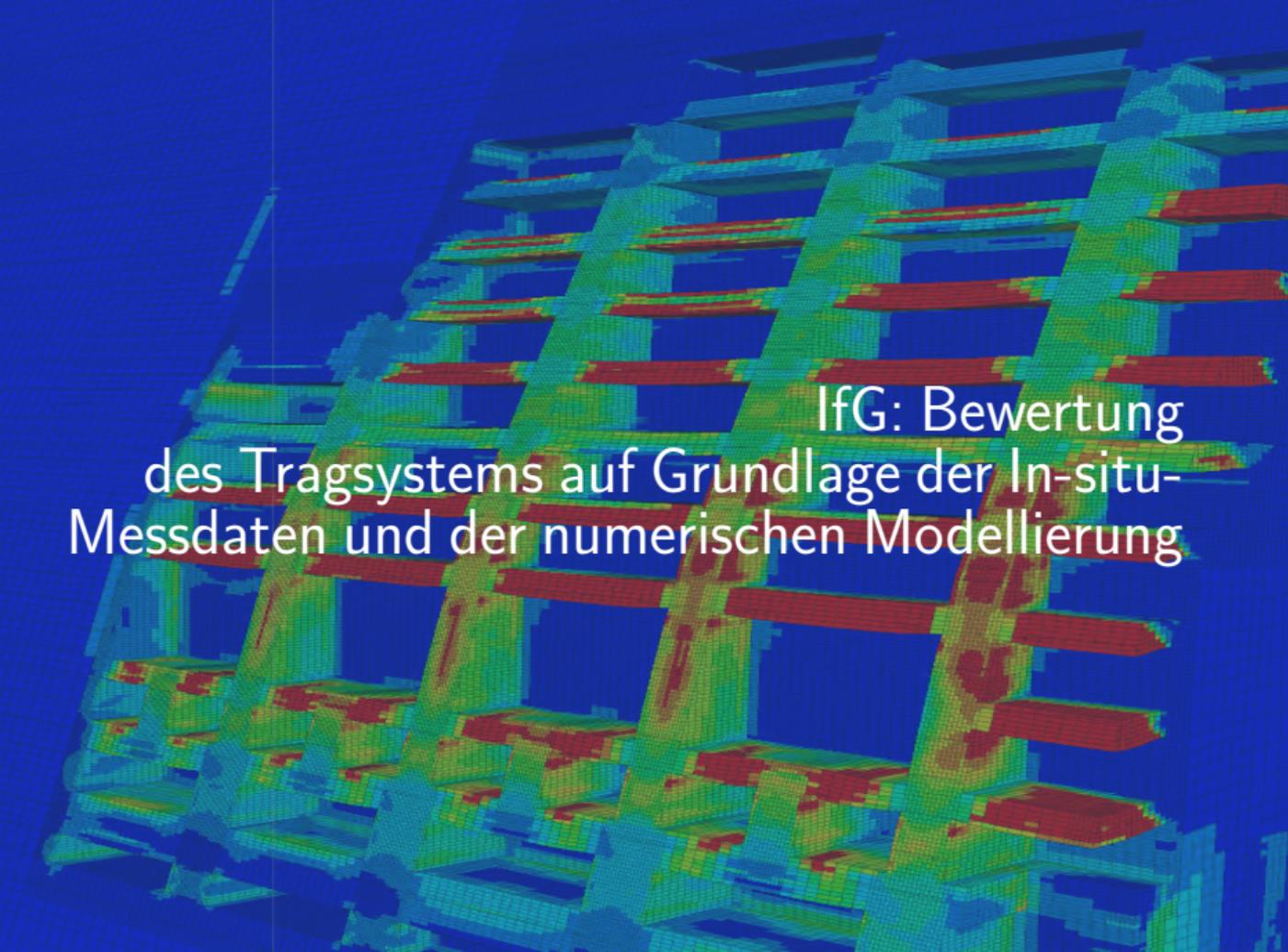
Deformierte Ankerplatte

# SOFORTMASSNAHME – AUGUST 2023



# ERRICHTUNG STÜTZBAUWERK – JUNI 2024



A 3D finite element model of a truss structure, likely a roof or bridge truss, 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 areas representing higher stress and blue areas representing lower 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 Jahresberichte als Grundlage der gebirgsmechanischen Modellierung
- 2 Erläuterung des Gebirgsmechanischen 3D-Modells Bestandsbergwerk und Validierung anhand von In-situ-Messwerten
- 3 Prognoserechnungen und lokale Bewertung aktueller Prozesse
- 4 Aktuelle Bewertung des Systemverhaltens und Empfehlungen

# ÜBERBLICK

Teil 02

- 1 Jahresberichte als Grundlage der gebirgsmechanischen Modellierung
- 2 Erläuterung des Gebirgsmechanischen 3D-Modells Bestandsbergwerk und Validierung anhand von In-situ-Messwerten
- 3 Prognoserechnungen und lokale Bewertung aktueller Prozesse
- 4 Aktuelle Bewertung des Systemverhaltens und Empfehlungen

# GRUNDLEGENDE INFORMATIONEN

aus den Jahresberichten Geomonitoring



- Beschreibung des Systemverhaltens und lokaler Problembereiche
- Vielzahl an Messwerten (Pfeilerstauchungsraten, Verschiebungen, Konvergenzen, Spannungen, Versatzdrücke, Mikroseismik und -akustik) und Informationen zum lokalen Monitoring
- Randbedingungen für Rechenmodelle zur Offenhaltung und zur Bewertung von Rückholkonzepten
- Modellkalibrierung und -validierung anhand der In-situ-Messwerte und deren zeitlicher Entwicklung
- Festlegung der Probenahme für gesteinsmechanische Laborversuche

# ÜBERBLICK

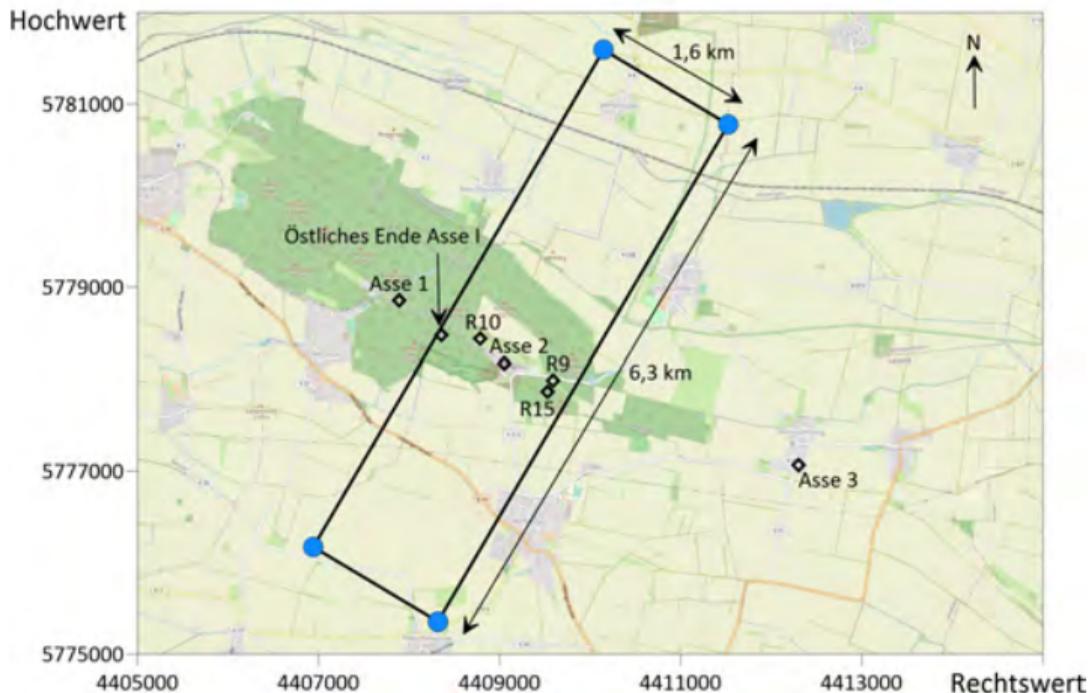
Teil 02



- 1 Jahresberichte als Grundlage der gebirgsmechanischen Modellierung
- 2 Erläuterung des Gebirgsmechanischen 3D-Modells Bestandsbergwerk und Validierung anhand von In-situ-Messwerten
- 3 Prognoserechnungen und lokale Bewertung aktueller Prozesse
- 4 Aktuelle Bewertung des Systemverhaltens und Empfehlungen

# GEBIRGSMECHANISCHES 3D-MODELL

Bestandsbergwerk: Erstreckung



- Abbildung der gesamten Schachtanlage Asse II
- Berücksichtigung der entsprechenden Geologie
- Insgesamt ca. 3,3 Mio. Netzelemente im 3D-Modell

# GEBIRGSMECHANISCHES 3D-MODELL

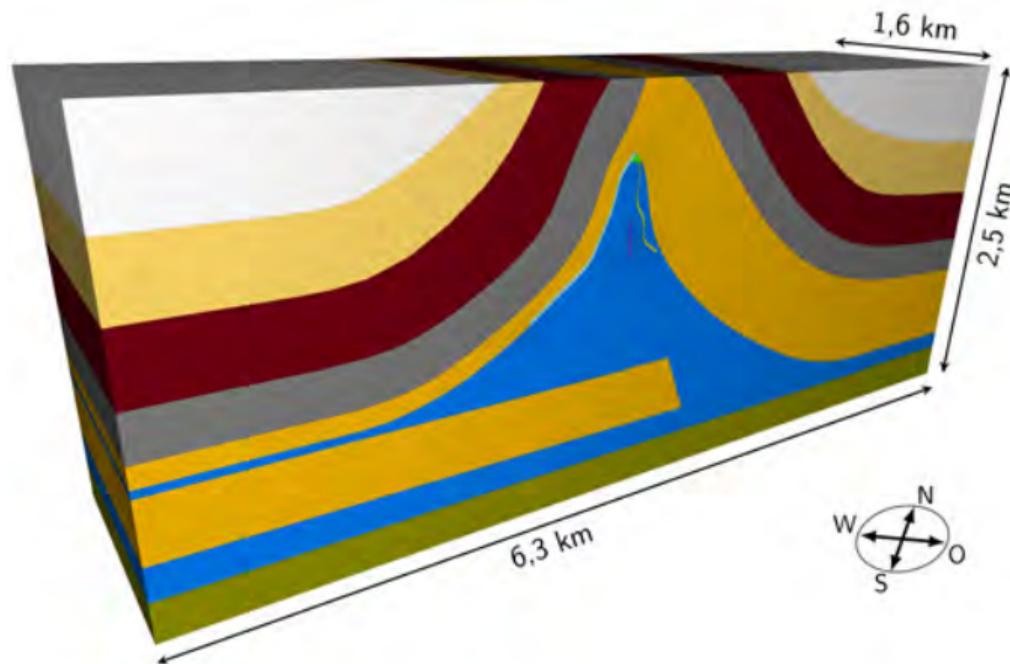
Bestandsbergwerk: Geologischer Aufbau



BUNDEGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

## Stratigrafie

-  Kreide
-  Jura
-  Keuper
-  Muschelkalk
-  Buntsandstein
-  Röt-Anhydrit
-  Hutgestein
-  Steinsalz
-  Carnallit
-  Roter Salzion
-  Subsalinar



# VERGLEICH GEOLOGIE IN MODELL UND RISS- WERK

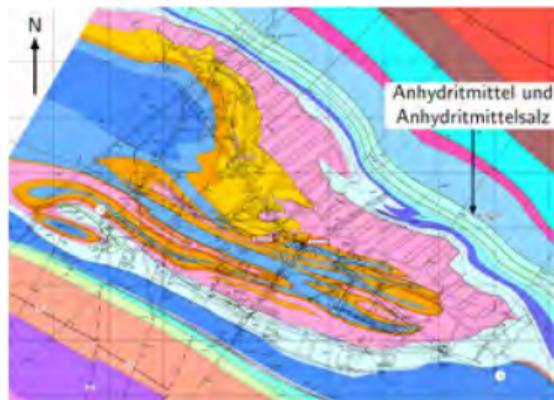
Stratigrafie

- Steinsalz
- Carnallit
- Roter Salzton
- Röt-Anhydrit
- Buntsandstein
- Muschelkalk

Modell Bestandsbergwerk



Geologischer Grubenriss



Stratigrafie

- Unterer Buntsandstein
- Oberes Zechstein
- Aller-Steinsalz
- Roter Salzton
- Oberes Leine-Steinsalz
- Mittleres Leine-Steinsalz
- Unteres Leine-Steinsalz
- Stäbfurt-Steinsalz
- Kieserit, Übergangssalz
- Polyhalitbänkchensalz
- Tonliniensalz
- Stäbfurt-Carnallit
- Röt-Steinsalz
- Röt-Anhydrit
- Oberer Buntsandstein
- Unterer Muschelkalk
- Mittlerer Muschelkalk

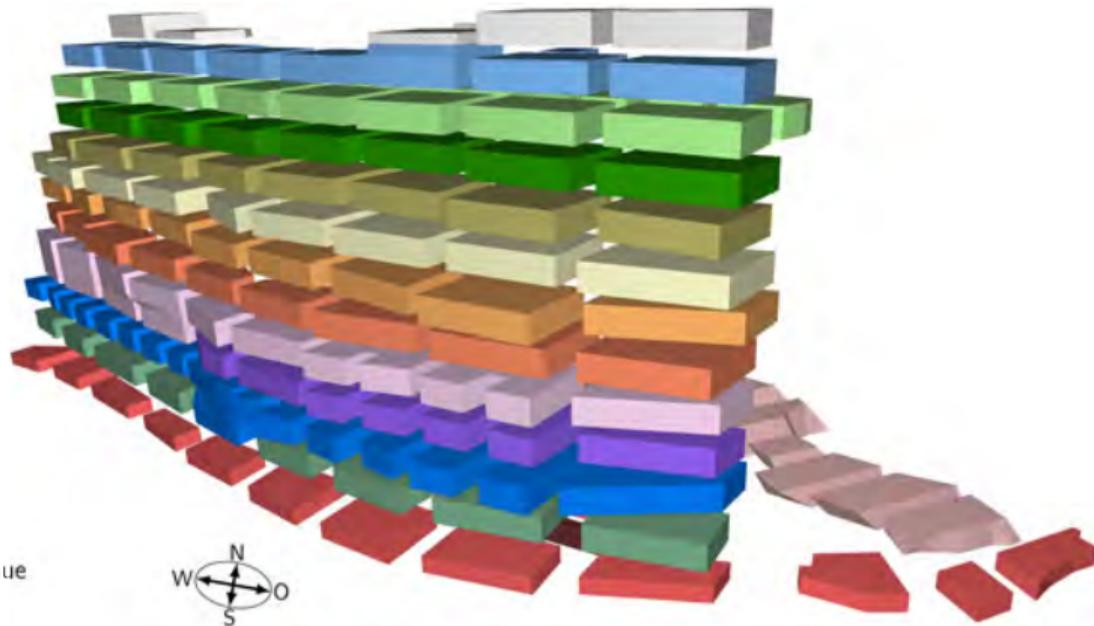
- Verwendung von CAD-Vernetzern ermöglicht realitätsnahe Abbildung der im Risswerk dargestellten Geologie und Geometrie

# VERNETZTE ABBAUE

## Modell Bestandsbergwerk

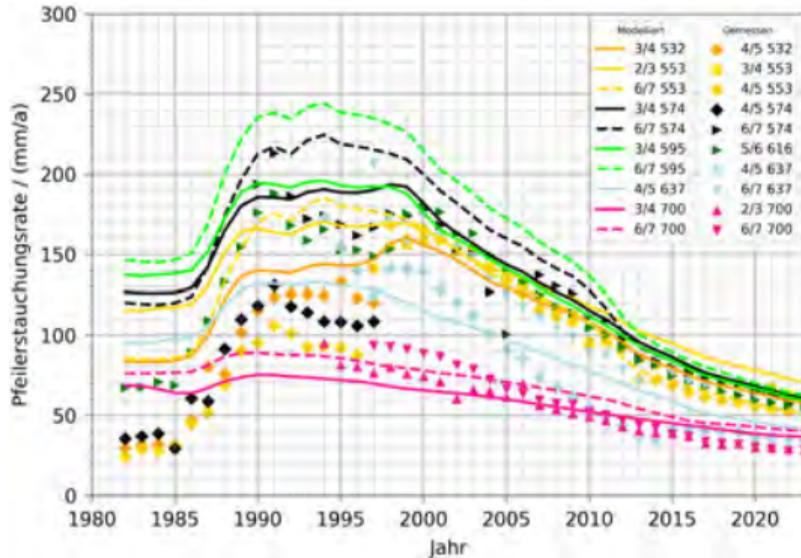
### Grubenbaue

- 490-m-Sohle
- 511-m-Sohle
- 532-m-Sohle
- 553-m-Sohle
- 574-m-Sohle
- 595-m-Sohle
- 616-m-Sohle
- 637-m-Sohle
- 658-m-Sohle
- 679-m-Sohle
- 700-m-Sohle
- 725-m-Sohle
- 750-m-Sohle
- 775-m-Sohle
- Carnallitabbaue



# KALIBRIERUNG

anhand von Pfeilerstauchungsraten

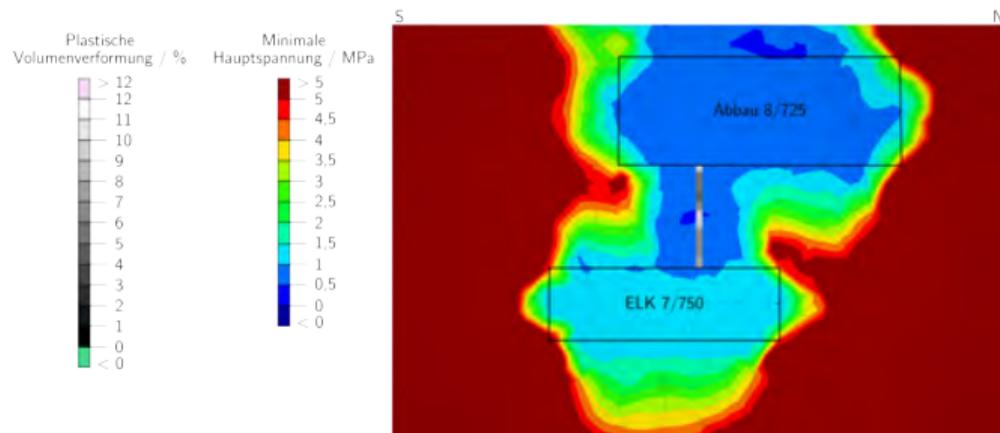


- Mechanische Eigenschaften der Gesteine streuen in situ und Rechenleistung begrenzt → Abstraktionen erforderlich im Modell
- Kalibrierung des gebirgsmechanischen Modells notwendig
- Kalibrierung erfolgt immer anhand von In-situ-Messwerten
- Modellierung der Abbau- und Versatzgeschichte bis zur Gegenwart und Vergleich der berechneten mit den gemessenen Werten

# MODELLVALIDIERUNG

## lokale Verformungen

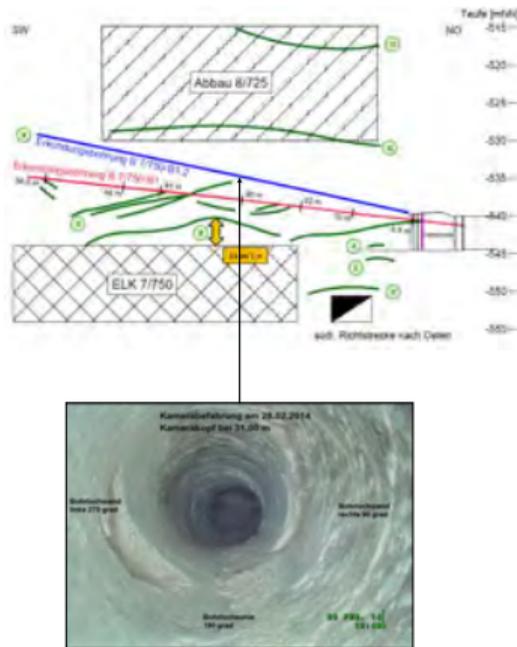
### Querschlägiger Vertikalschnitt durch die ELK 7



- Ab plastischer Volumenverformung (Dilatanz) > 1 % Bereiche entfestigt
- Hier teilweise Dilatanz > 10 %, daher Minimale Hauptspannung < 0,5 MPa (Druckspannungen positiv)
- Verformungs- und Spannungswerte des Modells weisen auf entfestigten Schwebenkern hin.

# MODELLVALIDIERUNG

## lokale Verformungen

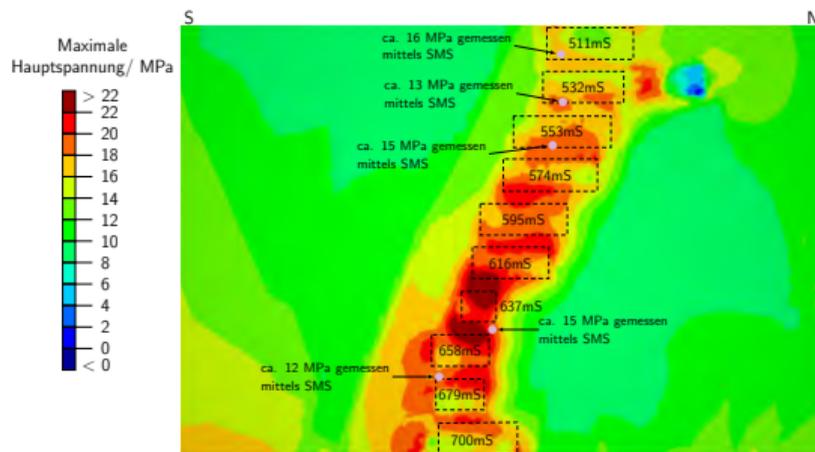


- Hier dargestellt: Reflektoren aus Bohrlochradar und Foto aus einer Bohrung in der Schweben über der ELK 7/750
  - Sowohl Georadar als auch Kamerabilder zeigen klaffende Risse und deutlich gebrochenen Schwebenbereich
- In guter Übereinstimmung mit Modellergebnissen

# MODELLVALIDIERUNG

## Spannungsmonitorstationen (SMS)

Maximale Hauptspannung in querschlägigem  
Vertikalschnitt durch Pfeiler 5/6

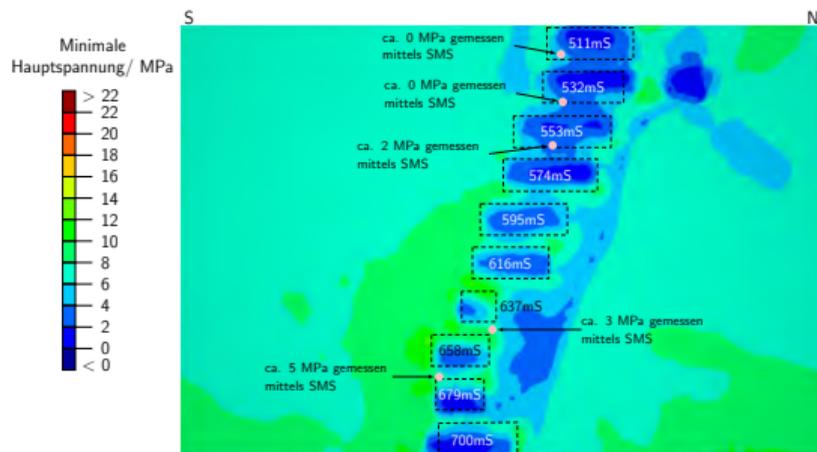


- Messwerte und Positionen der SMS in Abbildung (Druckspannungen positiv)
- Umrisse der an den Pfeiler angrenzenden Abbaue der Abbaureihe 5 gestrichelt
- Vergleich der gemessenen Werte mit Modell zeigt gute Übereinstimmung

# MODELLVALIDIERUNG

## Spannungsmonitorstationen (SMS)

Minimale Hauptspannung in querschlägigem  
Vertikalschnitt durch Pfeiler 5/6



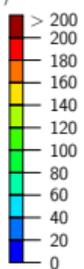
- Messwerte und Positionen der SMS in Abbildung (Druckspannungen positiv)
- Umrisse der an den Pfeiler angrenzenden Abbaue der Abbaureihe 5 gestrichelt
- Vergleich der gemessenen Werte mit Modell zeigt gute Übereinstimmung

# MODELLVALIDIERUNG

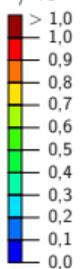
## Mikroseismikdaten

Dilatanz zum Zeitstand 2024 und Verschiebungen  
2020 bis 2024 im Modell im Schnitt 2

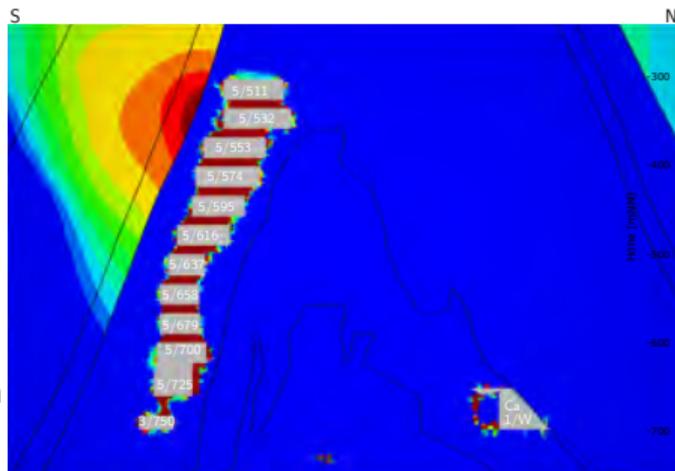
Verschiebung  
im Deckgebirge  
/ mm



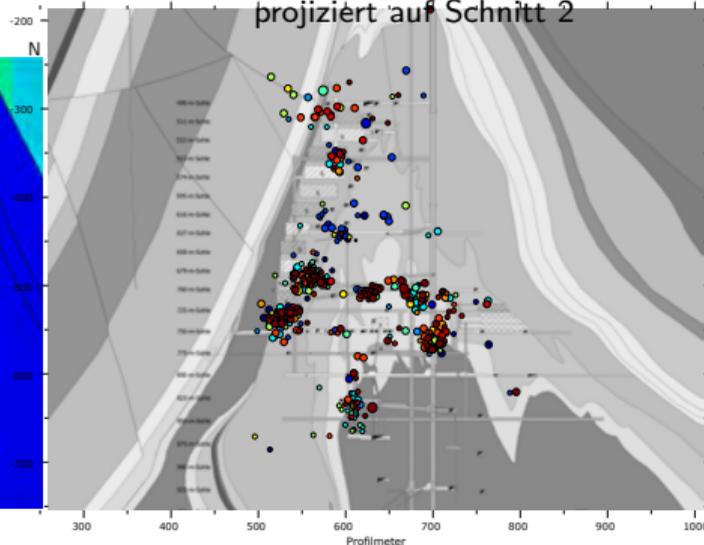
Dilatanz im  
Salinar  
/ %



Offen stehend  
Versetzt



Mikroseismikereignisse 2023  
projiziert auf Schnitt 2



- Gute räumliche Korrelation zwischen geschädigten Bereichen im Salinar und Mikroseismik sowie zwischen Verschiebungen im Deckgebirge und Mikroseismik

# MODELLVALIDIERUNG

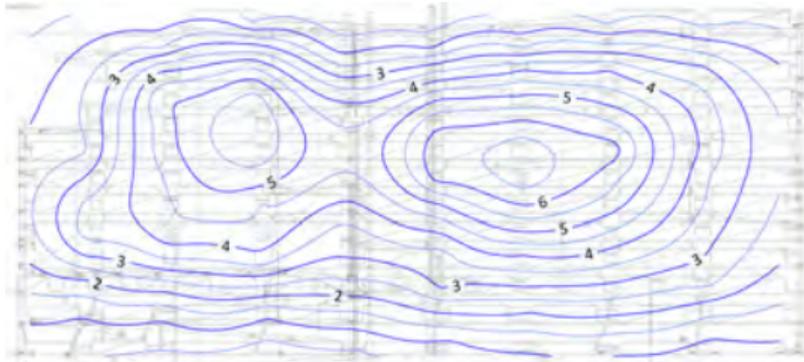
## Mikroseismikdaten

- In-situ-Interaktion zwischen gebrächem Tragsystem und nachrutschendem Deckgebirge wird vom Modell gut wiedergegeben
  - Deckgebirge bewegt sich mit Pfeilerstauchung in Richtung Südflanke
- Versatzdruck wirkt dem entgegen
  - Mobilität des Deckgebirges durch stratigrafische und tektonische Gliederung bedingt → stick-slip-artige Bewegung

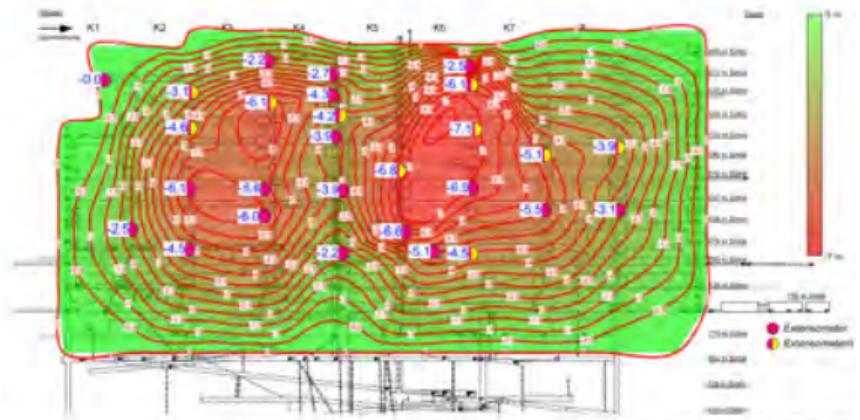
# MODELLVALIDIERUNG

akkumulierte Pfeilerstauchung

Akkumulierte Pfeilerstauchung im Modell  
im Zeitraum 1981 - 2024



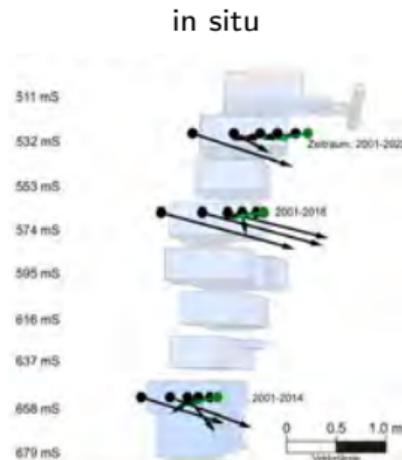
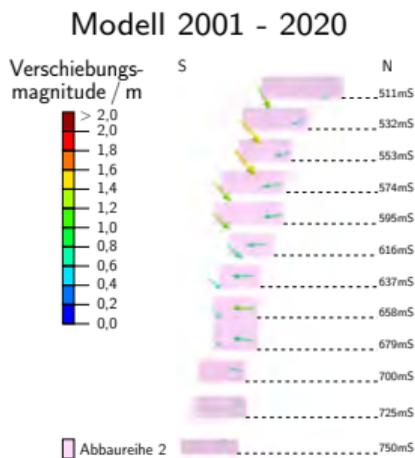
Abschätzung der integralen Pfeilerstauchung  
bis 2022



- Gute Übereinstimmung zwischen Modell und In-situ-Messwerten. Kalibrierung erfolgte zwar anhand Pfeilerstauchungsraten, aber hier zeigt sich, dass auch die akkumulierten Gesamtstauchungen übereinstimmen (alle Angaben in Metern)

# MODELLVALIDIERUNG

## Verschiebungsvektoren im Pfeiler 2/3



Verschiebung / m	Süd		Nord	
	Modell	In situ	Modell	In situ
Min	0,1	0,9	0,4	0,4
Max	1,5	1,4	1,0	0,4

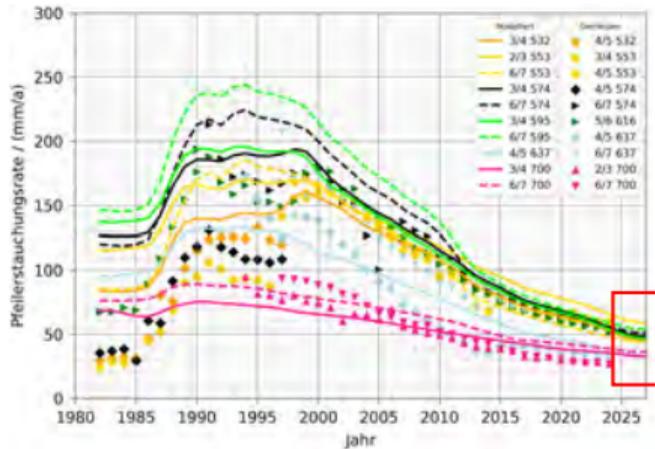
# ÜBERBLICK

Teil 02

- 1 Jahresberichte als Grundlage der gebirgsmechanischen Modellierung
- 2 Erläuterung des Gebirgsmechanischen 3D-Modells Bestandsbergwerk und Validierung anhand von In-situ-Messwerten
- 3** Prognoserechnungen und lokale Bewertung aktueller Prozesse
- 4 Aktuelle Bewertung des Systemverhaltens und Empfehlungen

# PROGNOSE

zeitliche Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten

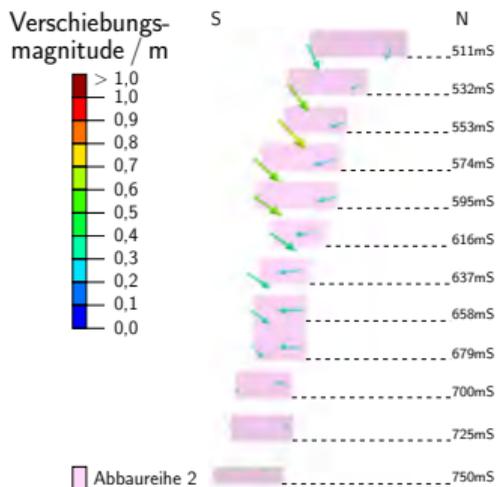


- Nur ein validiertes Modell ermöglicht Prognoserechnungen
- Fortlaufende Überprüfung anhand der Daten der Standortüberwachung erforderlich, ggf. Modellanpassung
- Aufgrund der komplexen Wechselwirkungen begrenzter Prognosezeitraum, aber die Verfüllung der Abbaue der Südflanke hat das Tragsystem stabilisiert und damit die Verformungsraten erfolgreich abgebremst
- Damit wird die zukünftige Entwicklung der Grube immer besser prognostizierbar

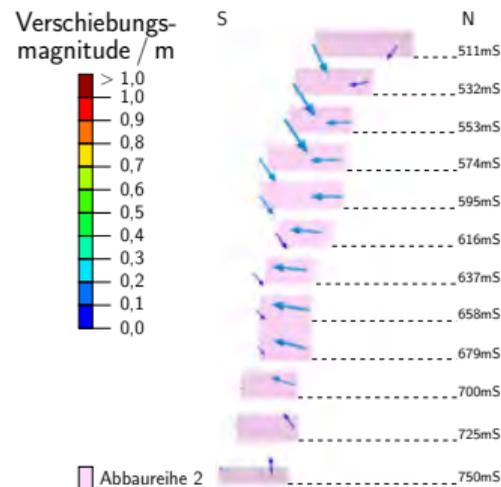
# ZEITLICHE ENTWICKLUNG

## Verschiebungsvektoren im Pfeiler 2/3

Modell 1989 - 1994



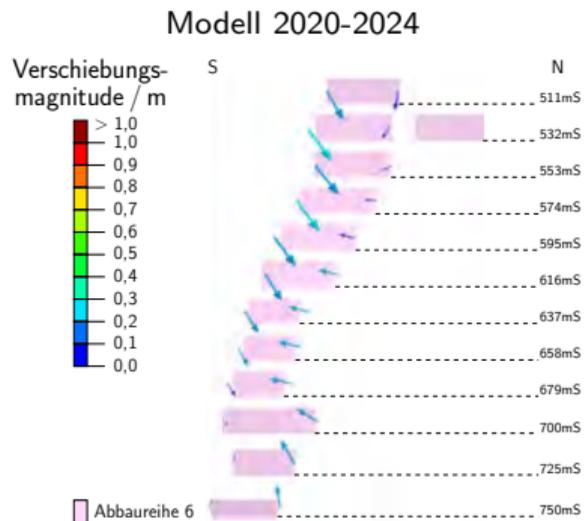
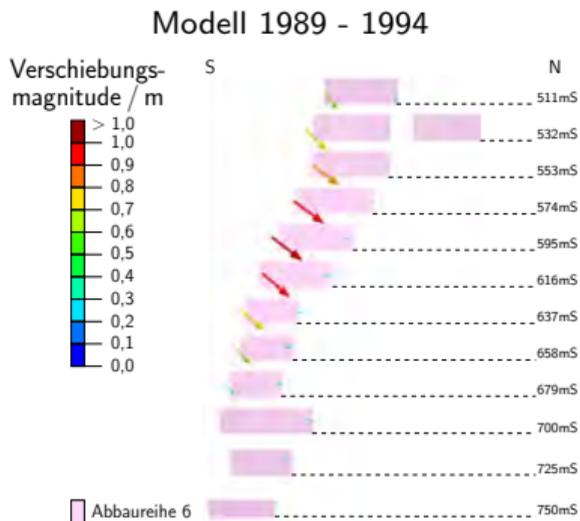
Modell 2020-2024



Verschiebungsrate / (mm/a)	Süd		Nord	
	1989-94	2020-24	1989-94	2020-24
Max	120	50	80	50

# ZEITLICHE ENTWICKLUNG

Verschiebungsvektoren im Pfeiler 6/7



Verschiebungsrate / (mm/a)	Süd		Nord	
	1989-94	2020-24	1989-94	2020-24
Max	200	50	80	40

## FAZIT

### Auswertung der Verschiebungsvektoren



- Vor der Stabilisierung aus Süden Verschiebungsraten von ca. 120 bis 200 mm/a
- Nach der Stabilisierung aus Süden Verschiebungsraten von ca. 50 mm/a
- Die Stabilisierung hat zu einer deutlichen Verringerung der Verschiebungsraten und damit auch der Pfeilerstauchungsraten geführt.
- Gleichzeitig nähern sich die Verschiebungsanteile aus Süden und Norden einander an → Beleg für die zugrundeliegende Stützung des Deckgebirges
- Der Einfluss der Deckgebirgsverschiebung auf die Pfeilerstauchungsraten verringert sich mit zunehmender Mächtigkeit der Steinsalzbarriere. → Daher auf unteren Sohlen weniger Verschiebungen

# ÜBERBLICK

Teil 02

- 1 Jahresberichte als Grundlage der gebirgsmechanischen Modellierung
- 2 Erläuterung des Gebirgsmechanischen 3D-Modells Bestandsbergwerk und Validierung anhand von In-situ-Messwerten
- 3 Prognoserechnungen und lokale Bewertung aktueller Prozesse
- 4 Aktuelle Bewertung des Systemverhaltens und Empfehlungen**

## BEWERTUNG

### Systemverhaltens und Empfehlungen (I)

- Die Überwachung der First- und Stoßsicherheit und lokale Stützmaßnahmen sind für den Erhalt der Bergbausicherheit unverzichtbar.
- Der Versatzdruckaufbau (durch Firstspaltverfüllung unterstützt) besitzt einen nachweisbaren Stabilisierungseffekt auf das entfestigte Abbau-Pfeiler-Schweben-System, der sich langjährig in einer deutlichen Verringerung der Pfeilerstauchungsraten zeigt.

Dabei wird die Resttragfähigkeit der stark geschädigten Tragelemente verbessert und es erfolgt ein (noch geringer) Lastabtrag in den Versatzkörpern.

Der Versatz fungiert als Tragelement im Gesamtsystem Abbau-Pfeiler-Schweben-Versatz.

## BEWERTUNG

### Systemverhaltens und Empfehlungen (II)

- Die gemessenen Pfeilerstauchungsraten bewegen sich innerhalb der prognostizierten Bandbreite. Kurzzeitige Erhöhungen resultieren aus Wechselwirkungen zwischen der Konvergenz des Tragsystems und dem nachsetzenden Deckgebirge.
- Die Prognosen der Pfeilerstauchungsraten basieren auf der Umsetzung der Firstspaltverfüllung und einem unveränderten Lösungszutritt (Lokalität und Zutrittsvolumen).

## BEWERTUNG

### Systemverhaltens und Empfehlungen (III)

- Trotz der Stabilisierung des Tragsystems bleibt die hydrogeologische Integrität der Salinarbarriere nachhaltig und intensiv verletzt.
- 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.



## Salzlösungsmonitoring

03

# ÜBERBLICK

Teil 03

- 1 Grundlagen
- 2 Baufeld an der Südflanke
- 3 Carnallititbaufeld (Nordflanke)
- 4 Tiefenaufschluss

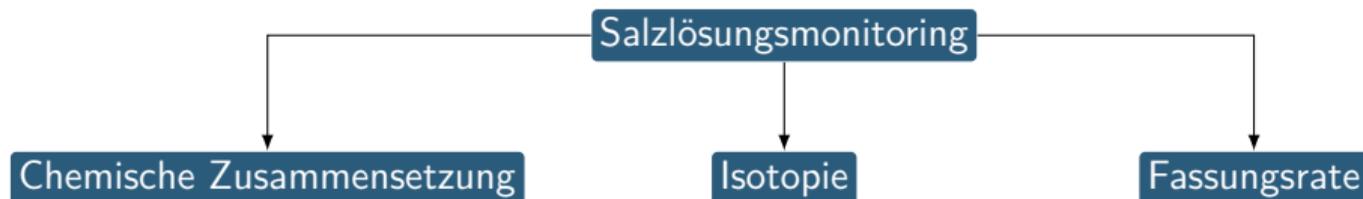
# ÜBERBLICK

Teil 03

- 1 Grundlagen
- 2 Baufeld an der Südflanke
- 3 Carnallititbaufeld (Nordflanke)
- 4 Tiefenaufschluss

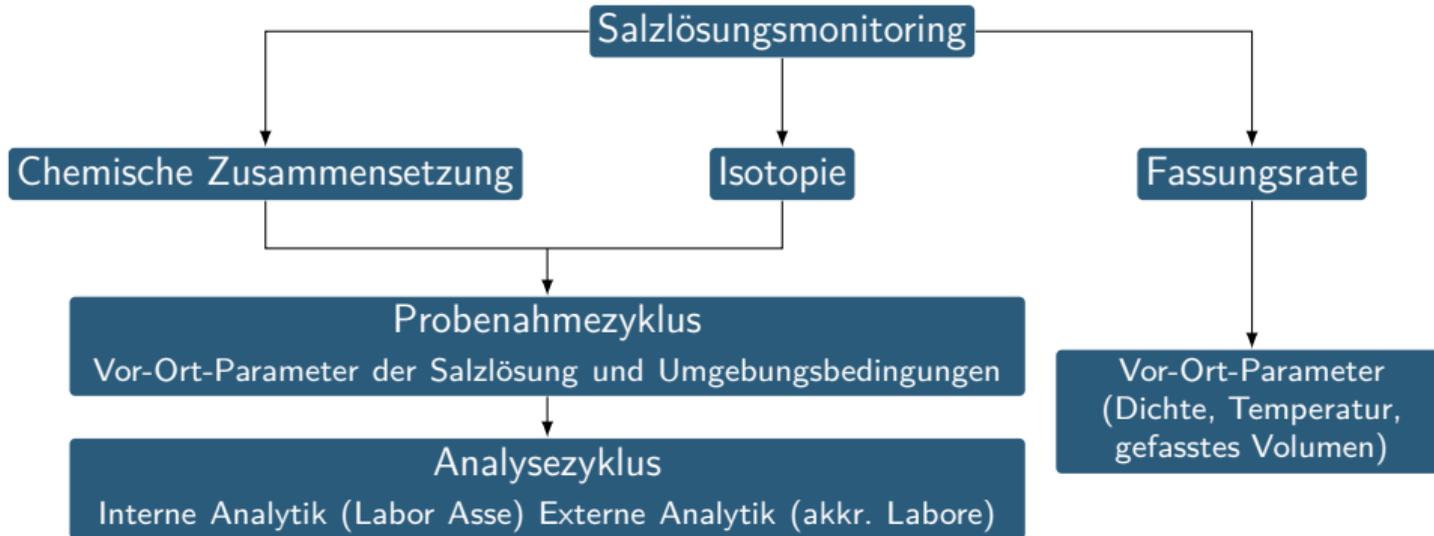
# SALZLÖSUNGSMONITORING

Schachtanlage Asse II



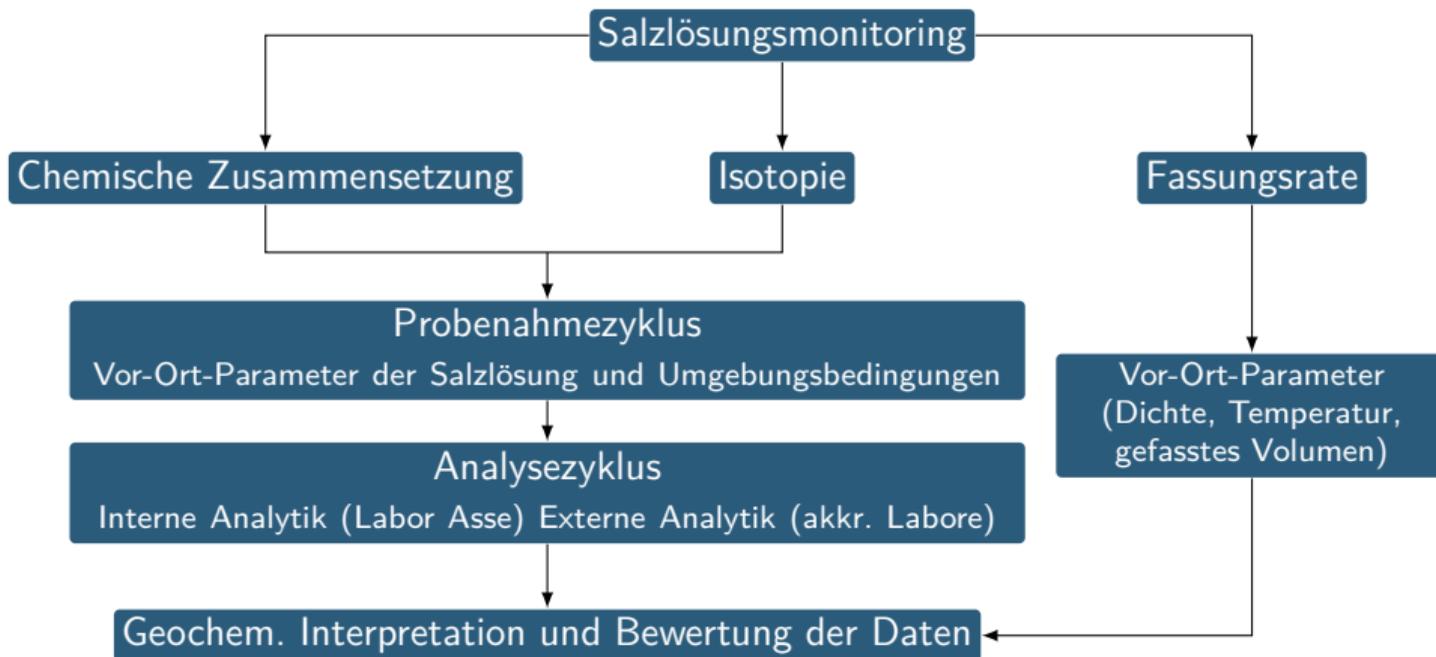
# SALZLÖSUNGSMONITORING

Schachtanlage Asse II



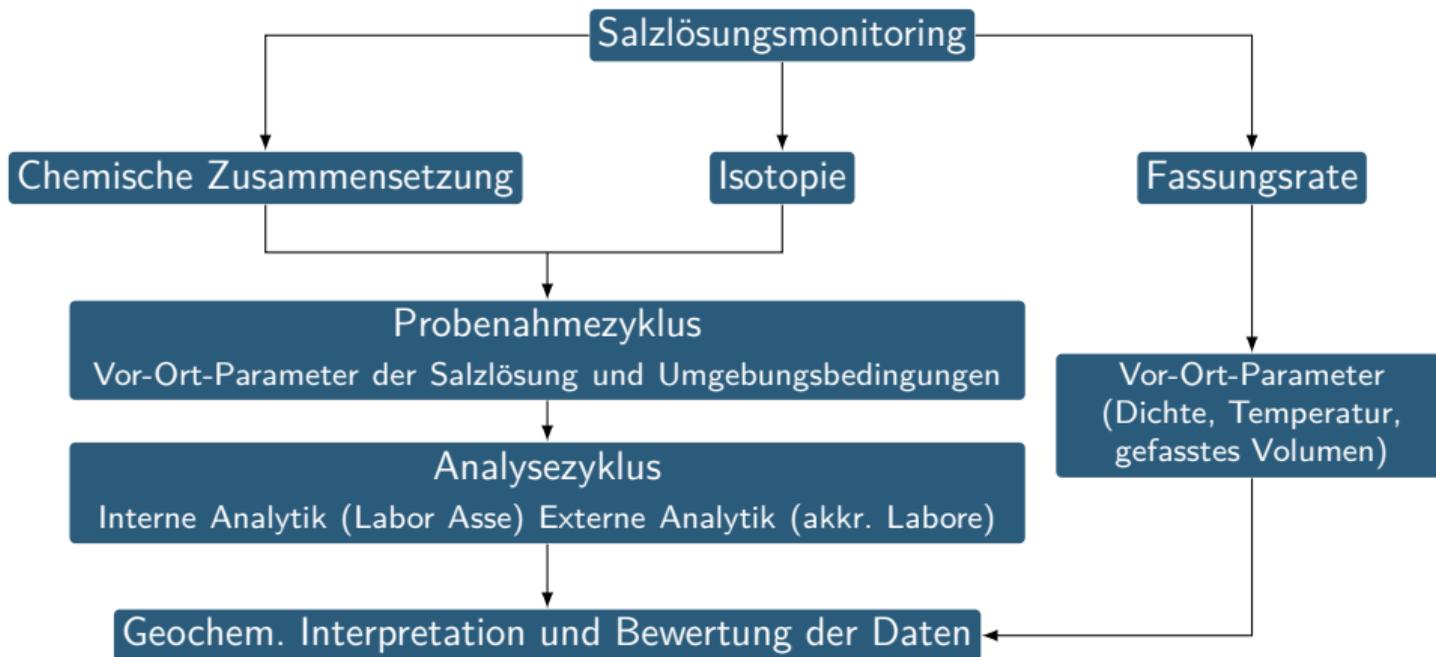
# SALZLÖSUNGSMONITORING

Schachtanlage Asse II



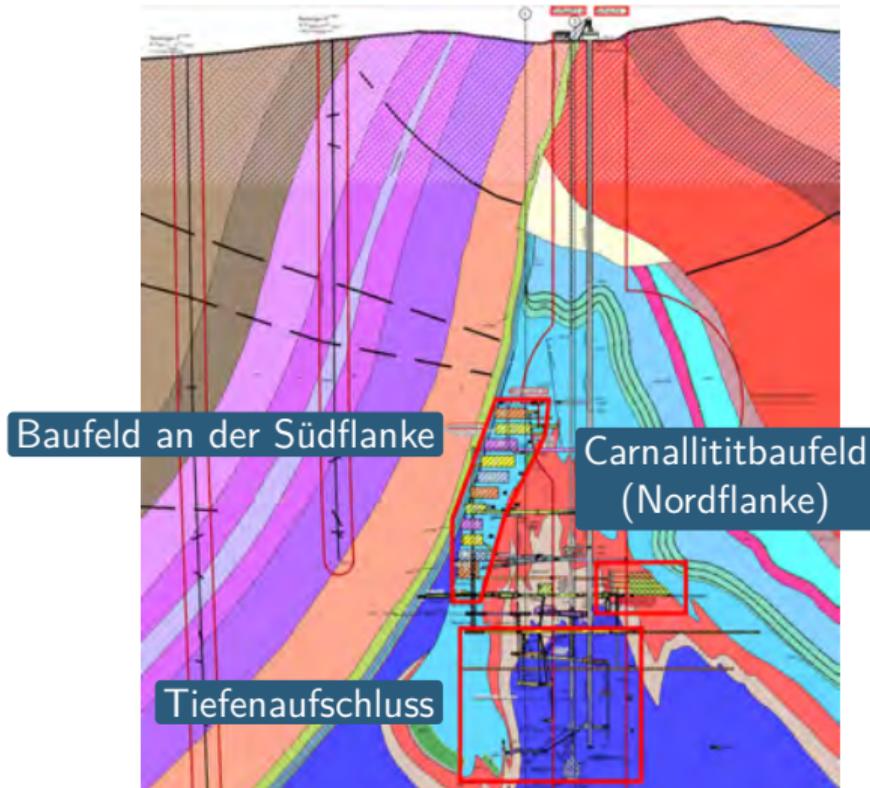
# SALZLÖSUNGSMONITORING

Schachtanlage Asse II

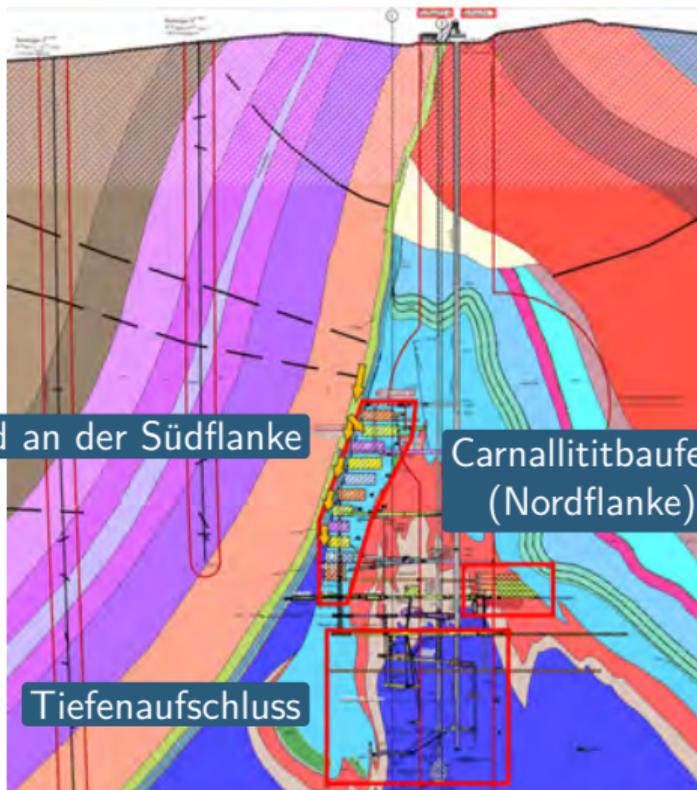


Gesamt 2023: 45 Stellen beprobt, 363 Analysen durchgeführt  
16 Stellen im engmaschigen Monitoring  
4.952 m<sup>3</sup> Salzlösung gefasst

# SALZLÖSUNGEN IM GRUBENGEBÄUDE



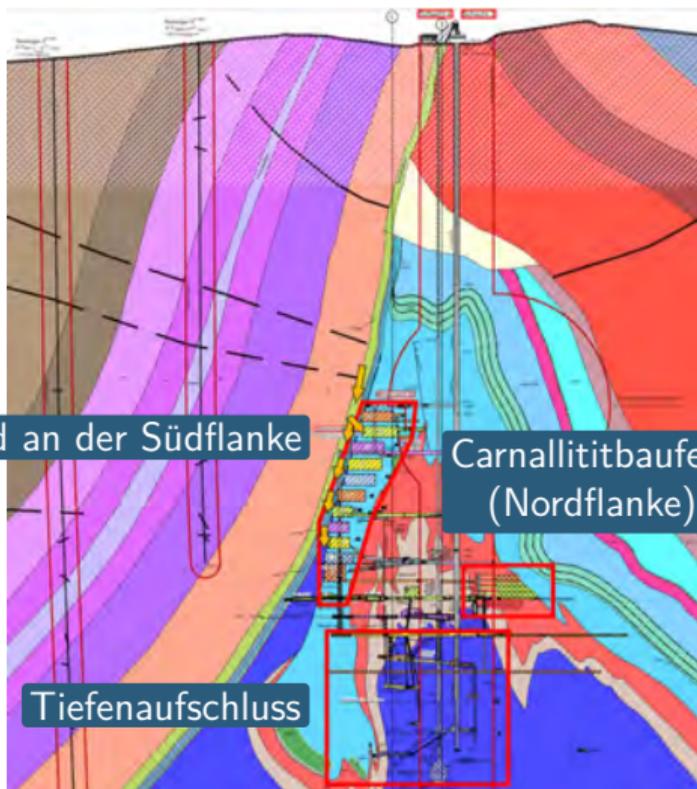
# SALZLÖSUNGEN IM GRUBENGEBÄUDE



## 1. Deckgebirgslösung an der Südflanke

NaCl- und  $\text{CaSO}_4$ -gesättigte Lösungen,  
Dichte: ca.  $1,2 \text{ g/cm}^3$  bis  $1,3 \text{ g/cm}^3$

# SALZLÖSUNGEN IM GRUBENGEBÄUDE



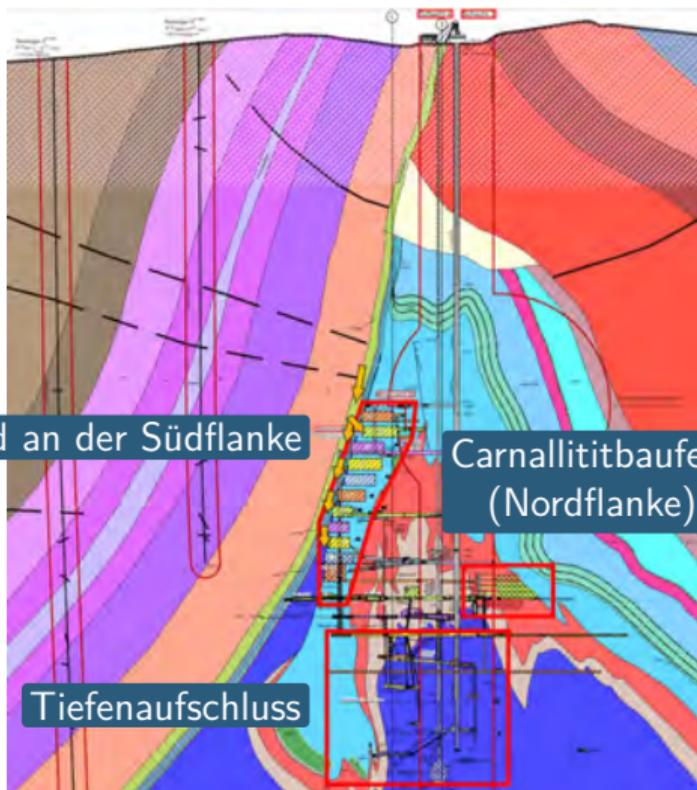
## 1. Deckgebirgslösung an der Südflanke

NaCl- und  $\text{CaSO}_4$ -gesättigte Lösungen,  
Dichte: ca.  $1,2 \text{ g/cm}^3$  bis  $1,3 \text{ g/cm}^3$

## 2. Restlösungen

relativ konstante chemische Zusammensetzung,  
hohe Br-Gehalte (6.800 ppm bis 8.600 ppm)

# SALZLÖSUNGEN IM GRUBENGEBÄUDE



## 1. Deckgebirgslösung an der Südflanke

NaCl- und  $\text{CaSO}_4$ -gesättigte Lösungen,  
Dichte: ca.  $1,2 \text{ g/cm}^3$  bis  $1,3 \text{ g/cm}^3$

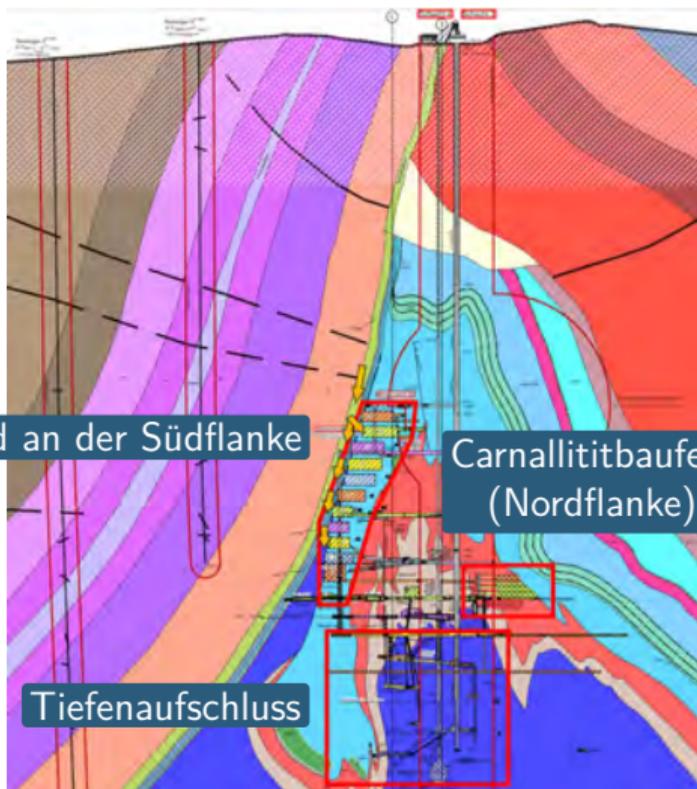
## 2. Restlösungen

relativ konstante chemische Zusammensetzung,  
hohe Br-Gehalte (6.800 ppm bis 8.600 ppm)

## 3. Metamorphoselösungen

$\text{MgCl}_2$ -reiche Lösungen, niedrige Na-, K- und  
Sulfatgehalte  
relativ hohe Br- und Li-Gehalte

# SALZLÖSUNGEN IM GRUBENGEBÄUDE



## 1. Deckgebirgslösung an der Südflanke

NaCl- und  $\text{CaSO}_4$ -gesättigte Lösungen,  
Dichte: ca.  $1,2 \text{ g/cm}^3$  bis  $1,3 \text{ g/cm}^3$

## 2. Restlösungen

relativ konstante chemische Zusammensetzung,  
hohe Br-Gehalte (6.800 ppm bis 8.600 ppm)

## 3. Metamorphoselösungen

$\text{MgCl}_2$ -reiche Lösungen, niedrige Na-, K- und  
Sulfatgehalte  
relativ hohe Br- und Li-Gehalte

## 4. Betriebslösungen

Versatzlösungen, Wetterlösungen,  
Schachttropfwasser

# ÜBERBLICK

Teil 03

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

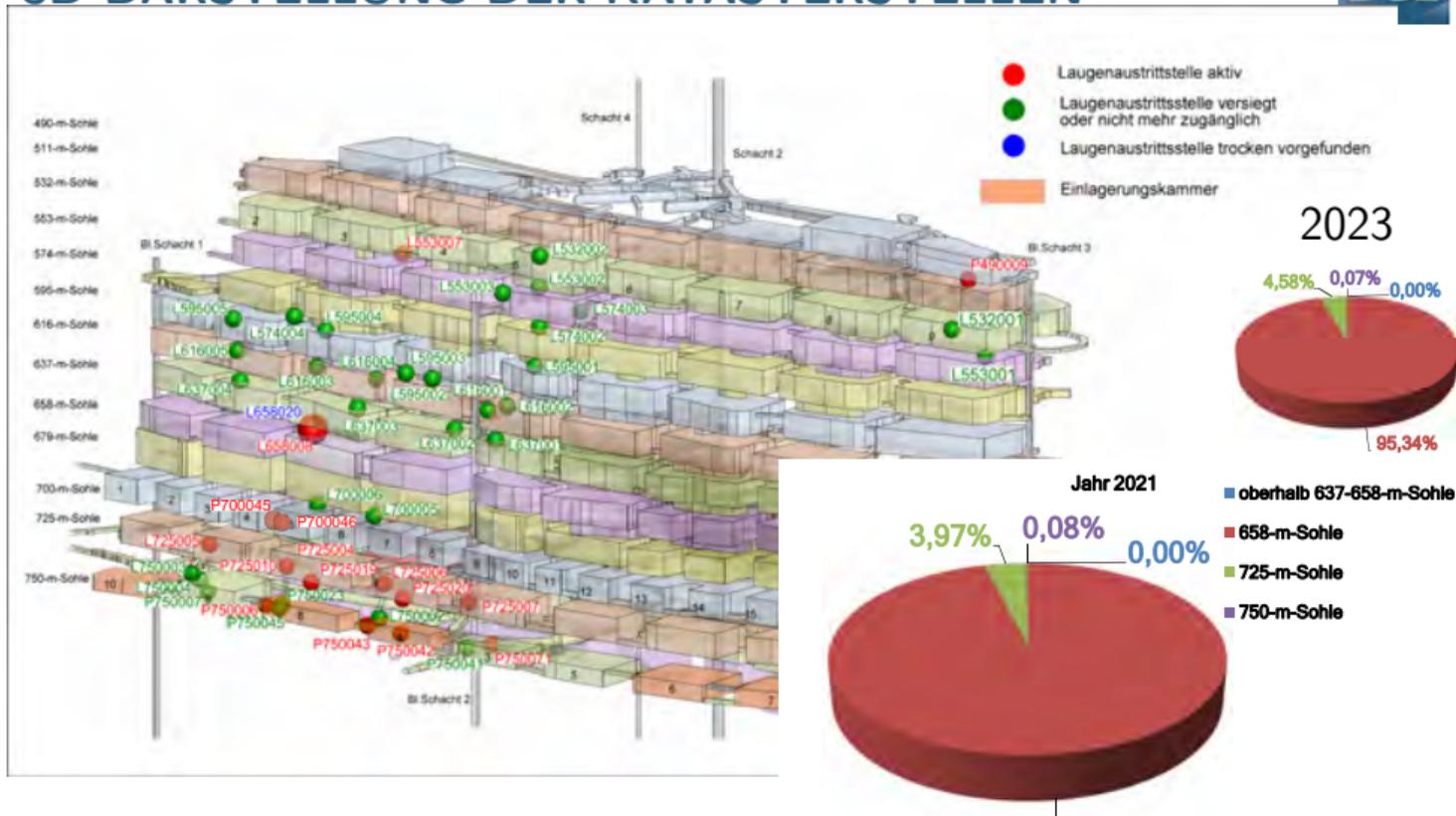
## 2

### Baufeld an der Südflanke

- 3D-Darstellung des Grubengebäudes an der Südflanke
  - 658-m-Sohle: Bereich Hauptfassungsstelle
  - Südflanke 700-m-Sohle
  - 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



## 2

### Baufeld an der Südflanke

- 3D-Darstellung des Grubengebäudes an der Südflanke
- **658-m-Sohle: Bereich Hauptfassungsstelle**
- Südflanke 700-m-Sohle
- 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







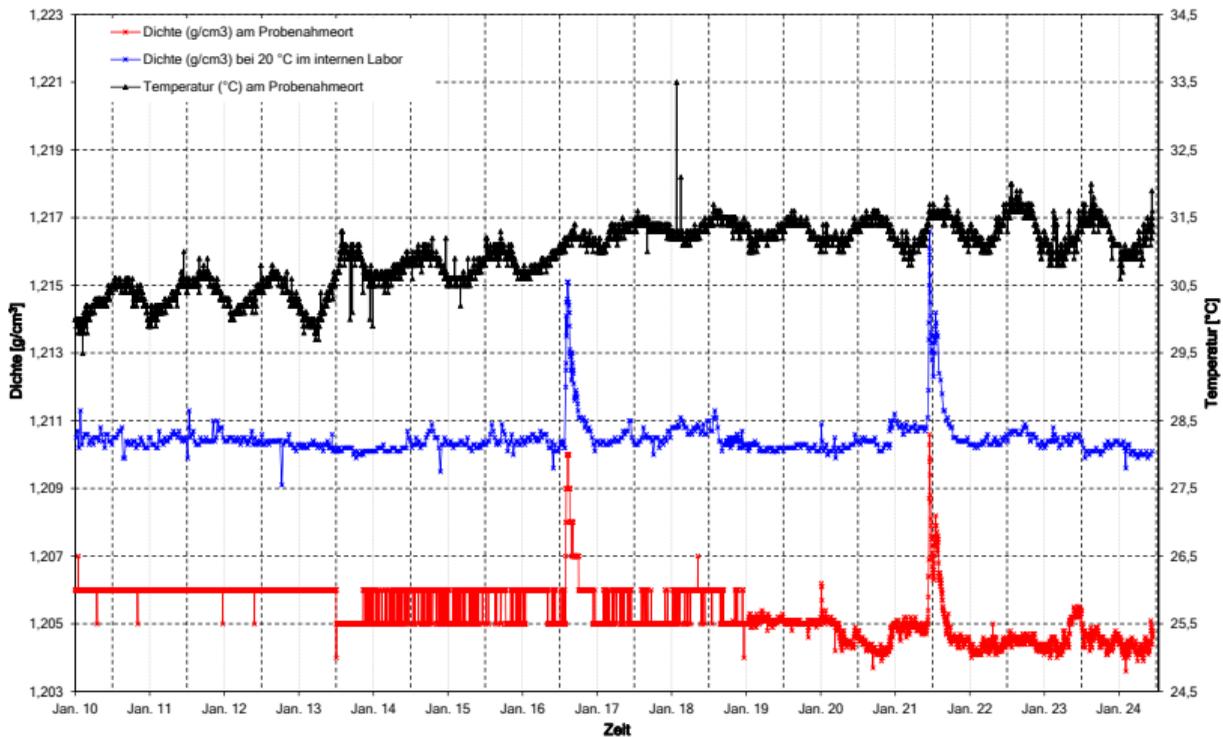




# TÄGLICHE DICHTE- UND TEMPERATURMESSUNG

Zeitraum: 01.01.2010 bis 17.06.2024

Schachanlage Asse II  
Dichte und Temperatur der Salzlösung von L658008  
Zeitraum: 01.01.2010 - 17.06.2024



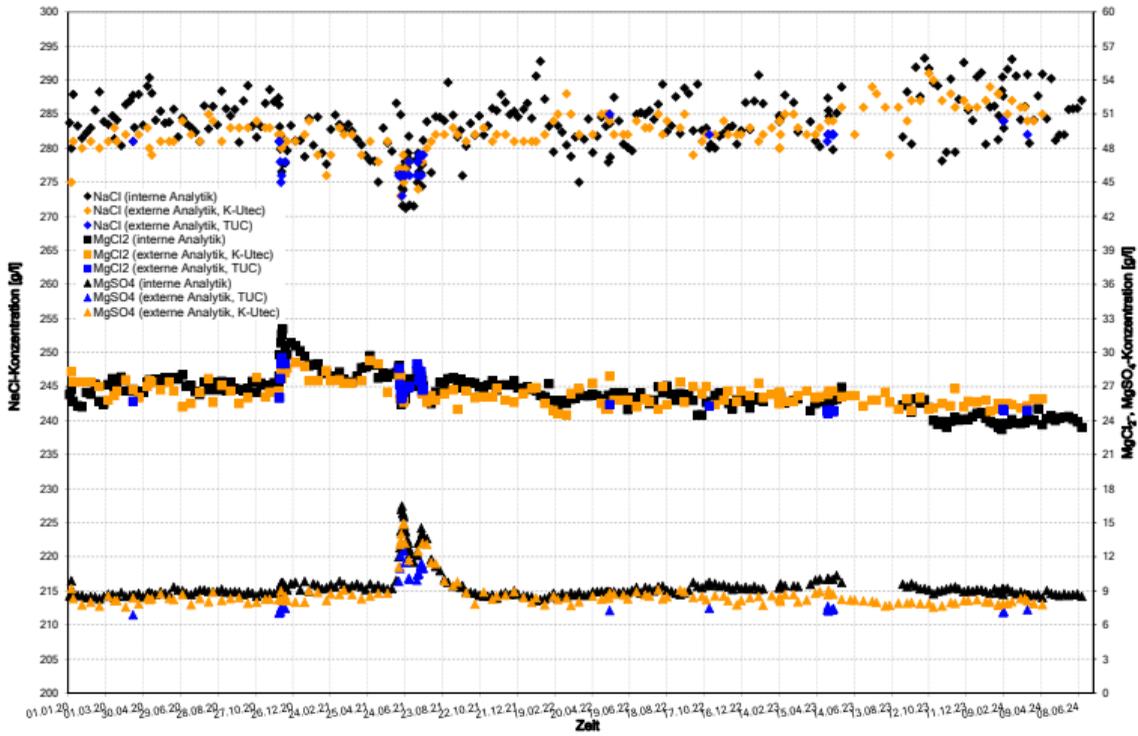


# FIKTIVE KOMPONENTEN: $\text{NaCl}$ / $\text{MgCl}_2$ / $\text{MgSO}_4$

Abbau 3/658 (L658008), Zeitraum: 03.01.2020 bis 08.06.2024



Konzentration der fiktiven Komponenten in der wässrigen Salzlösung von L658008

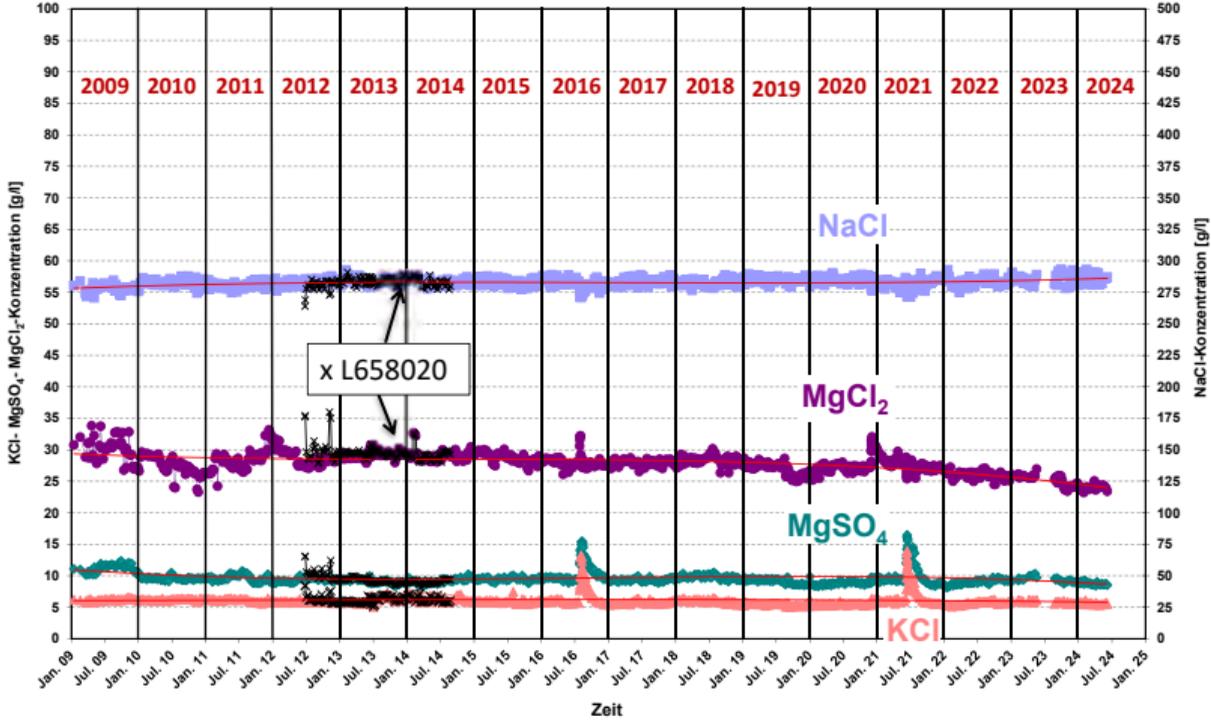




# FIKTIVE KOMPONENTEN

Abbau 3/658 (L658008) und Brg. 119 (L658020), Schicht 01.2009 bis  
 13.06.2024

Schichtanlage Asse II  
 Komponentenanzahl: 2  
 Konzentrationen in g/l  
 Zeitraum: 01.01.2009-13.06.2024













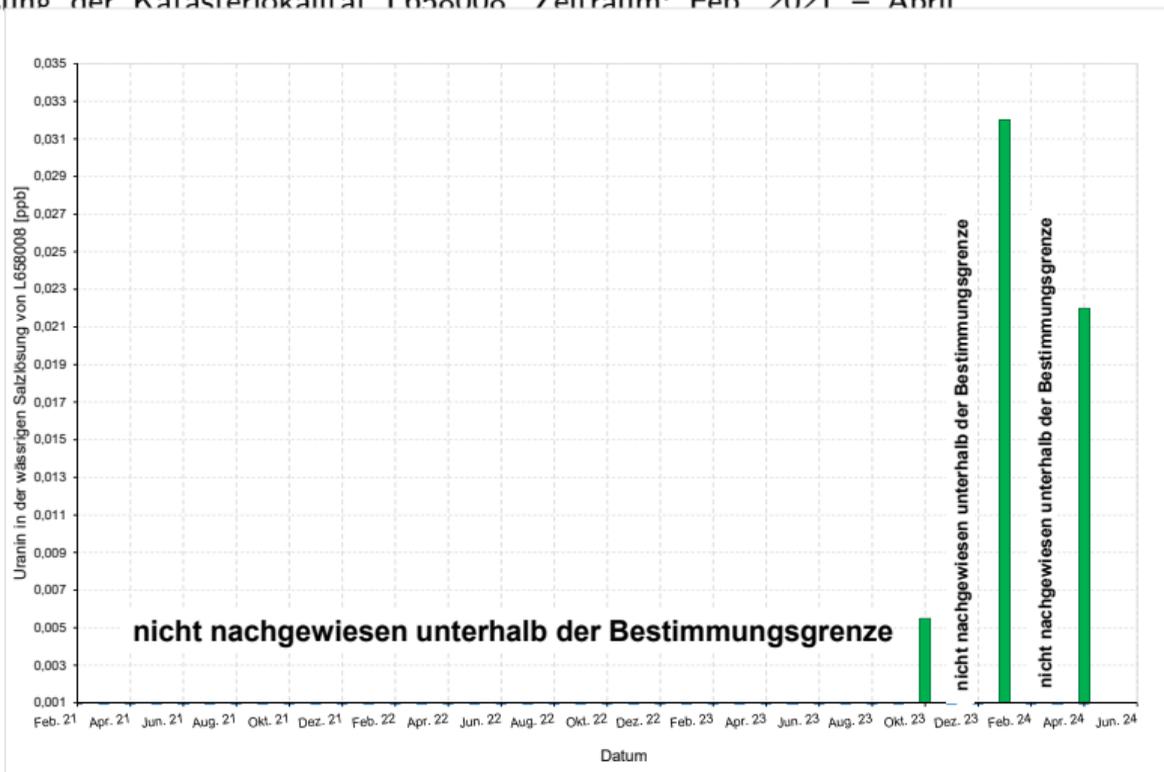


# URANIN

Wässrige Salzlösung der Katasterlokalität I 658008 Zeitraum: Feb. 2021 – April 2024



BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG



## 2

### Baufeld an der Südflanke

- 3D-Darstellung des Grubengebäudes an der Südflanke
- 658-m-Sohle: Bereich Hauptfassungsstelle
- **Südflanke 700-m-Sohle**
- 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

# 700-M-SOHL

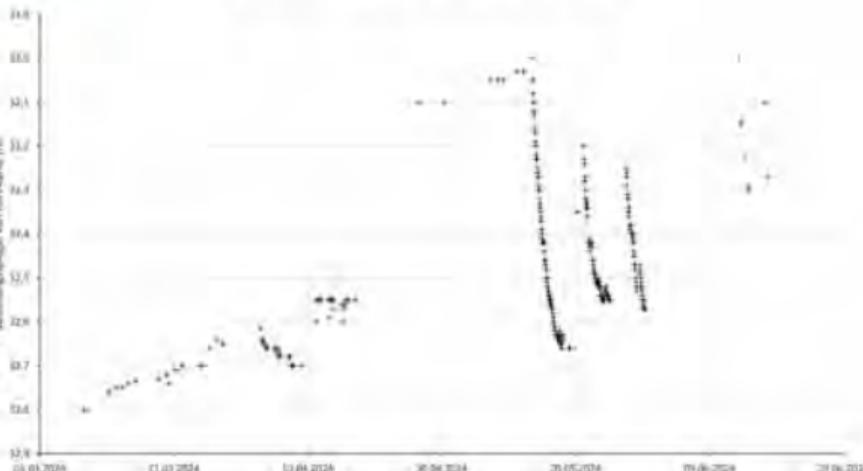
EBrg.2-700-DH-4/5 (P700046) und EBrg.5-700-DH-4/5 (P700045)

**P700045:**

Datum	Gesamte gefasste Menge [L]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Temperatur [°C]
02.04.- 17.06.2024	28.865	1,257-1,300	31,9-35,4



Katasterstelle P700046: Veränderung des Lösungsspiegels



## 2

### Baufeld an der Südflanke

- 3D-Darstellung des Grubengebäudes an der Südflanke
- 658-m-Sohle: Bereich Hauptfassungsstelle
- Südflanke 700-m-Sohle
- 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-SOHL

Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogenausbaustrecke“



Legende:

- Sohlenschram
- Katasterstelle ab 2008
- ▲ Katasterstelle vor 2008

Rollloch 1 (L725005) und  
 Rollloch 2 (L725006)

# SALZLÖSUNGSMONITORING: 725-M-SOHL

Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogenausbaustrecke“



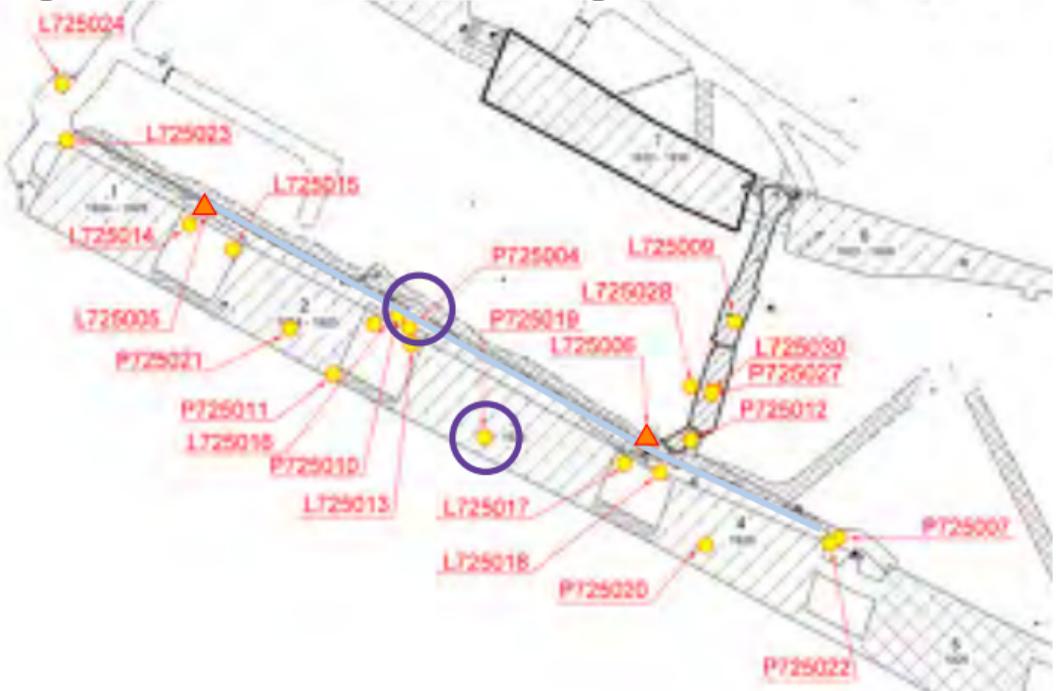
## Legende:

- Sohlenschram
- Katasterstelle ab 2008
- ▲ Katasterstelle vor 2008

Bereich Abbau 2 (P725010)

# SALZLÖSUNGSMONITORING: 725-M-SOHL

Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogensausbaustrecke“



## Legende:

- Sohlenschram
- Katasterstelle ab 2008
- ▲ Katasterstelle vor 2008

Bereich Abbau 3 (P725004 und P725019)

# SALZLÖSUNGSMONITORING: 725-M-SOHE

Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogenausbaustrecke“



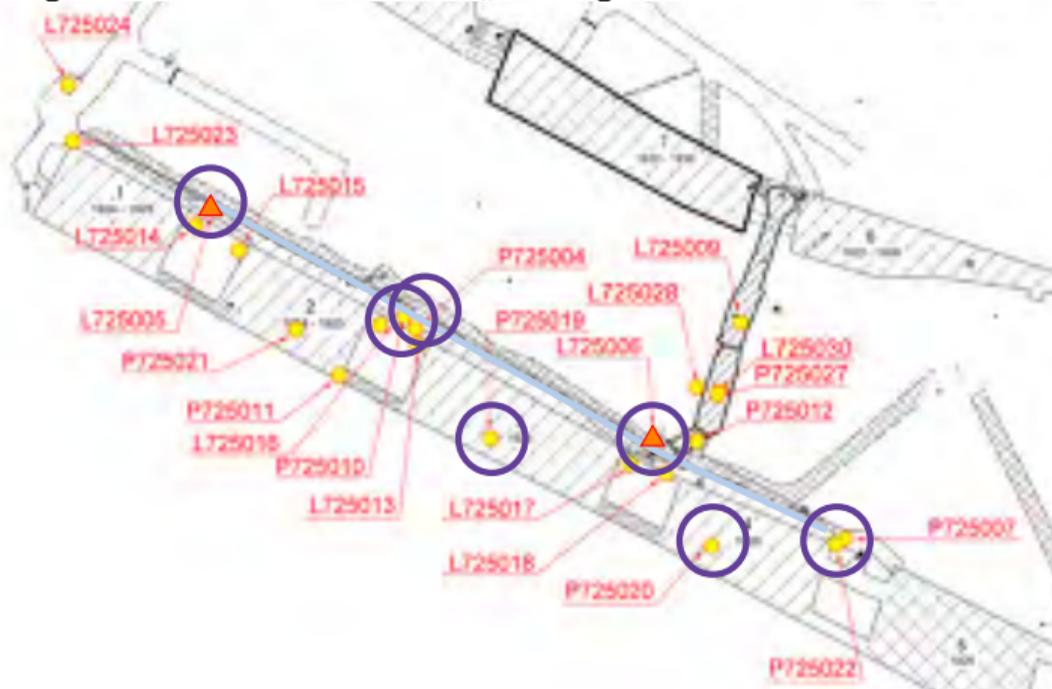
Legende:

- Sohlenschram
- Katasterstelle ab 2008
- ▲ Katasterstelle vor 2008

Bereich Abbau 4 (P725007 und P725020)

# SALZLÖSUNGSMONITORING: 725-M-SOHL

Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogensausbaustrecke“



## Legende:

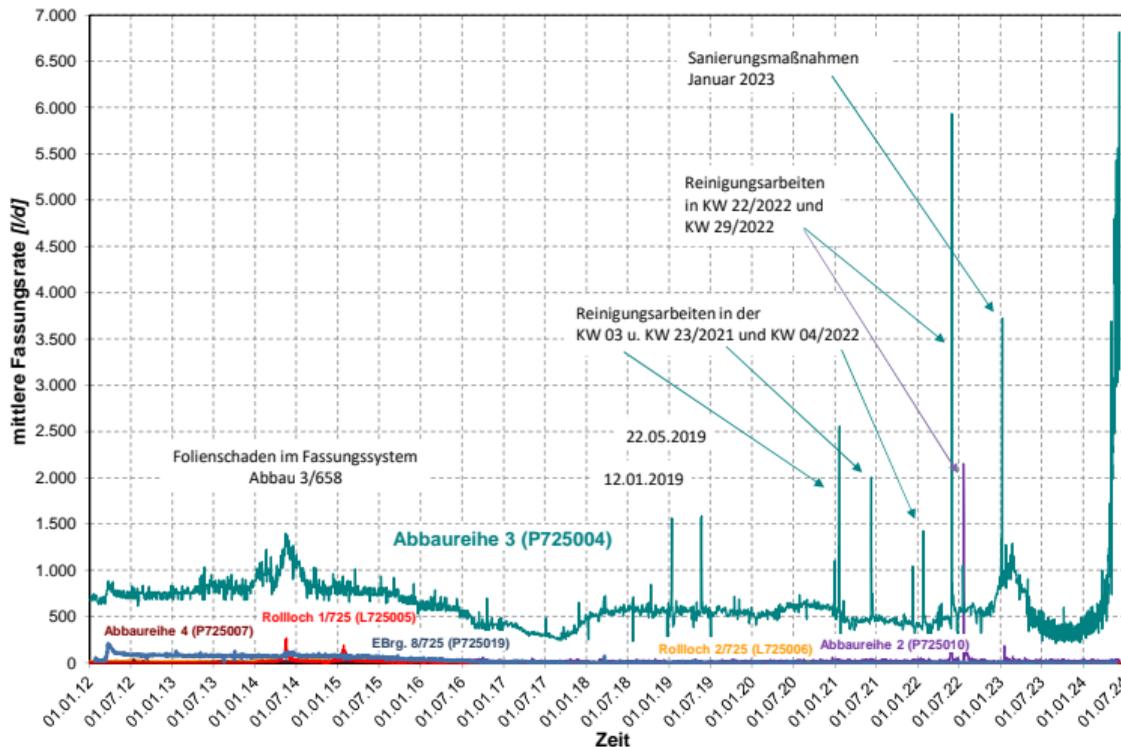
- Sohlenschram
- Katasterstelle ab 2008
- Katasterstelle vor 2008
- Rollloch 1 (L725005) und Rollloch 2 (L725006)
- Bereich Abbau 2 (P725010)
- Bereich Abbau 3 (P725004 und P725019)
- Bereich Abbau 4 (P725007 und P725020)

# FASSUNGSRATEN 725-M-SOHL

Zeitraum vom 01.01.2011 bis 17.06.2024

Schachtanlage Asse II

gestasste Lösungsrinne im Bereich der westlichen Abbaue auf der 725-m-Sohle vom 01.01.2012 bis zum 10.06.2024



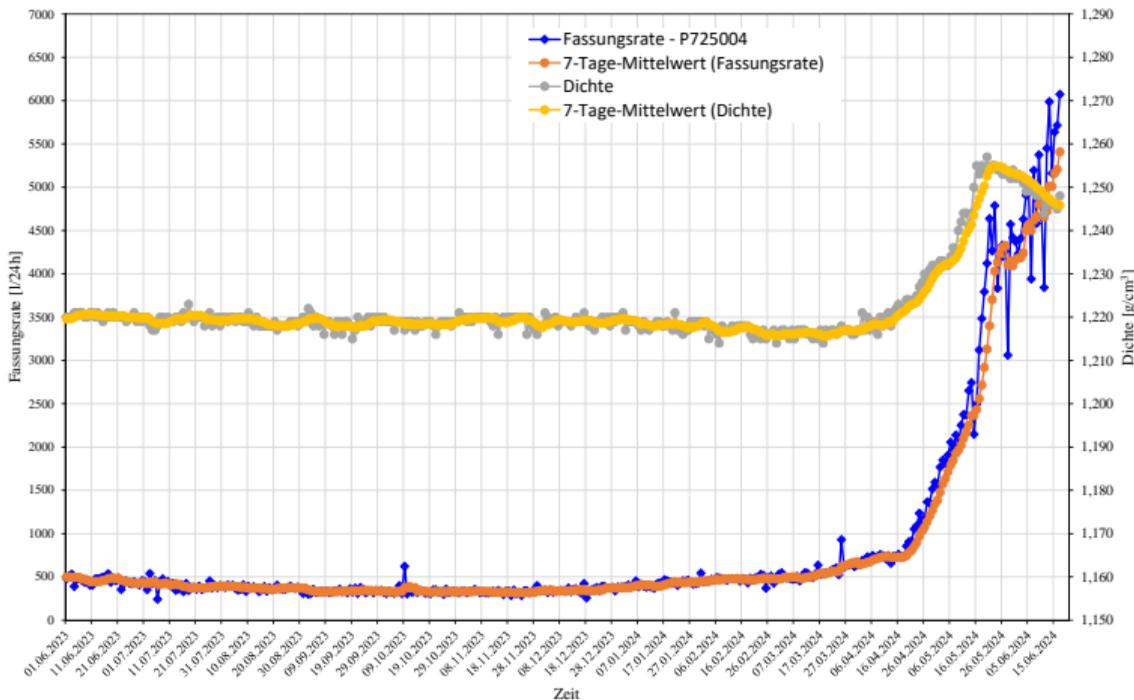
# P725004 - FASSUNGSRATEN

Pfeiler 2/3, 725



## Schachtanlage Asse II

berechnete Fassungsrate und Dichte der Katasterstelle P725004



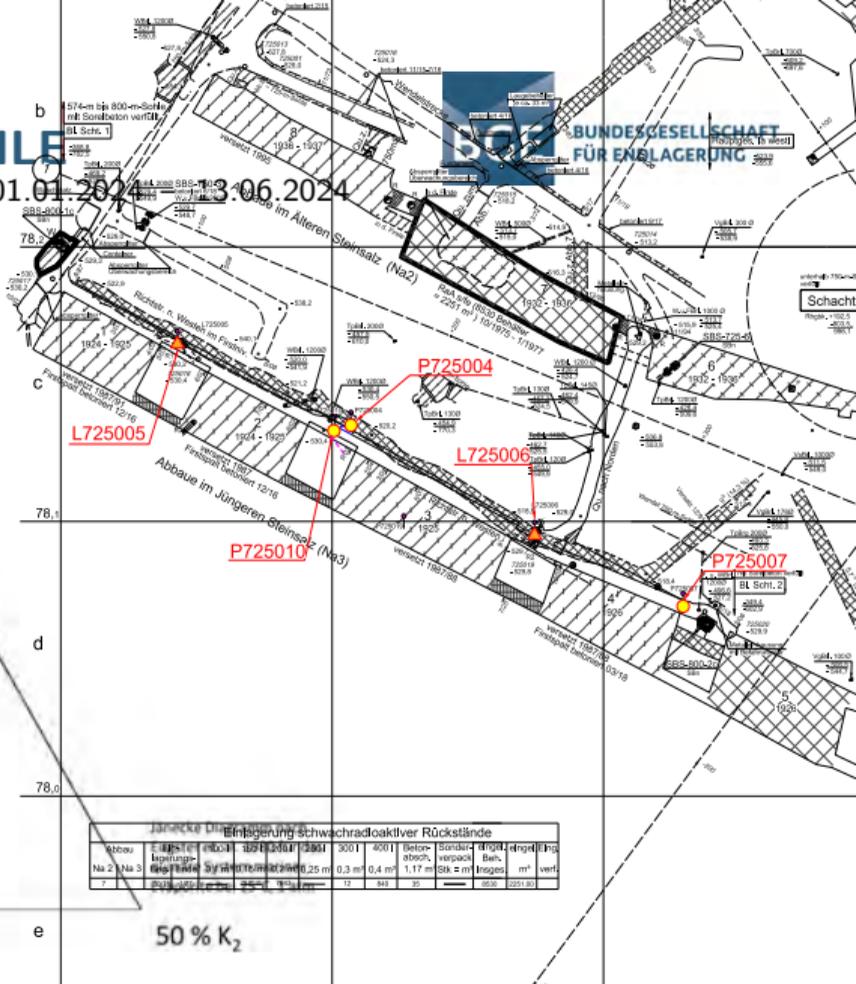
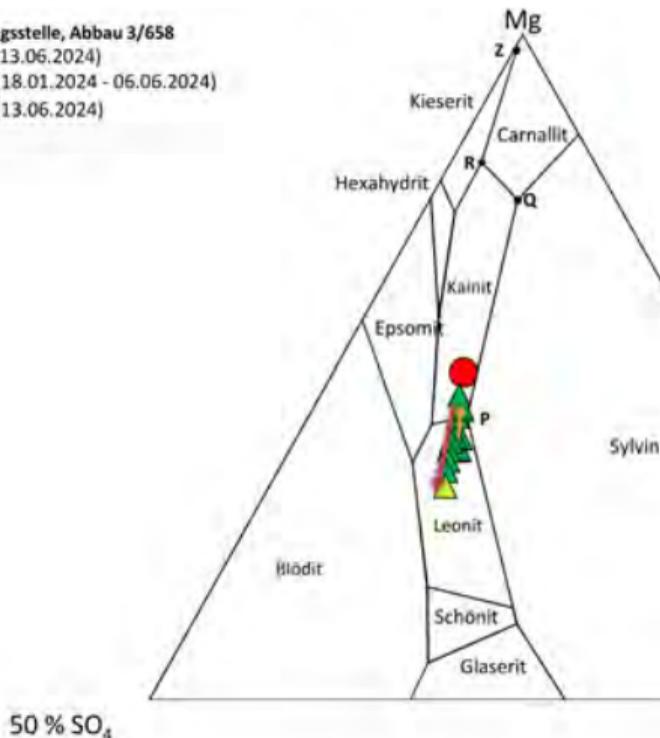


# ABBAUREIHE 3 AUF DER 725-M-SOHL

Chemismus / Fassungsrate / gefasste Mengen, Zeitraum: 01.01.2024 - 30.06.2024

Hauptfassungsstelle, Abbau 3/658

- L658008 (13.06.2024)
- ▲ P725004 (18.01.2024 - 06.06.2024)
- △ P725004 (13.06.2024)



Abbau	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Na 2	Na 3	Na 4	Na 5	Na 6	Na 7	Na 8	Na 9	Na 10	Na 11	Na 12	Na 13	Na 14	Na 15	Na 16	Na 17	Na 18	Na 19	Na 20	Na 21	Na 22	Na 23	Na 24	Na 25	Na 26	Na 27	Na 28	Na 29	Na 30	Na 31	Na 32	Na 33	Na 34	Na 35	Na 36	Na 37	Na 38	Na 39	Na 40	Na 41	Na 42	Na 43	Na 44	Na 45	Na 46	Na 47	Na 48	Na 49	Na 50	Na 51	Na 52	Na 53	Na 54	Na 55	Na 56	Na 57	Na 58	Na 59	Na 60	Na 61	Na 62	Na 63	Na 64	Na 65	Na 66	Na 67	Na 68	Na 69	Na 70	Na 71	Na 72	Na 73	Na 74	Na 75	Na 76	Na 77	Na 78	Na 79	Na 80	Na 81	Na 82	Na 83	Na 84	Na 85	Na 86	Na 87	Na 88	Na 89	Na 90	Na 91	Na 92	Na 93	Na 94	Na 95	Na 96	Na 97	Na 98	Na 99	Na 100		

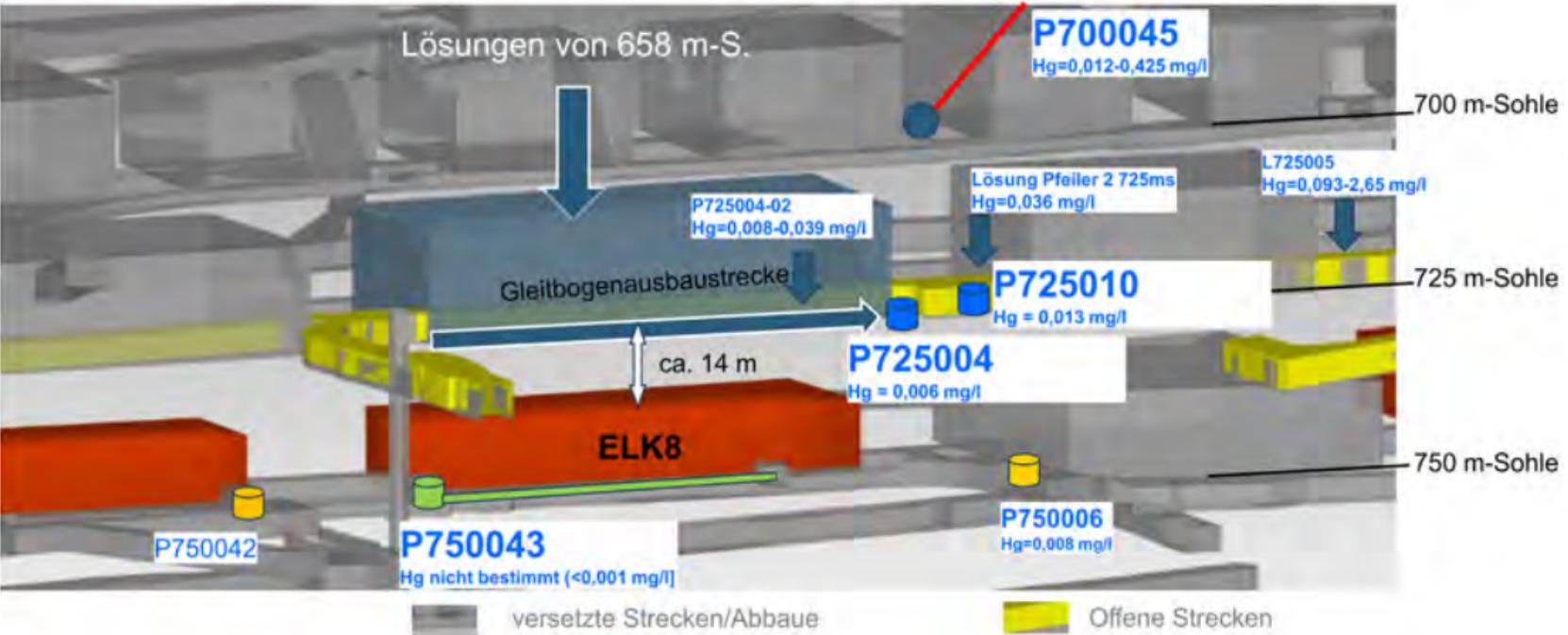
# GLEITBOGENAUSBAUSTRECKE 725-M-SOHLLE

Abbaureihe 3, Stalaktiten, freigelegter Sohlenschram



# QUECKSILBER

3D-Grubenmodell mit Lage der Messstellen (Blick gegen Süden)



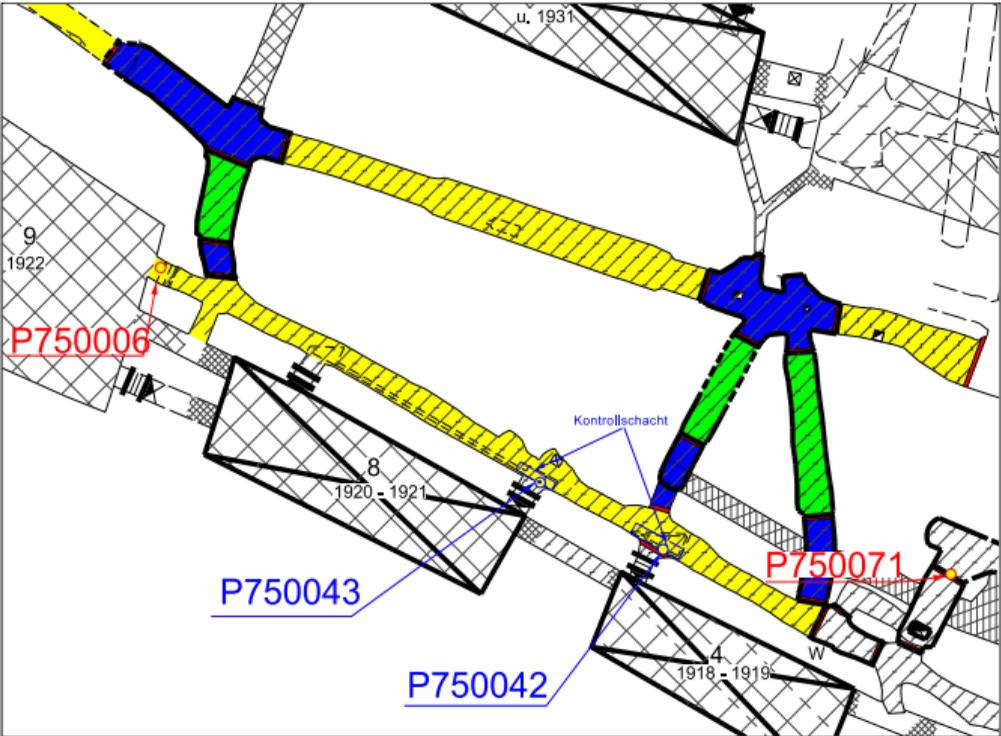
## 2

### Baufeld an der Südflanke

- 3D-Darstellung des Grubengebäudes an der Südflanke
- 658-m-Sohle: Bereich Hauptfassungsstelle
- Südflanke 700-m-Sohle
- 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

Stand: seit 06/2019



# FASSUNGSRATEN ABBAU 9/750

## Schachtanlage Asse II

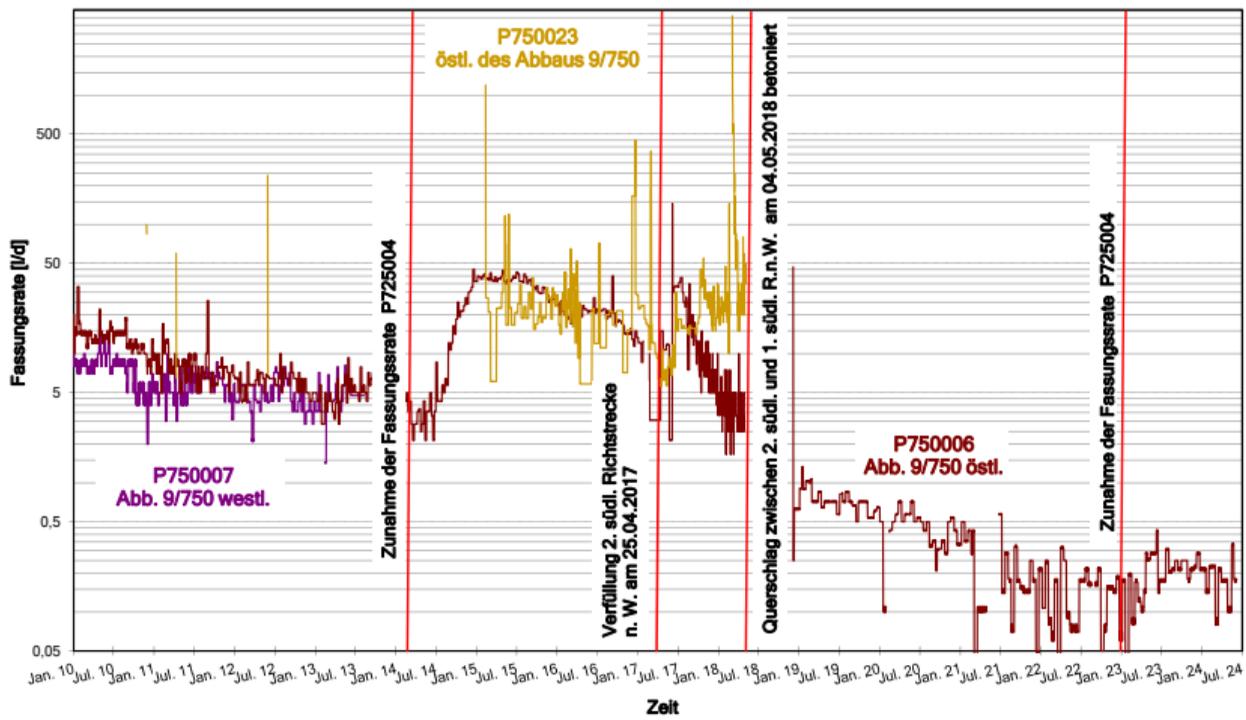
Zeitraum: 01.01.2010 bis 17.06.2024

Fassungsrates der Salzlösung im Bereich des Abbaues 9 auf der 750-m-Sohle

Zeitraum: 01.01.2010 bis 17.06.2024



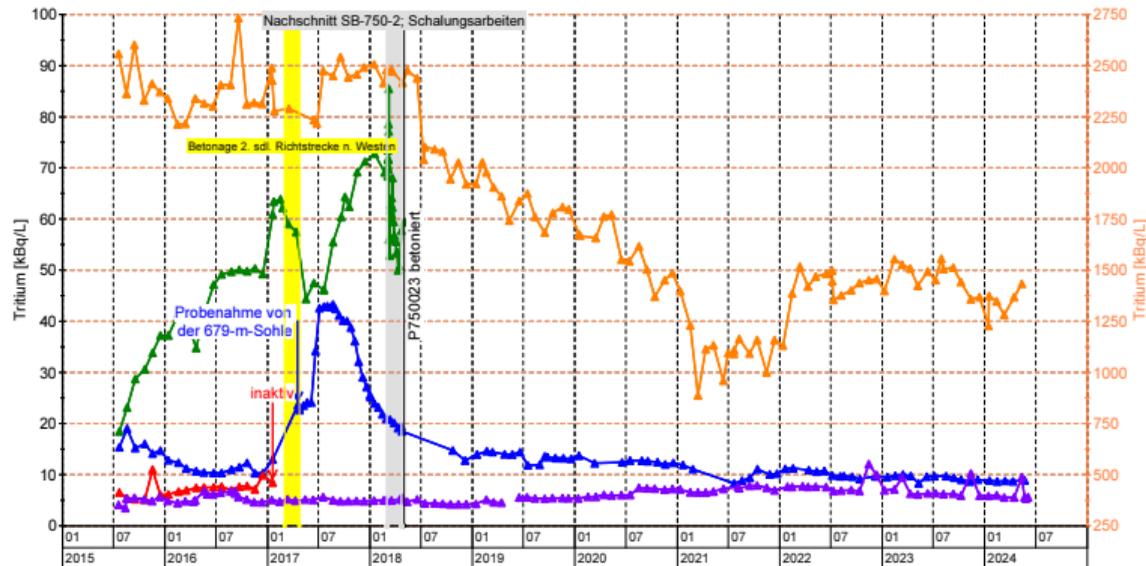
BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG



# TRITIUMAKTIVITÄT (2. SÜDL. RICHTSTRECKE N. W.)



Tritiumaktivität – <Infra-Raum>



- östl. Zugang Abbau 9/750
- ▲ Sohle (P750006-01)
  - ▲ Firste (P750006-02)
  - ▲ 1. westlicher Querschlag (P750023)
  - ▲ Hinterfahrung Blindsch. 2 (P750071)
- Darstellung auf 2. Y-Achse
- ▲ östl. Zugang ELK 8/750 (P750043)

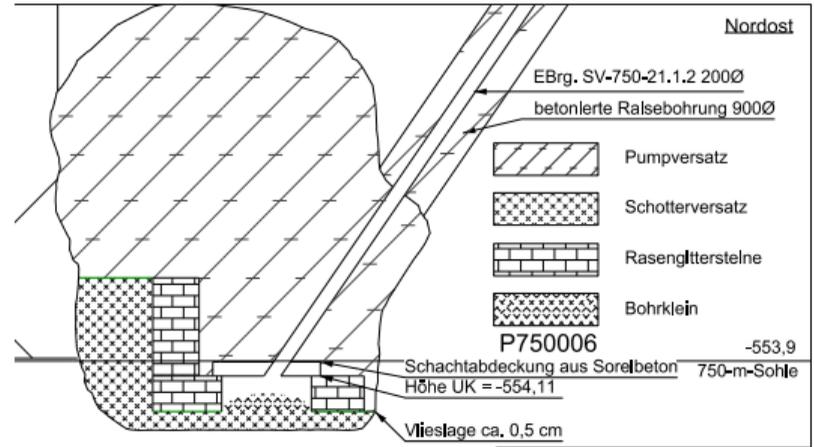
Symbol	Messstelle	Grubenraum	Zeitraum	Bemerkung
<span style="color: blue;">▲</span>	P750006-01	östlicher Zugang Abbau 9/750	22.07.2015 - 23.05.2024	Sohle
<span style="color: red;">▲</span>	P750006-02	östlicher Zugang Abbau 9/750	22.07.2015 - 19.01.2017	Firste
<span style="color: green;">▲</span>	P750023	1. westlicher Querschlag	22.07.2015 - 03.05.2018	
<span style="color: orange;">▲</span>	P750043	östlicher Zugang ELK 8/750	20.07.2015 - 13.05.2024	Darstellung rechte (2.) Y-Achse
<span style="color: purple;">▲</span>	P750071	Hinterfahrung Blindschacht 2	20.07.2015 - 04.06.2024	

# SALZLÖSUNGSSPIEGEL

Lokaltität P750006, östl. Zugang Abbau 9/750, Stand: 03.05.2023



## Südwest-Nordost Schnitt



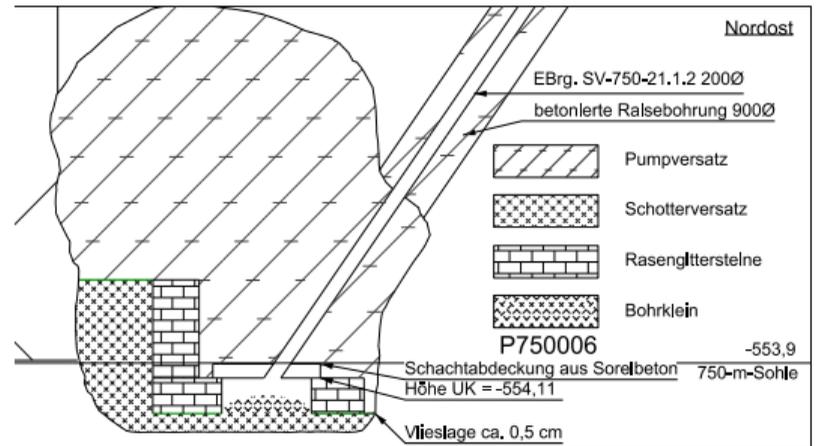
- Pumpe ist dauerhaft eingebaut
- Beprobung erfolgt alle 2 Wochen
- Pegelstand der Lösung bei ca. -553,29 mNN

# SALZLÖSUNGSSPIEGEL

Lokalität P750006, östl. Zugang Abbau 9/750, Stand: 17.06.2024

## Südwest-Nordost Schnitt

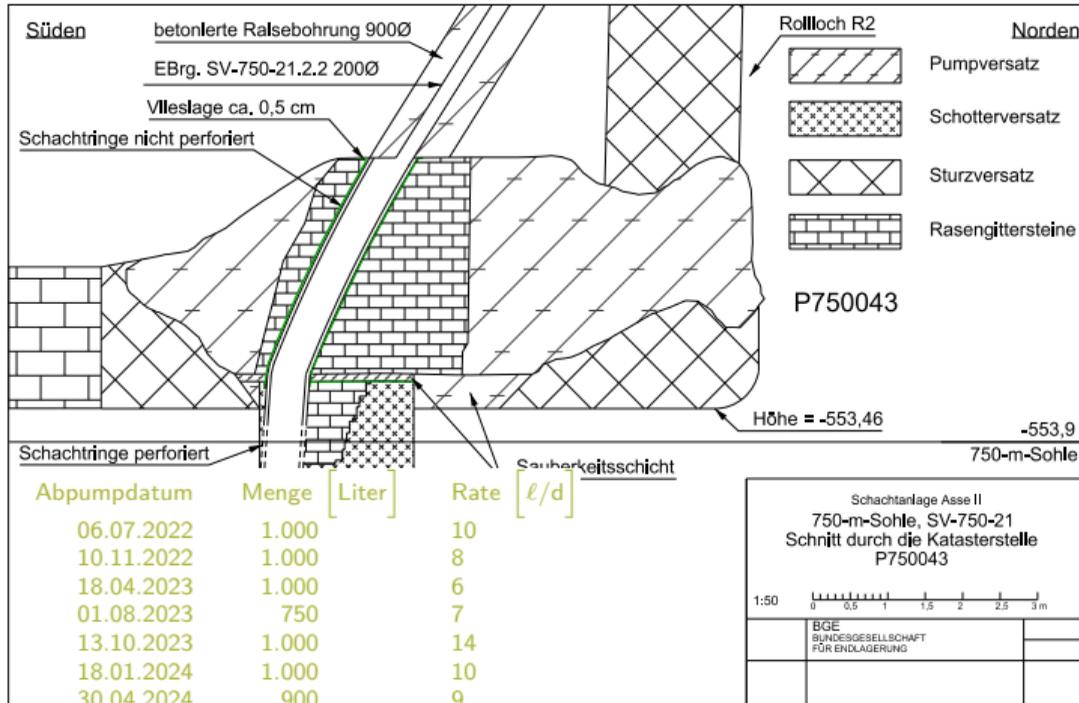
Abpumpdatum	Menge [Liter]	Rate [ $\ell/d$ ]
28.03.2024	3,0	0,21
11.04.2024	2,4	0,17
25.04.2024	2,5	0,18
14.05.2024	2,0	0,11
23.05.2024	3,0	0,33
06.06.2024	2,5	0,18



- Pumpe ist dauerhaft eingebaut
- Beprobung erfolgt alle 2 Wochen
- Pegelstand der Lösung bei ca.  $-553,29$  mNN

# SALZLÖSUNGSSPIEGEL

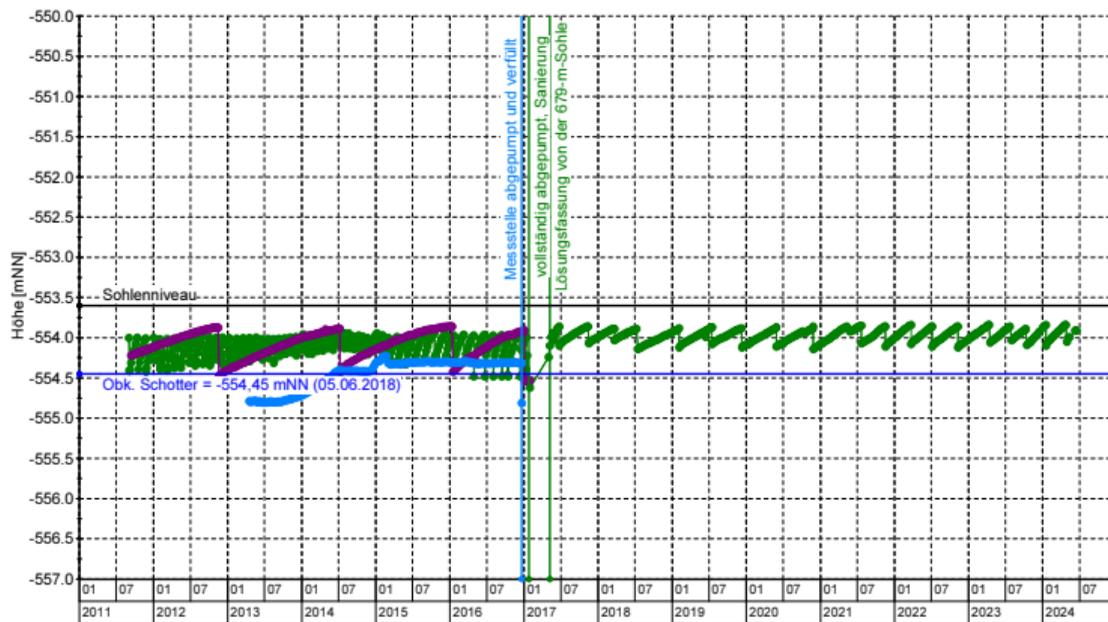
Lokalität P750043, vor ELK 8/750, Fassungsraten, Stand: 17.06.2024



# SALZLÖSUNGSSPIEGEL



Salzlösungsspiegel – 2. südliche Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle



- östlicher Zugang (P750043)
- westlicher Zugang (P750044)
- westlicher Zugang (P750045)

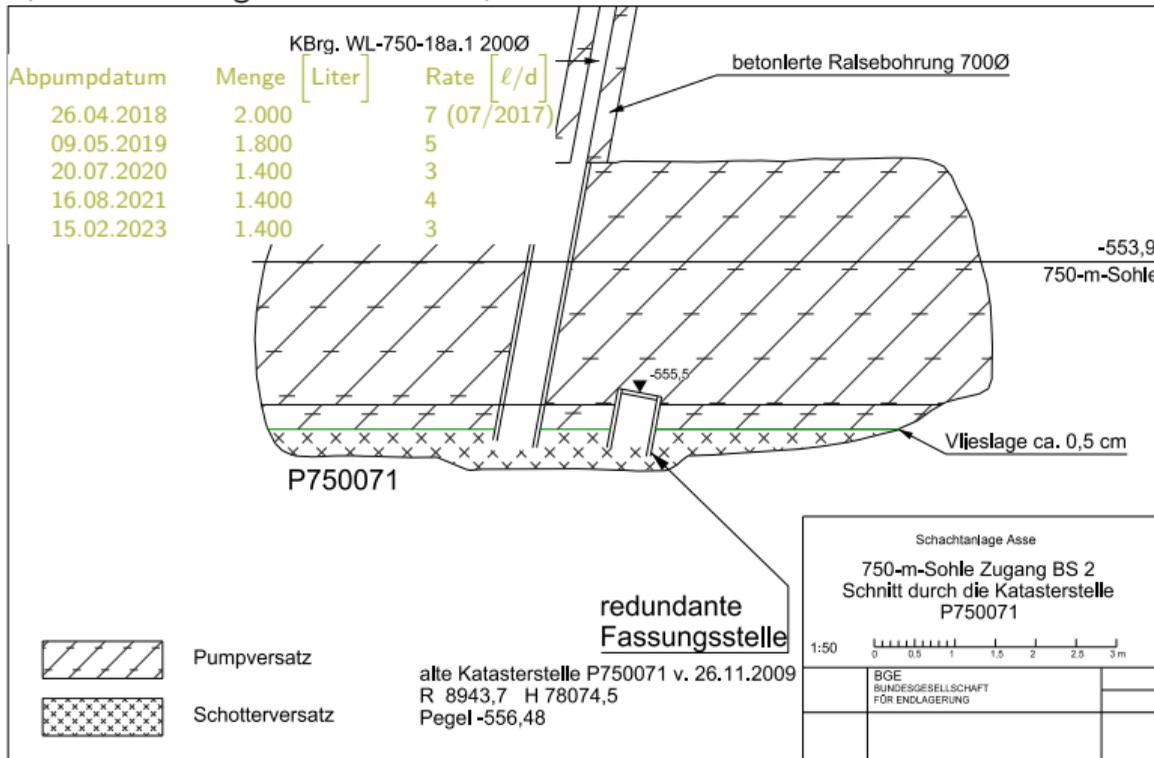
Symbol	Messstelle	Lokation	Zeitraum
<span style="color: green;">—</span>	P750043	vor östlicher Zugang ELK 8/750	02.09.2011 - 17.06.2024
<span style="color: purple;">—</span>	P750044	vor westlicher Zugang ELK 8/750	13.09.2011 - 30.01.2017
<span style="color: blue;">—</span>	P750045	vor westlicher Zugang ELK 8/750	18.04.2013 - 20.12.2016





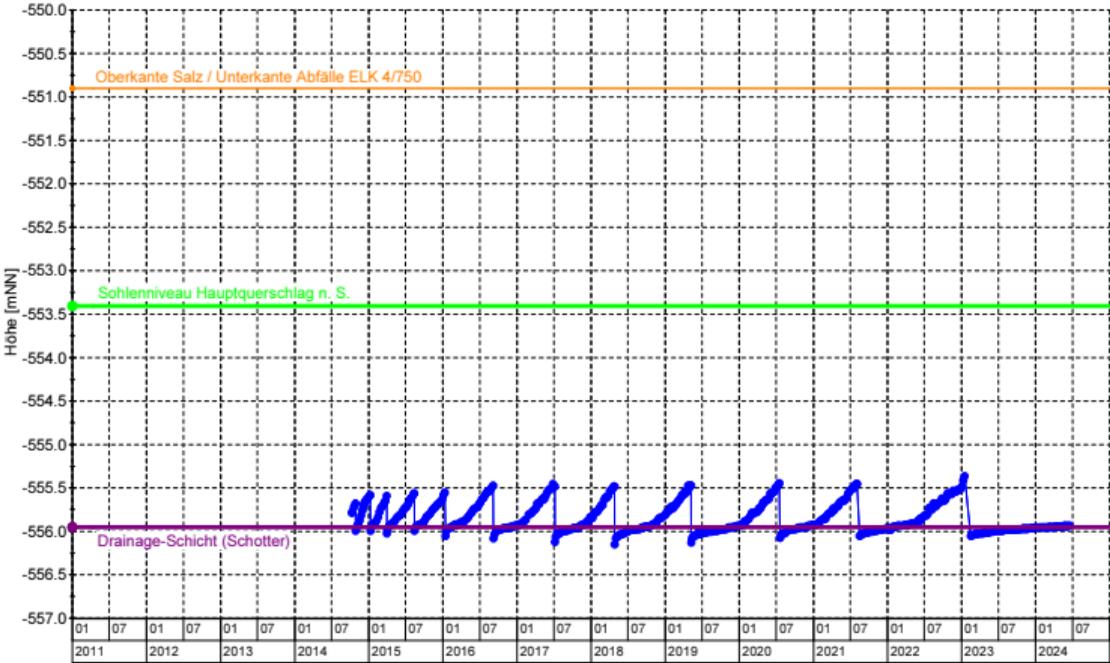
# SALZLÖSUNGSSPIEGEL

Lokalität P750071, Hinterfahung Blindschacht 2, Stand: 17.06.2024



# SALZTÖSUNGSSPIEGEL

Salzlösungsspiegel – Hinterfahrung Blindschacht 2 auf der 750-m-Sohle



—●— Hinterfahrung Blindschacht 2 (P750071)

Symbol	Messstelle	Lokation	Zeitraum
—●—	P750071	Umfahrung Blindschacht 2, 750-m-Sohle	06.10.2014 - 17.06.2024



- LC58008 K2 2024-01-14
- ▲ P750071 (24.05.2024) im April 2024 → 2,6 [l/d]
- ▲ P750072 (21.01.2020 - 05.06.2024) im März 2024 → 2,6 [l/d]
- ▲ P750006 (25.04.2017 - 21.05.2024) im Juni → 0,18 [l/d], 1,07 [l]
- ▲ P750084 (13.02.2017 - 13.05.2024) nicht abgepumpt

## 2

### Baufeld an der Südflanke

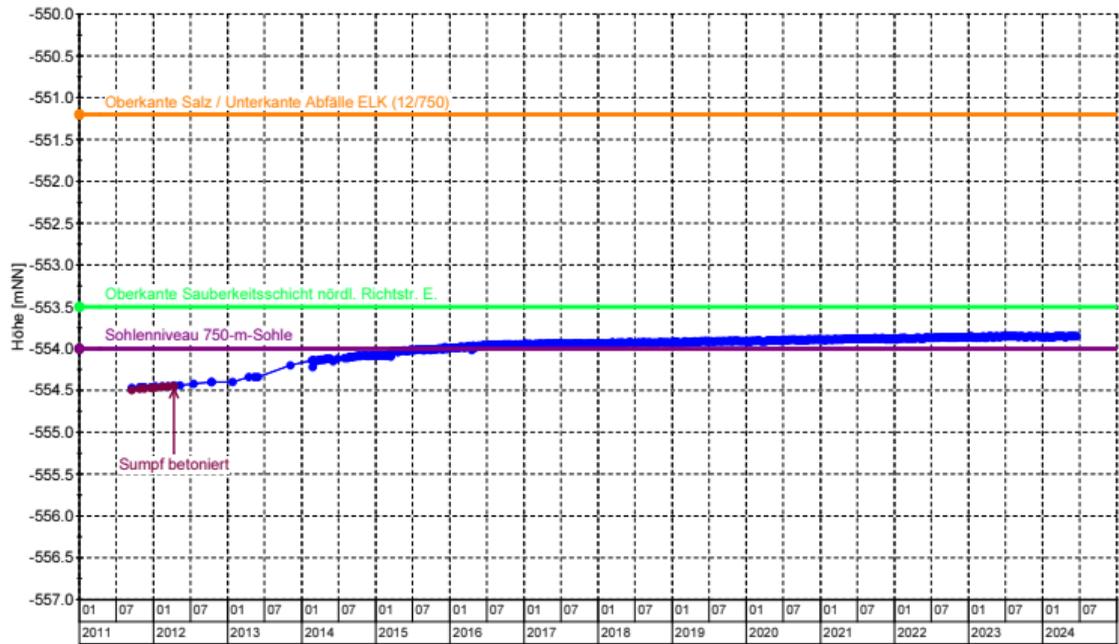
- 3D-Darstellung des Grubengebäudes an der Südflanke
- 658-m-Sohle: Bereich Hauptfassungsstelle
- Südflanke 700-m-Sohle
- 725-m-Sohle: Sammelstellen in der Richtstrecke nach Westen
- 750-m-Sohle: Sammelstellen östl. Abbau 9, nördlich ELK 8 und ELK 4 sowie nördlich Blindschacht 2
- **750-m-Sohle: Bereich vor der ELK 12/750**
- Gesamte Südflanke

# SAI 71 ÖSUNGSDIEFEN



Salzlösungsspiegel – nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle

17.06.2024



- — Kontrollbohrung vor betoniertem Sumpf (P750084)
- — Sumpf vor ELK 12/750 (P750029)

Symbol	Messstelle	Lokation	Zeitraum
<span style="color: blue;">●</span> —	P750084	Kbr. vor betoniertem Sumpf (ELK 12/750)	16.09.2011 - 17.06.2024
<span style="color: purple;">●</span> —	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
- Südflanke 700-m-Sohle
- 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**

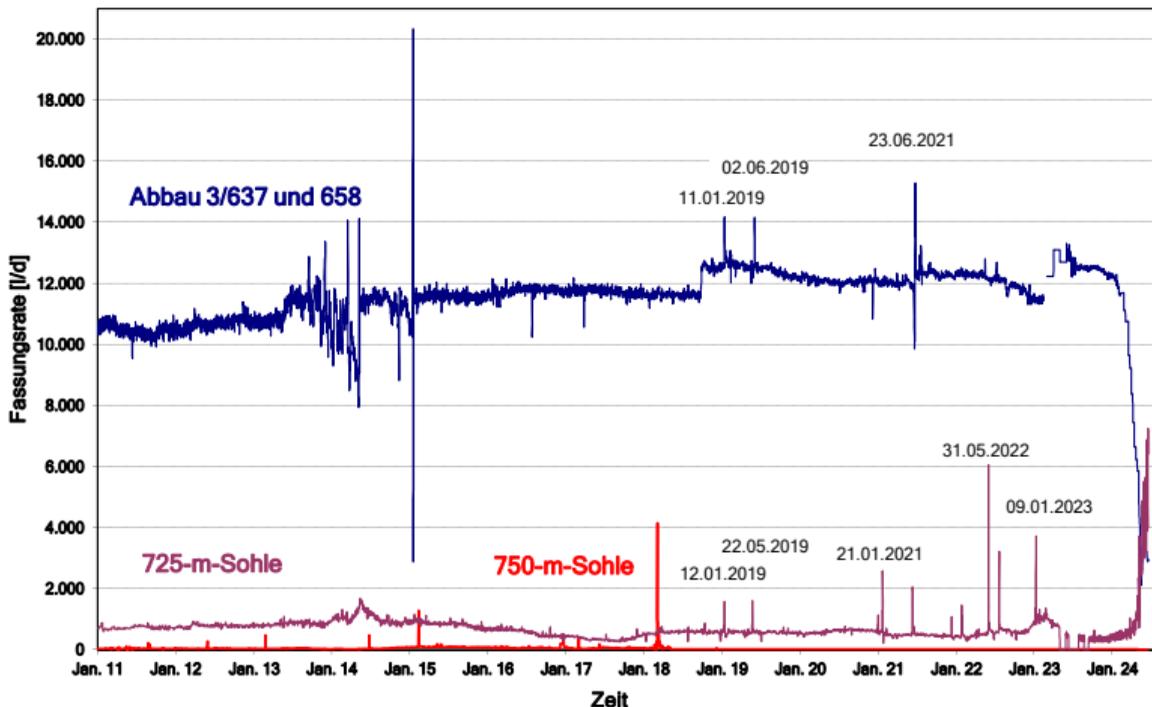
# FASSUNGSRATEN: 658-, 725- U. 750-M-SOHL

Zeitraum: 01.01.2011 bis 17.06.2024

## Schachanlage Asse II

mittlere Fassungsraten auf der 658-, 725- und 750-m-Sohle im Bereich der westlichen Abbauen "Südflanke"

Zeitraum: 01.01.2011 bis 17.06.2024

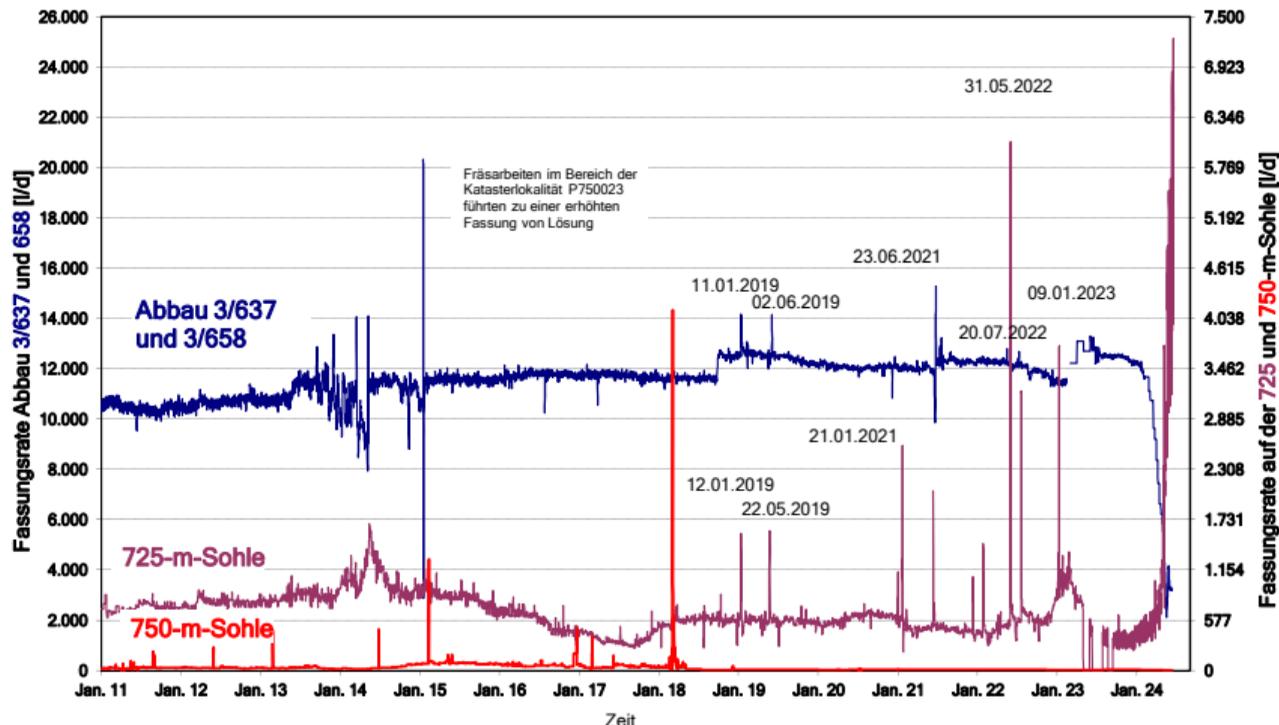


# FASSUNGSRATEN: 658-, 725- UND 750-M-SOHL



Schachtanlage Asse II  
Zeitraum: 01.01.2011 bis 17.06.2024  
mittlere Fassungsraten auf der 658-, 725- und 750-m-Sohle im Bereich der westlichen Abbauen "Südflanke"

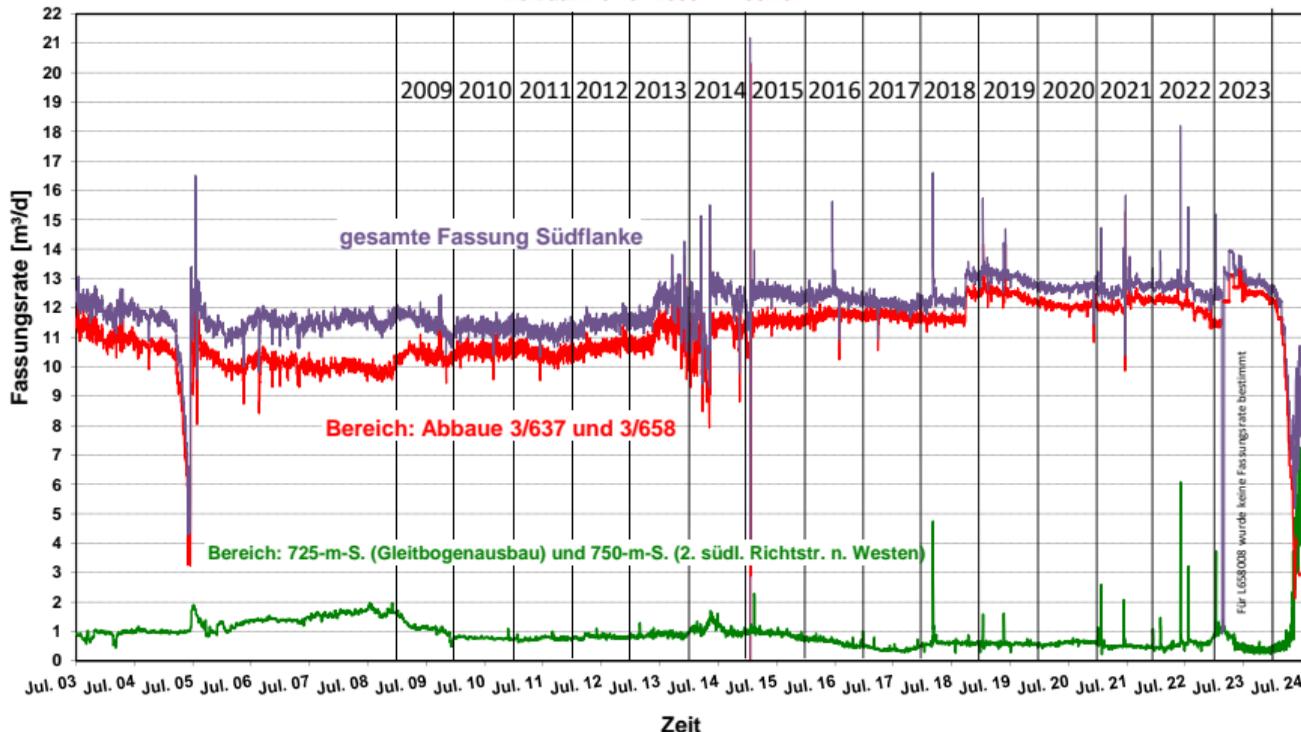
Zeitraum: 01.01.2011 bis 17.06.2024



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

# GESAMTE FASSUNGSRATE SEIT 2003

Schichtanlage Asse II  
Gegenüberstellung der täglich gefassten Lösungsmengen aus den Bereichen der  
Abbaue 3/637, 3/658 und den Bereichen 725-m-S., 750-m-S. (2. südl. Richtstr. n. Westen)  
Zeitraum: 01.07.2003 bis 17.06.2024  
Zeitraum: 01.07.2003 - 17.06.2024



# ÜBERBLICK

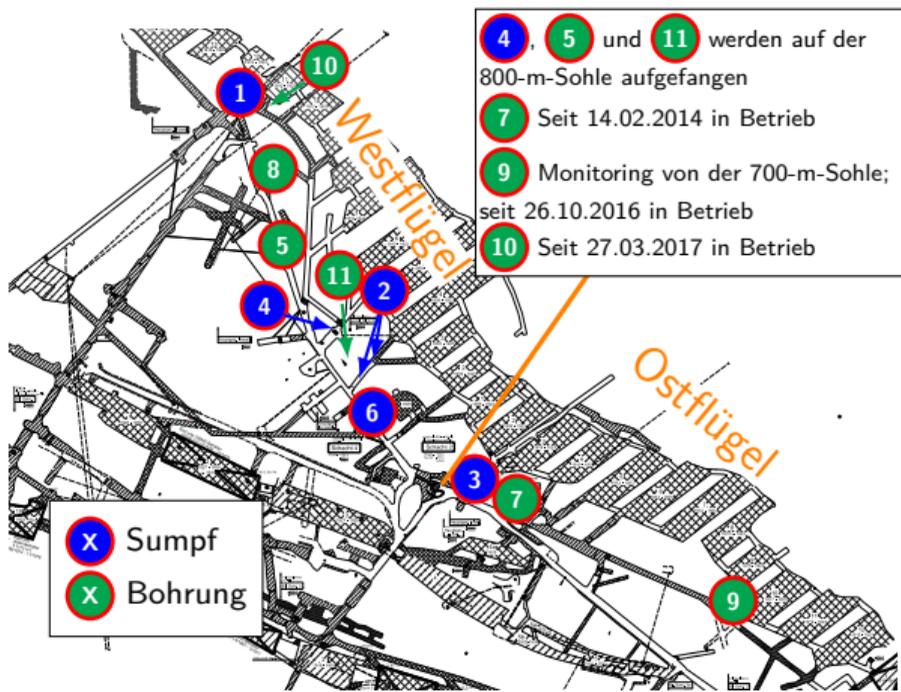
Teil 03

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

# FASSUNGSRATEN 750-M-SOHLLE

Mittelwerte vom 01.01.2014 – 17.06.2024 (überwiegend v. d. 750-m-Sohle gefasst)

## Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle



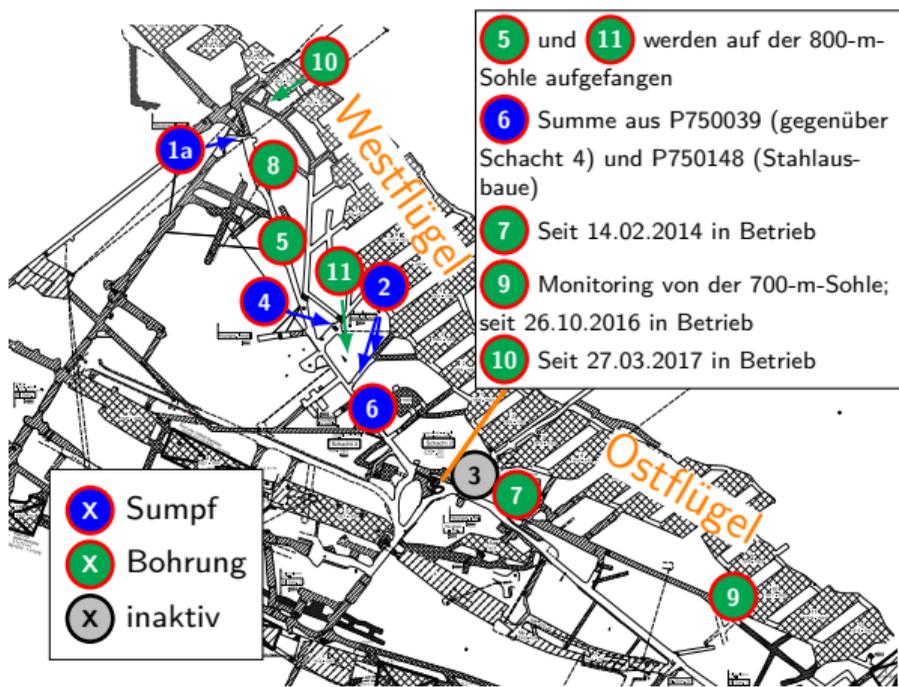
## Fassungsraten

Westflügel			Ostflügel		
1	58	Liter/Tag	3	2	Liter/Tag
2	100	Liter/Tag	7	21	Liter/Tag
4	7	Liter/Tag	9	0	Liter/Tag
5	14	Liter/Tag	<b>Σ</b>	23	Liter/Tag
6	16	Liter/Tag	<b>Gesamtsumme:</b>		
8	28	Liter/Tag	<b>400</b> Liter/Tag		
10	108	Liter/Tag			
11	46	Liter/Tag			
<b>Σ</b>	377	Liter/Tag			

# FASSUNGSRATEN 750-M-SOHLLE

Mittelwerte vom 01.01.2023 – 31.12.2023 (überwiegend v. d. 750-m-Sohle gefasst)

## Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle



## Fassungsraten

Westflügel			Ostflügel		
1a	84	Liter/Tag	7	31	Liter/Tag
2	133	Liter/Tag	9	0	Liter/Tag
4	6	Liter/Tag	<b>Σ</b>	31	Liter/Tag
5	18	Liter/Tag			
6	17	Liter/Tag			
8	0	Liter/Tag			
10	121	Liter/Tag			
11	8	Liter/Tag			
<b>Σ</b>	387	Liter/Tag			

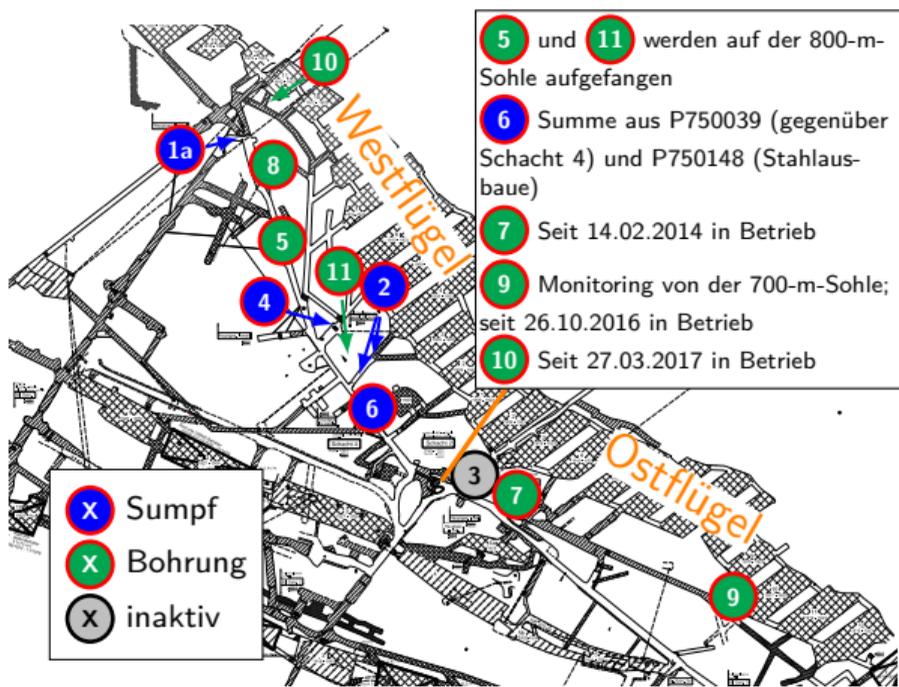
**Gesamtsumme:**

**418 Liter/Tag**

# FASSUNGSRATEN 750-M-SOHL

Mittelwerte vom 01.01.2024 – 17.06.2024 (überwiegend v. d. 750-m-Sohle gefasst)

## Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle



## Fassungsraten

Westflügel			Ostflügel		
1a	94	Liter/Tag	7	34	Liter/Tag
2	133	Liter/Tag	9	0	Liter/Tag
4	4	Liter/Tag	<b>Σ</b>	34	Liter/Tag
5	14	Liter/Tag			
6	16	Liter/Tag			
8	0	Liter/Tag			
10	116	Liter/Tag			
11	8	Liter/Tag			
<b>Σ</b>	385	Liter/Tag			

**Gesamtsumme:**

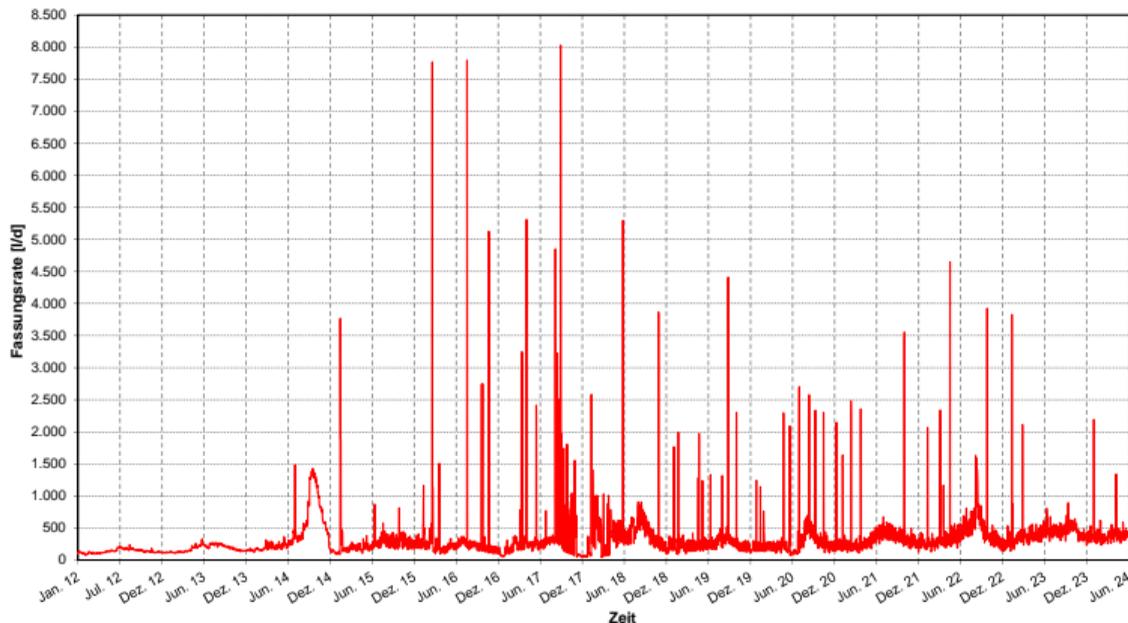
**419** Liter/Tag

# FASSUNGSRATEN

Gesamter Bereich der Nordflanke, Zeitraum 01.01.2012 – 17.06.2024



Schächelanlage Asse II  
täglich gefasster Lösungszufluss Nordflanke  
Zeitraum: 01.01.2012 - 17.06.2024



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	151,70
2023	150,80
2024	65,15

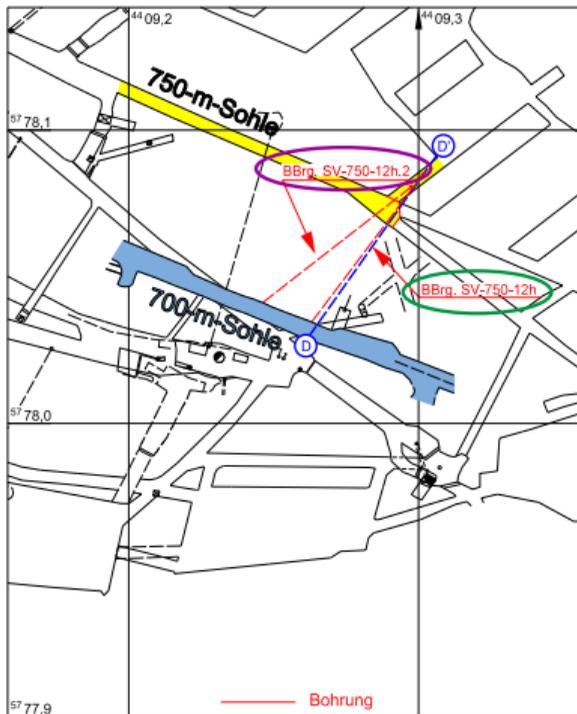
\* Werte wurden am 29.07.2020 neu bilanziert.

+ Wert wurden am 25.05.2021 neu bilanziert.

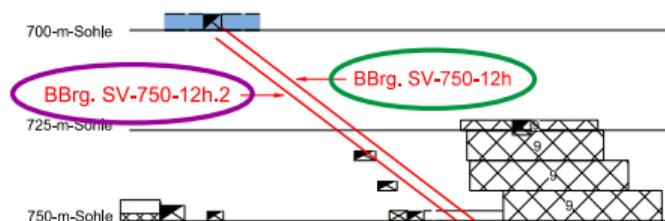
# ÖSTLICHER BEREICH DES KALI-BAUFELD

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

Norden



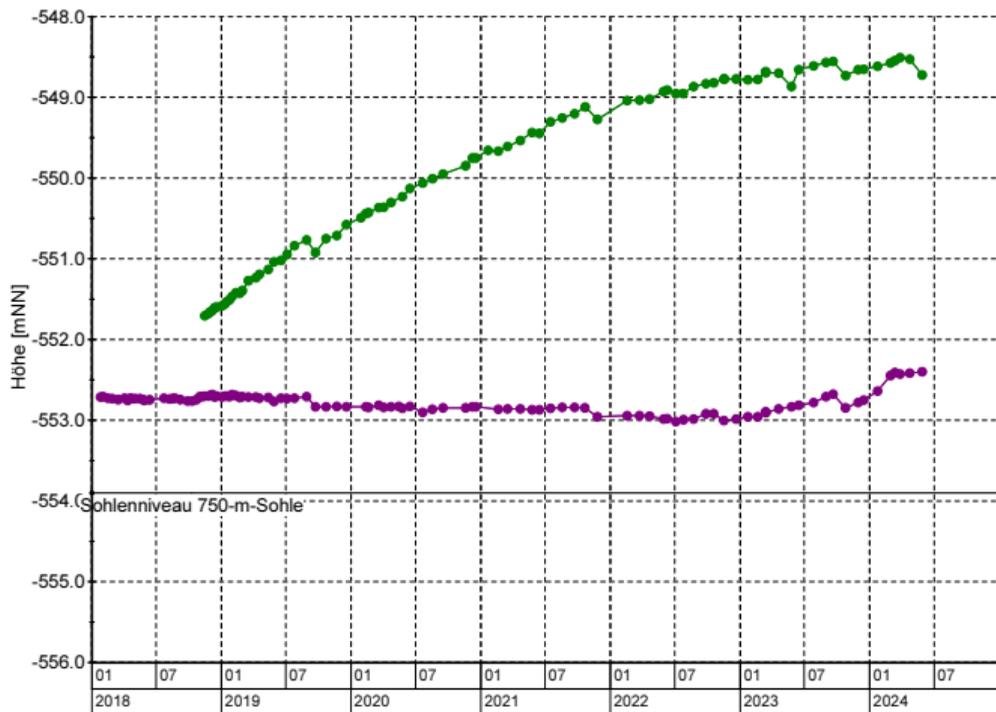
Süden Schnitt D - D' Norden



BBrG. SV-750-12h.2:  $L = 81,6 \text{ m}$ ;  $\alpha = -37,4^\circ$



Salzlösungsspiegel – 2. nördl. Richtstr. n. Osten auf der 750-m-Sohle



- P750184
- L750179

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

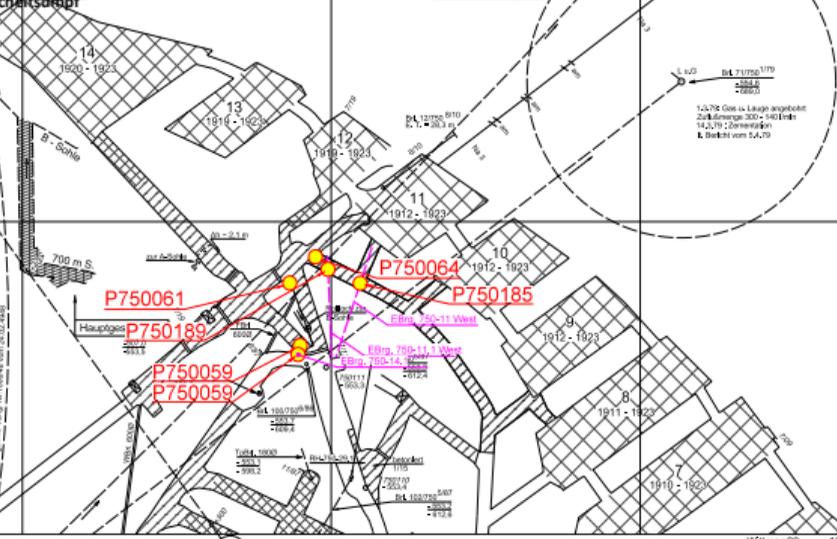
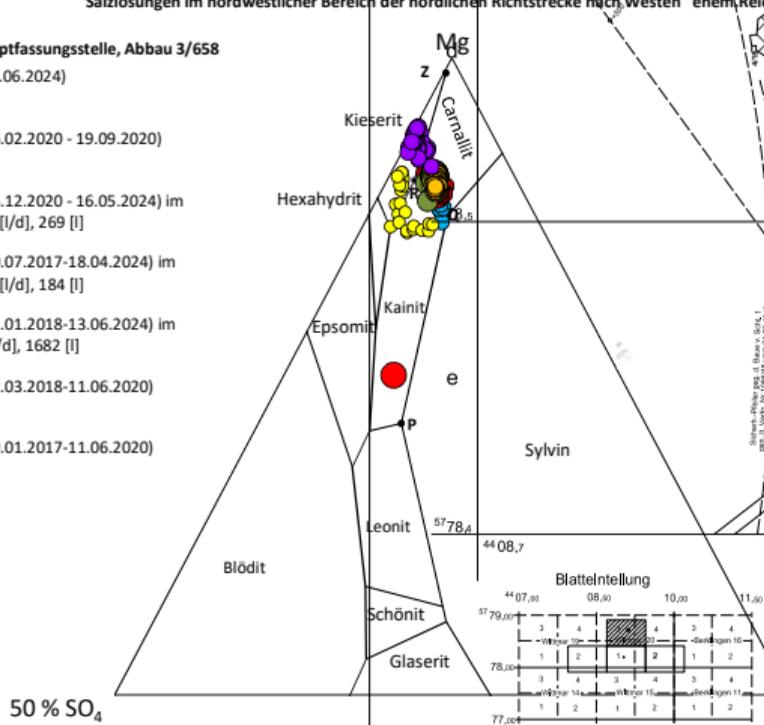
# CHEMISCH IM BEREICH "REICHLEITGRÄBEN"



Nordflanke  
Salzlösungen im nordwestlicher Bereich der nördlichen Richtstrecke nach Westen "ehem. Reichleitgraben"

Südflanke, Hauptfassungsstelle, Abbau 3/658

- L658008 (13.06.2024)
- P750059 (06.02.2020 - 19.09.2020)
- P750059 (15.12.2020 - 16.05.2024) im Juni => 20,7 [l/d], 269 [l]
- P750185 (20.07.2017-18.04.2024) im Juni => 18,4 [l/d], 184 [l]
- P750189 (11.01.2018-13.06.2024) im Juni => 99 [l/d], 1682 [l]
- P750061 (22.03.2018-11.06.2020)
- P750064 (19.01.2017-11.06.2020)

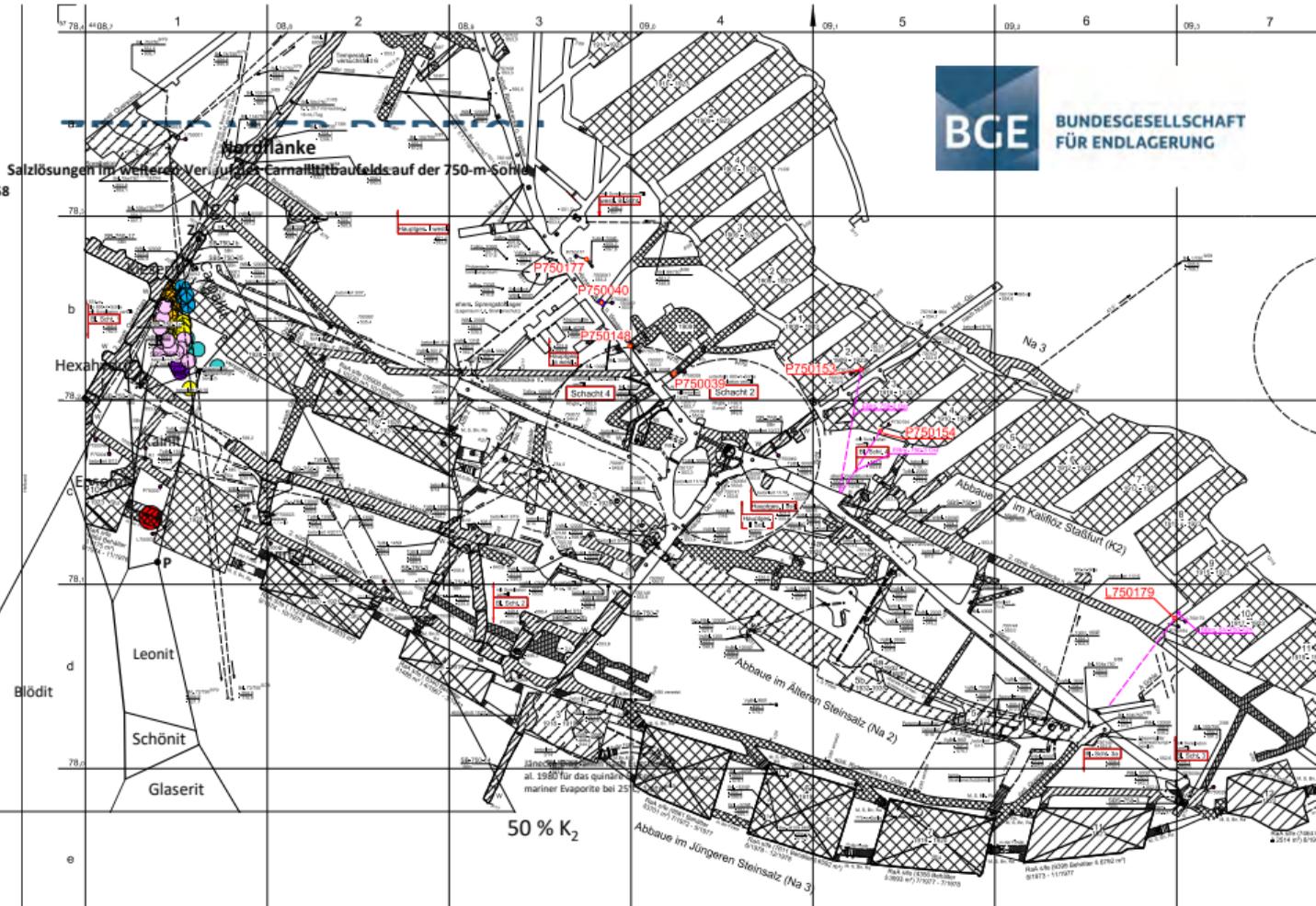


Jänecke Diagramm nach Eugster et. al. 1980 für das quinäre System mariner Evaporite bei 25°C, 1 atm

**Südflanke, Hauptfassungsstelle, Abbau 3/658**

● L658008 (13.06.2024)

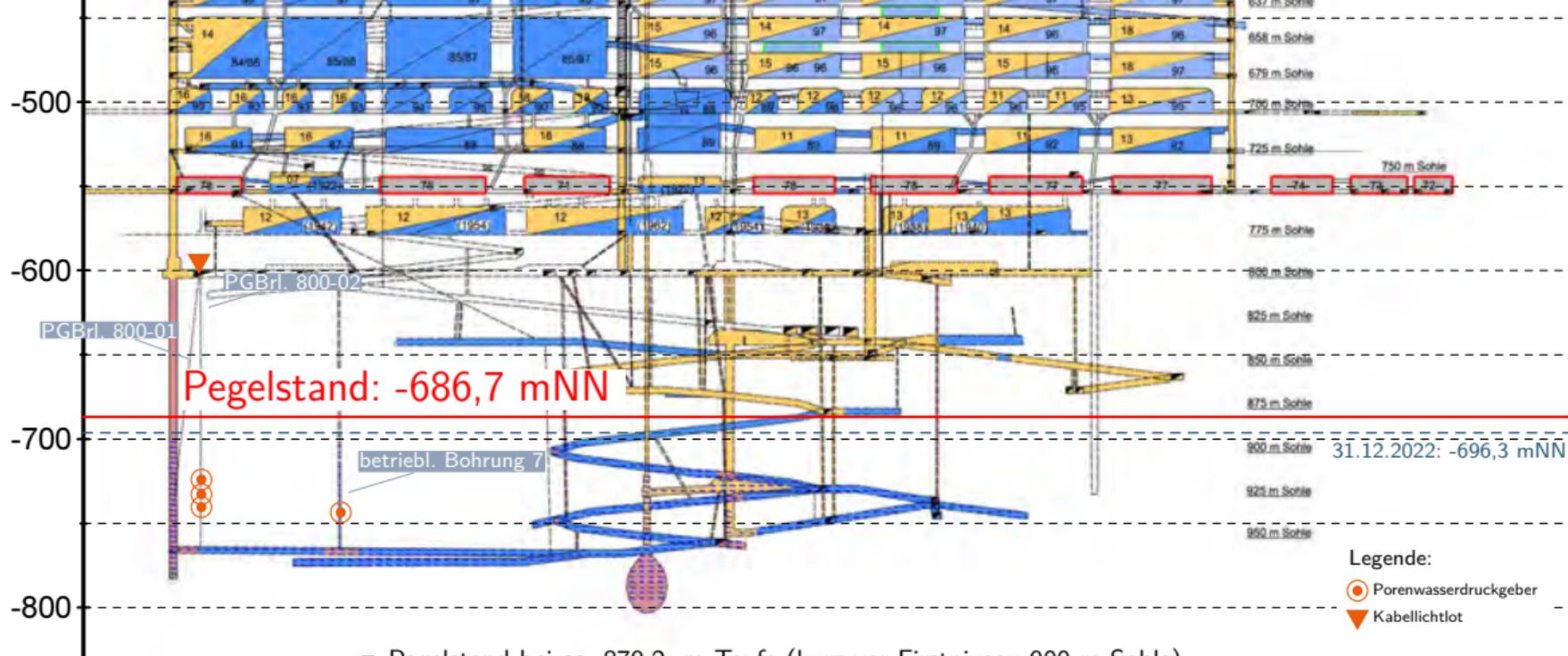
- P750177 (23.01.2020-16.05.2024)  
im Juni => 4,00 [l/d], 40,0 [l]
- P750040 (23.01.2020-16.05.2024)  
im Juni => 95,3 [l/d], 953 [l]
- P750148 (23.01.2020-16.05.2024)  
im Juni => 2,2 [l/d], 21,1 [l]
- P750039 (23.01.2020-16.05.2024)  
im April => 800 Liter abgepumpt
- P750153 (17.02.2020-22.05.2024)  
im Juni => 2,8 [l/d], 28,0 [l]
- P750154 (17.02.2020-22.05.2024)  
im Juni => 38,5 [l/d], 385 [l]
- L750179 (25.07.2017-12.10.2023)  
im Mai => nicht abgepumpt
- P750205 (18.03.2022-16.05.2024)  
im Juni => 13,7 [l/d], 137 [l]
- P750205 (18.03.2022-16.05.2024)  
im Juni => 13,7 [l/d], 137 [l]



# ÜBERBLICK

Teil 03

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

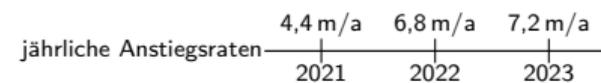


Pegelstand: -686,7 mNN

31.12.2022: -696,3 mNN

- Pegelstand bei ca. 879,2 m Teufe (kurz vor Firstniveau 900-m-Sohle)
- konvergenzbedingter Anstieg beträgt ca. 6,3 m/a
- Temperatur der Salzlösung beträgt im Mittel ca. 38,5 °C

— 18.06.2024





## Zusammenfassung und Fazit

04

# ÜBERBLICK

Teil 04

- 1 Beanspruchung des Tragsystems
- 2 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 für das Jahr 2023 liegen mit maximal 60–63 mm/a weiterhin auf einem hohen Niveau.
- Im Jahre 2023 ist insgesamt eine degressive Entwicklung im Ost- und Westflügel festzustellen.
- Mit Ende 2023 konnte ein Anstieg in den Pfeilerstauchungsraten beobachtet werden, der bis Ende März 2024 anhielt.
- Die derzeitige Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten ist wieder degressiv mit maximal 63–66 mm/a (Quartalsraten)

## VERFORMUNGSSITUATION *(Forts.)*

Baufeld an der Südflanke

- 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 der Grube zeigt weiterhin eine fortlaufende Schädigung des Tragsystems.
- 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.

# ÜBERBLICK

Teil 04

- 1 Beanspruchung des Tragsystems
- 2 **Salzlösungsmonitoring**
- 3 Schlussfolgerungen

## Baufeld an der Südflanke

### ■ Abbau 3/658:

- Die Fassungsrate an der Hauptfassungsstelle lag 2023 im Mittel bei  $12,2 \text{ m}^3/\text{d}$ .
- Von März bis Mai wurde die Hauptfassungsstelle mit einem aktiven Pumpbetrieb bewirtschaftet, ab Juni erfolgte die Lösungsfassung erneut über einen freien Auslauf.
- Von Juni bis November 2023 lag die Fassungsrate bei ca.  $12,5 \text{ m}^3/\text{d}$  und nahm dann bis Ende des Jahres auf rund  $12,2 \text{ m}^3/\text{d}$  ab.
- Aktuell liegt die Fassungsrate bei rund  $3,0 \text{ m}^3/\text{d}$ .
- Sowohl die Dichte als auch die chemische Zusammensetzung zeigen 2023 keine Auffälligkeiten.
- Der Anteil der im Abbau 3/658 gefassten Lösung liegt 2023 bei rund 95 % (2022: 95 %).

## SALZLÖSUNGSMONITORING *(Forts.)*

- Auf der 725-m-Sohle lag die Fassungsrate im Jahr 2023 bei ca.  $0,6 \text{ m}^3/\text{d}$  (2022 ca.  $0,6 \text{ m}^3/\text{d}$ ). Seit Ende 2023 stieg sie auf aktuell ca.  $6,1 \text{ m}^3/\text{d}$  an.
  - Dies entspricht 2023 ca. 5 % (2022: 5 %) der gefassten Menge in der Südflanke.
  - Auf der 750-m-Sohle wurden in 2023 ca. 0,1 % (2022: 0,1 %) der Lösungen gefasst, jedoch sind diese zum Teil kontaminiert, sie durchfeuchten Tragelemente und zersetzen carnallitische Gebirgsbereiche.
- ⇒ Insgesamt lag die Fassungsrate im Baufeld an der Südflanke im Jahr 2023 bei ca.  $13,2 \text{ m}^3/\text{d}$  (aktuell:  $9,4 \text{ m}^3/\text{d}$ ).

*Insgesamt ist das installierte und ergänzte Fassungssystem im Abbau 3/658 nur eingeschränkt funktionsfähig, aber für eine geochemische Charakterisierung geeignet.*

## Nordflanke

- Von 2014 bis 2024 wurden durchschnittlich  $0,4 \text{ m}^3/\text{d}$  gefasst, im Wesentlichen im westlichen Teil des Carnallititbaufeldes.
  - Die chemische Zusammensetzung ist unverändert.
  - Im Jahr 2023 wurden ca.  $0,4 \text{ m}^3/\text{d}$  gefasst.
- ⇒ Ein weiterer Ausbau der Fassungssysteme im zentralen Bereich des Carnallititbaufeldes und ein Monitoring durch Pegelbohrungen wird umgesetzt.
- ⇒ Perspektivisch ist eine Fassung der Lösung über Bohrungen von der 700-m-Sohle geplant.

# ÜBERBLICK

Teil 04

- 1 Beanspruchung des Tragsystems
- 2 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 und im Bereich Sattelkern 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 durch Verlagerung eskaliert.
- ⇒ Aufgrund der aktuellen Situation besteht die Notwendigkeit zur Errichtung einer redundanten Fassungsstelle im Bereich der Abbaureihe 3 unterhalb der 658-m-Sohle

## SCHLUSSFOLGERUNGEN *(Forts.)*

- ⇒ Für den Fall eines Notfalls, aber auch im Hinblick auf die geplante Rückholung der radioaktiven Abfälle, ist eine zügige Stabilisierung des Tragsystems weiterhin unabdingbar.
- ⇒ Die Rückholung kann nur in einem gesicherten Bestandsbergwerk mit prognostizierbaren Randbedingungen erfolgen



## 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)



Die Newsletter der BGE

