

# Geotechnisches, geophysikalisches Monitoringprogramm und Salzlösungsmonitoring

Gebirgsbeobachtungsgespräch 2019

Lutz Teichmann, Dr. Paul Eric Wolff, Christoph Wagner, Laura Isabel Pascharat,  
Falk Herrmann, Dr. Peter Kamlot (IfG) und Reinhard Wendling

Remlingen, den 01. September 2020



**BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG**

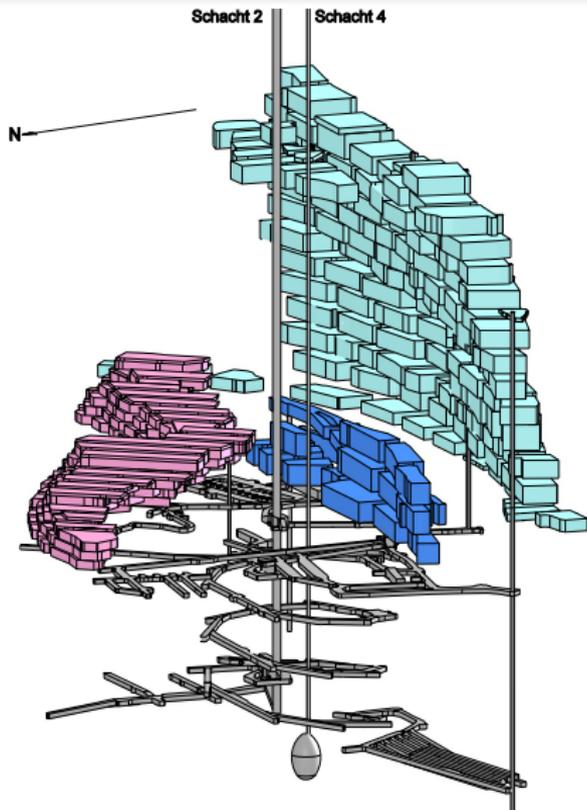
# Gliederung der Vorträge

- Teil I Einleitung
- Teil II Spannungs- und Verformungszustand
- Teil III Markscheiderische Messungen
- Teil IV Mikroseismische Überwachung
- Teil V Lokale Monitoringprogramme
- Teil VI IfG: Bewertung des Tragsystems
- Teil VII Salzlösungsmonitoring
- Teil VIII 3D-Seismik – Messdurchführung und Ausblick
- Teil IX Zusammenfassung und Fazit

# Teil I

## Einleitung

# Baufelder im Grubengebäude



# Baufelder im Grubengebäude

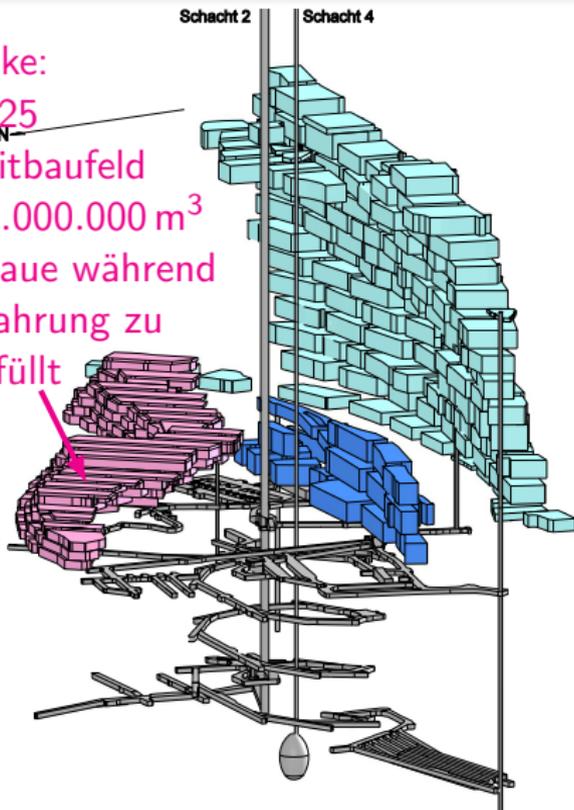
Nordflanke:

1909–1925

Carnallititbaufeld

$V_{\text{ges}} \approx 1.000.000 \text{ m}^3$

Grubenbaue während  
der Auffahrung zu  
99% verfüllt



# Baufelder im Grubengebäude

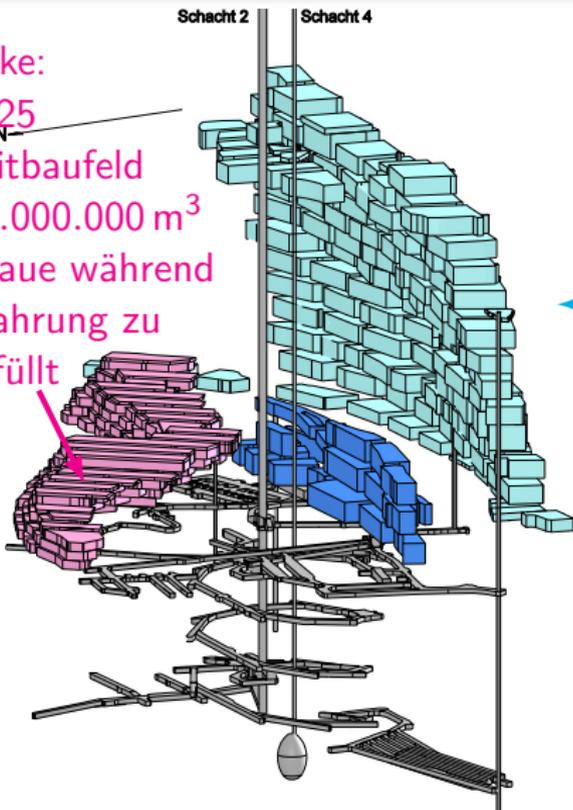
Nordflanke:

1909–1925

Carnallititbaufeld

$V_{\text{ges}} \approx 1.000.000 \text{ m}^3$

Grubenbaue während  
der Auffahrung zu  
99% verfüllt



Südflanke:

1916–1964

Steinsalzbaufeld im Na3

$V_{\text{ges}} \approx 3.350.000 \text{ m}^3$

# Baufelder im Grubengebäude

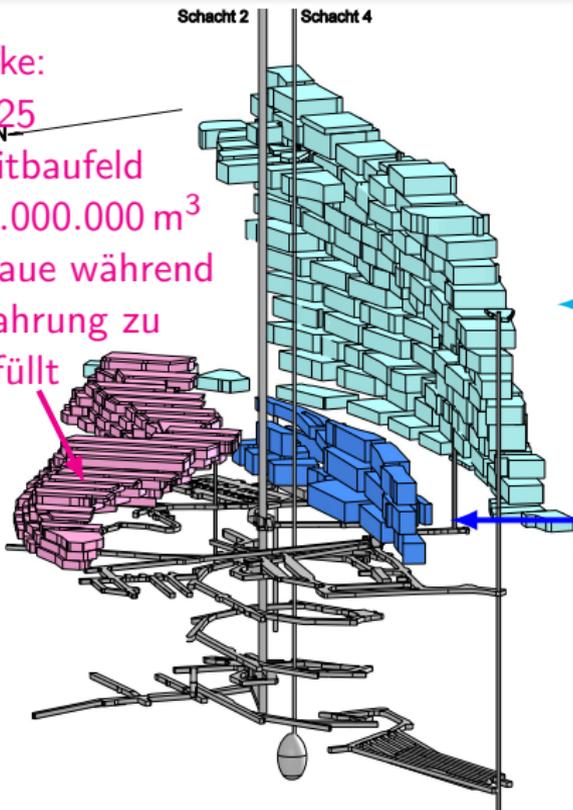
Nordflanke:

1909–1925

Carnallititbaufeld

$V_{\text{ges}} \approx 1.000.000 \text{ m}^3$

Grubenbaue während  
der Auffahrung zu  
99% verfüllt



Südflanke:

1916–1964

Steinsalzbaufeld im Na3

$V_{\text{ges}} \approx 3.350.000 \text{ m}^3$

Sattelkern:

1927–1964

Steinsalzbaufeld im Na2

$V_{\text{ges}} \approx 450.000 \text{ m}^3$

# Baufelder im Grubengebäude

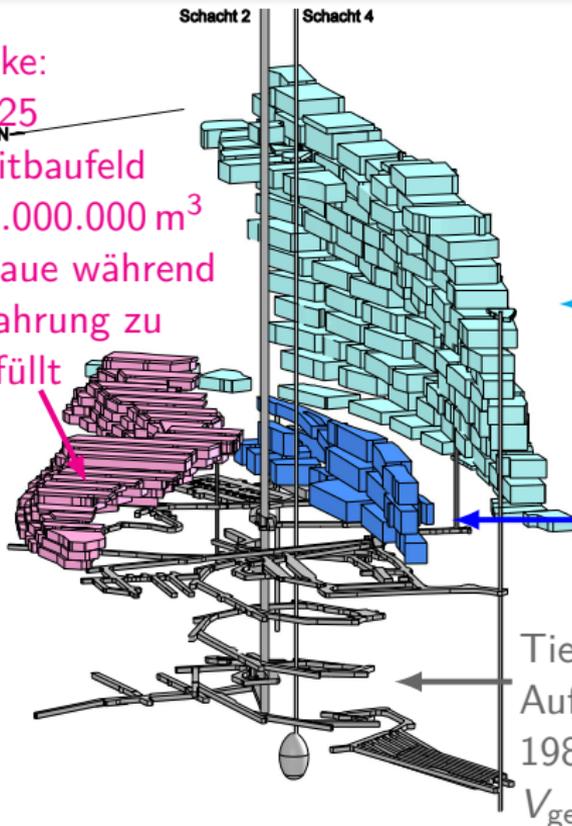
Nordflanke:

1909–1925

Carnallititbaufeld

$V_{\text{ges}} \approx 1.000.000 \text{ m}^3$

Grubenbaue während  
der Auffahrung zu  
99% verfüllt



Südflanke:

1916–1964

Steinsalzbaufeld im Na3

$V_{\text{ges}} \approx 3.350.000 \text{ m}^3$

Sattelkern:

1927–1964

Steinsalzbaufeld im Na2

$V_{\text{ges}} \approx 450.000 \text{ m}^3$

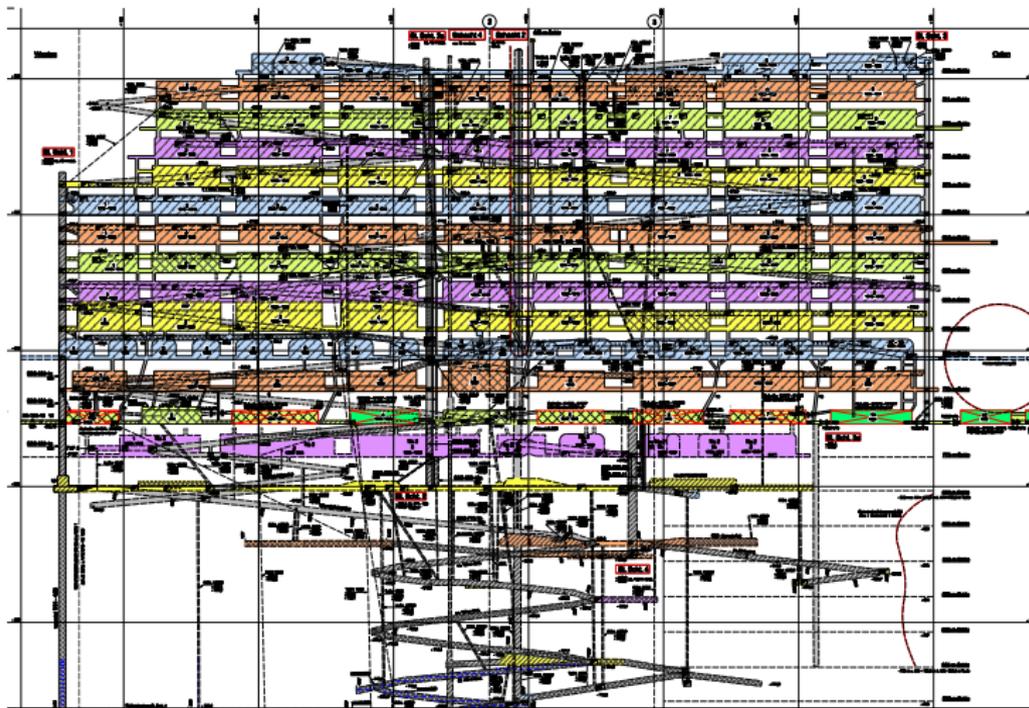
Tiefenaufschluss:

Auffahrungen zu Forschungszwecken

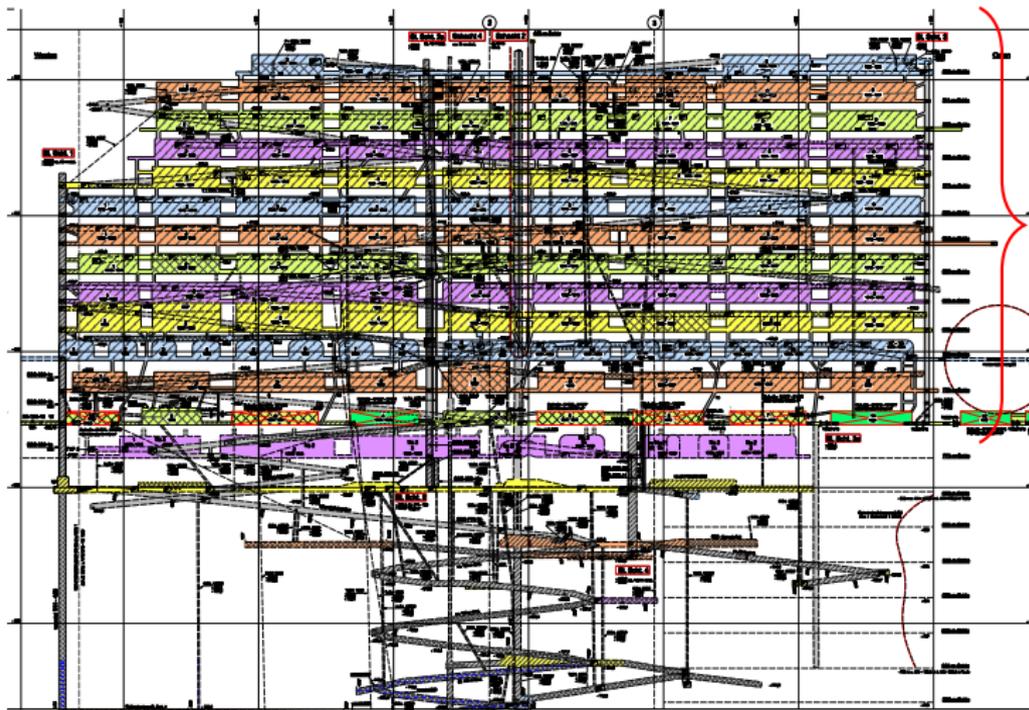
1984–1992

$V_{\text{ges}} \approx 240.000 \text{ m}^3$

# Baufeld an der Südflanke

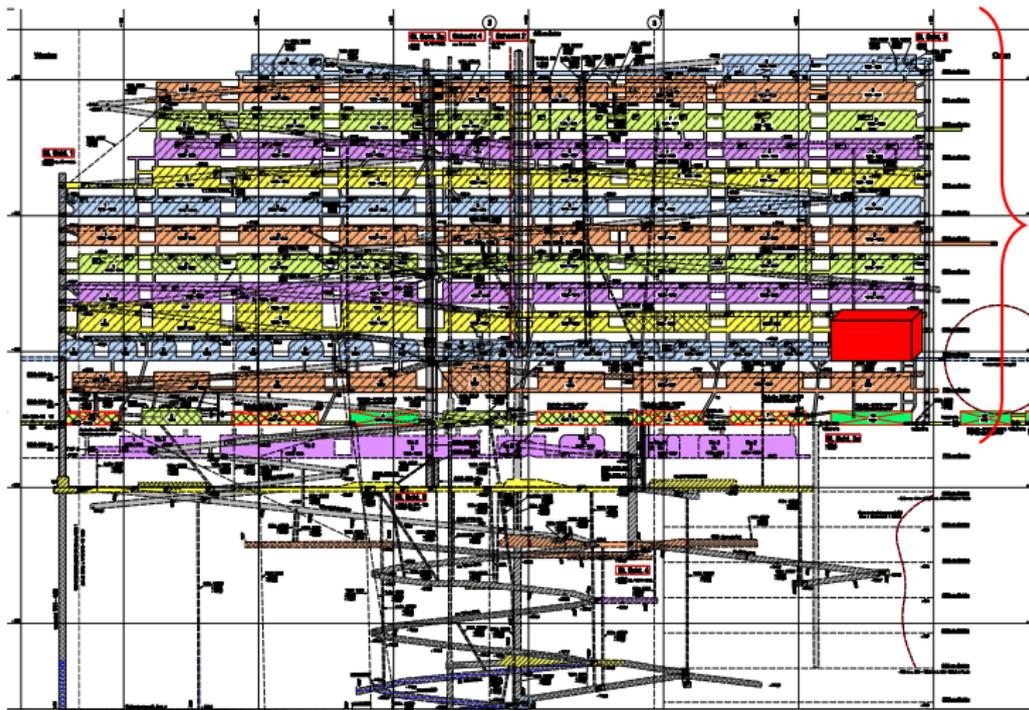


## Baufeld an der Südflanke



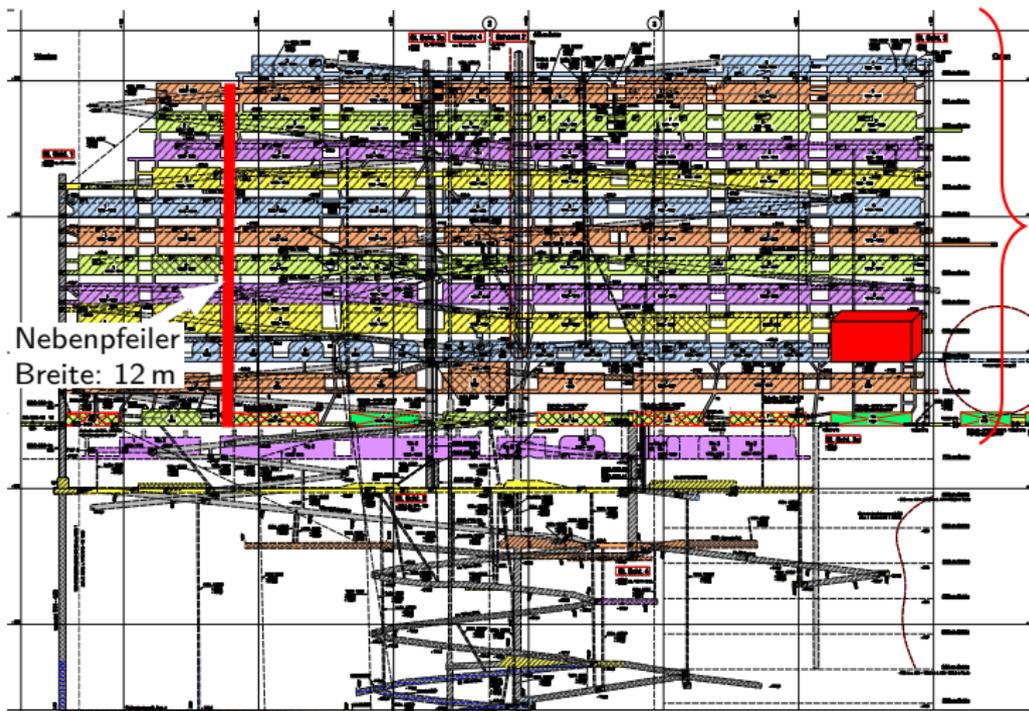
Baufeld an der Südflanke von der 490-m-Sohle bis zur 750-m-Sohle  
● 131 Abbaue

## Baufeld an der Südflanke



- Baufeld an der Südflanke von der 490-m-Sohle bis zur 750-m-Sohle
- 131 Abbaue
  - Abbau 60 m lang 40 m breit 15 m hoch

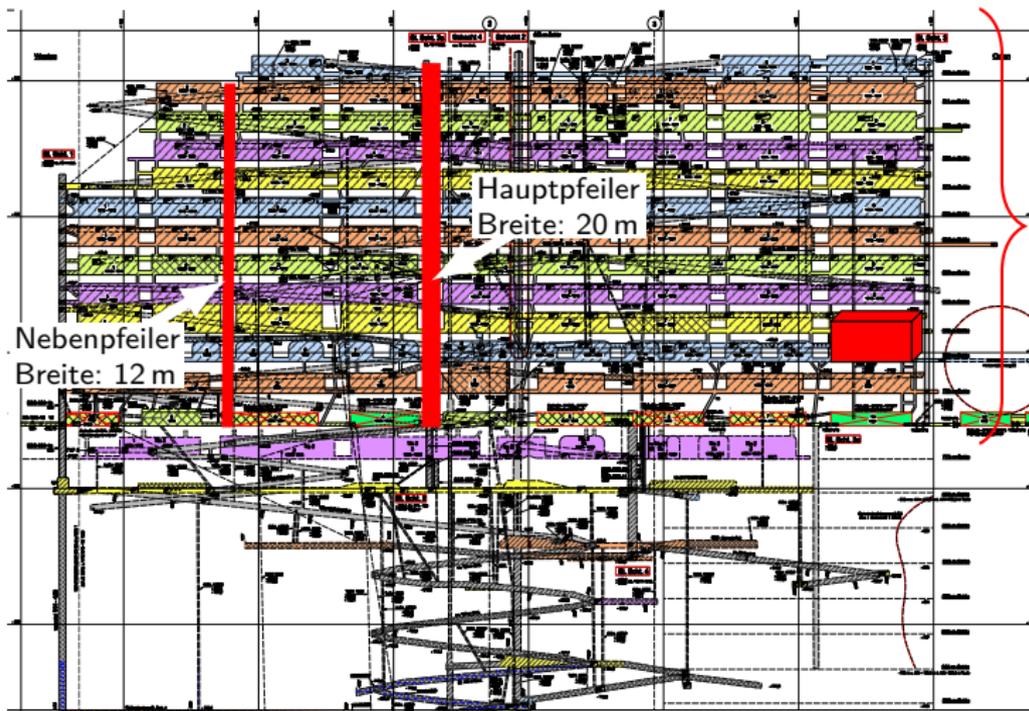
## Baufeld an der Südflanke



Nebenpfeiler  
Breite: 12 m

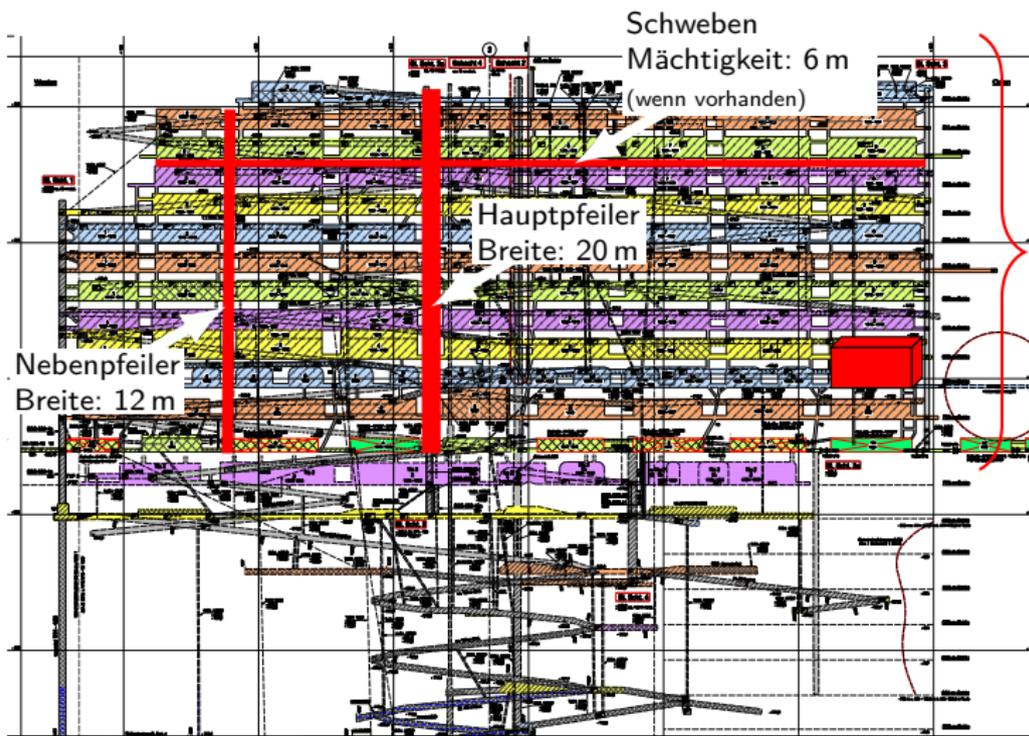
- Baufeld an der Südflanke von der 490-m-Sohle bis zur 750-m-Sohle
- 131 Abbaue
  - Abbau 60 m lang 40 m breit 15 m hoch

## Baufeld an der Südflanke



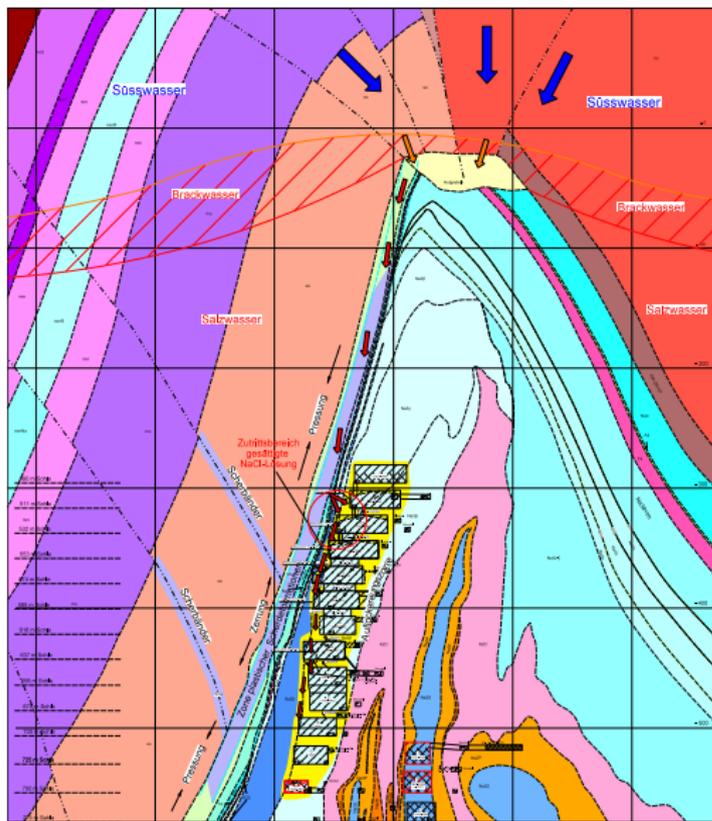
- Baufeld an der Südflanke von der 490-m-Sohle bis zur 750-m-Sohle
- 131 Abbaue
  - Abbau 60 m lang 40 m breit 15 m hoch

## Baufeld an der Südflanke



- Baufeld an der Südflanke von der 490-m-Sohle bis zur 750-m-Sohle
- 131 Abbaue
  - Abbau 60 m lang 40 m breit 15 m hoch

# Interaktion: Deckgebirge – Südflanke



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

- **Deutlich verlängerte Betriebsphase**

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

- **Stabilisierung des Tragsystems**

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

- **Lokale Monitoringprogramme**

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

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

- 70 von den 100 Abbauen sind verfüllt (Stand: 07/2020).
- 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 Grubengebäudes sind weitere Firstspalt- und Resthohlraumverfüllungen notwendig.

# Lokale Monitoringprogramme (MP)

	<b>Infrastrukturraum</b>	<b>MP vom</b>
1	Obere Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511)	31.07.2014
	Ergänzung um den Bereich der ELK 8a/511	05.04.2017
2	Nebenabbau 6a bis 9b im Osten der 532-m-Sohle	21.10.2013
3	westlicher Teil der 574-m-Sohle	16.07.2013
	Erweiterung um die 553-m-Sohle	11.05.2017
4	Wendelstrecke von der 490- zur 850-m-Sohle	20.01.2017
	Wendelstrecke im Bereich der 616-/637-m-Sohle	23.07.2013
	Wendelstrecke im Bereich der 725-/775-m-Sohle	21.01.2013
	Wendelstrecke Pfeiler 4/5, 616-m-Sohle	12.09.2019
5	700-m-Sohle (Richtstrecken im First-/Sohlenniveau)	13.05.2014
	Ergänzung um den Bereich der Baustoffanlagen	20.10.2015
6	westl. Teil der nördl. Richtstrecken nach Osten 750-m-Sohle	22.06.2012
	Erweiterung um östl. Abschnitt sowie Abbau 4 u. 5/750 (Na2)	15.02.2019
7	Füllortbereich Schacht 2 auf der 750-m-Sohle	12.07.2012
	Ergänzung um Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle	24.04.2015
8	725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke) und Querschlag nach Norden	08.05.2018

# Verfüllmaßnahmen in 2019/2020

Um den Schädigungsprozess weiter zu verlangsamen wurden 2019 und 2020 folgende Maßnahmen umgesetzt:

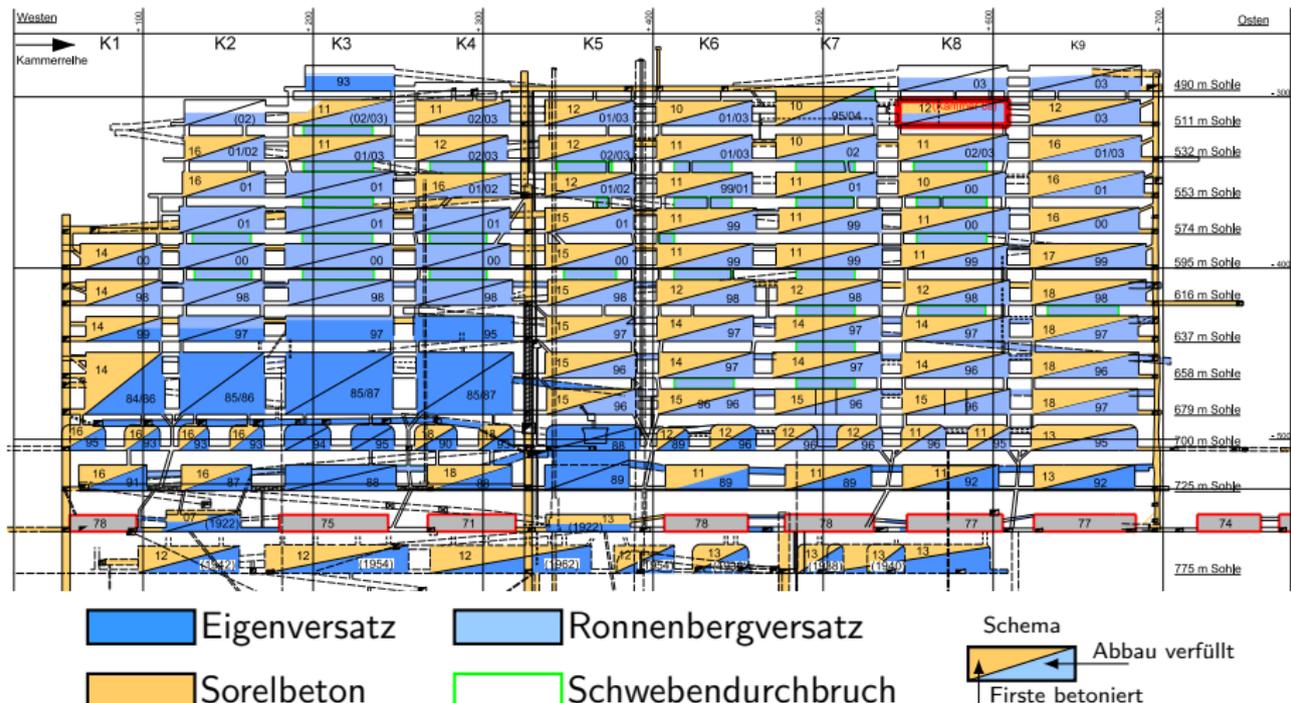
## ① Firstspaltverfüllung im Baufeld an der Südflanke

- Firstspalt im Nebenabbau 8a/532 unterhalb der MAW-Kammer

## ② Resthohlraumverfüllungen

- Nebenabbaue und Abbaubegleitstrecke auf der 532-m-Sohle
- Wetterstrecke zum Blindschacht 1 auf der 574-m-Sohle bis zur 553-m-Sohle
- Abbaubegleitstrecke von Abbau 1/595 bis Abbau 6/595 auf der 595-m-Sohle

# Status – Resthohlraum- und Firstspaltverfüllung Stand 05/2020



# Maßnahmen mit Einfluss auf die gebirgsmechanische Situation im Grubengebäude

- **Südflanke 490- bis 725-m-Sohle**

Mit Stand 07/2020 wurden insgesamt seit Ende 2009 ca. 208.000 m<sup>3</sup> Sorelbeton im Baufeld an der Südflanke eingebracht (dies entspricht ca. 6 % des Hohlraumvolumens).

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

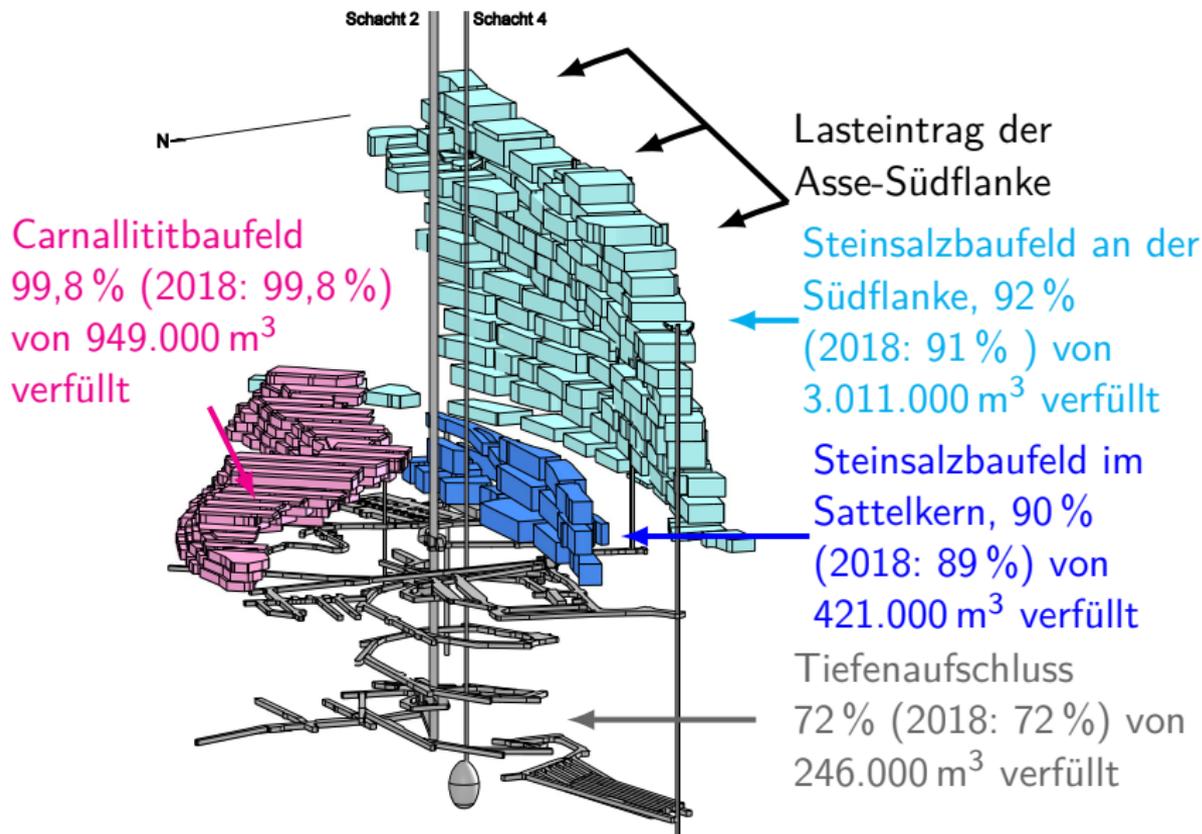
Die Firstspaltverfüllung auf der 775-m-Sohle wurde im September 2013 abgeschlossen. Die 9 Abbaue inkl. Zugänge wurden mit insgesamt ca. 17.000 m<sup>3</sup> Sorelbeton nachversetzt. Der Abbau 4a/750 wurde im Jahr 2017 mit ca. 4.700 m<sup>3</sup> Sorelbeton nachverfüllt.

# Maßnahmen mit Einfluss auf die gebirgsmechanische Situation im Grubengebäude

- **Carnallitbaufeld an der Nordflanke (750 bis 710 m Teufe)**
  - ⇒ Firstspalte in den Kali-Abbauen 1 bis 5 Ost und 12 Ost mit insgesamt ca. 2.100 m<sup>3</sup> verfüllt.
  - ⇒ Resthohlräume in umliegenden Grubenbauen (Strecken und Gesenke) ca. 1.700 m<sup>3</sup>.
- **Gesamtes Grubengebäude**

Mit Stand 08/2020 wurden bisher ca. 400.000 m<sup>3</sup> Sorelbeton in das Grubengebäude eingebracht.

# Volumenbilanz – Grubengebäude (Stand 2019)



## Teil II

# Spannungs- und Verformungszustand

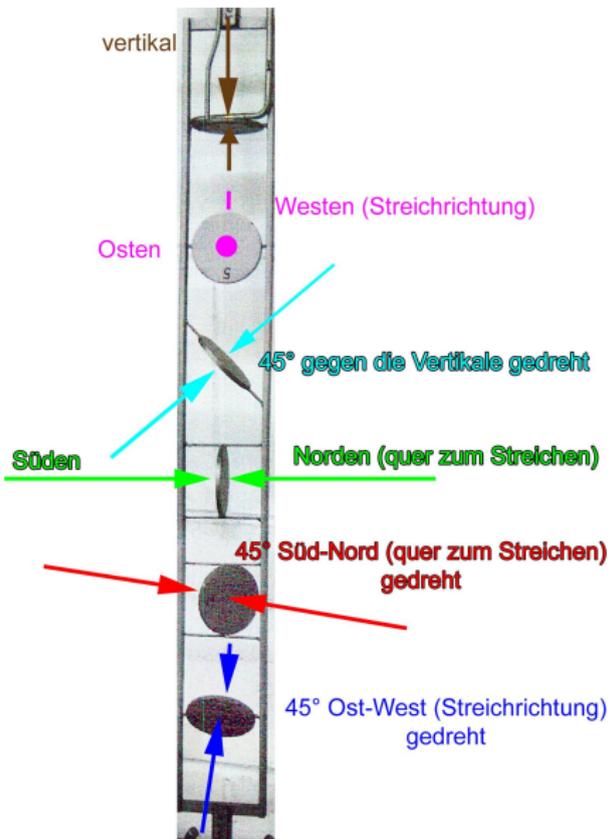
# Übersicht Teil II

- 1 Spannungsmessungen in den Tragelementen
- 2 Verformungsmessungen

# Übersicht

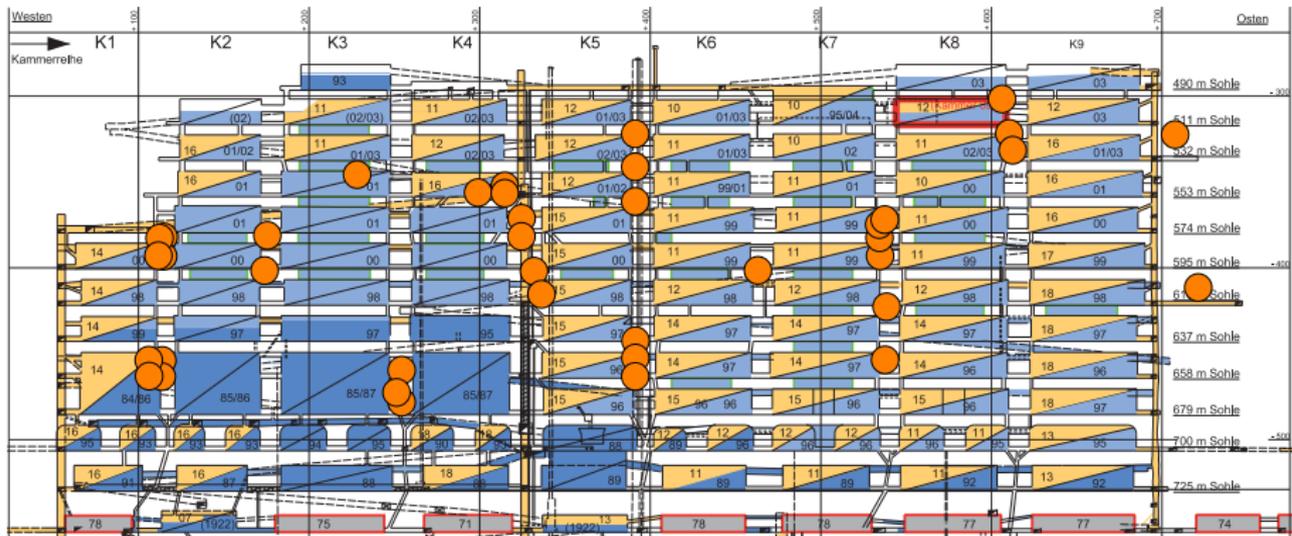
- 1 Spannungsmessungen in den Tragelementen
- 2 Verformungsmessungen

# Aufbau einer Spannungsmonitorstation



- 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.

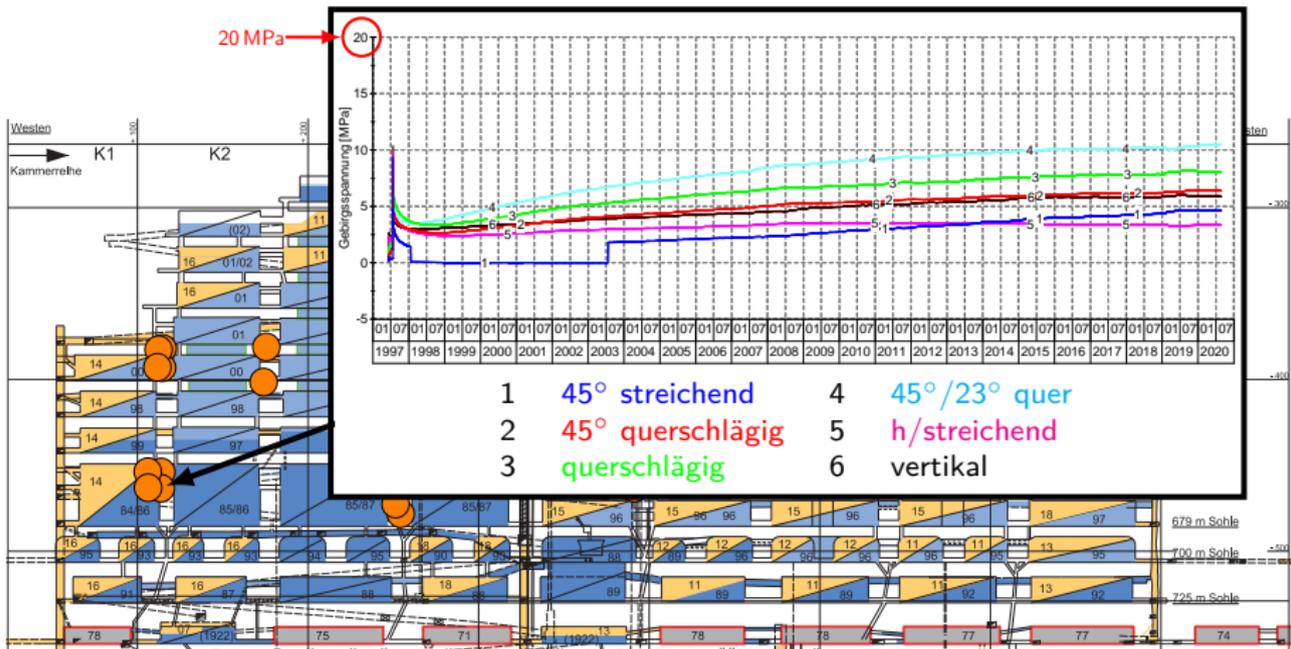
# Lage der Spannungsmonitorstationen (SMS)



● Spannungsmonitorstation (38 SMS in Messwerterfassung)

# Spannungssituation im Pfeiler 1/2

## Nördlicher Pfeilerbereich, 661 m Teufe – Messwerte

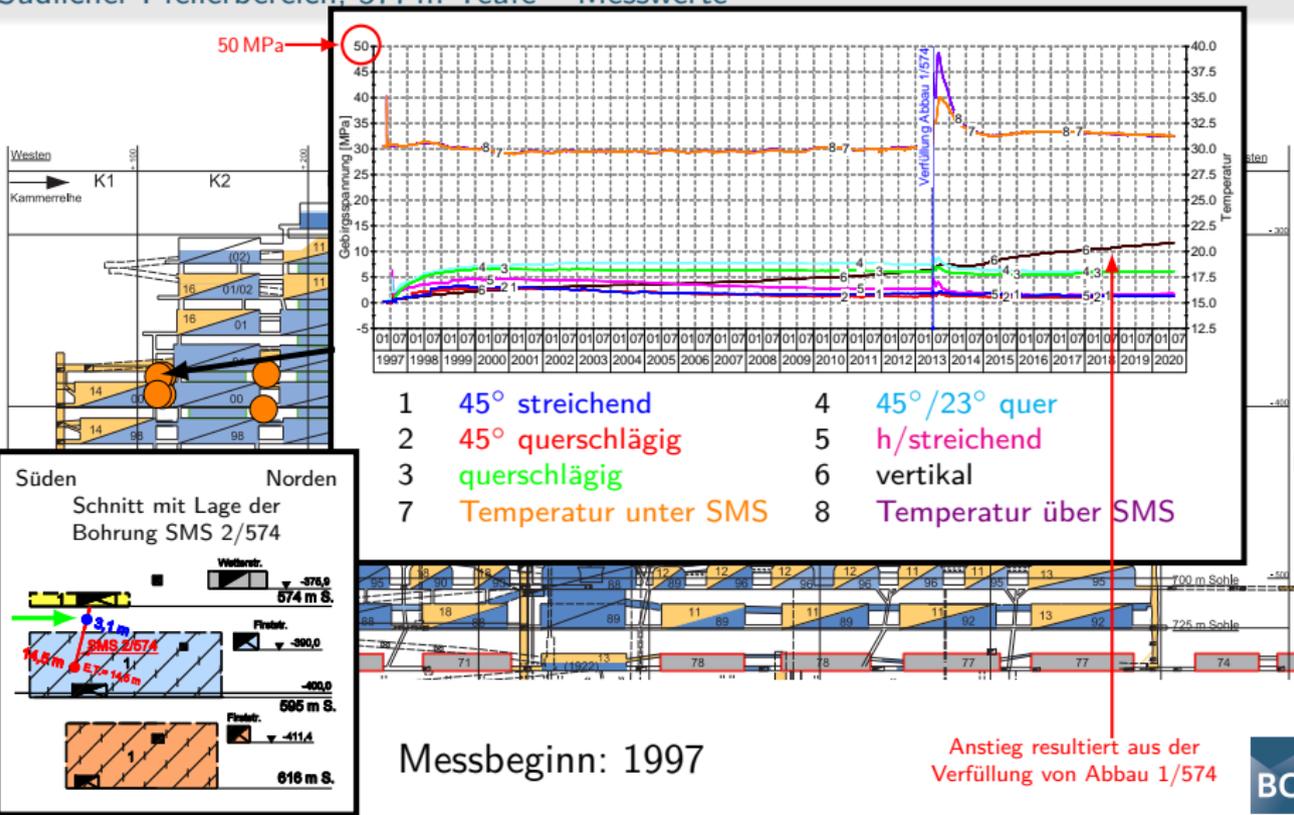


Messbeginn: 1997



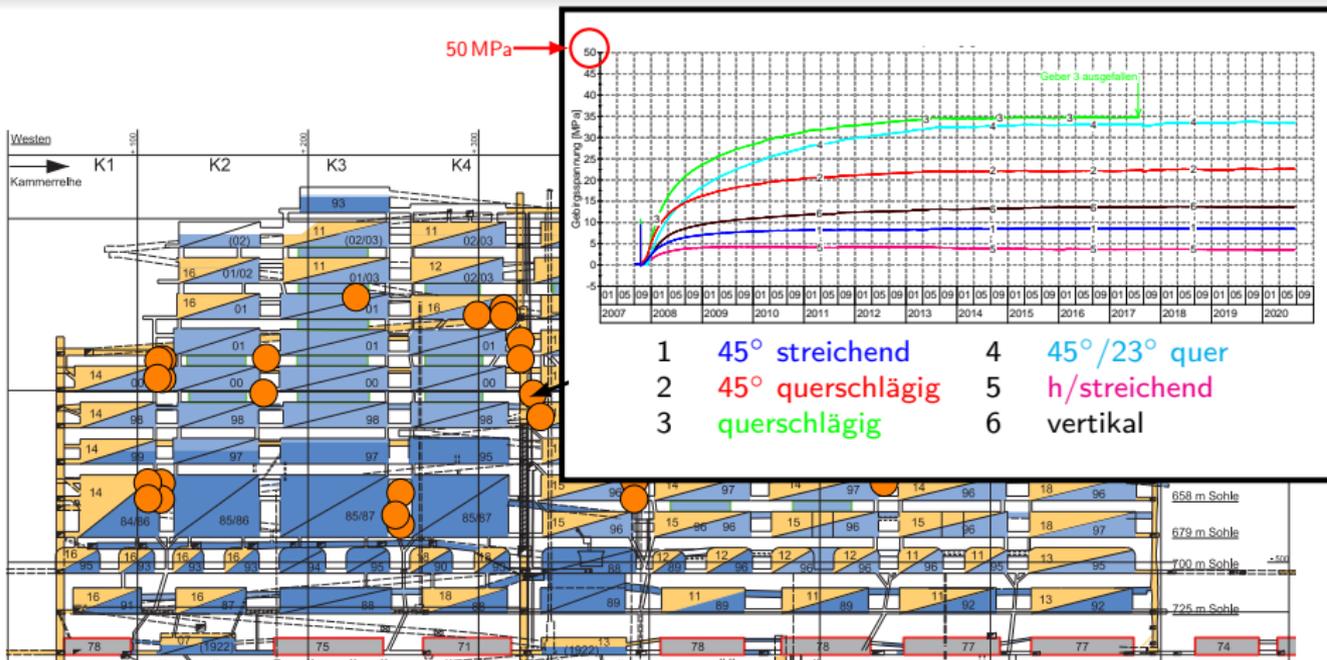
# Spannungssituation im Pfeiler 1/2

## Südlicher Pfeilerbereich, 577 m Teufe – Messwerte



# Spannungssituation im Pfeiler 4/5

Pfeilermitte 609 m Teufe – Messwerte

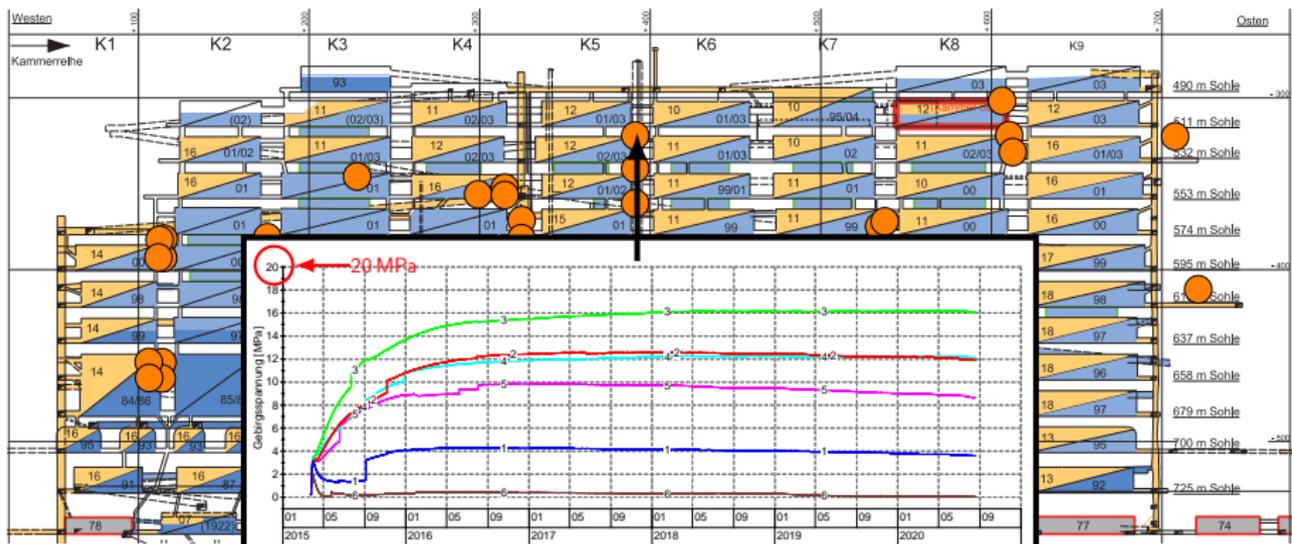


Messbeginn: 2007



# Spannungssituation im Pfeiler 5/6

Pfeilermitte, 513 m Teufe – Messwerte



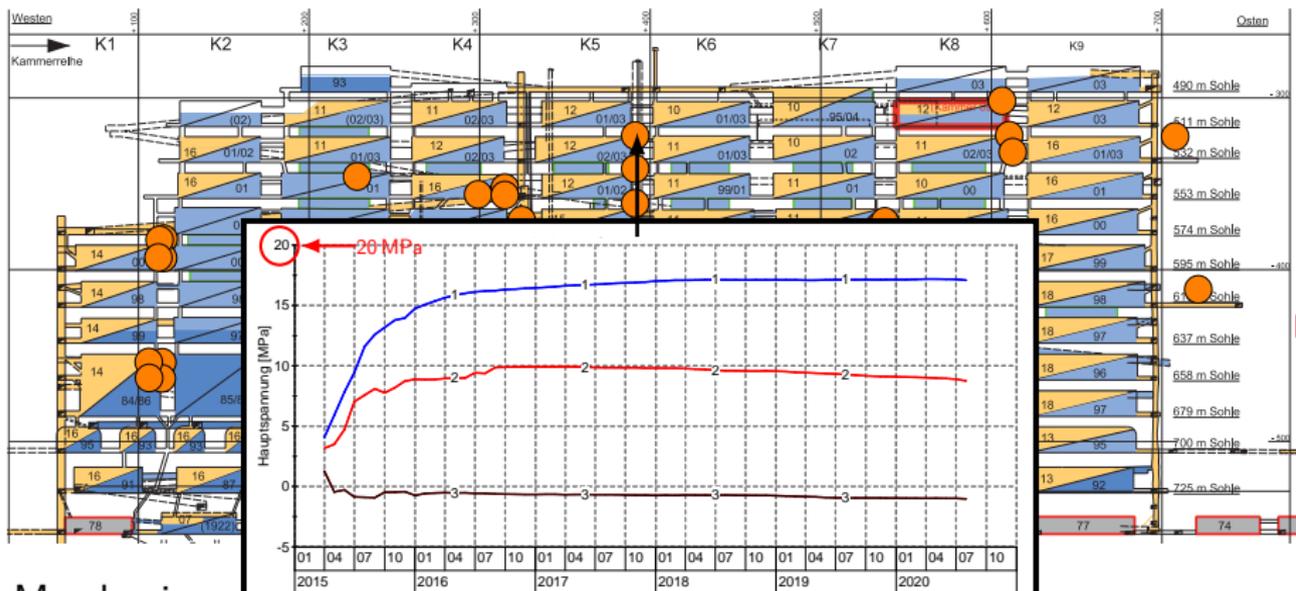
Messbeginn:  
2015

- |   |                  |   |              |
|---|------------------|---|--------------|
| 1 | 45° streichend   | 4 | 45°/23° quer |
| 2 | 45° querschlägig | 5 | h/streichend |
| 3 | querschlägig     | 6 | vertikal     |



# Spannungssituation im Pfeiler 5/6

## Pfeilermitte, 513 m Teufe – berechnete Hauptspannungen



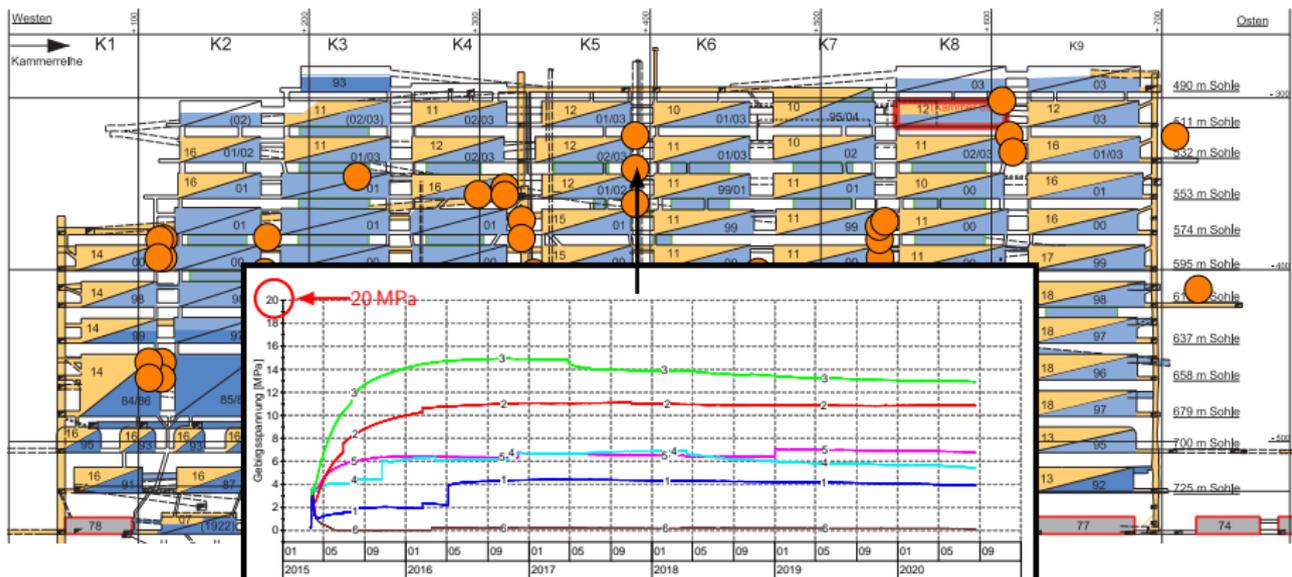
Messbeginn:  
2015

- 1 maximale Hauptspannung (querschlägig)
- 2 mittlere Hauptspannung (streichend)
- 3 minimal Hauptspannung (vertikal)



# Spannungssituation im Pfeiler 5/6

Pfeilermitte, 534 m Teufe – Messwerte



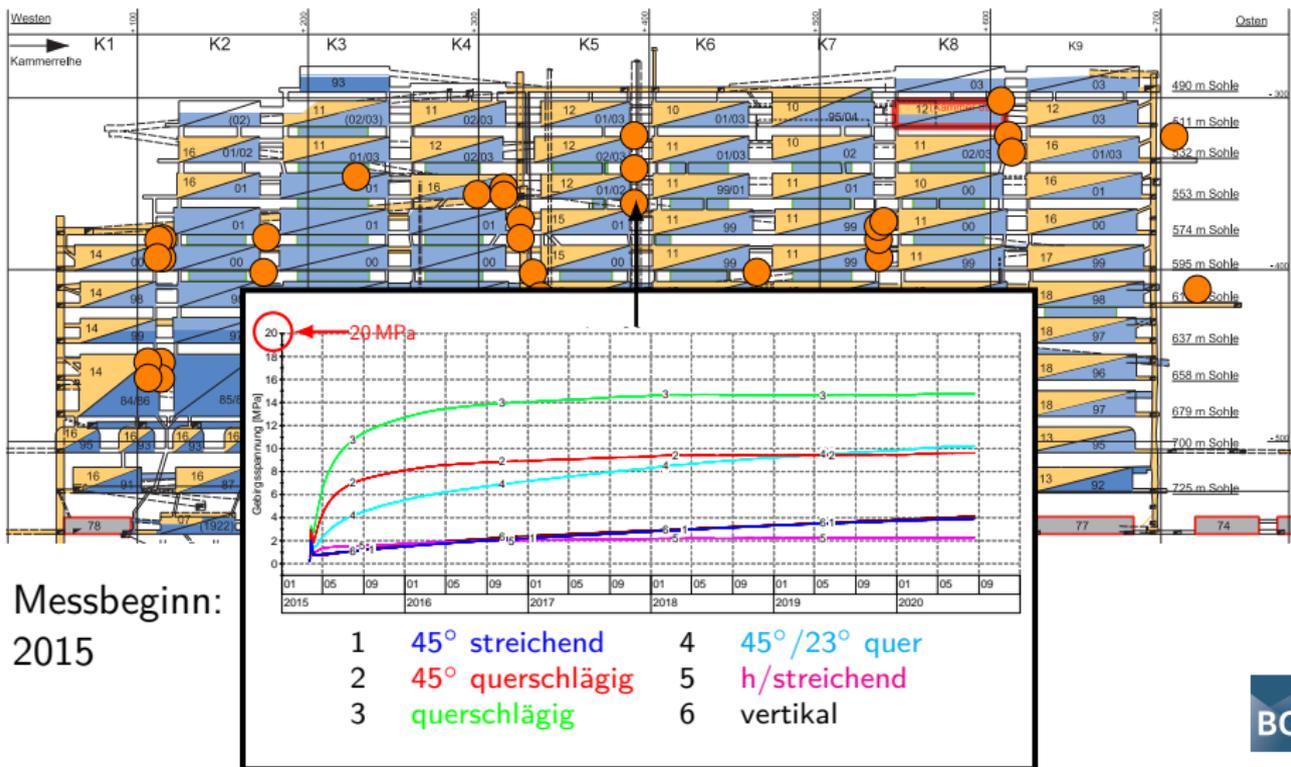
Messbeginn:  
 2015

- |   |                  |   |              |
|---|------------------|---|--------------|
| 1 | 45° streichend   | 4 | 45°/23° quer |
| 2 | 45° querschlägig | 5 | h/streichend |
| 3 | querschlägig     | 6 | vertikal     |



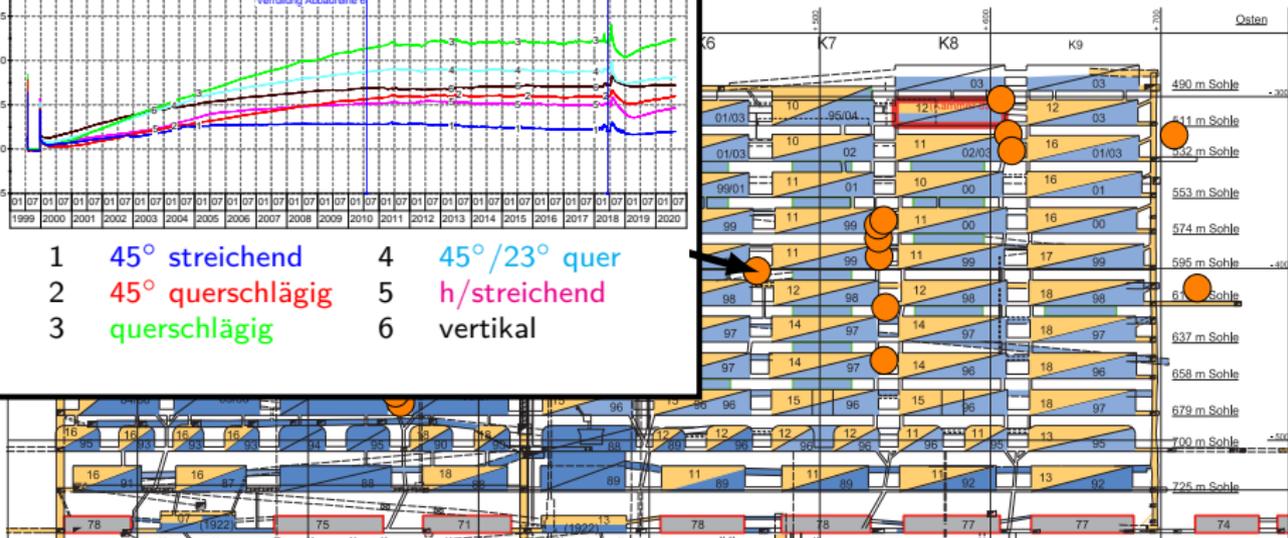
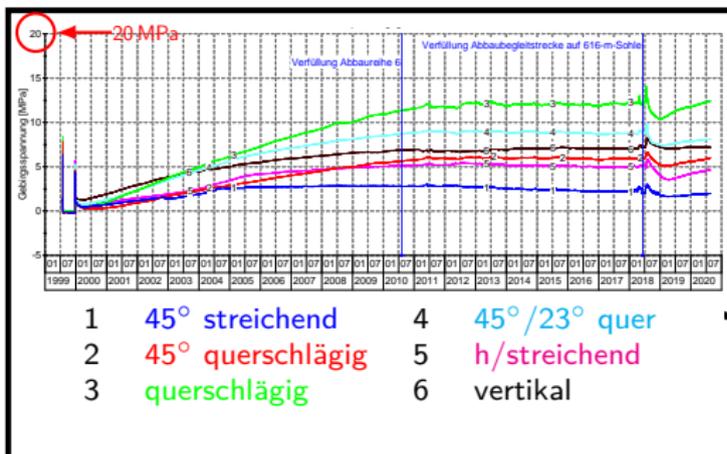
# Spannungssituation im Pfeiler 5/6

Pfeilermitte, 555 m Teufe – Messwerte



# Spannungssituation im Pfeiler 6/7

## Nördlicher Pfeilerbereich, 599 m Teufe – Messwerte

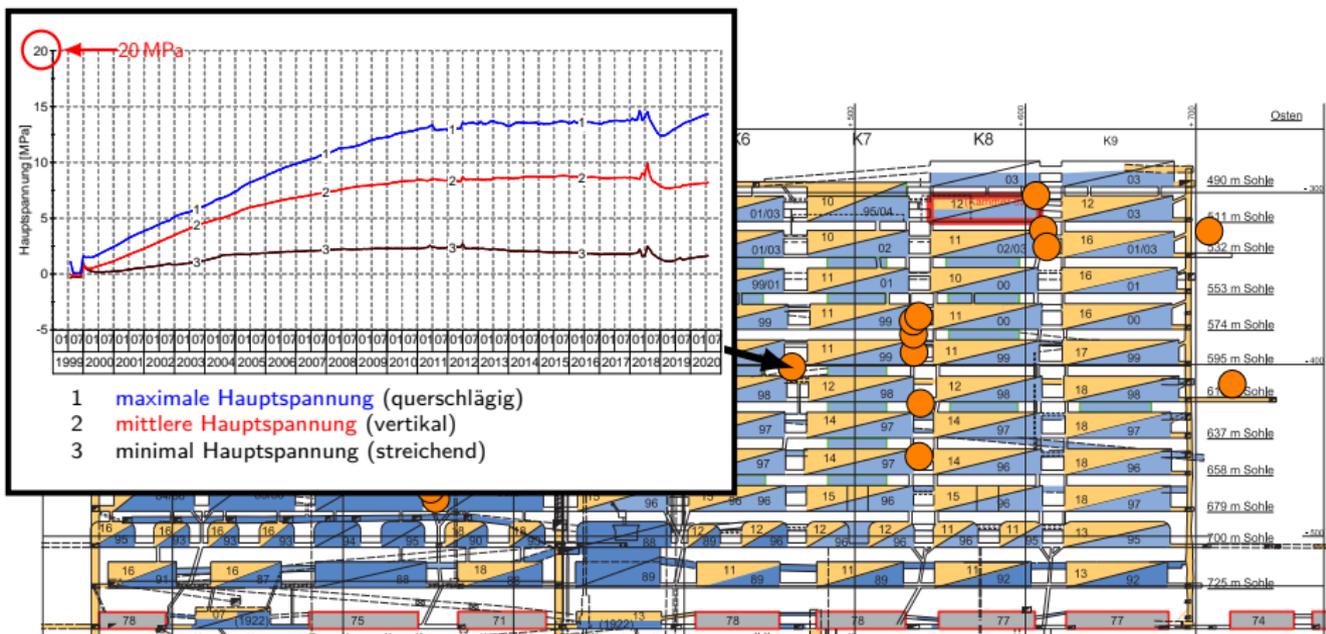


Messbeginn: 1999



# Spannungssituation im Pfeiler 6/7

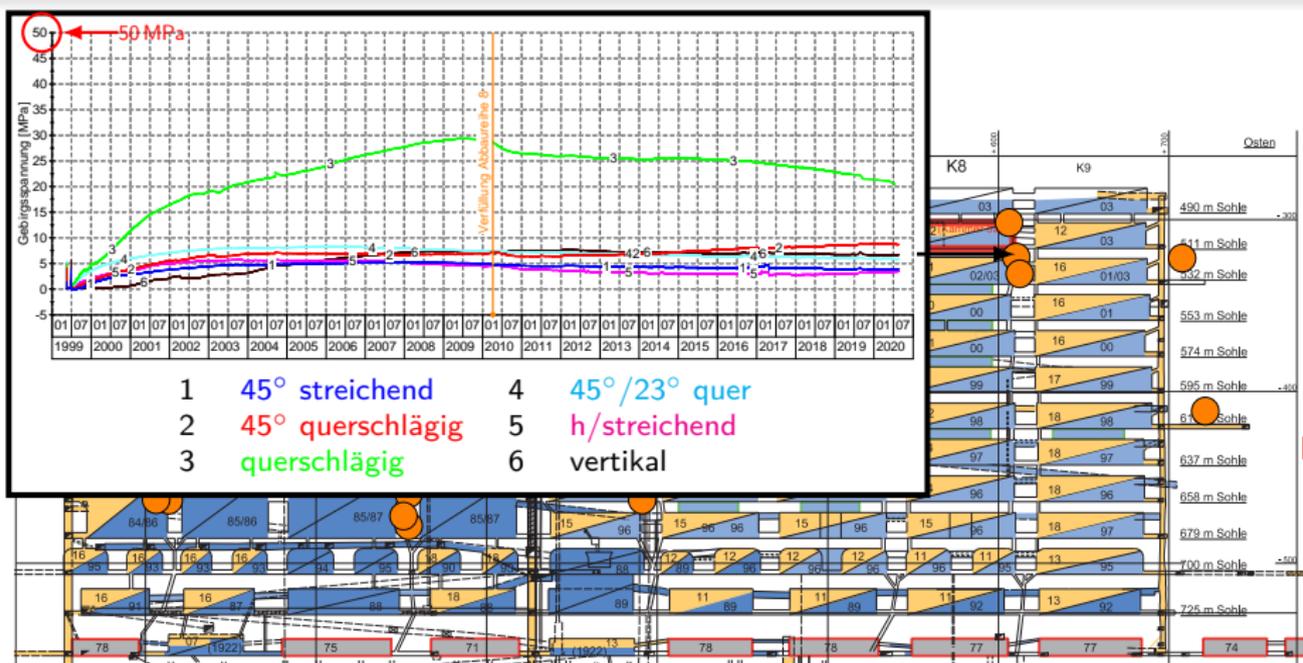
Nördlicher Pfeilerbereich, 599 m Teufe – berechnete Hauptspannungen



Messbeginn: 1999

# Spannungssituation im Pfeiler 8/9

## Pfeilermitte, 514 m Teufe – Messwerte

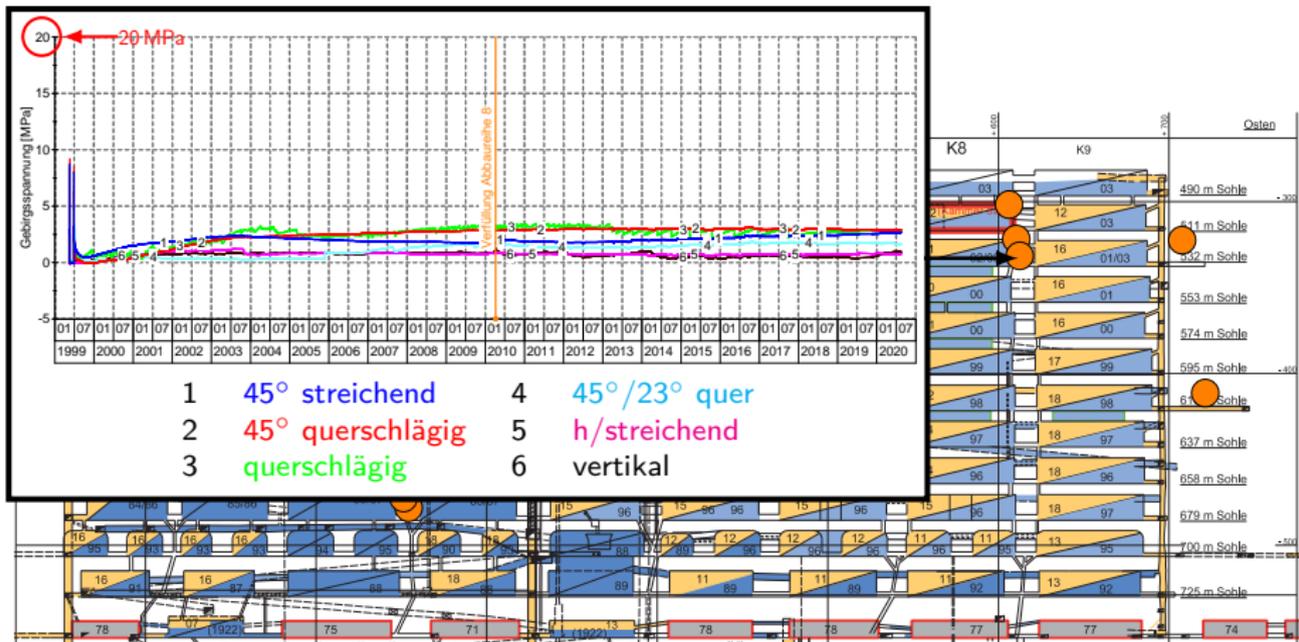


Messbeginn: 1999



# Spannungssituation im Pfeiler 8/9

## Südlicher Pfeilerbereich, 525 m Teufe – Messwerte

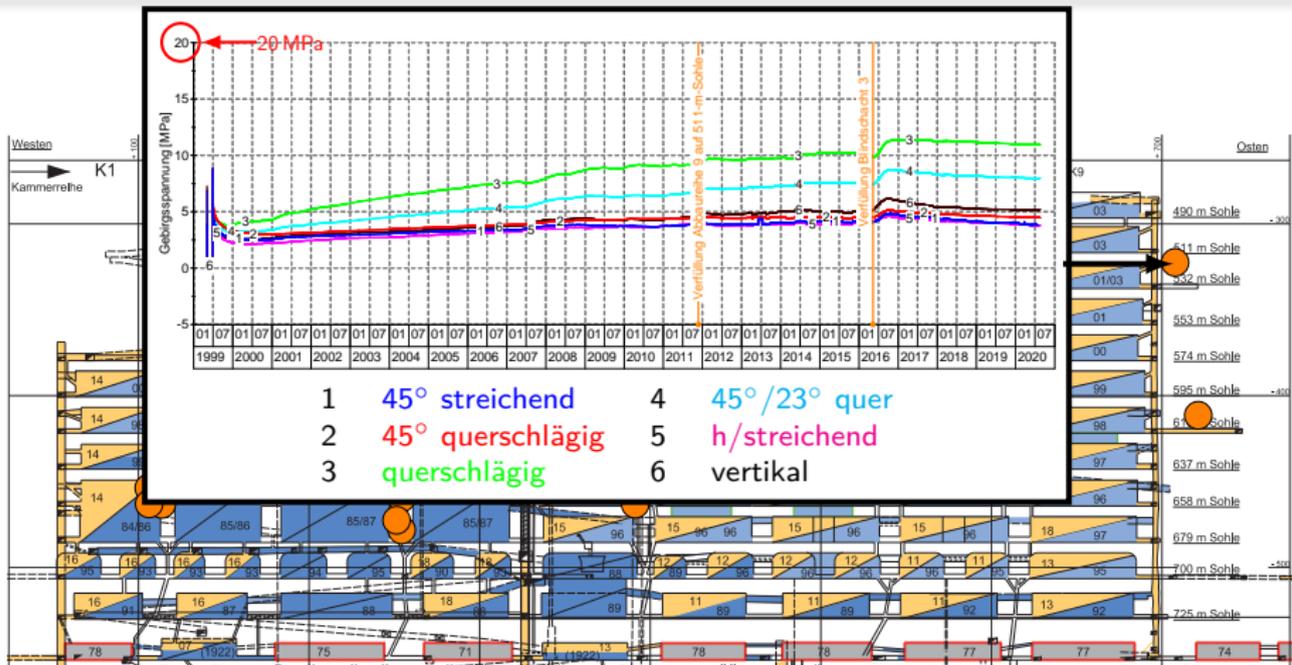


Messbeginn: 1999



# Spannungssituation am östlichen Baufeldrand

## 514 m Tiefe – Messwerte

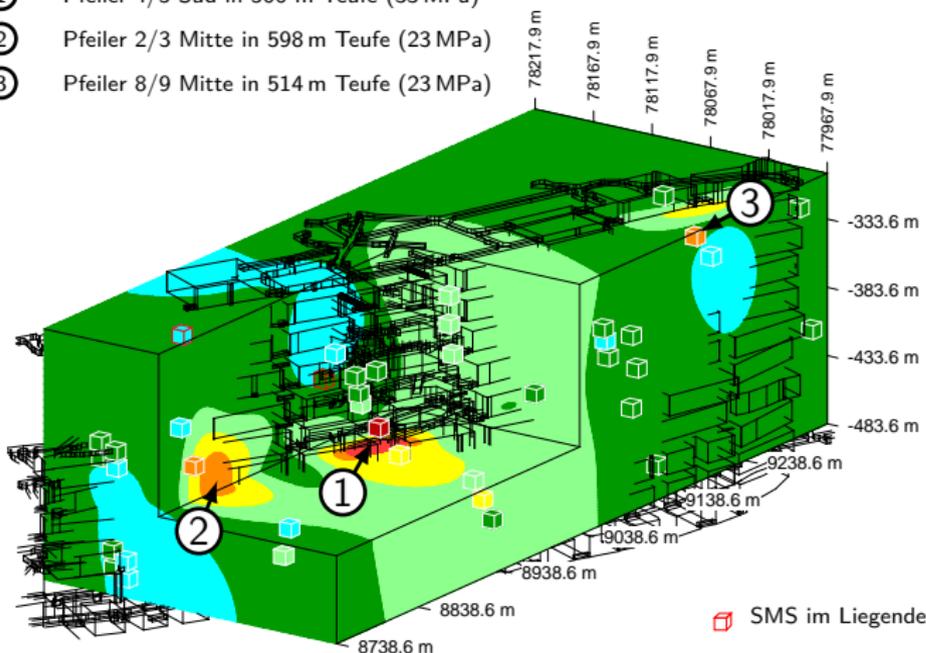


Messbeginn: 1999



# Maximalspannungsmesswerte 11/2018

- ① Pfeiler 4/5 Süd in 566 m Teufe (33 MPa)
- ② Pfeiler 2/3 Mitte in 598 m Teufe (23 MPa)
- ③ Pfeiler 8/9 Mitte in 514 m Teufe (23 MPa)

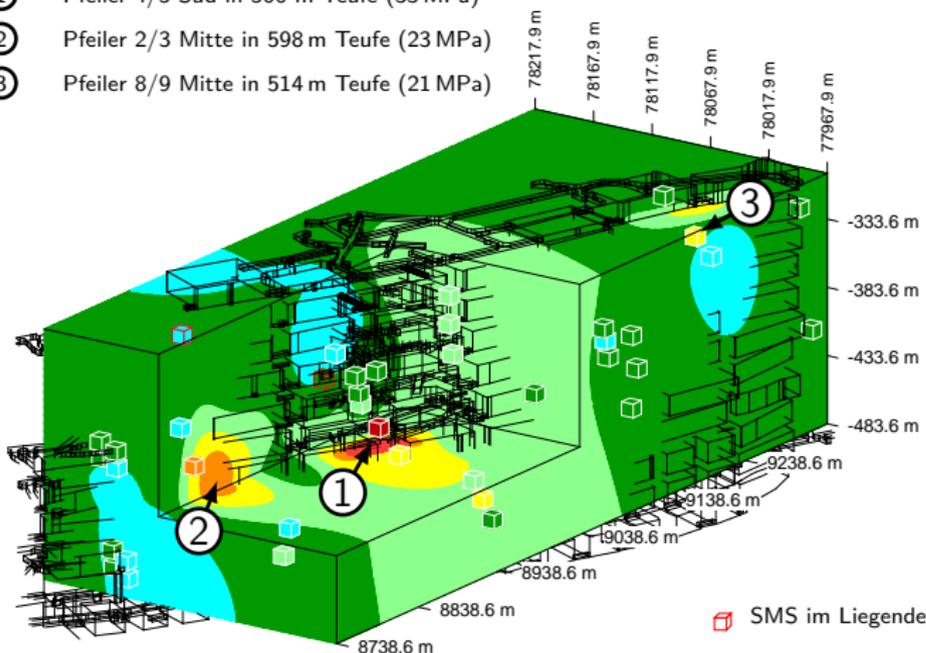


- SMS im Liegenden des Baufeldes an der Südflanke
- SMS im Baufeld an der Südflanke



# Maximalspannungsmesswerte 11/2019

- ① Pfeiler 4/5 Süd in 566 m Teufe (33 MPa)
- ② Pfeiler 2/3 Mitte in 598 m Teufe (23 MPa)
- ③ Pfeiler 8/9 Mitte in 514 m Teufe (21 MPa)

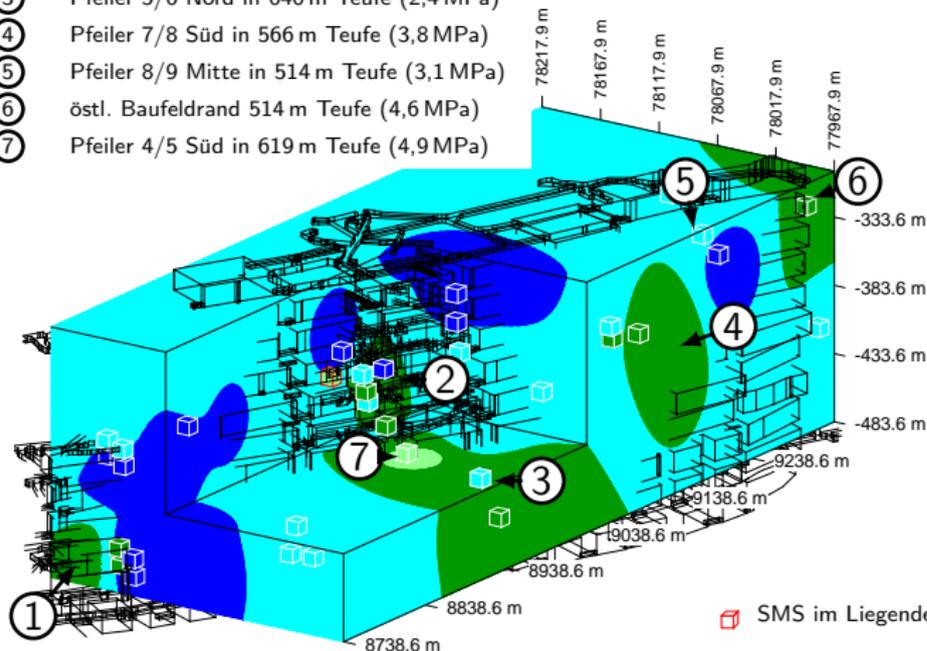


- SMS im Liegenden des Baufeldes an der Südflanke
- SMS im Baufeld an der Südflanke

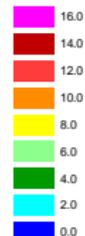


# Minimalspannungsmesswerte 11/2018

- ① Pfeiler 1/2 Nord in 651 m Teufe (3,8 MPa)
- ② Pfeiler 4/5 Nord in 577 m Teufe (3,9 MPa)
- ③ Pfeiler 5/6 Nord in 640 m Teufe (2,4 MPa)
- ④ Pfeiler 7/8 Süd in 566 m Teufe (3,8 MPa)
- ⑤ Pfeiler 8/9 Mitte in 514 m Teufe (3,1 MPa)
- ⑥ östl. Baufeldrand 514 m Teufe (4,6 MPa)
- ⑦ Pfeiler 4/5 Süd in 619 m Teufe (4,9 MPa)



Druckspannung [MPa]

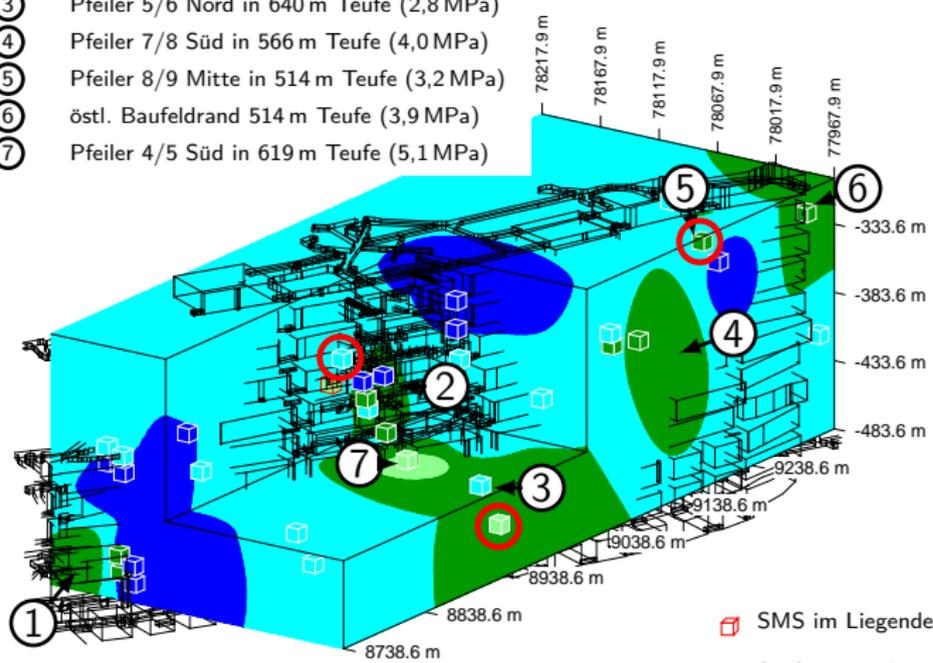


Stationen mit  
mehr als einem Messwert

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

# Minimalspannungsmesswerte 11/2019

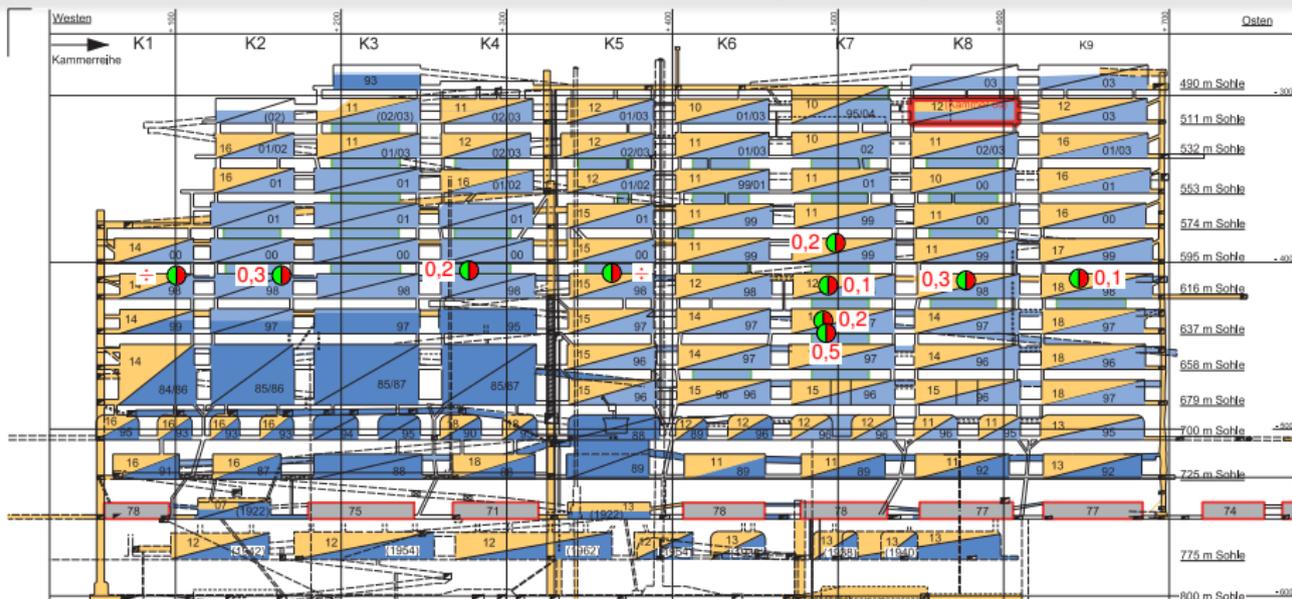
- ① Pfeiler 1/2 Nord in 651 m Teufe (3,8 MPa)
- ② Pfeiler 4/5 Nord in 577 m Teufe (3,1 MPa)
- ③ Pfeiler 5/6 Nord in 640 m Teufe (2,8 MPa)
- ④ Pfeiler 7/8 Süd in 566 m Teufe (4,0 MPa)
- ⑤ Pfeiler 8/9 Mitte in 514 m Teufe (3,2 MPa)
- ⑥ östl. Baufeldrand 514 m Teufe (3,9 MPa)
- ⑦ Pfeiler 4/5 Süd in 619 m Teufe (5,1 MPa)



- SMS im Liegenden des Baufeldes an der Südflanke
- SMS im Baufeld an der Südflanke
- Erhöhung der Minimalspannungen in 2019 in überwiegend streichender Richtung



# Mittlere gemessene Versatzdrücke (12/19)



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



## Vergleich Versatzdruck – minimale Gebirgsspannungsmesswerte

- ⇒ Der Mittelwert aller signifikanten Messstellen im Jahr 2019 liegt bei 0,3 MPa (2018: 0,3 MPa).
- ⇒ Geringfügig fortschreitende Stützwirkung des Versatzes auf die Pfeiler; dies zeigen auch die zum Teil ansteigenden minimalen Gebirgsspannungen (SMS) in streichender Richtung.

# Übersicht

- 1 Spannungsmessungen in den Tragelementen
- 2 Verformungsmessungen
  - Extensometermessungen
  - Konvergenzmessungen



# Übersicht

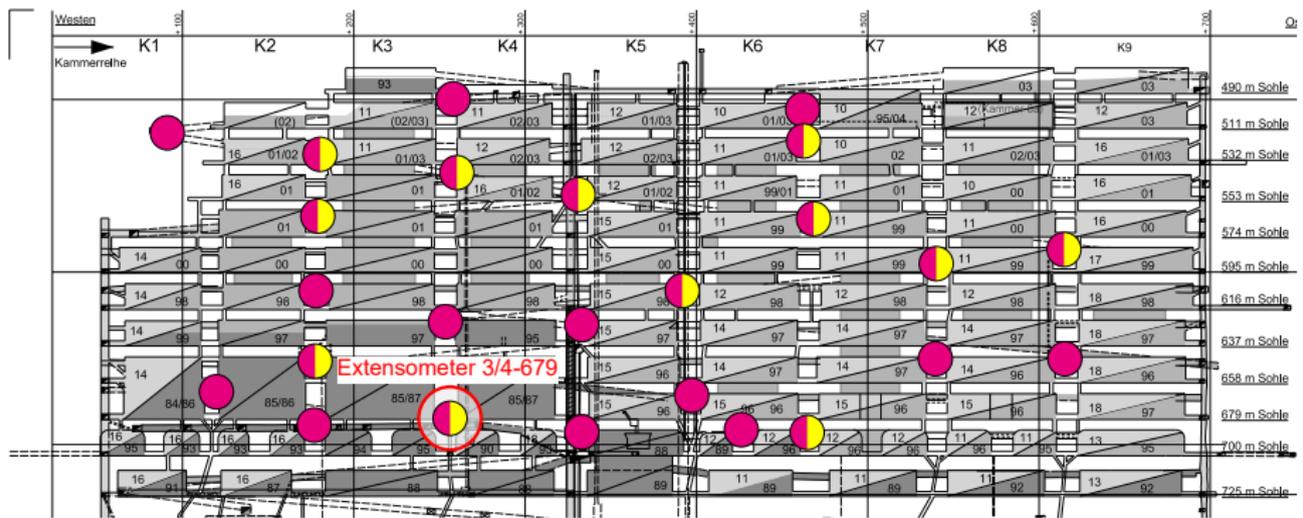
- 1 Spannungsmessungen in den Tragelementen
- 2 Verformungsmessungen
  - Extensometermessungen
  - Konvergenzmessungen



# Extensometermessungen

## Lage der Extensometer Messsysteme in der Südflanke

25 aktive querschlägige Extensometer

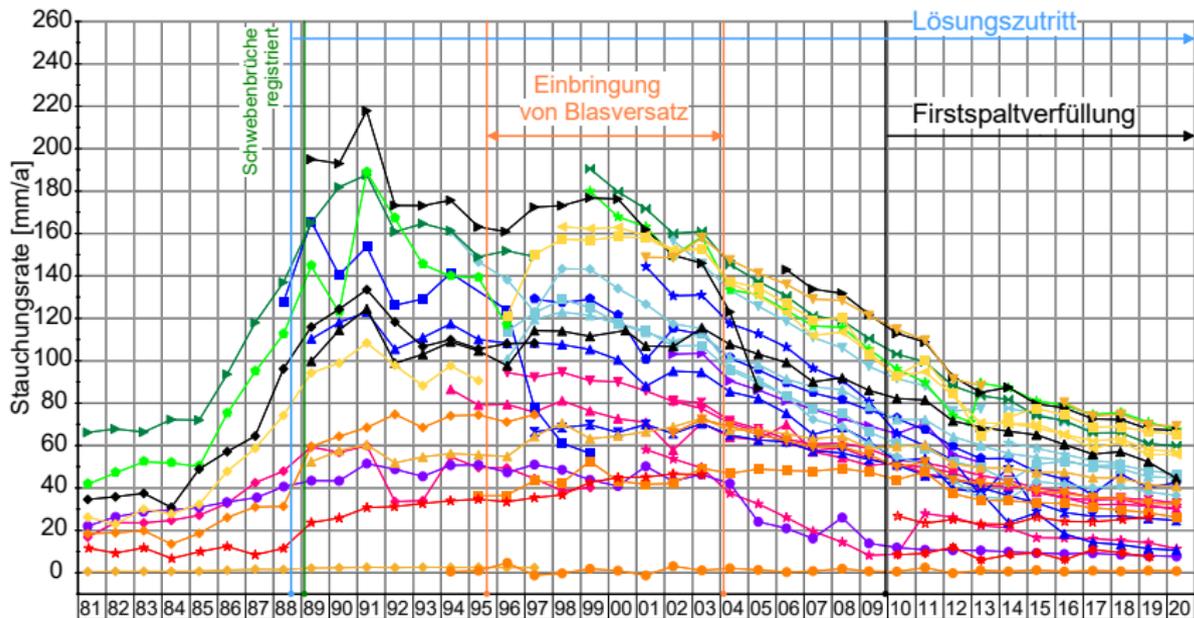


- Extensometermessstellen
- Extensometer- und Inclinometermessstellen



# Extensometermessungen

Zeitreihen der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten, Jahresscheiben 05/1981 bis 05/2020 in [mm/a]



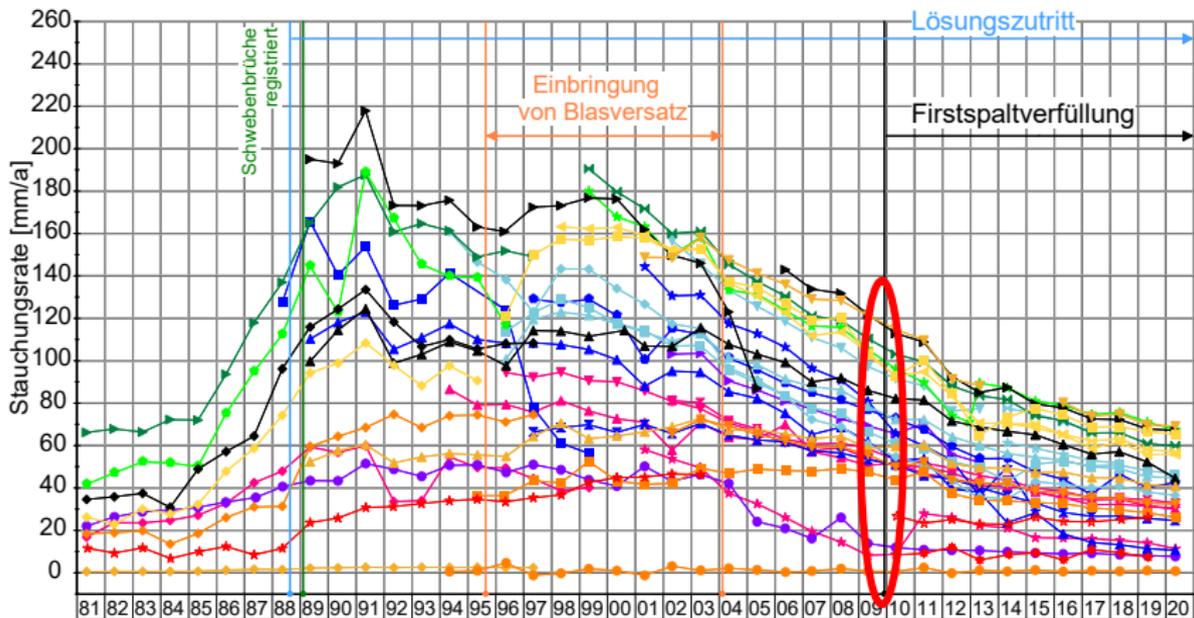
- |                                 |                            |                           |                           |                                  |                                   |
|---------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| ★ 490/6-8 [K 8/490]             | ▲ 532/2-3 Brg. 532013 [E]  | ▲ 574/2-3 Brg. 574003 [E] | ▲ 637/2-3 Brg. 637004 [E] | ■ 658/3-4 Brg. 658004 [E]        | ▲ 700/2-3(4-5) Brg. 700002        |
| ★ 4903-4904 [K 3/490]           | ▲ 532/4-5 [E]              | ▲ 574/4-5 [E]             | ■ 637/3-4 Brg. 637005 [E] | ▲ 658/3-4 Brg. 658010 [E]        | ▲ 700/4-5(8-9/10) Brg. 700001 [E] |
| ★ 4909-49010 [K 8/490]          | ▲ 532/6-7 Brg. 532016 [E]  | ▲ 574/6-7 Brg. 574004 [E] | ■ 637/4-5 Brg. 637003 [E] | ▲ 658/7-8 Brg. 658008 [E]        | ▲ 700/5-5(8-9/10) Brg. 700005 [E] |
| ▲ 511/3-4 Brg. 511001 [E]       | ▲ 553/3-4 Brg. 553009 [E]  | ▲ 595/7-8 Brg. 595001 [E] | ■ 637/5-6 Brg. 637008 [E] | ▲ 658/8-9 Brg. 658009 [E]        | ▲ 700/6-7(12-13) Brg. 700004 [E]  |
| ▲ 511/4-5 [E]                   | ▲ 553/4-5 Brg. 553008A [E] | ▲ 595/7-8 Brg. 595005 [E] | ■ 637/6-7 Brg. 637007 [E] | ▲ 679/1-2 Brg. 679003 [E]        |                                   |
| ▲ 511/6-7 Brg. 511002 [E]       | ▲ 553/4-5 Brg. 553011 [E]  | ▲ 616/5-6 Brg. 616002 [E] | ■ 637/6-7 Brg. 637012 [E] | ▲ 679/5-6 Brg. 679004 [E]        |                                   |
| ▲ 511/532 Brg. Brl. 119/532 [E] | ▲ 553/4-5 Brg. 553013 [E]  | ▲ 616/5-6 Brg. 616004 [E] | ▲ 658/2-3 Brg. 658005 [E] | ▲ 700/Ab6(11-12) Brg. 700003 [E] |                                   |

[E] = Extensometer querschlägig; [K] = Konvergenzmessstelle (horizontal)



# Extensometermessungen

Zeitreihen der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten, Jahresscheiben 05/1981 bis 05/2020 in [mm/a]



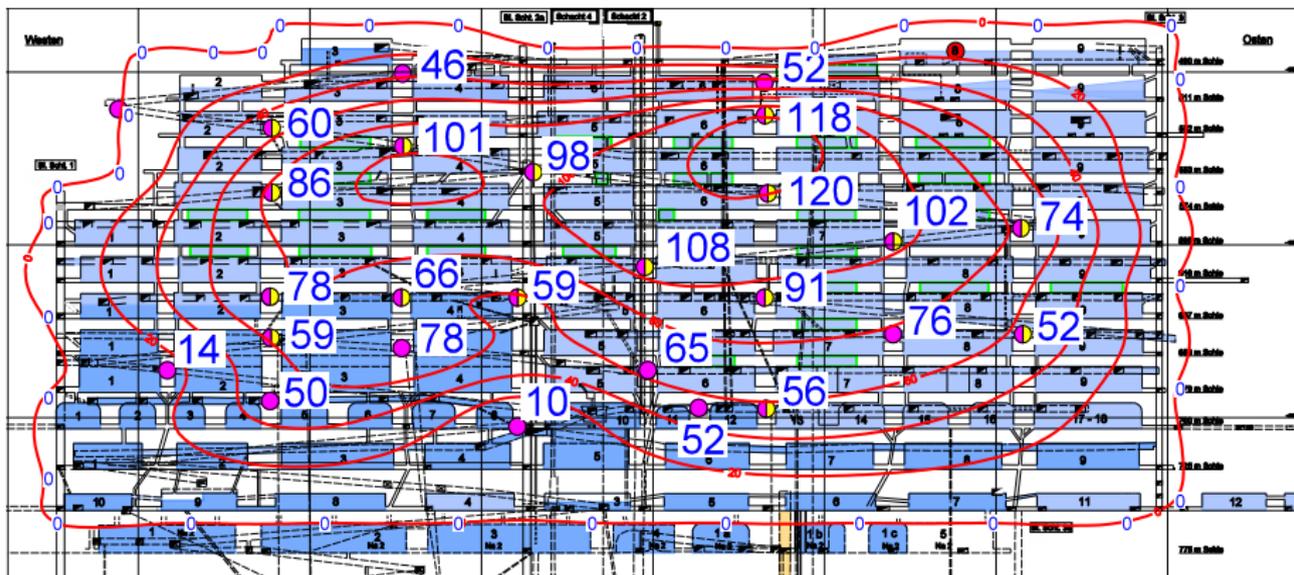
- ★ 490/8-8 [K 8/490]
- ★ 4903-4904 [K 3/490]
- ★ 4909-4910 [K 8/490]
- ★ 511/3-4 Brg. 511001 [E]
- ★ 511/4-5 [E]
- ★ 511/6-7 Brg. 511002 [E]
- ★ 511/532 Brg. Brf. 119/532 [E]
- ★ 532/2-3 Brg. 532013 [E]
- ★ 532/4-5 [E]
- ★ 532/6-7 Brg. 532016 [E]
- ★ 553/3-4 Brg. 553009 [E]
- ★ 553/4-5 Brg. 553008A [E]
- ★ 553/4-5 Brg. 553011 [E]
- ★ 553/4-5 Brg. 553013 [E]
- ★ 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]
- ★ 616/5-6 Brg. 616002 [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]
- ★ 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]
- ★ 679/5-6 Brg. 679004 [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]
- ★ 700/Abtr6(11-12) Brg. 700003 [E]

[E] = Extensometer querschlägig; [K] = Konvergenzmesstelle (horizontal)



# Isolinien der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten

Jahresraten über 365 Tage für den Zeitraum 08/2008 bis 08/2009 in [mm/a]



● Extensometermessstellen

● Extensometer- und Inclinometermessstellen

● Konvergenzmessstellen

□ Schwebendurchbruch

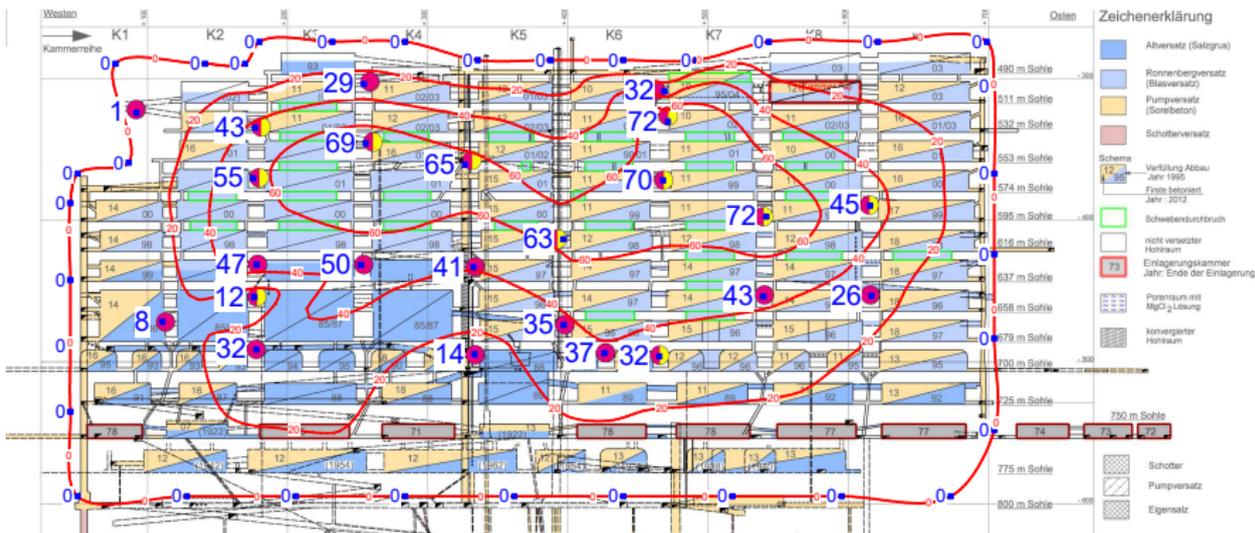
□ Ronnenbergversatz

□ Eigenversatz



# Isolinien der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten

## Jahresraten über 365 Tage für den Zeitraum 01/2018 bis 01/2019 in [mm/a]



● Extensometermessstellen  
 Schwebendurchbruch

● Extensometer- und Inclinometermessstellen

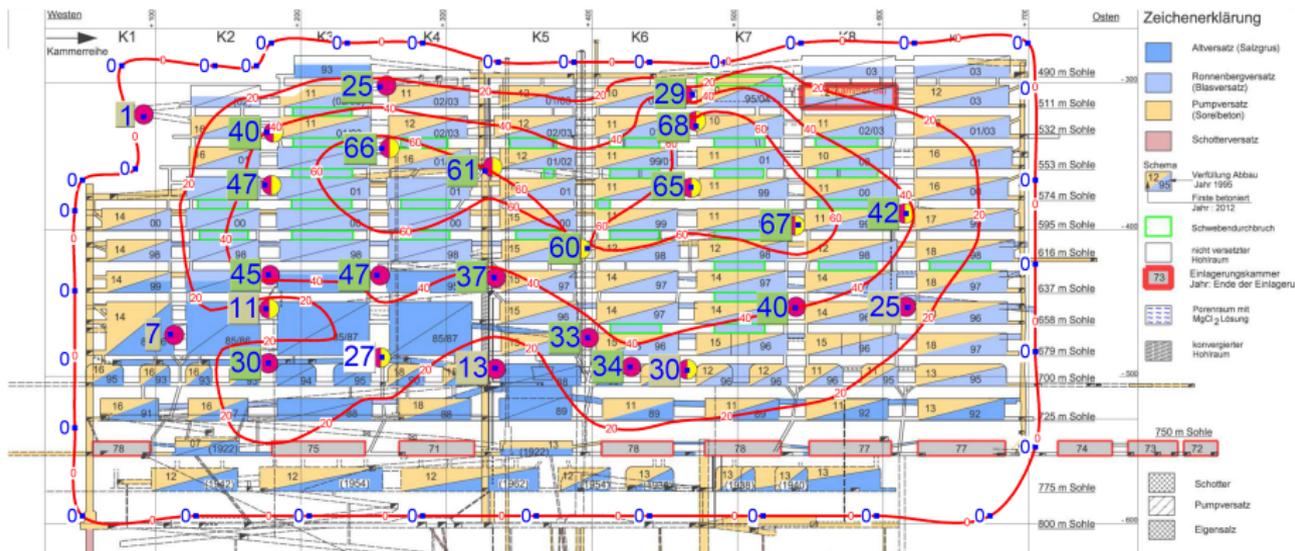
Schema  
▲ Abbau verfüllt  
▼ Firste betoniert

Sorelbeton



# Isolinien der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten

## Jahresraten über 365 Tage für den Zeitraum 01/2019 bis 01/2020 in [mm/a]



● Extensometermessstellen

● Extensometer- und Inklinometermessstellen

□ Schwebenddurchbruch

Schema  
Abbau verfüllt  
Friste betoniert

□ Sorelbeton

□ Zunahme  $\geq 2$  mm/a    □ Zunahme  $\leq 2$  mm/a

□ Eigenversatz

□ Rückgang  $\geq 2$  mm/a    □ Rückgang  $\leq 2$  mm/a

□ Ronnenbergversatz



# Extensometermessungen

## Entwicklung der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten in mm/a

### Westflügel

	2018	2019	Delta
wAbb2-511	1,4	1,0	-0,4
1/2-679	7,9	7,4	-0,5
2/3-532	43,0	40,3	-2,7
2/3-574	55,5	47,2	-8,3
2/3-637	47,1	44,5	-2,6
2/3-658	12,2	10,7	-1,5
2/3(4/5)-700	32,4	30,1	-2,3
3/4-511	28,6	25,1	-3,5
3/4-553	69,2	66,0	-3,2
3/4-637	49,8	46,8	-3,0

### Ostflügel

	2018	2019	Delta
5/6-616	62,7	59,6	-3,1
5/6-679	35,4	32,7	-2,7
Abb6-700	36,7	33,8	-2,9
6/7-511	31,9	29,3	-2,6
6/7-532	72,1	68,0	-4,1
6/7-574	69,8	65,2	-4,6
6/7(11/13)-700	31,9	30,4	-1,5
7/8-595	72,5	67,4	-5,1
7/8-658	43,4	40,0	-3,4
8/9-595	45,4	41,8	-3,6
8/9-658	26,4	24,9	-1,5

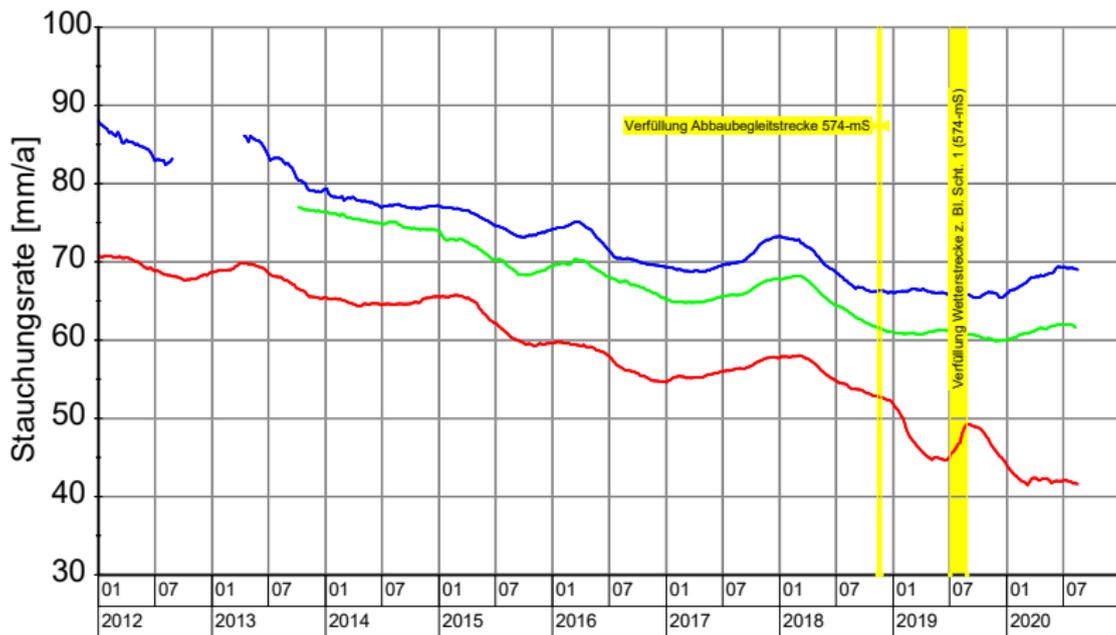
Rückgang um  $\geq -2$  mm/a

Rückgang um  $-1$  mm/a bis  $0$  mm/a

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



# Extensometermessungen im Bereich der Stauchungsmaxima gleitender Mittelwert über die Quartalsraten im Westflügel in [mm/a], Stand: 20.08.2020

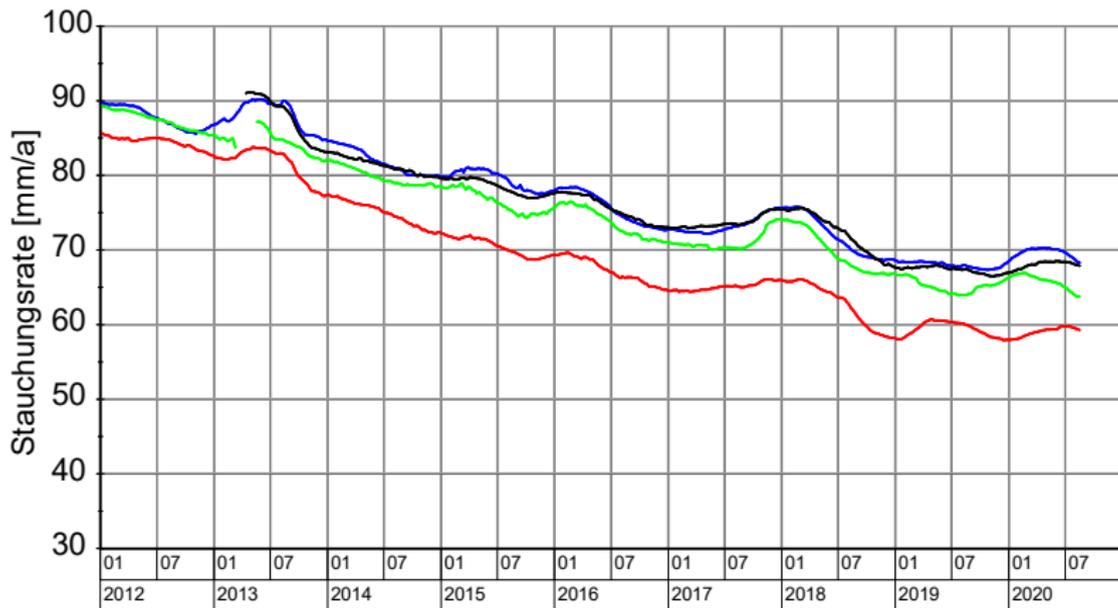


Symbol	Messtelle	Bohrung	Pfeiler	Sohle	Einbautiefe	Zeitraum	Bemerkung
—	MFA 490-TA\506	574003	2/3	574-m-Sohle	52,60	01.01.2012 - 16.08.2020	
—	MFA 490-TA\504	553009	3/4	553-m-Sohle	58,90	01.01.2012 - 16.08.2020	
—	MFA 490-TA\516	553013	4/5 (B..	553-m-Sohle	49,20	01.01.2012 - 16.08.2020	



# Extensometermessungen im Bereich der Stauchungsmaxima

gleitender Mittelwert über die Quartalsraten im Ostflügel in [mm/a], Stand: 20.08.2020

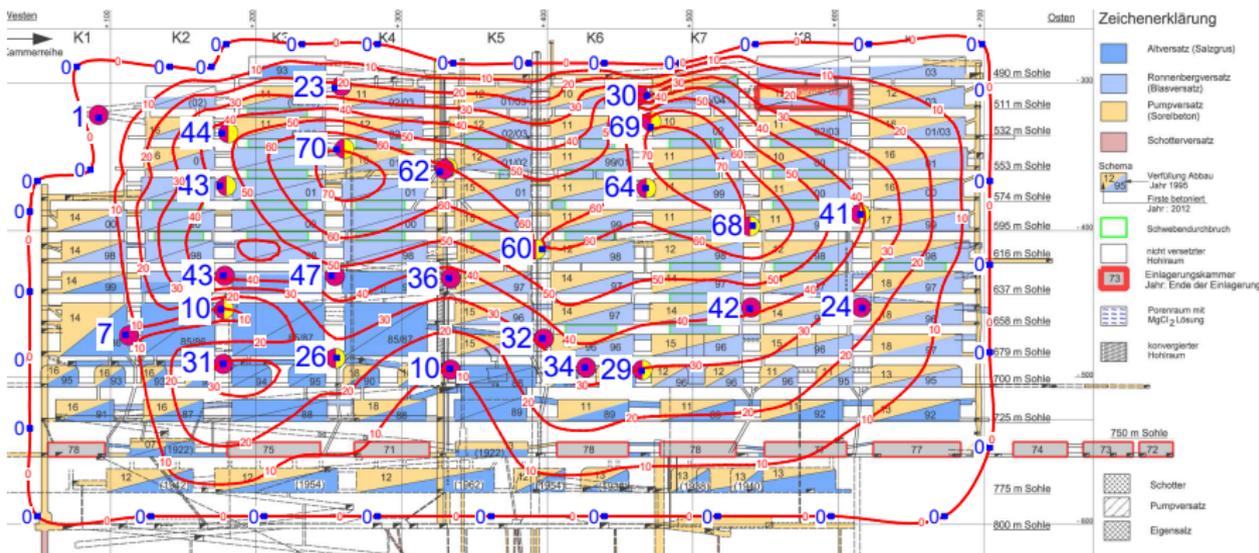


Symbol	Messstelle	Bohrung	Pfeiler	Sohle	Einbautiefe	Zeitraum	Bemerkung
—	MFA 490-TA\510	616004	5/6	616-m-Sohle	53,40	01.01.2012 - 16.08.2020	
—	MFA 490-TA\523	532016	6/7	532-m-Sohle	61,40	01.01.2012 - 16.08.2020	
—	MFA 490-TA\507	574004 neu	6/7	574-m-Sohle	47,90	01.01.2012 - 16.08.2020	
—	MFA 490-TA\508	595005 neu	7/8	595-m-Sohle	49,00	10.04.2013 - 16.08.2020	



# Isolinien der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten

## Quartalsraten über 91 Tage für den Zeitraum 28.04.2019 bis 28.07.2020 in [mm/a]



● Extensometermessstellen

● Extensometer- und Inklinometermessstellen

□ Schwebendurchbruch

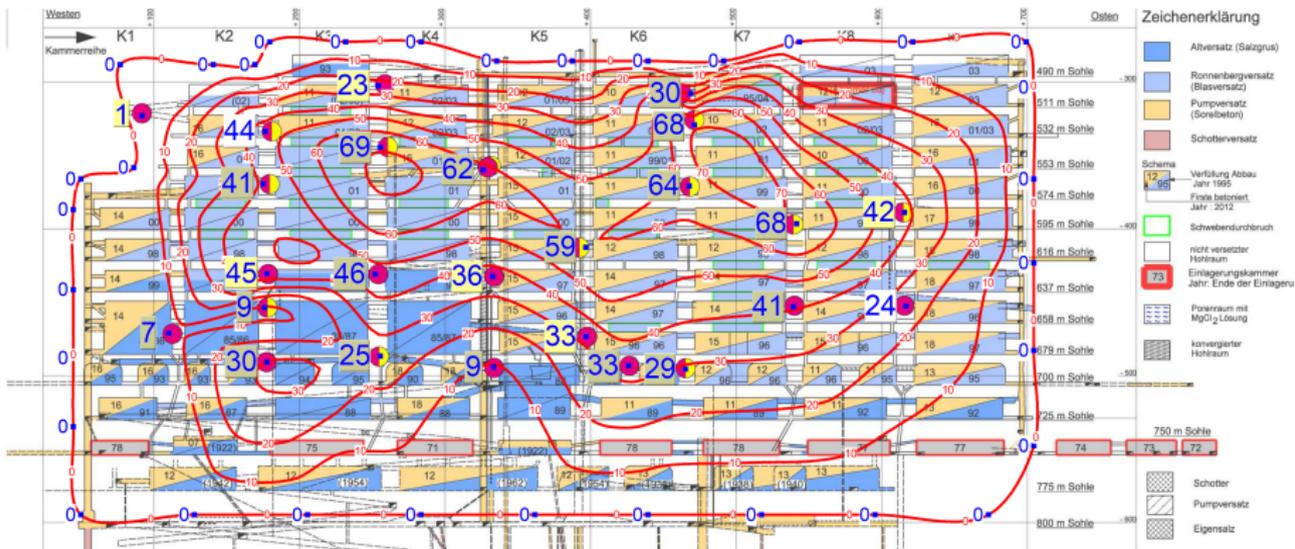
Schema  
 Abbau verfüllt  
 Erste betoniert

■ Sorelbeton



# Isolinien der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten

## Quartalsraten über 91 Tage für den Zeitraum 21.05.2020 bis 20.08.2020 in [mm/a]



● Extensometermessstellen

□ Schwebenddurchbruch

■ Zunahme  $\geq 2$  mm/a    ■ Zunahme  $\leq 2$  mm/a

■ Rückgang  $\geq 2$  mm/a    ■ Rückgang  $\leq 2$  mm/a

● Extensometer- und Inklinometermessstellen

Schema  
 ▽ Abbau verfüllt  
 ▽ Firste betoniert

■ Sorelbeton

■ Eigenversatz

■ Ronnenbergversatz



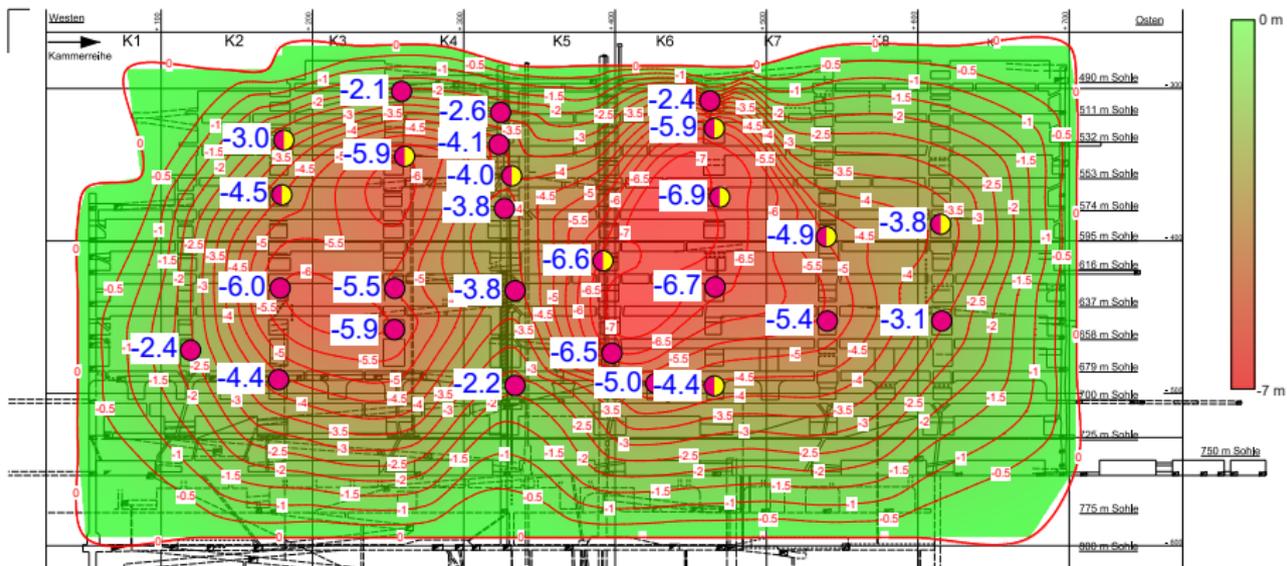
# Isoliniendarstellung der integralen horizontalen Pfeilerstauchung Zeitraum Ende der jeweiligen Aufföhrung bis Ende 2019 in [m]



- Extensometermessstellen
- Extensometer- und Inclinometermessstellen



# Isolinien­darstellung der integralen horizontalen Pfeilerstauchung Zeitraum Ende der jeweiligen Auffahrung bis Ende 2019 in [m]



# Übersicht

1 Spannungsmessungen in den Tragelementen

2 Verformungsmessungen

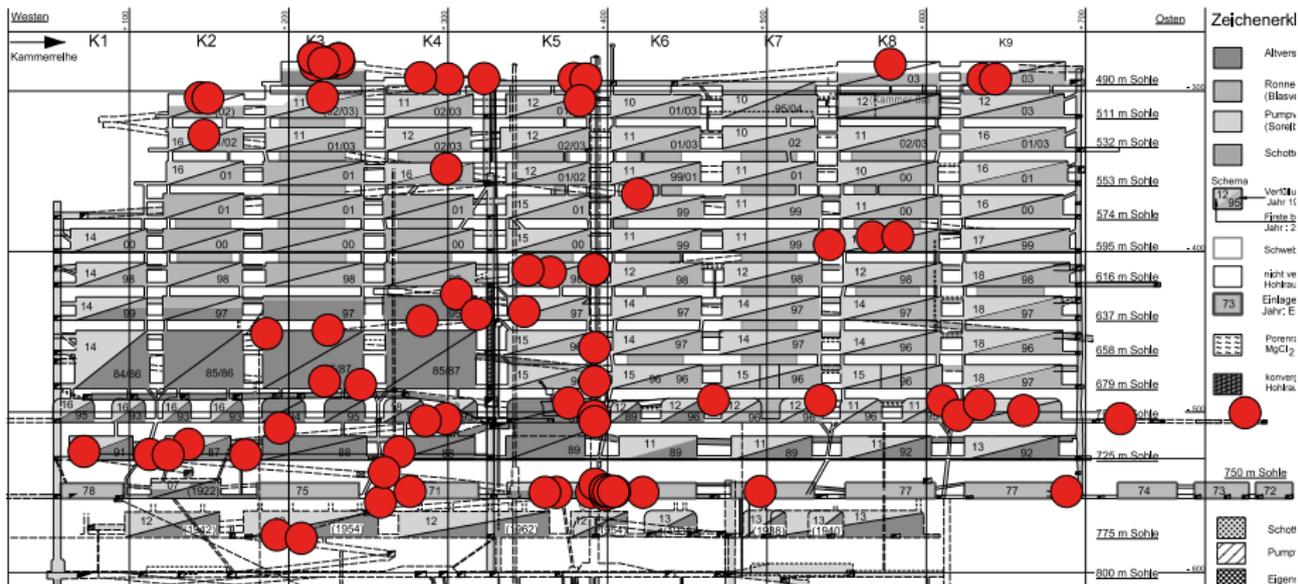
- Extensometermessungen
- Konvergenzmessungen

# Messziele

- Erfassung von Hohlraumverformungen im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II
- Monitoring der gebirgsmechanischen Beanspruchung der jeweiligen Bereiche im Grubengebäude
- Konvergenzraten zur Bilanzierung der verbleibenden Hohlräume im Grubengebäude
- Planung von Abdichtbauwerken in Streckenabschnitten
- Parameter für numerische Modellierungen

# Konvergenzmessungen

Lage der Konvergenzmesstellen mit Stand: 06.02.2020



78 Konvergenzmessquerschnitte

● Konvergenzmesstellen

60 Messquerschnitte in den Strecken  
18 Messquerschnitte in den Abbauen  
Südflanke, Sattelkern

Baufelder:



# Bandbreite der Verformungsraten [%/a] aus den Konvergenzmesstrecken

Stand: 01.11.2018 und 01.11.2019

Instrumentierungsbereich		Verformungsraten Mittelwert [%/a]			
		2018		2019	
		horizontal	vertikal	horizontal	vertikal
<b>Südflanke</b>					
1	Abbaue/Werkstätten (490- und 511-m-Sohle)				
	● Steinsalz	0,18	1,69	0,12	1,44
2	Wendelstrecke (490- bis 700-m-Sohle)				
	● Steinsalz	0,19	0,35	0,24	0,32
	● Carnallit	0,90	1,46	0,89	1,55
3	Söhlige Strecken (490- bis 725-m-Sohle)				
	● Steinsalz	0,65	0,82	0,72	0,88
	● Carnallit	1,73	3,06	1,82	3,34
7	Streckensysteme (750-m-Sohle)				
	● Steinsalz	1,02	–	1,00	–
<b>Sattelkern</b>					
4	Streckensysteme (700- bis 775-m-Sohle)				
	● Steinsalz	0,41	0,79	0,40	0,90
	● Carnallit	0,93	1,52	0,89	1,80
5	ELK 7/725 (Na2) (725-m-Sohle)				
	● Steinsalz	0,42		0,32	
6	Füllortbereich (490- und 750-m-Sohle)				
	● Steinsalz	1,34	–	0,84	1,61

## Legende

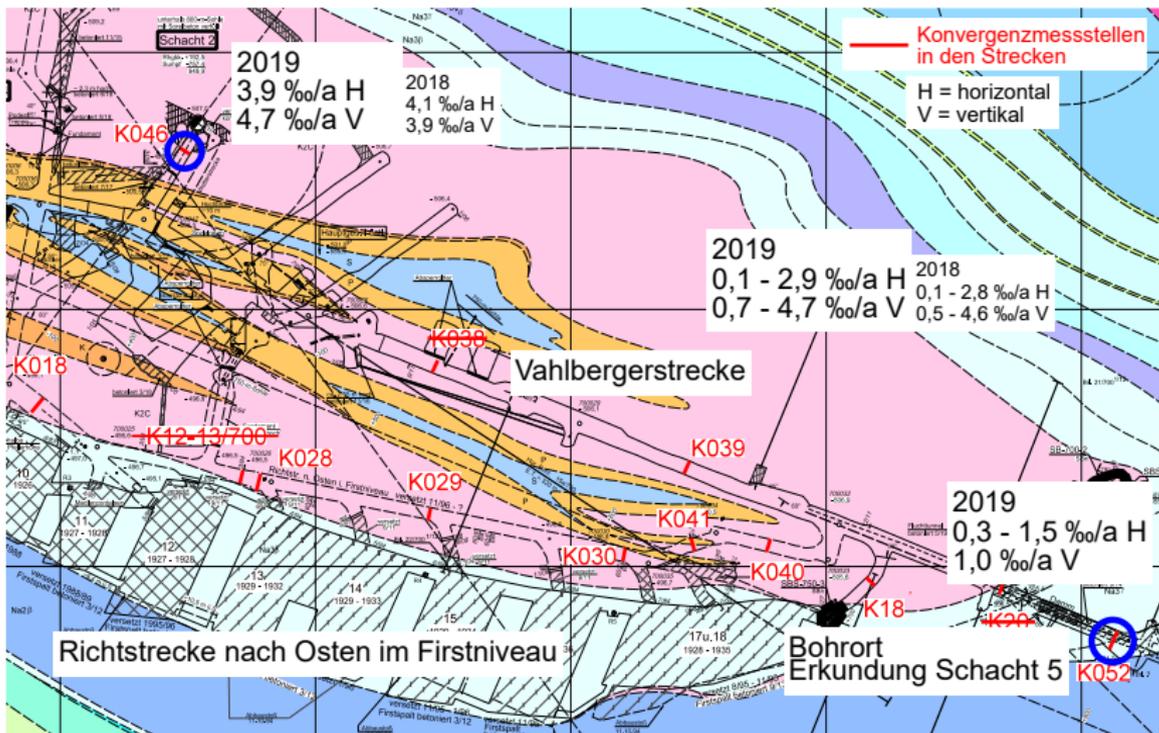
Änderung der Verformungsrate

  $\leq -0,3\%/a$

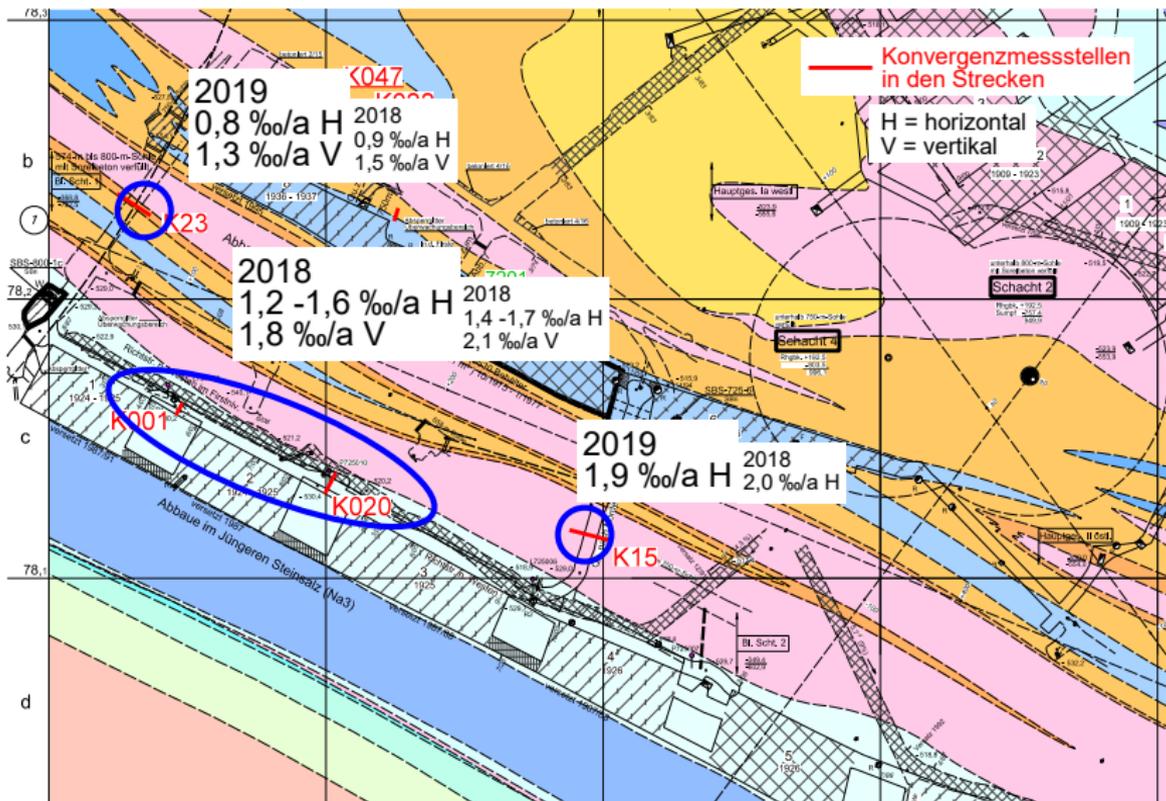
  $\pm 0,3\%/a$

  $\geq +0,3\%/a$

# Konvergenzmessungen - Bereiche mit erhöhten Konvergenz-/Verformungsraten östlicher Bereich auf der 700-m-Sohle

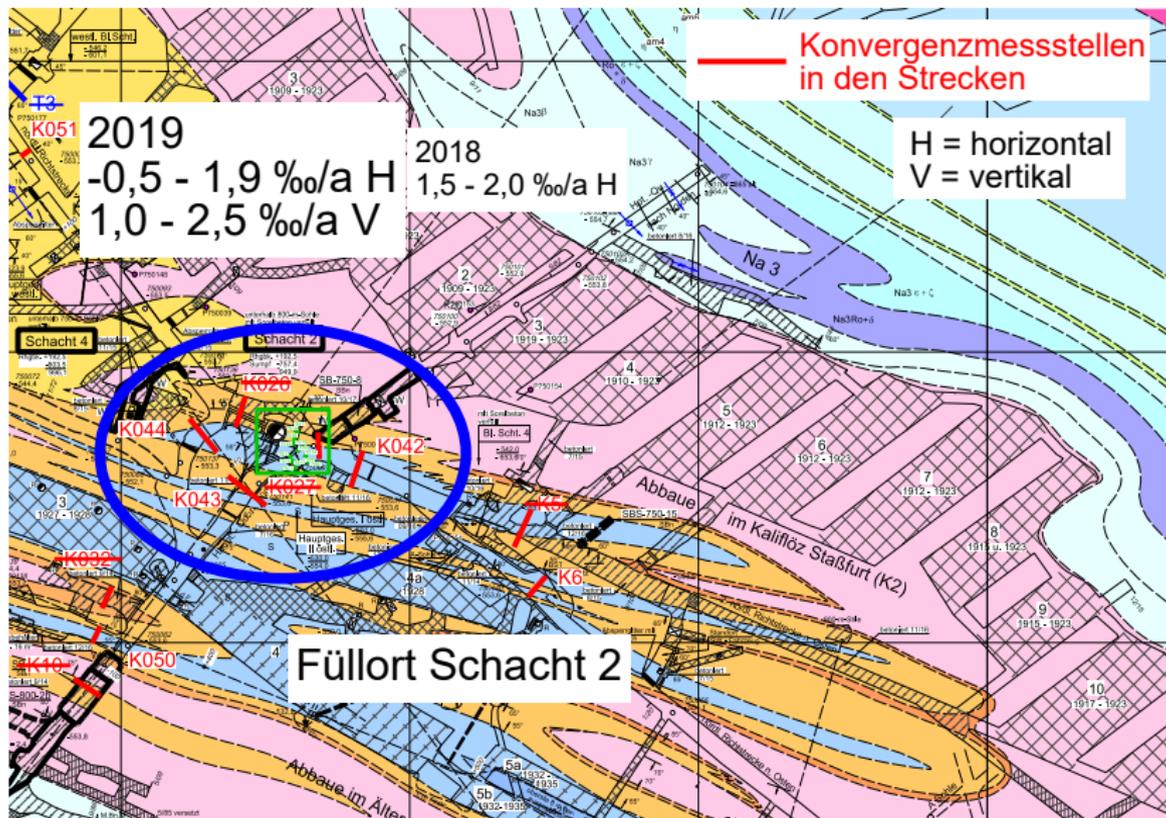


# Konvergenzmessungen - Bereiche mit erhöhten Konvergenz-/Verformungsraten Richtstrecke n. Westen (Gleitbogenausbaustrecke) - 725-m-Sohle



# Konvergenzmessungen - Bereiche mit erhöhten Konvergenz-/Verformungsraten

## Füllort Schacht 2 - 750-m-Sohle



## Teil III

# Markscheiderische Messungen

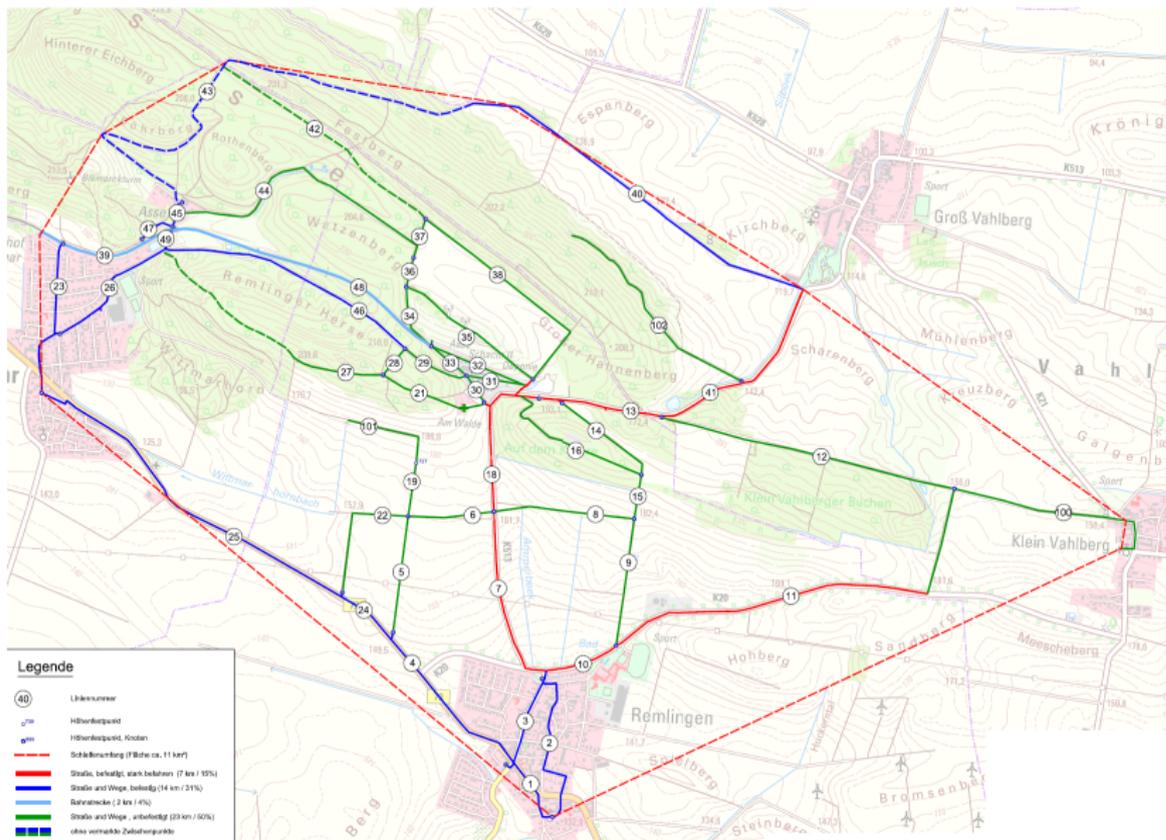
# Übersicht Teil III

- 1 Nivellement über Tage
- 2 Verformungsmessungen unter Tage
- 3 Bewegungsverhalten der Schachtsäule
- 4 Inklinometermessung und visuelle Inspektion
- 5 Markscheiderische Messung – Fazit

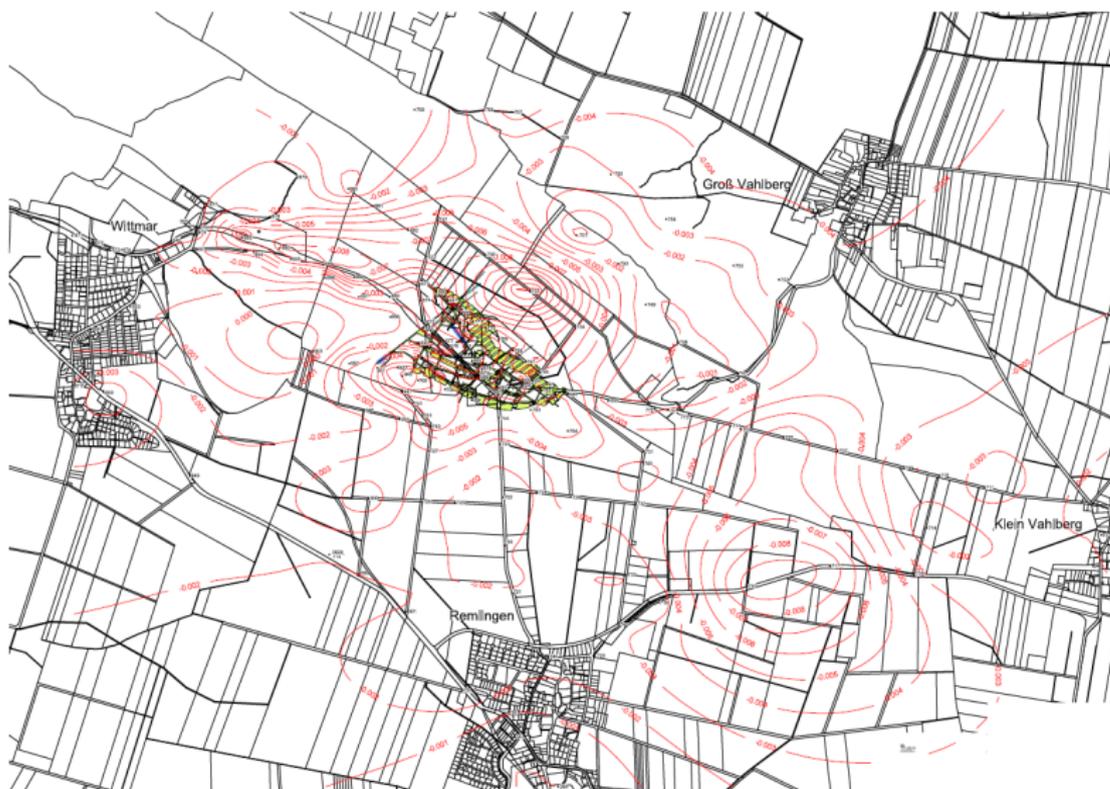
# Übersicht

- 1 Nivellement über Tage
- 2 Verformungsmessungen unter Tage
- 3 Bewegungsverhalten der Schachtsäule
- 4 Inklinometermessung und visuelle Inspektion
- 5 Markscheiderische Messung – Fazit

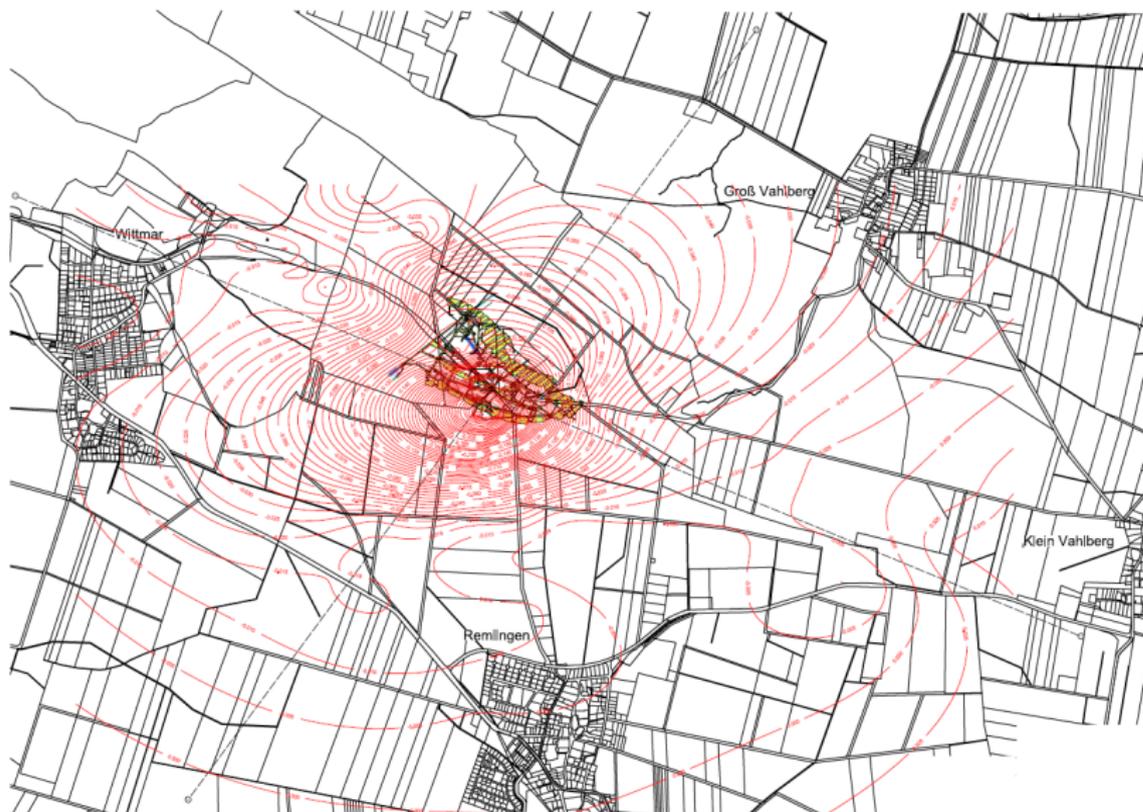
# Nivellement über Tage – Konfiguration



# Ergebnis 2018/2019

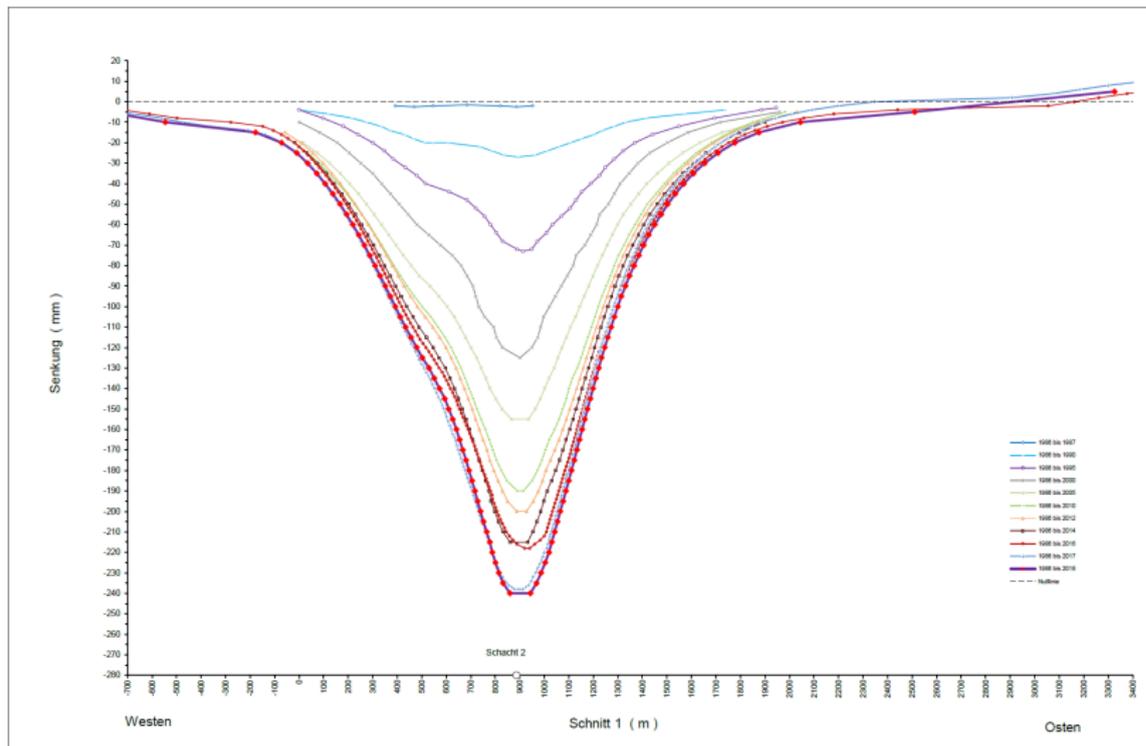


# Ergebnis 1986 – 2018/2019



# Ergebnis 1986/2018 (2019)

## Senkungstrog in Streichrichtung (Westen–Osten)



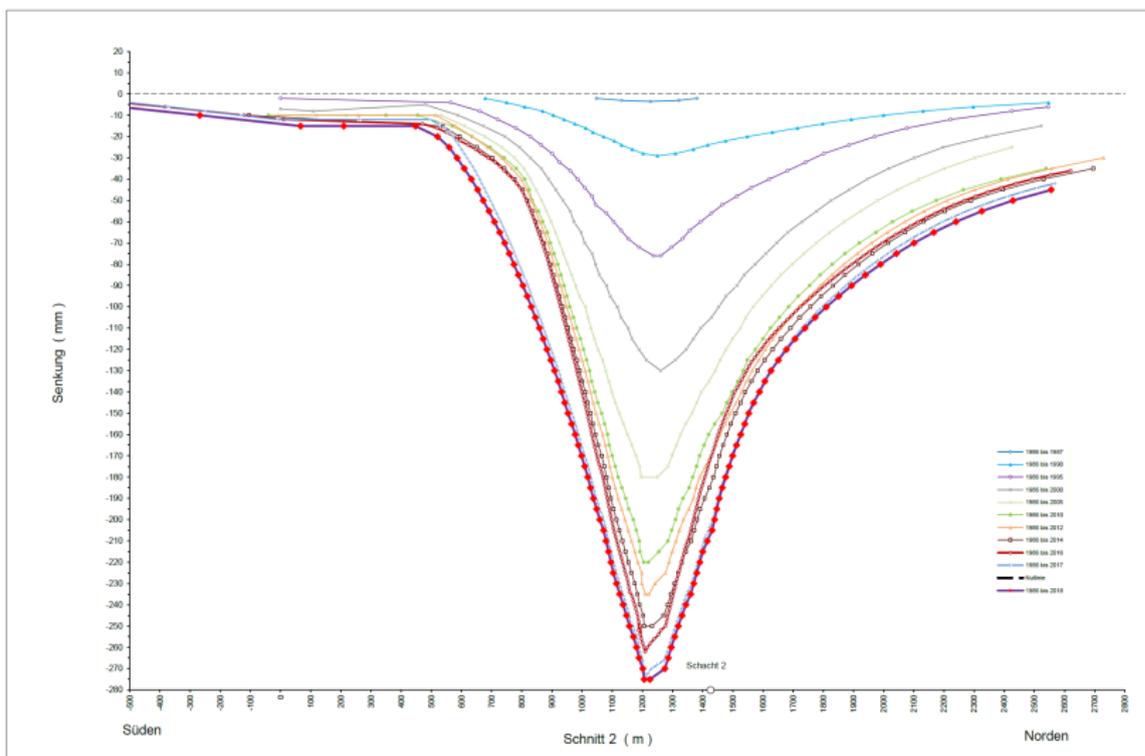
Tagesnivellement : Senkungen im Schnitt 1 1986 bis 2018

Schachtanlage  
Asse II



# Ergebnis 1986/2018 (2019)

## Senkungstrog in quer zum Streichen (Süden–Norden)



Tagesnivellement : Senkungen im Schnitt 2 1986 bis 2018

Schachanlage  
Asse II



# Höhenmessungen über Tage – Zusammenfassung

- Erweiterung des Netzes um 6 km bzw. 14 %
- Messergebnisse 2018/2019 weitestgehend identisch
- Optimierung durch Fremdvergabe
- Anpassung Auswertung und Darstellung nach Messung 2020

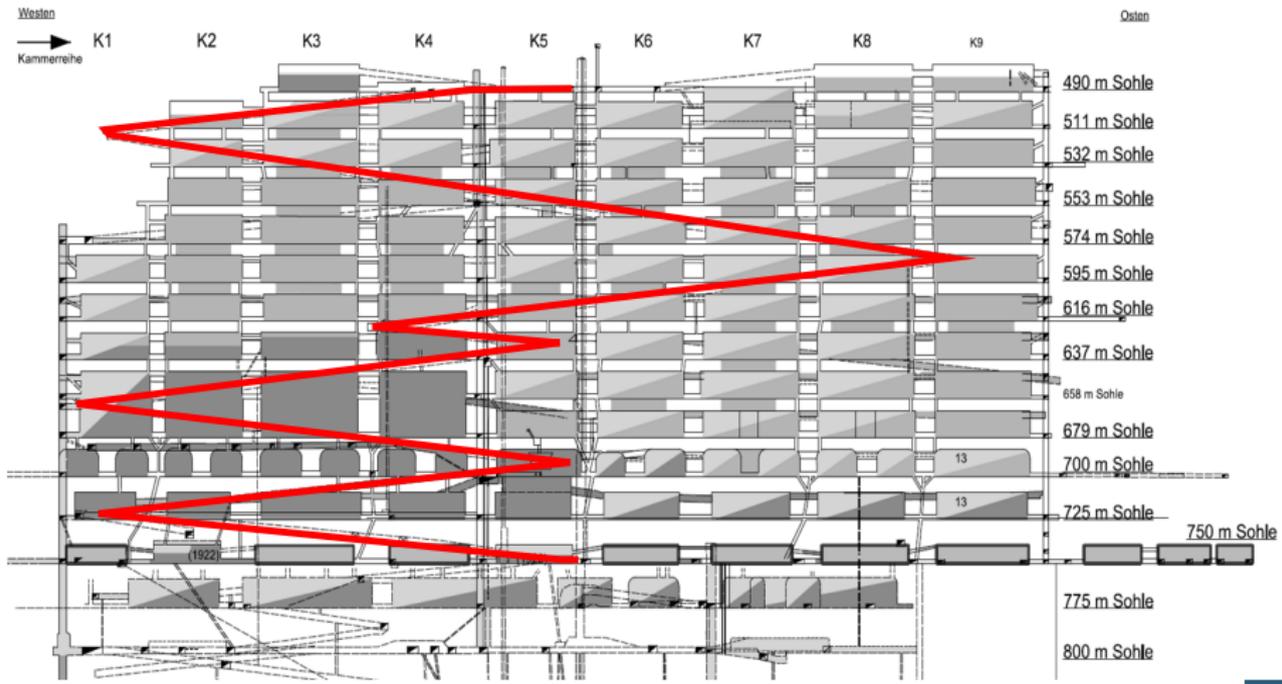
# Übersicht

- 1 Nivellement über Tage
- 2 Verformungsmessungen unter Tage
  - Lagemessung
  - Höhenmessung
- 3 Bewegungsverhalten der Schachtsäule
- 4 Inklinometermessung und visuelle Inspektion
- 5 Markscheiderische Messung – Fazit

# Übersicht

- 1 Nivellement über Tage
- 2 Verformungsmessungen unter Tage**
  - Lagemessung
  - Höhenmessung
- 3 Bewegungsverhalten der Schachtsäule
- 4 Inklinometermessung und visuelle Inspektion
- 5 Markscheiderische Messung – Fazit

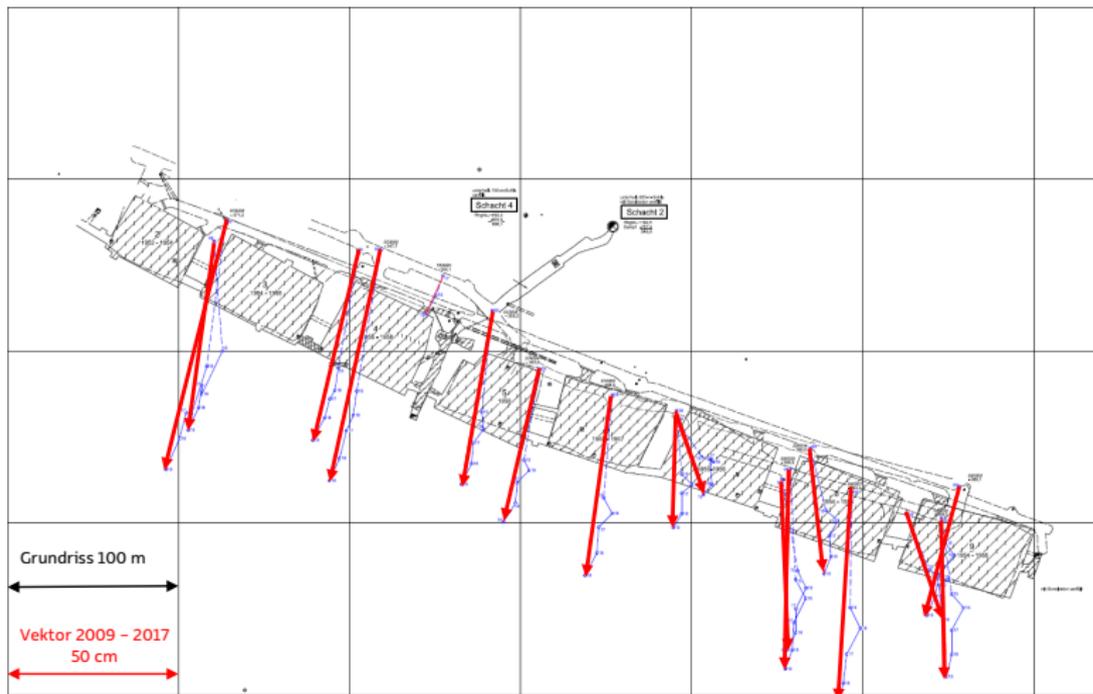
# Polygonzug – Wendelstrecke



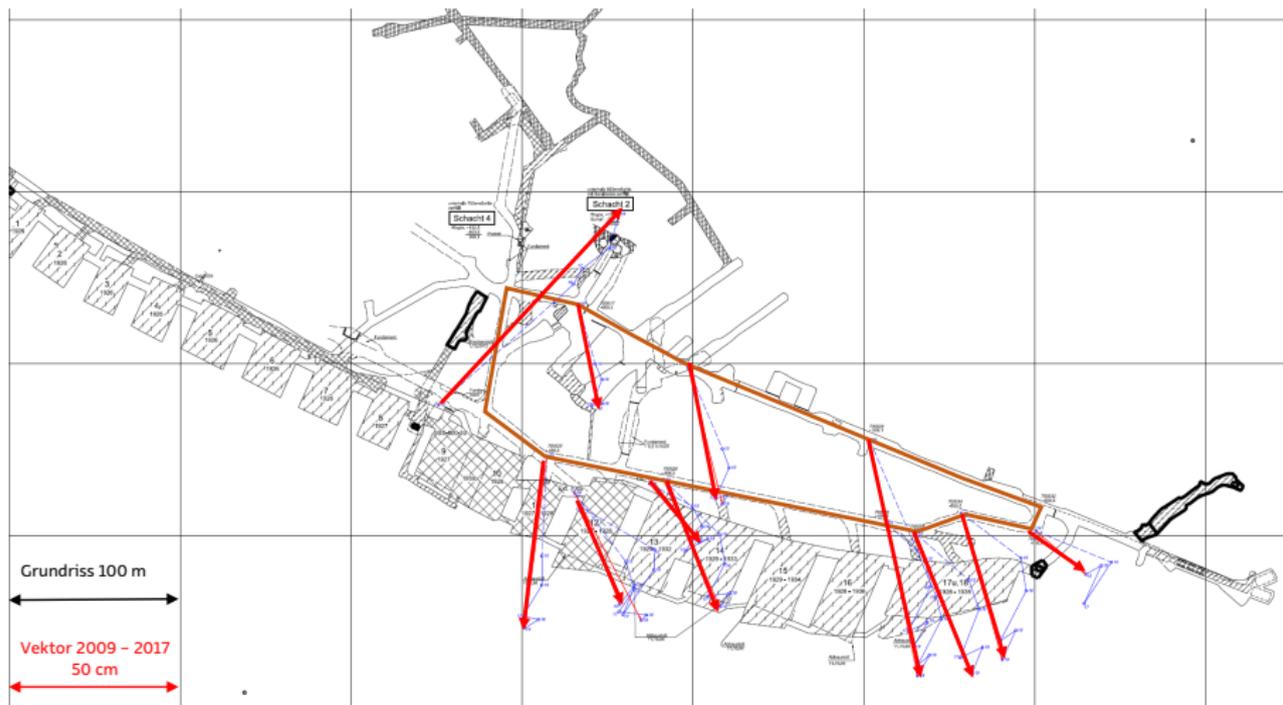
# Verschiebungen Wendelstrecke 490-/511- und 532-m-Sohle



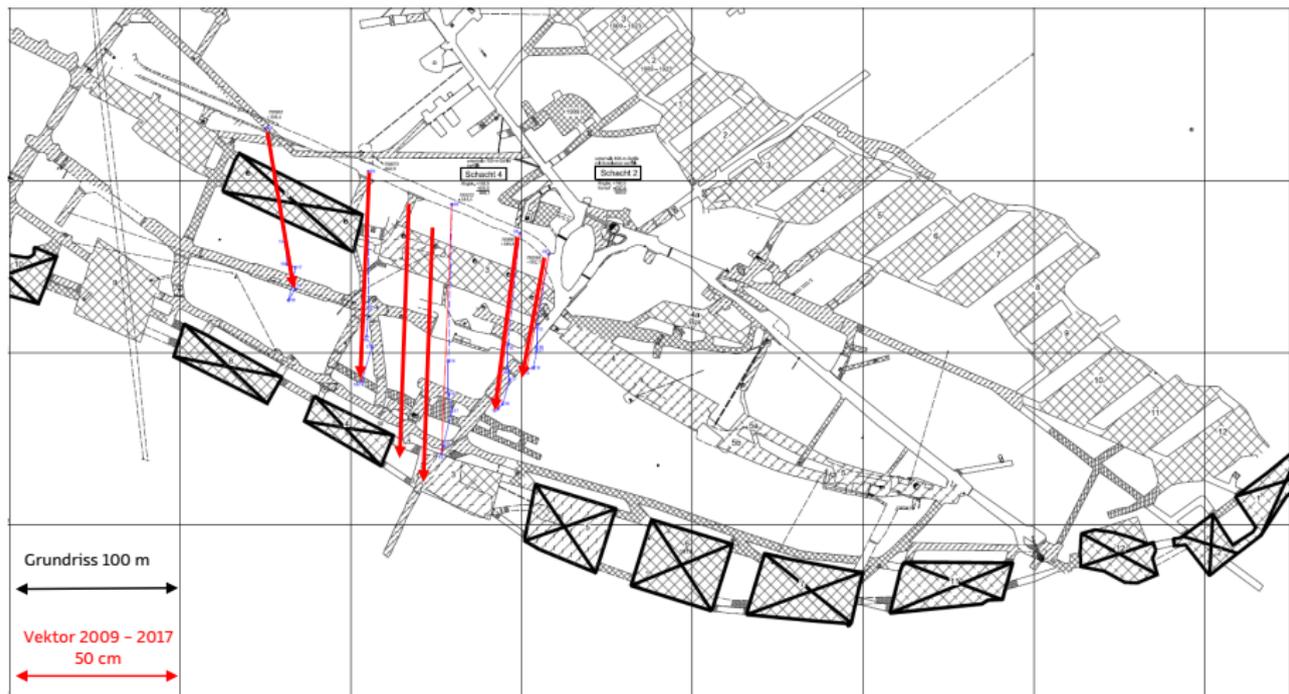
# Verschiebungen Wendelstrecke 553-/574- und 595-m-Sohle



# Verschiebungen 700-m-Sohle



# Verschiebungen Wendelstrecke 750-m-Sohle



# Verschiebungen 750-m-Sohle



## Lagemessungen – Zusammenfassung

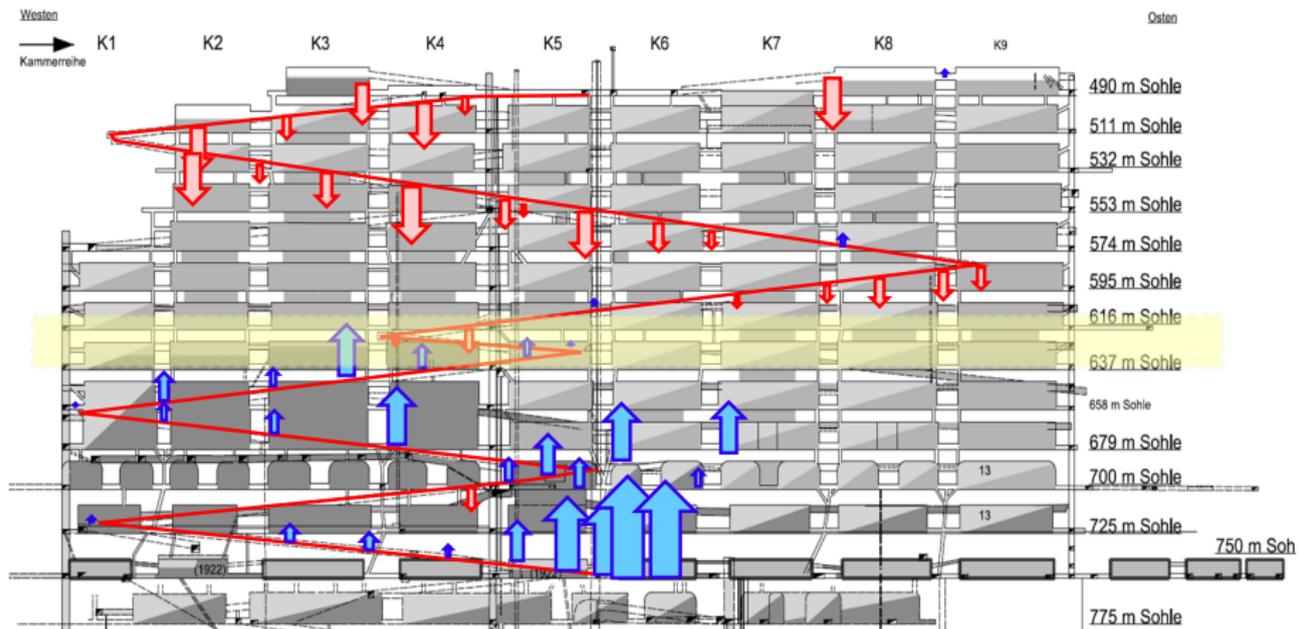
- Bewegungsbild weiterhin überwiegend durch Südflanke bestimmt
- Oberhalb der 725-m-Sohle fortschreitende Verschiebung in Richtung der Abbaue der Südflanke.
- Auf der 750-m-Sohle unterschiedliche Vorzugsrichtungen
  - Nördliche Richtstrecke nach Westen
  - restlicher Bereich

# Übersicht

- 1 Nivellement über Tage
- 2 Verformungsmessungen unter Tage**
  - Lagemessung
  - Höhenmessung**
- 3 Bewegungsverhalten der Schachtsäule
- 4 Inklinometermessung und visuelle Inspektion
- 5 Markscheiderische Messung – Fazit

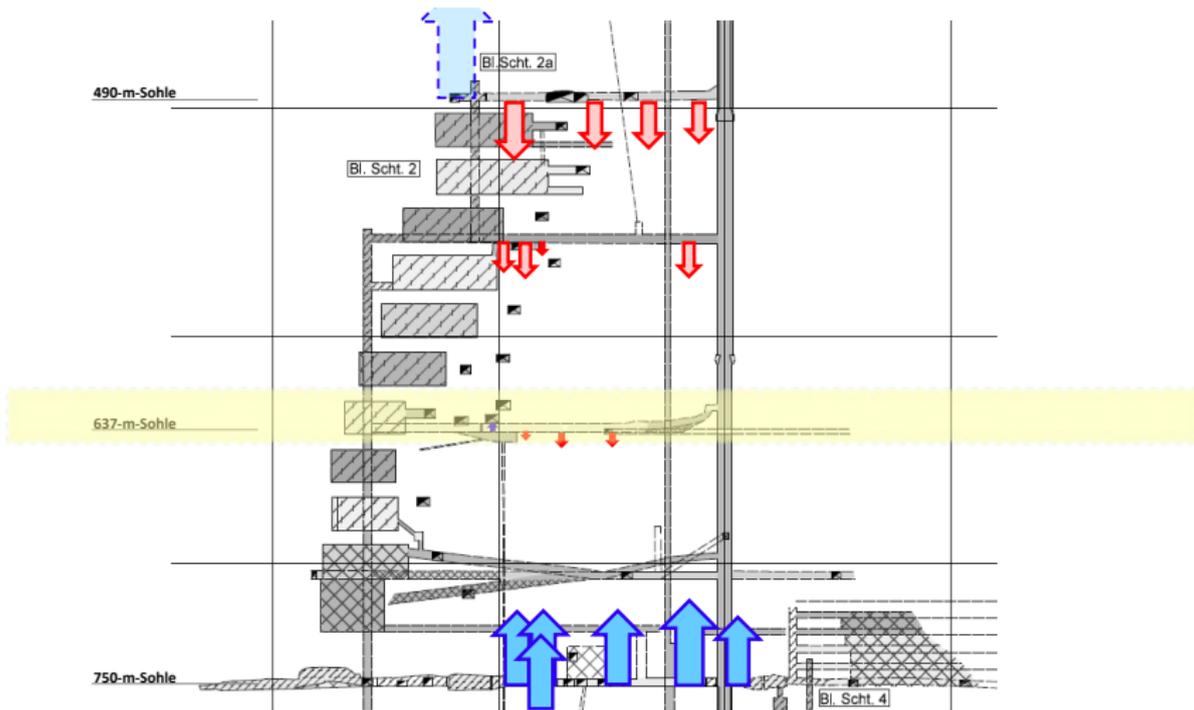
# Höhenänderungen

Dargestellt im streichenden Schnitt 1 durch das Baufeld an der Südflanke



# Höhenänderungen

Dargestellt im querschlägigen Schnitt 2 durch das Baufeld an der Südflanke



# Höhenmessung unter Tage – Zusammenfassung

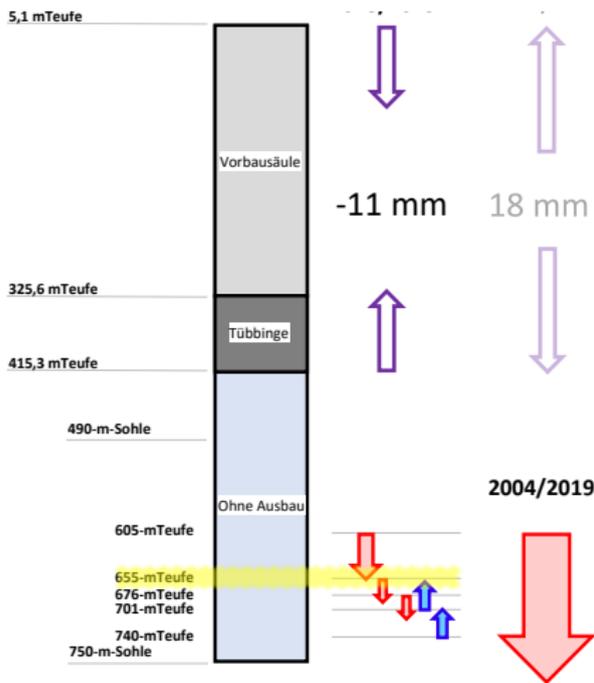
- Eindeutiges Bild der Höhenänderungen
- Senkung oberhalb 616-m-Sohle/637-m-Sohle
- Hebung unterhalb 616-m-Sohle/637-m-Sohle
- Zone erhöhter Beanspruchung

# Übersicht

- 1 Nivellement über Tage
- 2 Verformungsmessungen unter Tage
- 3 Bewegungsverhalten der Schachtsäule**
- 4 Inklinometermessung und visuelle Inspektion
- 5 Markscheiderische Messung – Fazit



# Bewegungsverhalten Schachtsäule



➤ Bewegungen im Ausbausystem gebirgsmechanisch nur von sekundärem Interesse

➤ Korrespondieren gut mit gemessenen Senkungen über Tage und im restlichen Grubengebäude

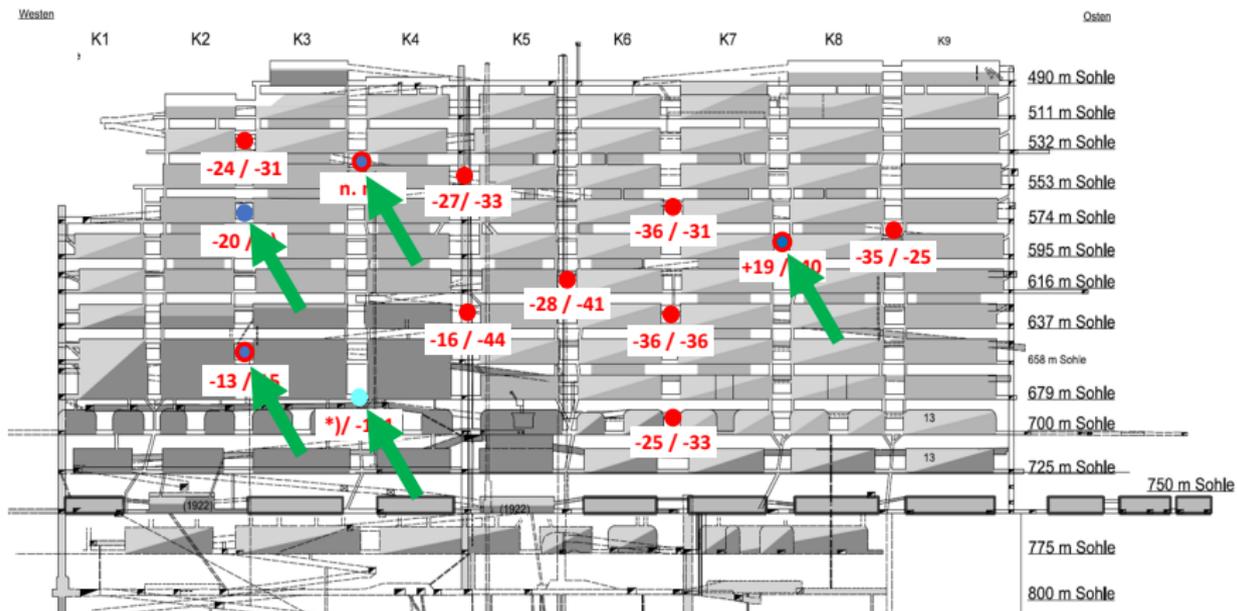
## Bewegung Schachtsäule – Zusammenfassung

- Bewegungen im Ausbausystem  $\implies$  Bauwerksüberwachung
- Gute Übereinstimmung Salinar–über Tage -Grubengbäude

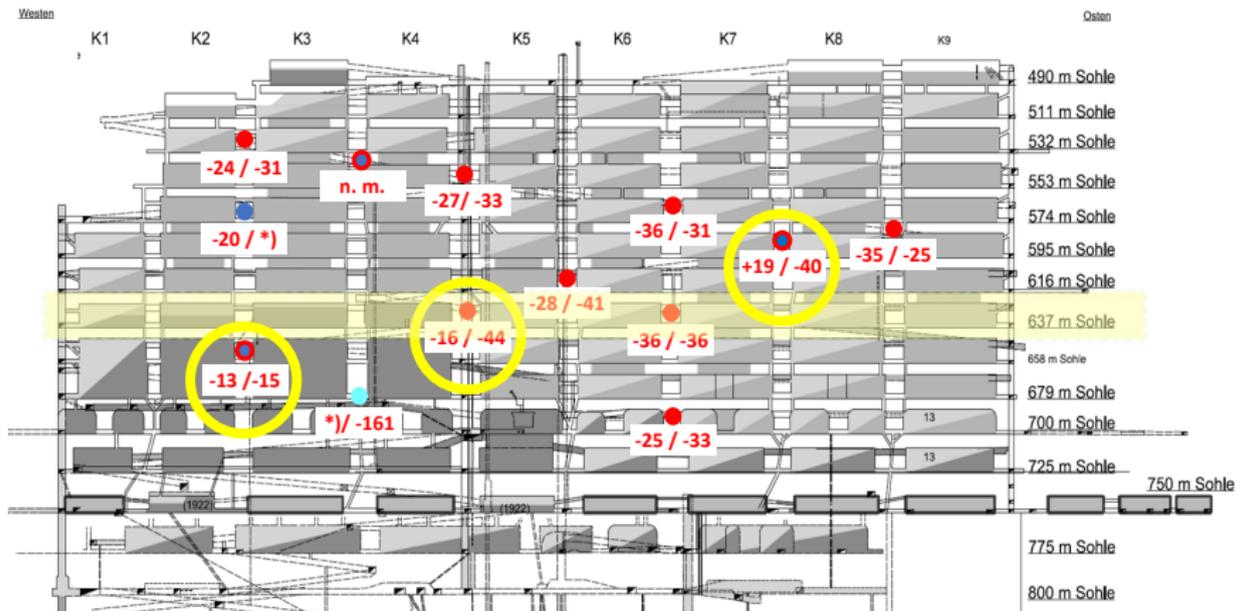
# Übersicht

- 1 Nivellement über Tage
- 2 Verformungsmessungen unter Tage
- 3 Bewegungsverhalten der Schachtsäule
- 4 Inklinometermessung und visuelle Inspektion**
- 5 Markscheiderische Messung – Fazit

# Inklinometermessungen – Höhenänderungsraten



# Inklinometermessungen – Höhenänderungsraten

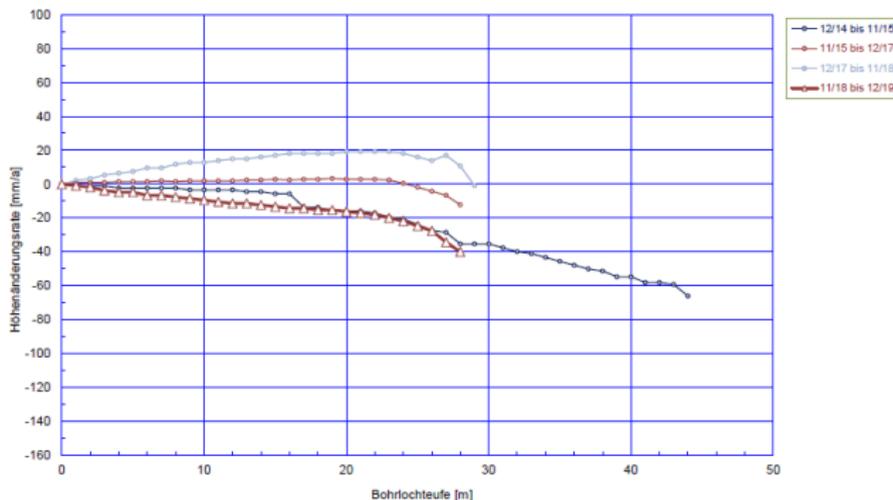


# Inklinometerbohrung im Pfeiler 7/8, 595-m-Sohle

- Gebohrt 2014 / Länge 44,3 m
- Inklinometermessung bis 28 m
- Senkungsrate von +19 mm/a auf -40 mm/a geändert
- Bohrlochwand stark beansprucht (Risse, Klüfte und Ausbrüche)

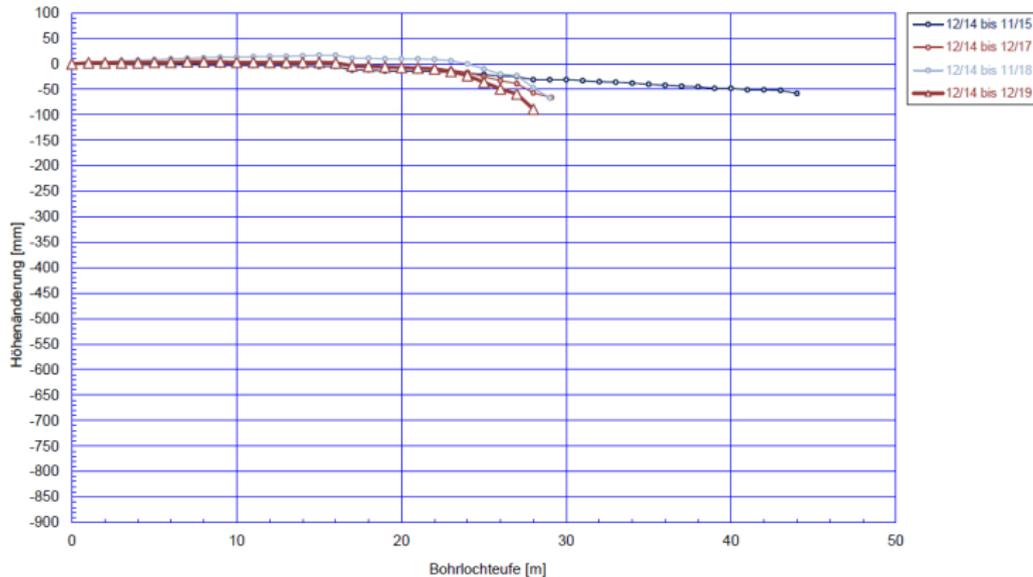


# Inklinometerbohrung im Pfeiler 7/8, 595-m-Sohle



Jährliche Höhenänderungsraten des Inklinometers 595006 im Pfeiler 7-8 der 595-m-Sohle

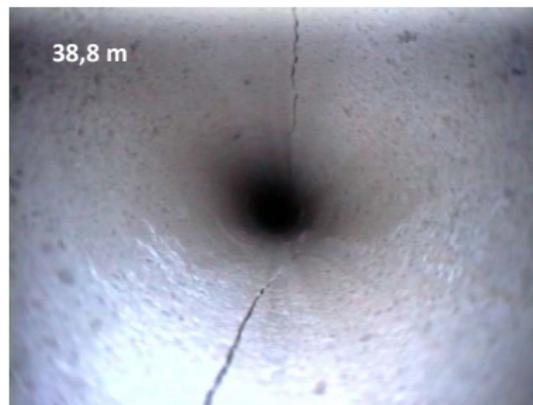
# Inklinometerbohrung im Pfeiler 7/8, 595-m-Sohle



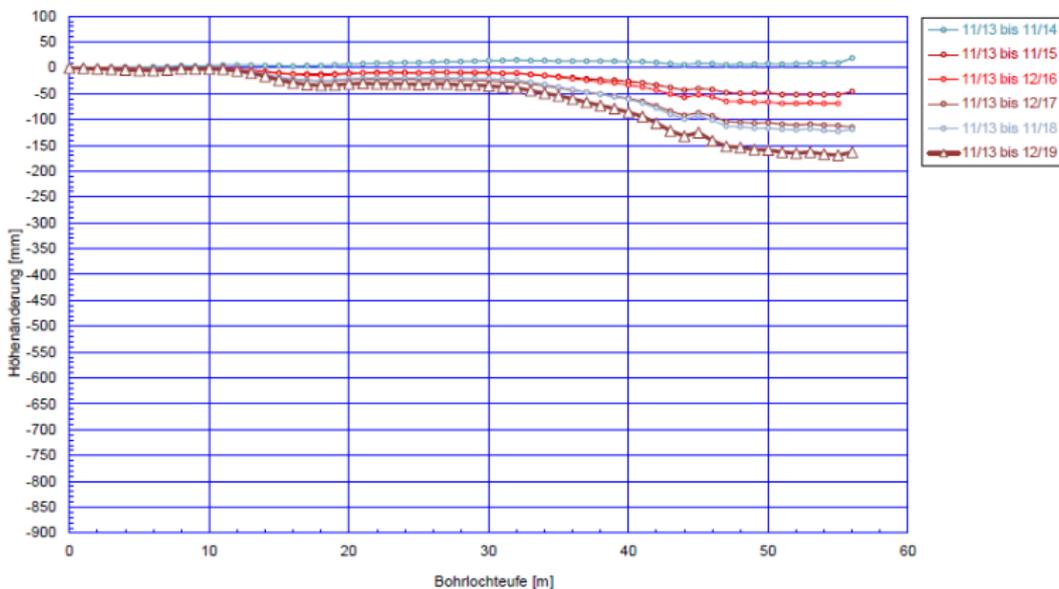
Höhenänderungen des Inklinometers 595006 im Pfeiler 7-8 der 595-m-Sohle

# Inklinometerbohrung im Pfeiler 4/5, 637-m-Sohle

- Gebohrt 2013 / Länge 57,0 m, bis 46,0 m im Sorelbeton
- Leichte Beanspruchung
- Bis 12 m leichte Hebung, max. Senkung -42 mm/a
- Elliptische Verformung im Bohrlochtiefsten



# Inklinometerbohrung im Pfeiler 4/5, 637-m-Sohle



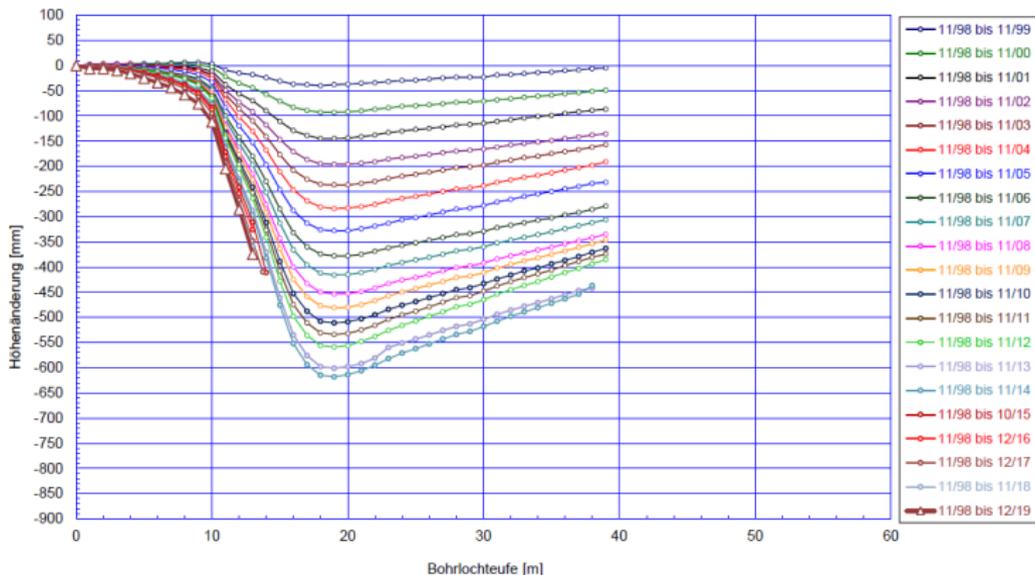
Höhenänderungen des Inklinometers 637013 im Pfeiler 4-5 der 637-m-Sohle

# Inklinometerbohrung im Pfeiler 2/3, 658-m-Sohle

- Gebohrt 1998 / Länge: 38,4 m, befahrbar bis 15,6 m
- Stellenweise elliptische Verformung
- Poröse Stellen, mittlere bis Starke Beanspruchung
- Starke Konvergenz (< 50 mm), elliptische Verformung im Bohrlochtieferen
- In der Mitte und am Ende feucht



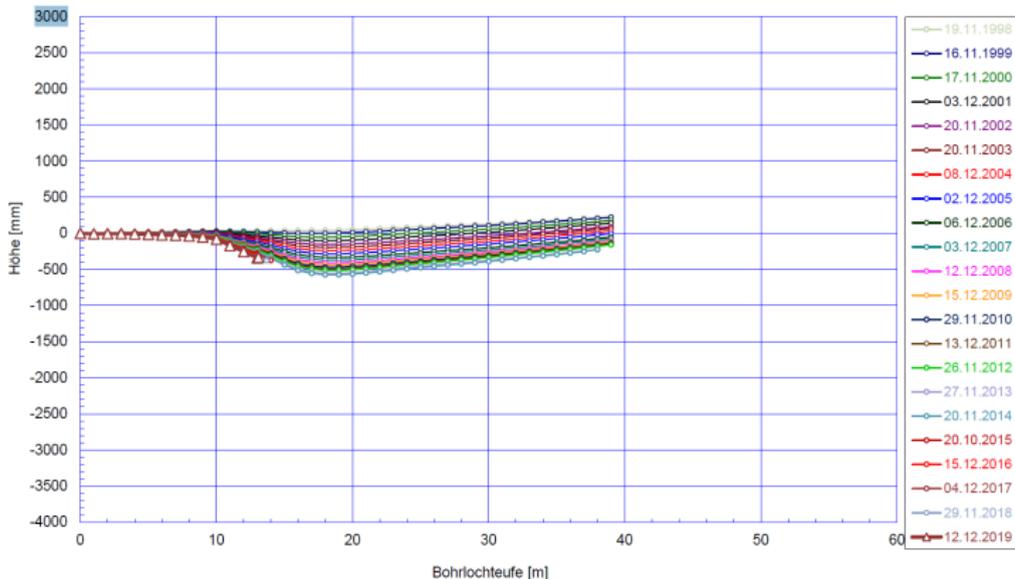
# Inklinometerbohrung im Pfeiler 2/3, 658-m-Sohle



Höhenänderungen des Inklinometers 658010 im Pfeiler 2-3 der 658-m-Sohle



# Inklinometerbohrung im Pfeiler 2/3, 658-m-Sohle



Höhenprofil der Inklinometerbohrung 658010 im Pfeiler 2-3 der 658-m-Sohle



# Inklinometermessung – Zusammenfassung

- Dokumentation Pfeilerbeanspruchung messtechnisch und visuell
- Überwachungsnetz muss weiter gepflegt werden
- Bohrungen instandsetzen bzw. neu erstellen

# Übersicht

- 1 Nivellement über Tage
- 2 Verformungsmessungen unter Tage
- 3 Bewegungsverhalten der Schachtsäule
- 4 Inklinometermessung und visuelle Inspektion
- 5 Markscheiderische Messung – Fazit**

- Die Höhenänderungen über Tage, im Schacht und im Grubengbäudeweisen eine gute Korrelation aus
- Die Lageänderungen werden –mit Ausnahme der 750-m-Sohle durch das Baufeld im jüngeren Steinsalz (Südflanke) induziert
- Oberhalb der 725-m-Sohle fortschreitende Verschiebung in Richtung der Abbaue der Südflanke
- Auf der 750-m-Sohle überwiegend fortschreitende Verschiebungen in Richtung des zentralen Baufelds im Staßfurt-Steinsalz
- In definierten Bereichen eindeutig hohe, plausible Verformungen

## Teil IV

# Mikroseismische Überwachung

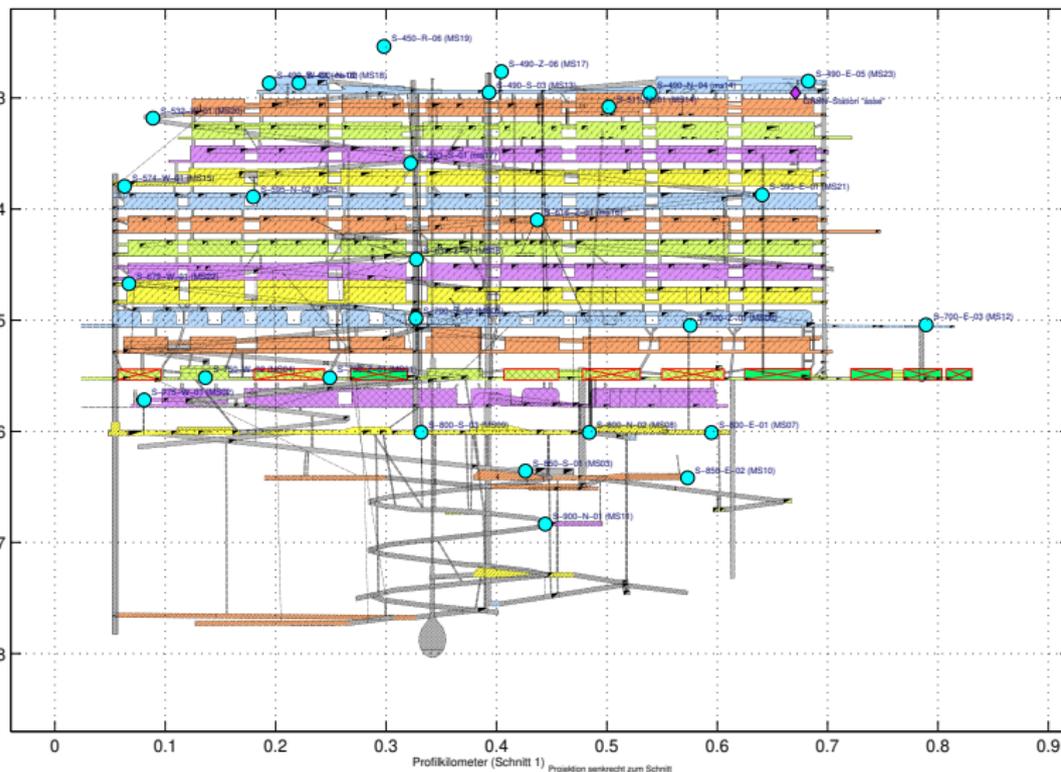
# Übersicht Teil IV

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

# Übersicht

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

## Netzgeometrie: Lage der Mikroseismikstationen



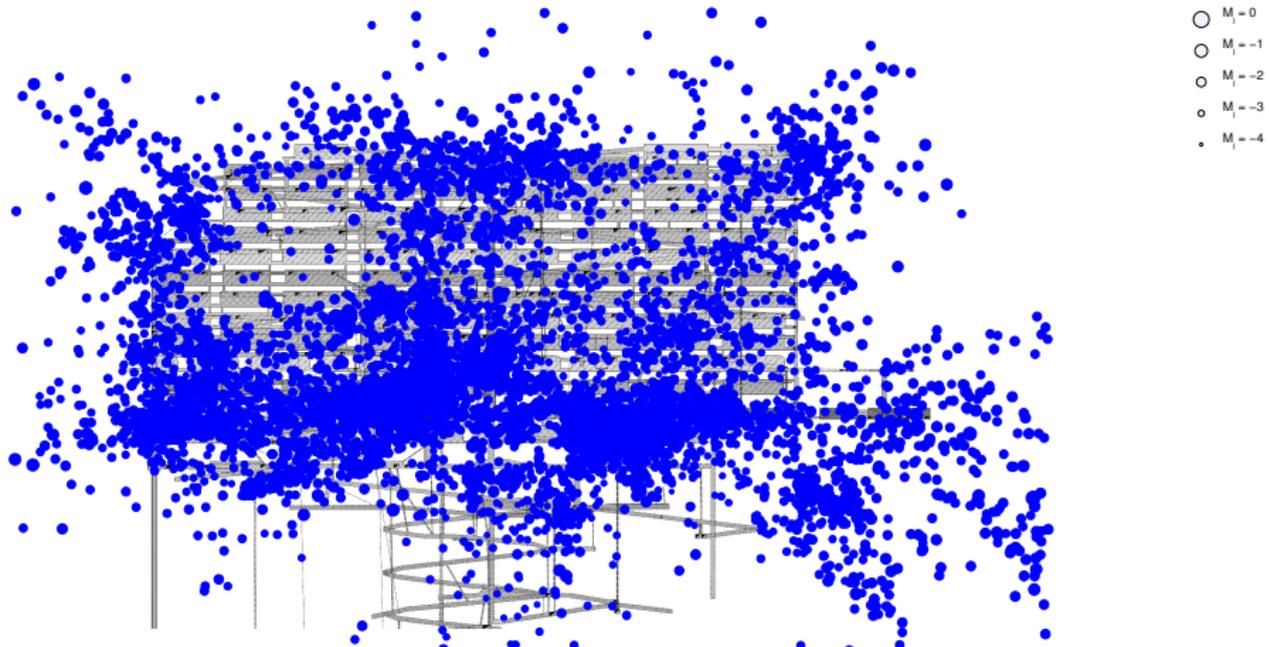
hellblaue Kreise: 28 aktuell in Betrieb befindliche Mikroseismiksonden (S-700-E-03 seit Juli 2018)  
 violette Raute: Breitbandstation im Deutschen Seismologischen Regionalnetz

# Übersicht

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

# Entwicklung der grubennahen Mikroseismizität vom 1. August 2010 bis 31. Juli 2020

Automatik, Zeiträume ohne bergmännische Aktivitäten („Betriebsruhe“), Profilometer (Schnitt 1): -100 m bis 950 m, Höhe bezüglich NN: -800 bis -150



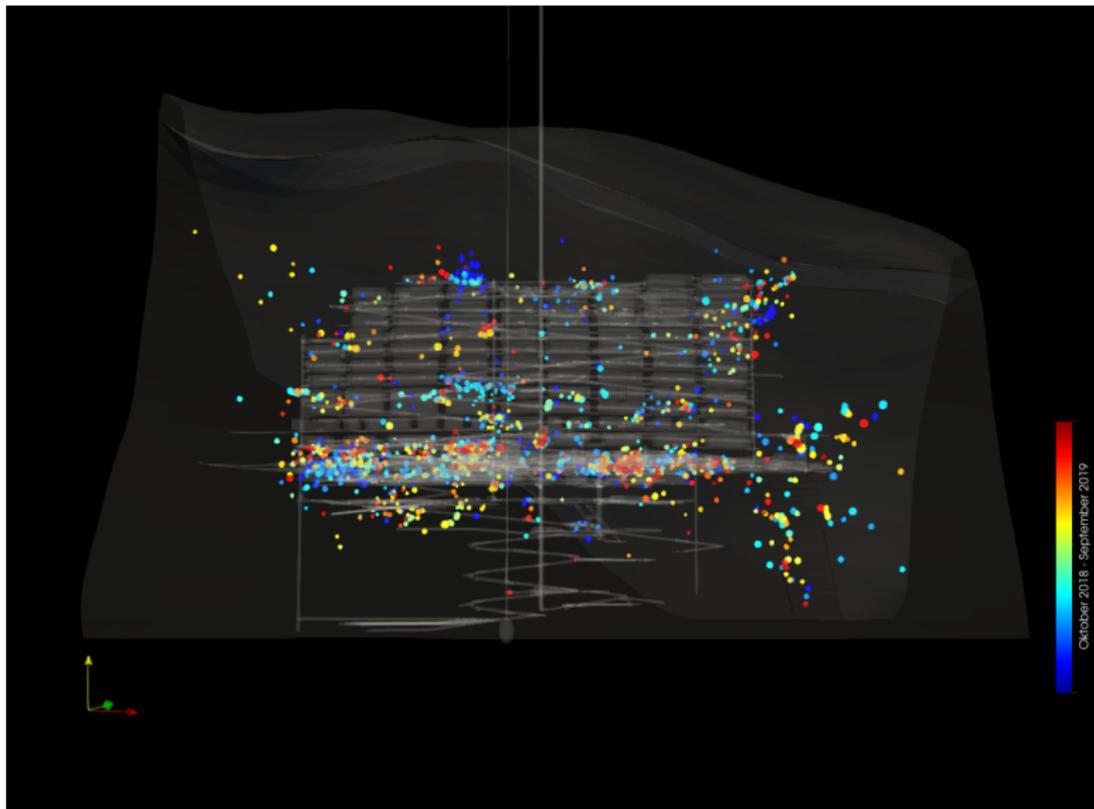
Zeitraum 01.08.2010 bis 31.07.2020: 10149 Ereignisse (Betriebsruhe)

Hintergrundbild (Grubengebäude): Auszug aus dem Risswerk (Stand: 15.03.2018)



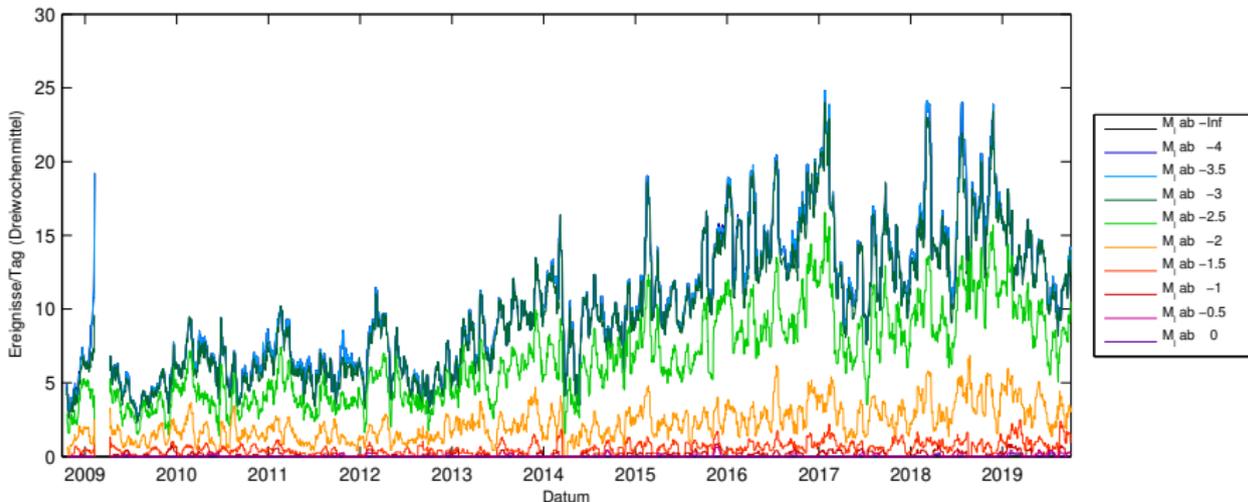
# Grubennahe Mikroseismizität vom 1. Oktober 2018 bis 30. September 2019

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



## Ereignisrate im gesamten überwachten Bereich

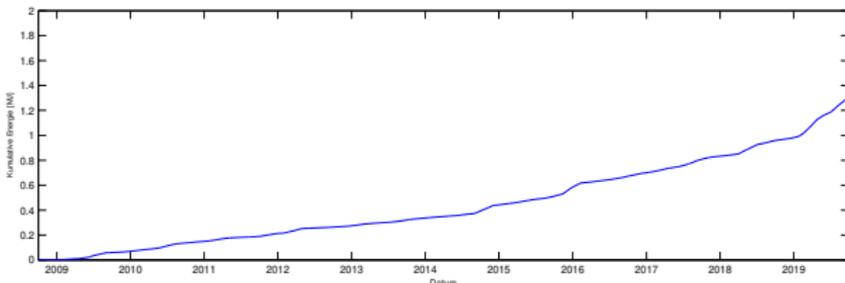
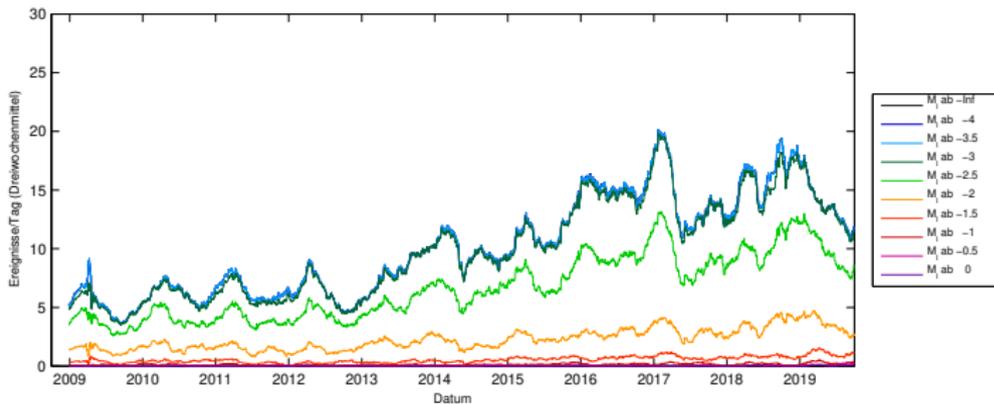
(Mittelung über drei Wochen, aus Betriebsruhephasen auf die Gesamtzeit hochgerechnet, Automatik, 01.10.2008 bis 30.09.2019)



- Die Gesamtereignisrate unterliegt deutlichen Schwankungen.
- Im Berichtszeitraum 2019 ist sie im Mittel um ca. 6 % zurückgegangen.
- Langfristig betrachtet ist die Ereignisrate seit 2009 stark angestiegen.

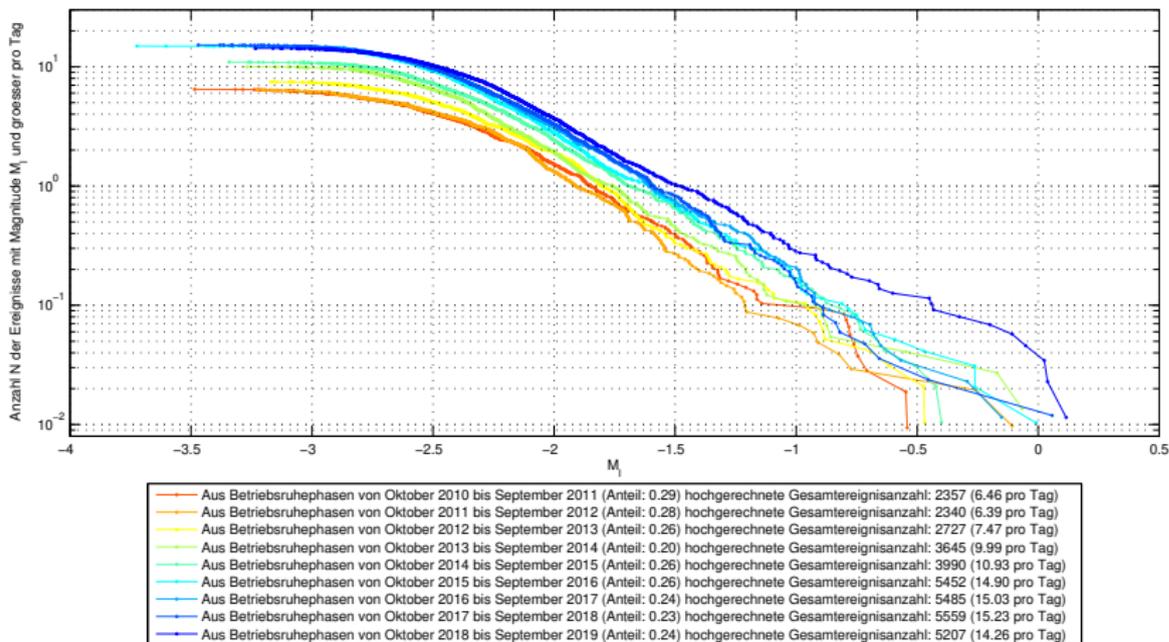
## Ereignisrate und kumulative Energie im gesamten überwachten Bereich

(Mittelung über 90 Tage, aus Betriebsruhephasen auf die Gesamtzeit hochgerechnet, Automatik, 01.10.2008 bis 30.09.2019)



# Magnituden-Häufigkeits-Verteilungen

Aus Betriebsruhephasen auf die Gesamtzeit hochgerechnet, Automatik, 01.10.2010 bis 30.09.2019

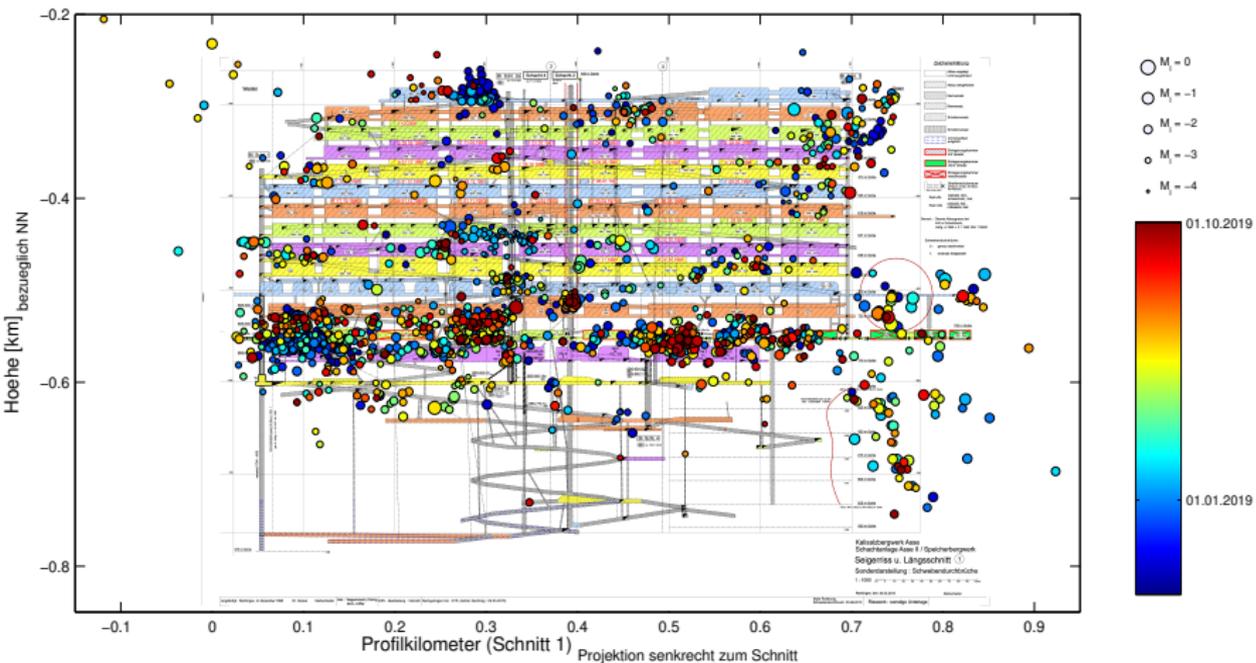


# Übersicht

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

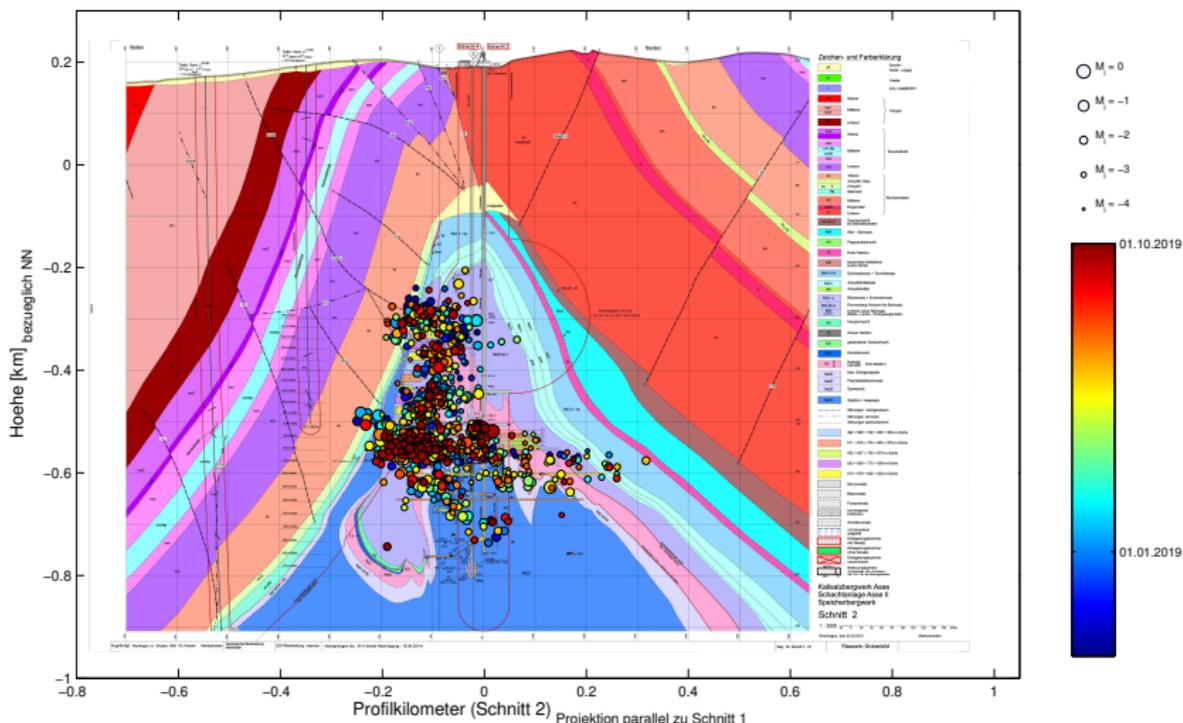
# Mikroseismizität vom 1. Oktober 2018 bis 30. September 2019

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



# Mikroseismizität vom 1. Oktober 2018 bis 30. September 2019

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

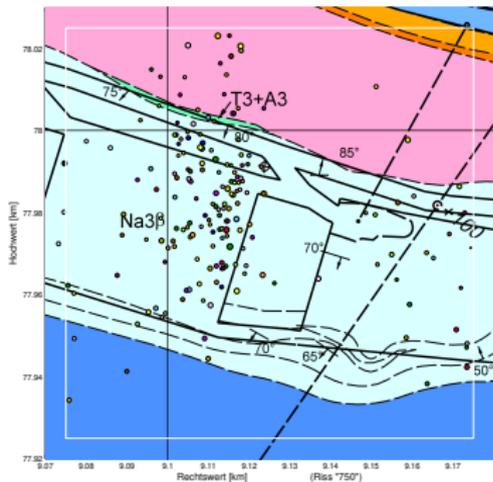


# Übersicht

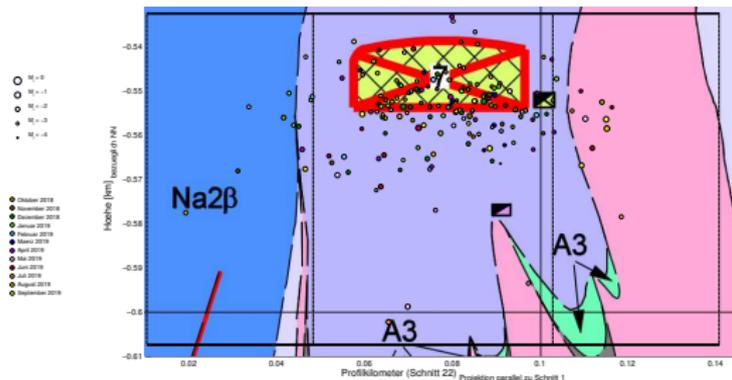
- 1 Mikroseismiknetz
- 2 Zeitliche Entwicklung der Mikroseismizität (Überblick)
- 3 Aktuelle Mikroseismizität
- 4 Cluster bei der Einlagerungskammer 6/750**
- 5 Cluster bei der Einlagerungskammer 4/750
- 6 Cluster im Bereich der 700- bis 775-m-Sohle (Ausschnitt)
- 7 Zusammenfassung

# Cluster im Bereich der ELK 6/750 (Betriebsruhe, manuelle Auswertung, 01.10.2018 bis 30.09.2019)

Draufsicht auf die 750-m-Sohle



Schnitt senkrecht zum Streichen durch Abbaureihe 8



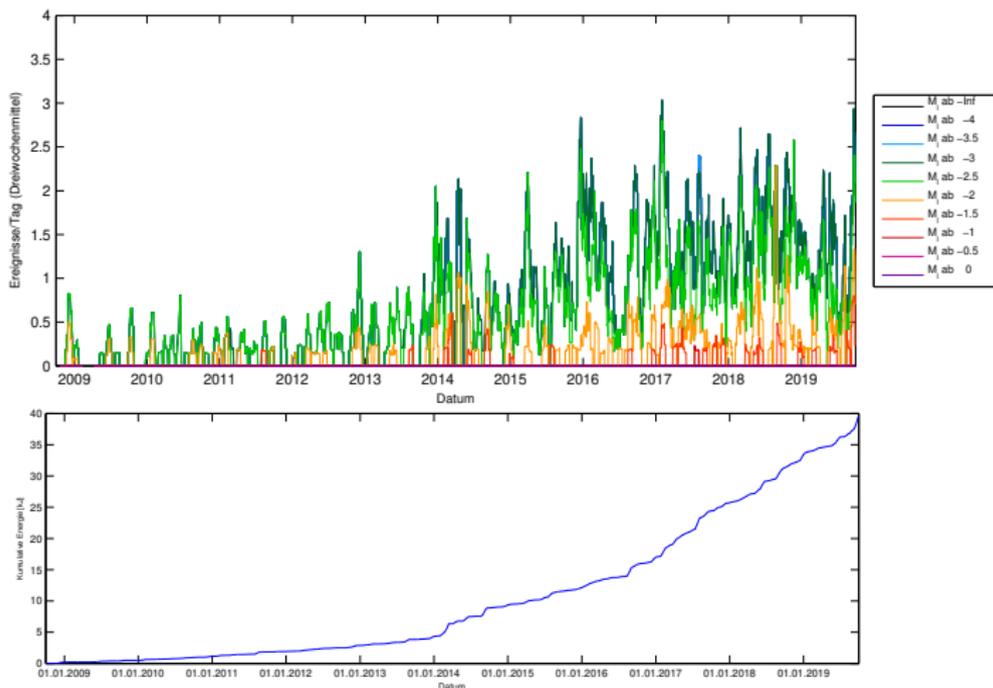
**Die Aktivität im Bereich der ELK 6/750 hat sich 2019 ähnlich dem Vorjahr fortgesetzt.**

In der zweiten Berichtszeitraumhälfte zeigen die Ereignisraten einen ansteigenden Trend.



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

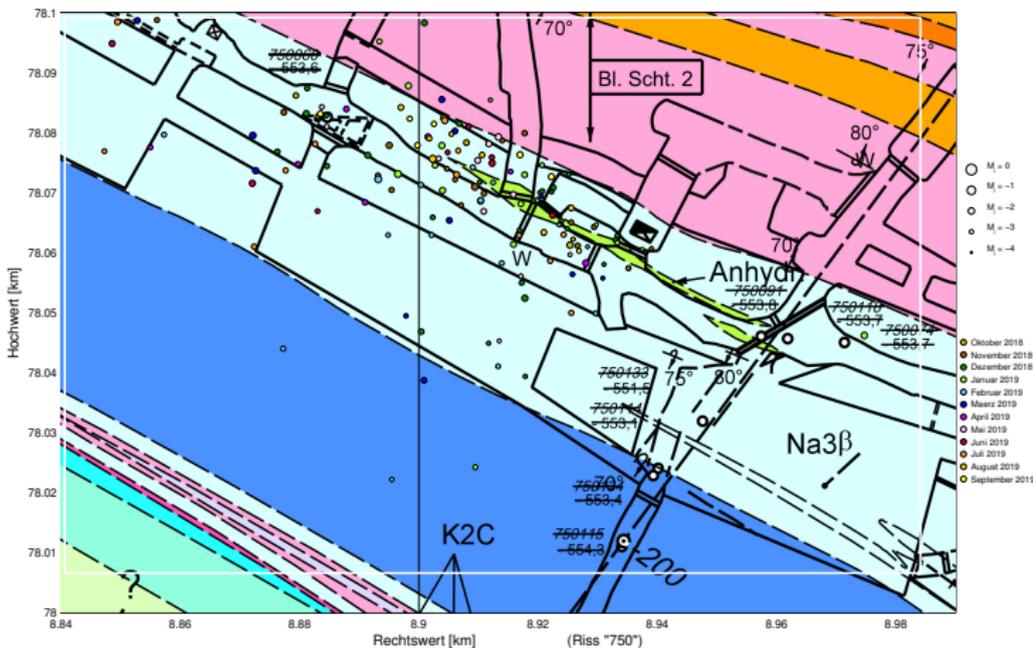
(Mittelung über drei Wochen, aus Betriebsruhephasen auf die Gesamtzeit hochgerechnet, Automatik, 01.10.2008 bis 30.09.2019)



# Übersicht

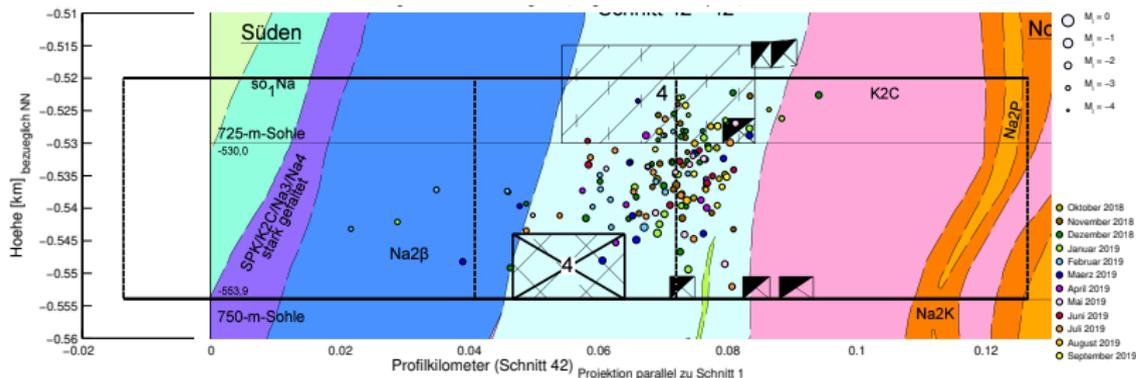
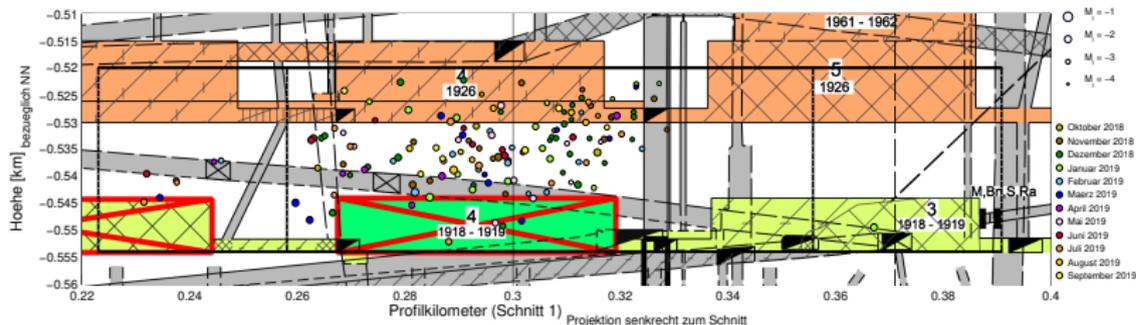
- 1 Mikroseismiknetz
- 2 Zeitliche Entwicklung der Mikroseismizität (Überblick)
- 3 Aktuelle Mikroseismizität
- 4 Cluster bei der Einlagerungskammer 6/750
- 5 Cluster bei der Einlagerungskammer 4/750**
- 6 Cluster im Bereich der 700- bis 775-m-Sohle (Ausschnitt)
- 7 Zusammenfassung

## Cluster bei der ELK 4/750 (Betriebsruhe, manuelle Auswertung, 01.10.2018 bis 30.09.2019)



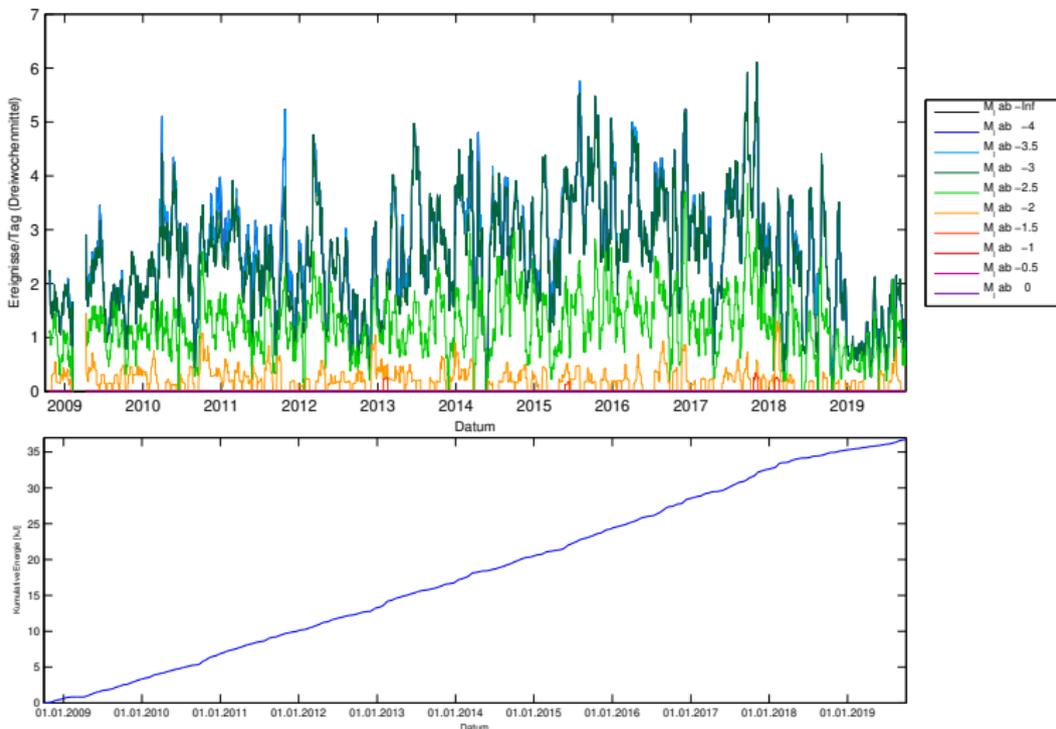
Der Schwerpunkt des Clusters liegt weiterhin nördlich der ELK 4/750 entlang der verfüllten 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle.

## Cluster bei der ELK 4/750 (Betriebsruhe, manuelle Auswertung, 01.10.2018 bis 30.09.2019)



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

(Mittelung über drei Wochen, aus Betriebsruhephasen auf die Gesamtzeit hochgerechnet, Automatik, 01.10.2008 bis 30.09.2019)



Die Ereignisraten sind im Mittel zurückgegangen.

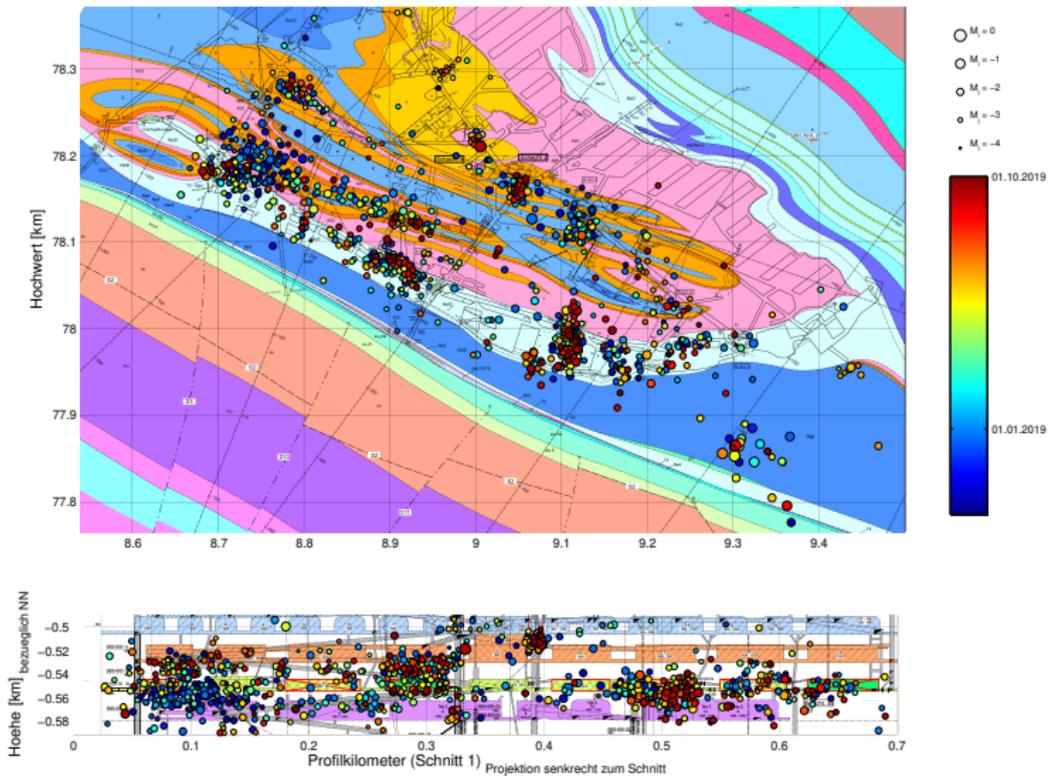


# Übersicht

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

## Betriebsruhe, manuelle Auswertung, 01.10.2018 bis 30.09.2019

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



# Übersicht

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

## Zusammenfassung (Mikroseismizität und Stabilisierung)

Die mikroseismische Aktivität liegt insgesamt weiter auf hohem Niveau.

Ursachen der Mikroseismizität sind

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

bzw. deren Zusammenspiel.

Stabilisierungsmaßnahmen sind notwendig, um weitere Schädigungsprozesse zu begrenzen.

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

## Zusammenfassung (Mikroseismizität)

- **Das Cluster bei der ELK 4/750 ist weiterhin aktiv.**

**Die Aktivität ist nach Stabilisierungen in der Umgebung ab etwa April 2018 signifikant zurückgegangen.**

- **Auf Grundlage der Ereignisrate ist die Mikroseismizität insgesamt um circa 6% zurückgegangen.**
- **Die Steigung der kumulativen Energie hat im Mittel zugenommen.**

**Dieser Anstieg wurde insbesondere durch vermehrt starke Ereignisse südöstlich unterhalb des Grubengebäudes verursacht.**

# Teil V

## Lokale Monitoringprogramme

# Übersicht Teil V

- 1 Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- 2 Westflügel des Baufeldes an der Südflanke
- 3 Wendelstrecke im Bereich der 616- bis zur 775-m-Sohle
- 4 Monitoring 700-m-Sohle
- 5 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
- 6 750-m-Sohle: östlicher Bereich und Füllort Schacht 2

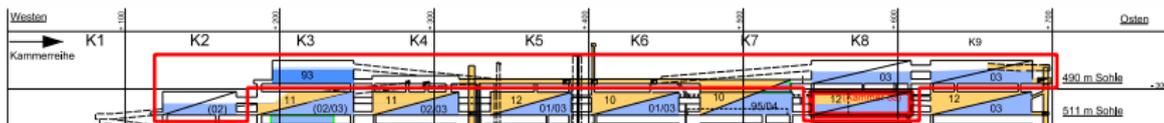
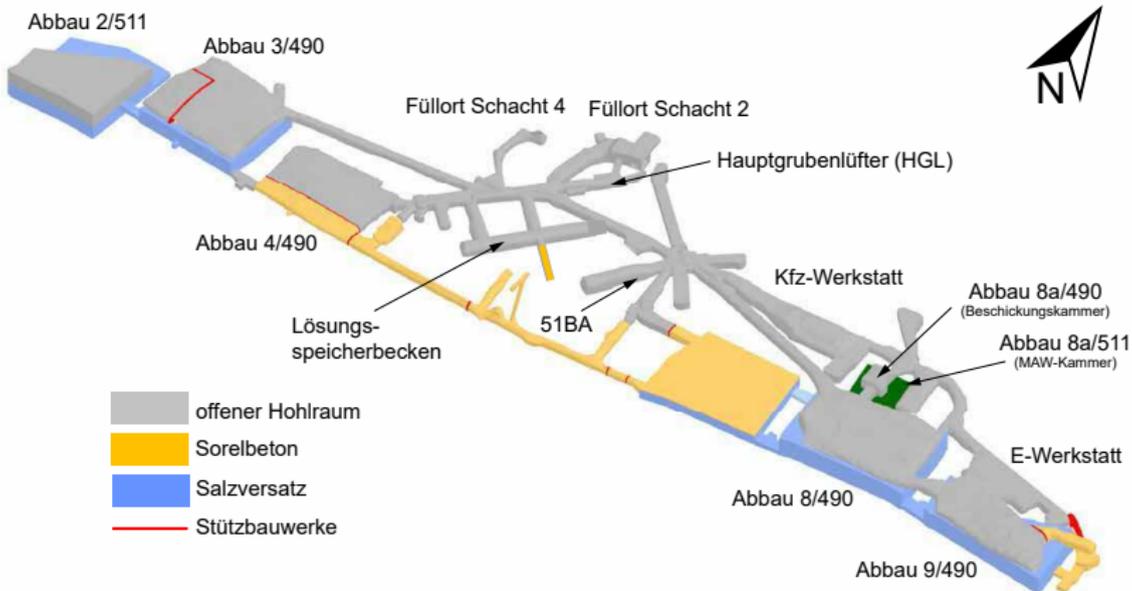
# Übersicht

- 1 **Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer**
- 2 Westflügel des Baufeldes an der Südflanke
- 3 Wendelstrecke im Bereich der 616- bis zur 775-m-Sohle
- 4 Monitoring 700-m-Sohle
- 5 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
- 6 750-m-Sohle: östlicher Bereich und Füllort Schacht 2



# Oberer Baufeldrand

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



# Oberer Baufeldrand

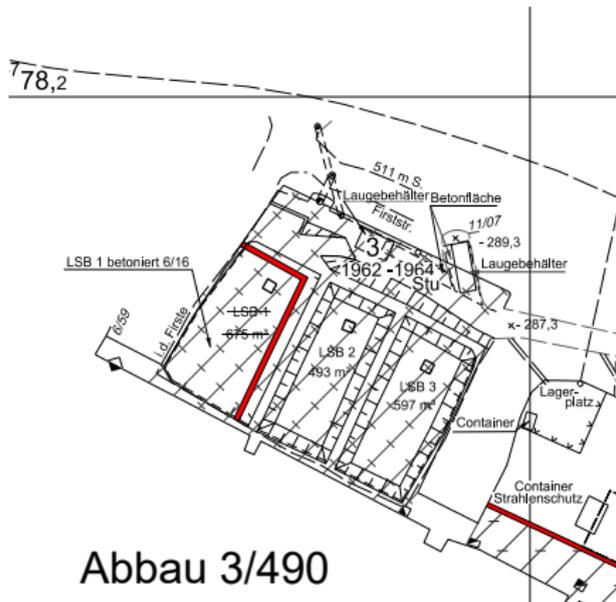
## gebirgsmechanische und bergmännische Situation

- Infrastrukturräume am oberen Baufeld der Südflanke sind wichtig für den Bergwerksbetrieb
- hohe gebirgsmechanische Beanspruchung
- lange offene Standzeit sowie teilweise geringe Firstwölbung
- fortschreitende Schädigungsprozesse mit erhöhtem Bedarf an Monitoring- und Stabilisierungsmaßnahmen
- Hohlraumvolumen:
  - Volumen der Abbaue im Leinesteinsalz ca. 134.000 m<sup>3</sup>
  - Gesamtvolumen im Jahr 2019 ca. 162.000 m<sup>3</sup>, davon
    - ca. 9.000 m<sup>3</sup> mit Sorelbeton und
    - ca. 83.000 m<sup>3</sup> mit Salzversatz verfüllt.
  - offener Hohlraum beträgt ca. 70.000 m<sup>3</sup>



# Oberer Baufeldrand

## Abbau 3/490 - Übersicht



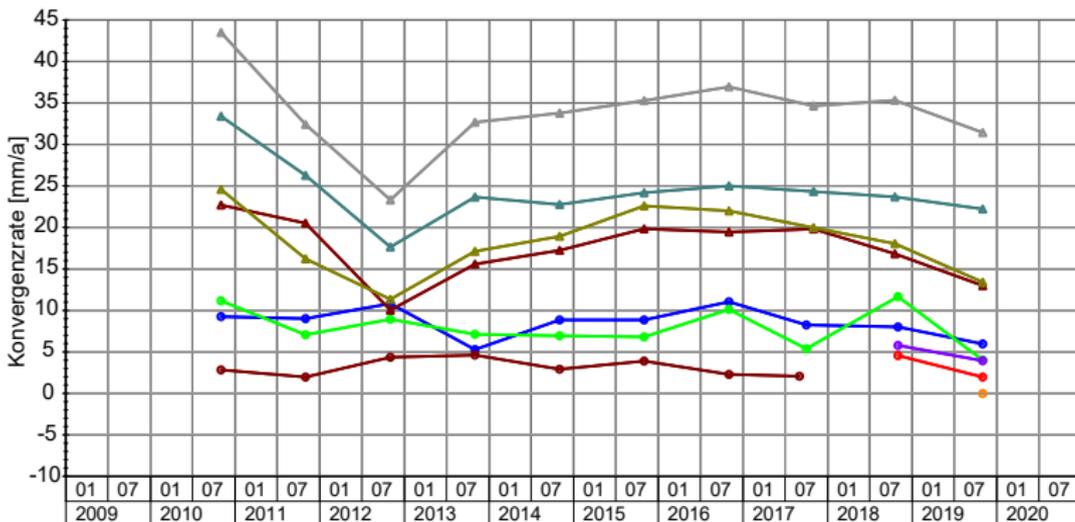
Abbau 3/490



Blick vom östlichen Stoß nach Westen

# Oberer Baufeldrand

Abbau 3/490 - Ergebnisse der Konvergenzmessungen, Zeitraum 2010 bis 2019



Symbol	Messquerschnitt	Messrichtung	Baufeld	Grubenraum	Instrumentierungsbereich	Geologie
○	4903-4904	Horizontal querschlägig	Südflanke	Abbau 3/490	Abbaue/Werkstätten	Na3
○	4911-4912	Horizontal querschlägig	Südflanke	Abbau 3/490	Abbaue/Werkstätten	Na3
○	4913-4914	Horizontal streichend	Südflanke	Abbau 3/490	Abbaue/Werkstätten	Na3
○	4913-4931	Horizontal streichend	Südflanke	Abbau 3/490	Abbaue/Werkstätten	Na3
○	4913-4932	Horizontal streichend	Südflanke	Abbau 3/490	Abbaue/Werkstätten	Na3
○	4929-4930	Horizontal streichend	Südflanke	Abbau 3/490	Abbaue/Werkstätten	Na3
○	4915	Vertikal	Südflanke	Abbau 3/490	Abbaue/Werkstätten	Na3
○	4916	Vertikal	Südflanke	Abbau 3/490	Abbaue/Werkstätten	Na3
○	4917	Vertikal	Südflanke	Abbau 3/490	Abbaue/Werkstätten	Na3
○	4918	Vertikal	Südflanke	Abbau 3/490	Abbaue/Werkstätten	Na3

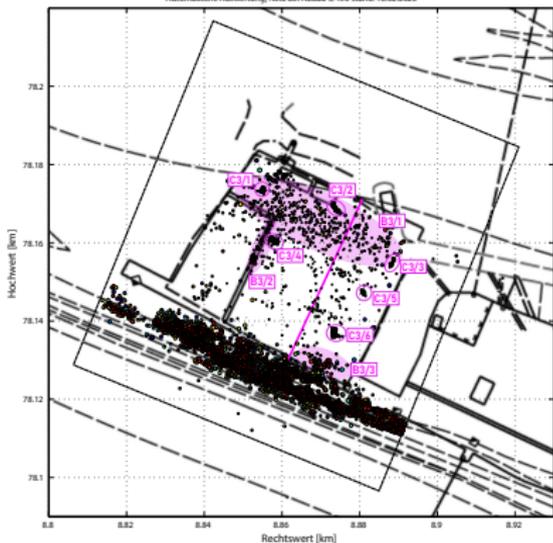
Verformungsrate [‰/a]		
	2018	2019
horizontal	0,18	0,12
vertikal	1,69	1,44



# Oberer Baufeldrand

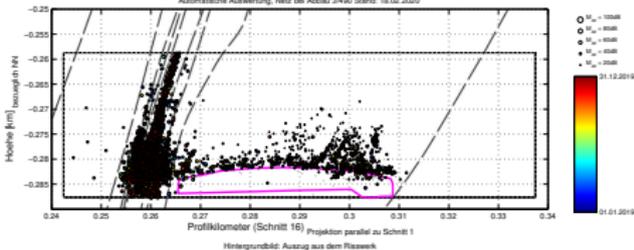
Abbau 3/490 - Mikroakustische Überwachung (01.01.2019–31.12.2019)

Mikroakustische Ereignisse vom 01.01.2019 bis 30.12.2019, Umgebung der Feste Abbau 3/490: 9827 Ereignisse (nur Betriebsuhressen)  
Automatische Auswertung, Netz bei Abbau 3/490 Stand: 18.02.2020



Hintergrundbild: 490-m-Sohlen-Niveau – Auszug aus dem Risewerk (Stand: 11.02.2019)

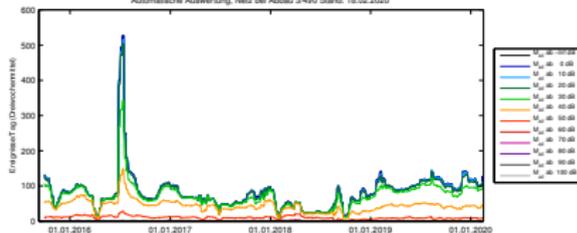
Mikroakustische Ereignisse vom 01.01.2019 bis 30.12.2019, Umgebung der Feste Abbau 3/490: 9827 Ereignisse (nur Betriebsuhressen)  
Automatische Auswertung, Netz bei Abbau 3/490 Stand: 18.02.2020



Projektion parallel zu Schritt 1

Hintergrundbild: Auszug aus dem Risewerk

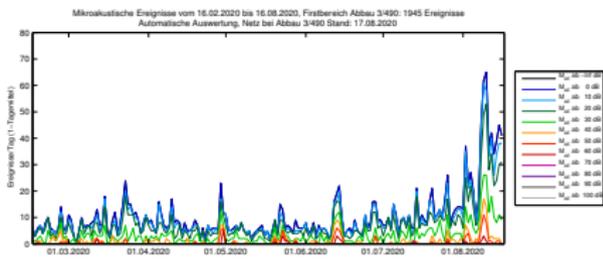
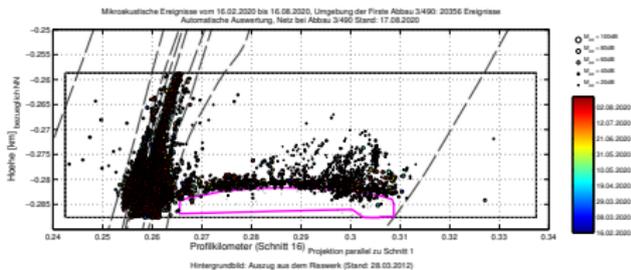
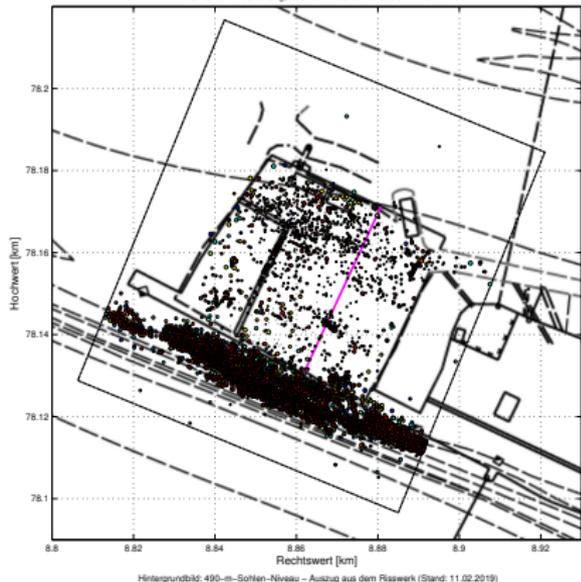
Mikroakustische Ereignisse vom 09.09.2015 bis 15.02.2020, Umgebung der Feste Abbau 3/490: 34517 Ereignisse (nur Betriebsuhressen)  
Automatische Auswertung, Netz bei Abbau 3/490 Stand: 18.02.2020



# Oberer Baufeldrand

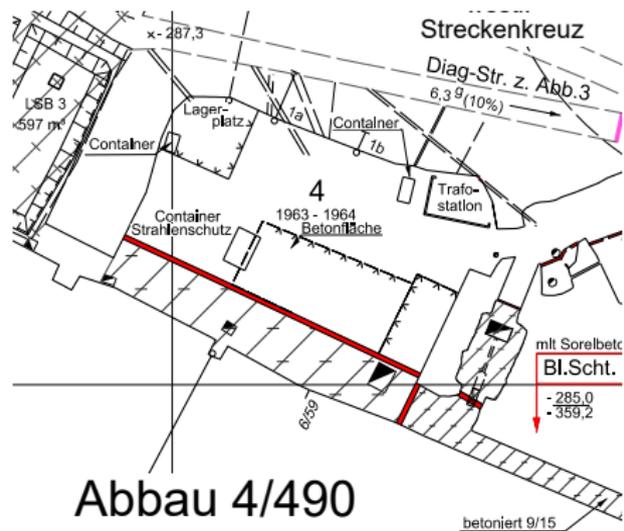
## Abbau 3/490 - Mikroakustische Überwachung (16.02.2020–17.08.2020)

Mikroakustische Ereignisse vom 16.02.2020 bis 16.08.2020, Umgebung der Firste Abbau 3/490: 20356 Ereignisse  
Automatische Auswertung, Netz bei Abbau 3/490 Stand: 17.08.2020



# Oberer Baufeldrand

## Abbau 4/490 - Übersicht



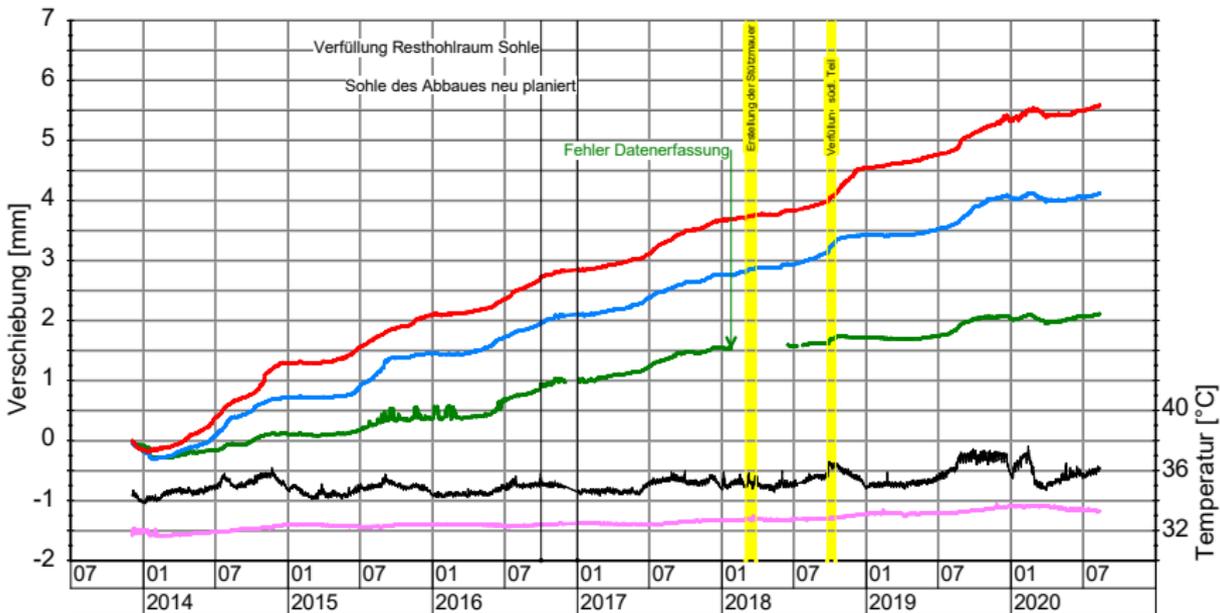
Abbau 4/490



Blick vom Zugang in den Abbau

# Oberer Baufeldrand

Abbau 4/490 - Ergebnisse des Firstextensometers, Zeitraum: 03.12.2013 bis 12.08.2020



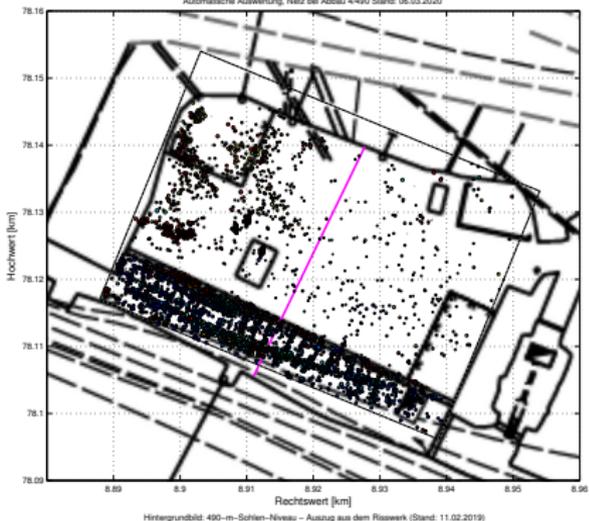
Symbol	Messstelle	Bohrung	Sohle	Lokation	Einbautiefe	Zeitraum	Bemerkung
—	MFA 490-213	FiExBrg.490-02	490-m-Sohle	Firste	3,0	03.12.13 - 12.08.20	
—	MFA 490-212	FiExBrg.490-02	490-m-Sohle	Firste	6,0	03.12.13 - 12.08.20	
—	MFA 490-211	FiExBrg.490-02	490-m-Sohle	Firste	9,0	03.12.13 - 12.08.20	
—	MFA 490-215	FiExBrg.490-02	490-m-Sohle	Firste	Kopfpunkt	03.12.13 - 12.08.20	Temperatur
—	MFA 490-214	FiExBrg.490-02	490-m-Sohle	Firste	9,0	03.12.13 - 12.08.20	Temperatur



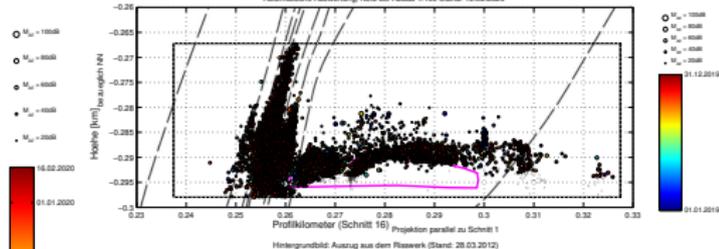
# Oberer Baufeldrand

Abbau 4/490 - Mikroakustische Überwachung (01.06.2017–30.05.2019)

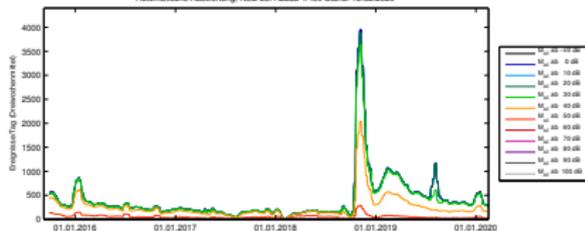
Mikroakustische Ereignisse vom 01.01.2019 bis 15.02.2020, Firstbereich Abbau 4490: 9038 Ereignisse (nur Betriebsphasen)  
Automatische Auswertung, Netz bei Abbau 4490 Stand: 06.03.2020



Mikroakustische Ereignisse vom 01.01.2019 bis 30.12.2019, Umgebung der Firste Abbau 4490: 52912 Ereignisse (nur Betriebsphasen)  
Automatische Auswertung, Netz bei Abbau 4490 Stand: 18.02.2020

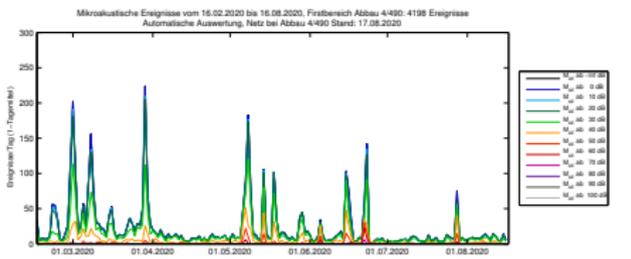
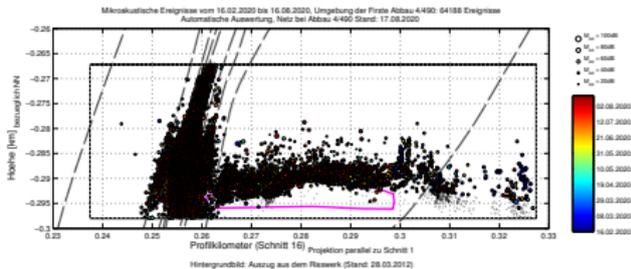
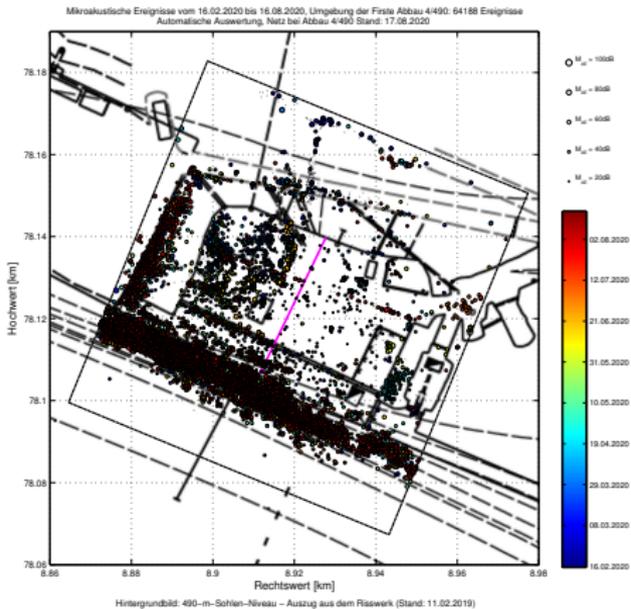


Mikroakustische Ereignisse vom 09.09.2015 bis 15.02.2020, Umgebung der Firste Abbau 4490: 167965 Ereignisse (nur Betriebsphasen)  
Automatische Auswertung, Netz bei Abbau 4490 Stand: 18.02.2020



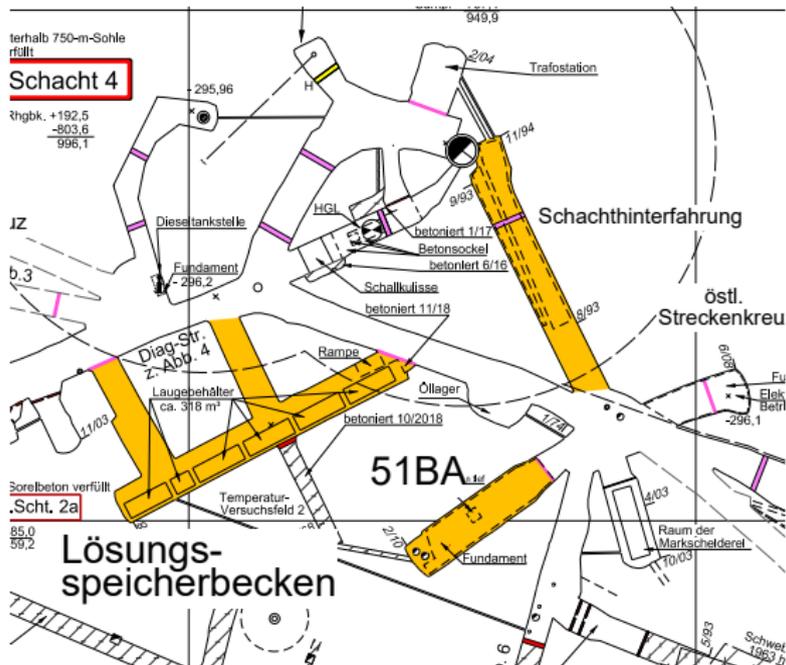
# Oberer Baufeldrand

Abbau 4/490 - Mikroakustische Überwachung (16.02.2020–17.08.2020)



# Oberer Baufeldrand

## zentraler Bereich der 490-m-Sohle - Übersicht



# Oberer Baufeldrand

zentraler Bereich der 490-m-Sohle - Fotodokumentation (Stand: 06.04.2020)



Blick zur „kleinen“ Baustoffanlage (51BA)



Blick zu den neuen Lösungsspeicherbecken

# Oberer Baufeldrand

## Kfz-Werkstatt - Übersicht

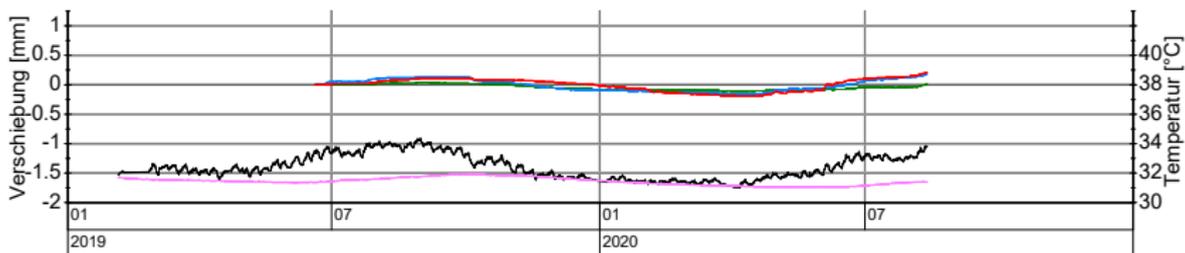


Blick in die Kfz-Werkstatt nach Osten

# Oberer Baufeldrand

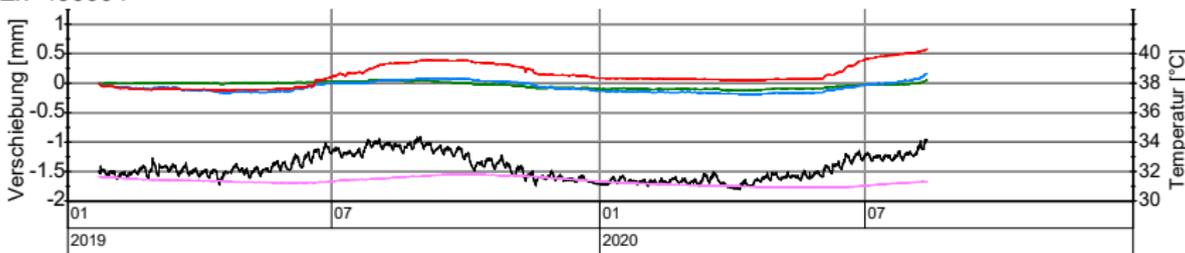
Kfz-Werkstatt - Ergebnisse des Firstextensometer, Zeitraum: 01.01.2019 bis 12.08.2020

FiEx 490003



Symbol	Messstelle	Bohrung	Sohle	Lokation	Einbautiefe	Zeitraum	Bemerkung
—	MFA 490-2/13	FiExBrg.490-03	490-m-Sohle	Firste	2,00	04.02.19 - 12.08.20	
—	MFA 490-2/12	FiExBrg.490-03	490-m-Sohle	Firste	4,00	04.02.19 - 12.08.20	
—	MFA 490-2/11	FiExBrg.490-03	490-m-Sohle	Firste	6,00	19.06.19 - 12.08.20	
—	MFA 490-2/15	FiExBrg.490-03	490-m-Sohle	Firste	Kopfpunkt	01.01.19 - 12.08.20	Temperatur
—	MFA 490-2/14	FiExBrg.490-03	490-m-Sohle	Firste	6,00	04.02.19 - 12.08.20	Temperatur

FiEx 490004

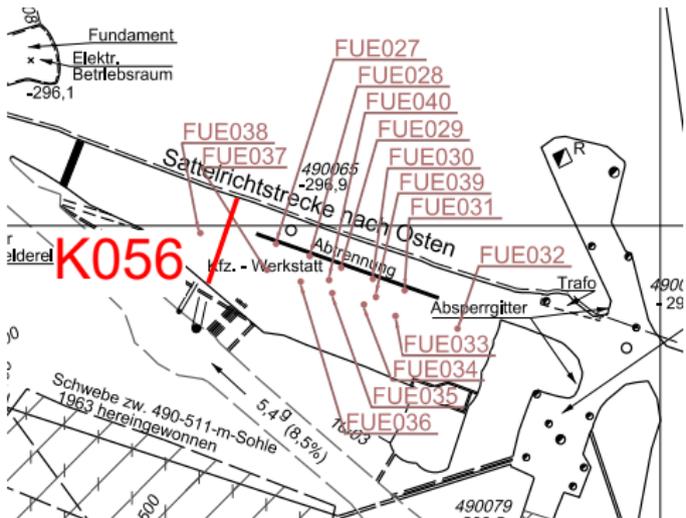


Symbol	Messstelle	Bohrung	Sohle	Lokation	Einbautiefe	Zeitraum	Bemerkung
—	MFA 490-2/8	FiExBrg.490-04	490-m-Sohle	Firste	2,00	01.01.19 - 12.08.20	
—	MFA 490-2/7	FiExBrg.490-04	490-m-Sohle	Firste	4,00	01.01.19 - 12.08.20	
—	MFA 490-2/6	FiExBrg.490-04	490-m-Sohle	Firste	6,00	01.01.19 - 12.08.20	
—	MFA 490-2/10	FiExBrg.490-04	490-m-Sohle	Firste	Kopfpunkt	01.01.19 - 12.08.20	Temperatur
—	MFA 490-2/9	FiExBrg.490-04	490-m-Sohle	Firste	6,00	01.01.19 - 12.08.20	Temperatur



# Oberer Baufeldrand

## Kfz-Werkstatt - Neuinstrumentierung

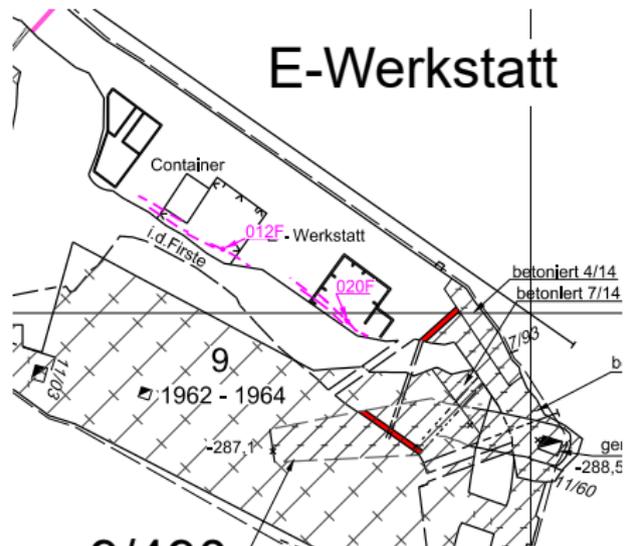


- Neuinstrumentierungen 2019/2020
    - 1 Konvergenzmessquerschnitt
    - 14 Firstüberwachungspunkte (10 an den Kranbahnträgern, 2 an den Firstextensometern und 2 an der Firste)
- ⇒ erste vorläufige Ergebnisse zeigen keine relevanten Firstbewegungen in diesem Bereich



# Oberer Baufeldrand

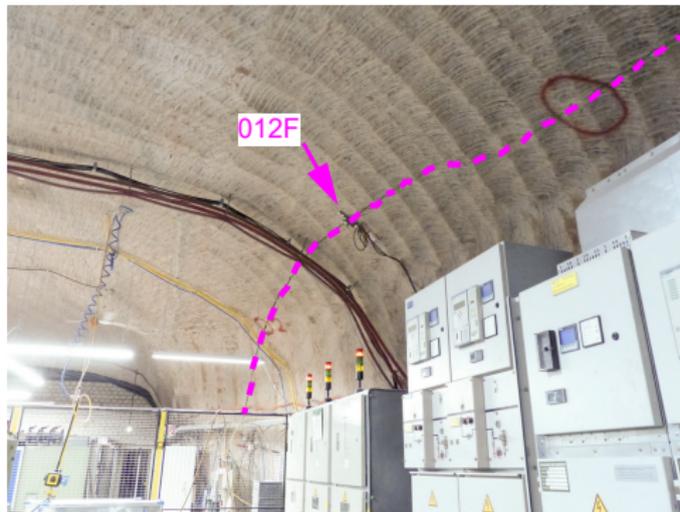
## E-Werkstatt - Übersicht



Blick in die E-Werkstatt nach Osten

# Oberer Baufeldrand

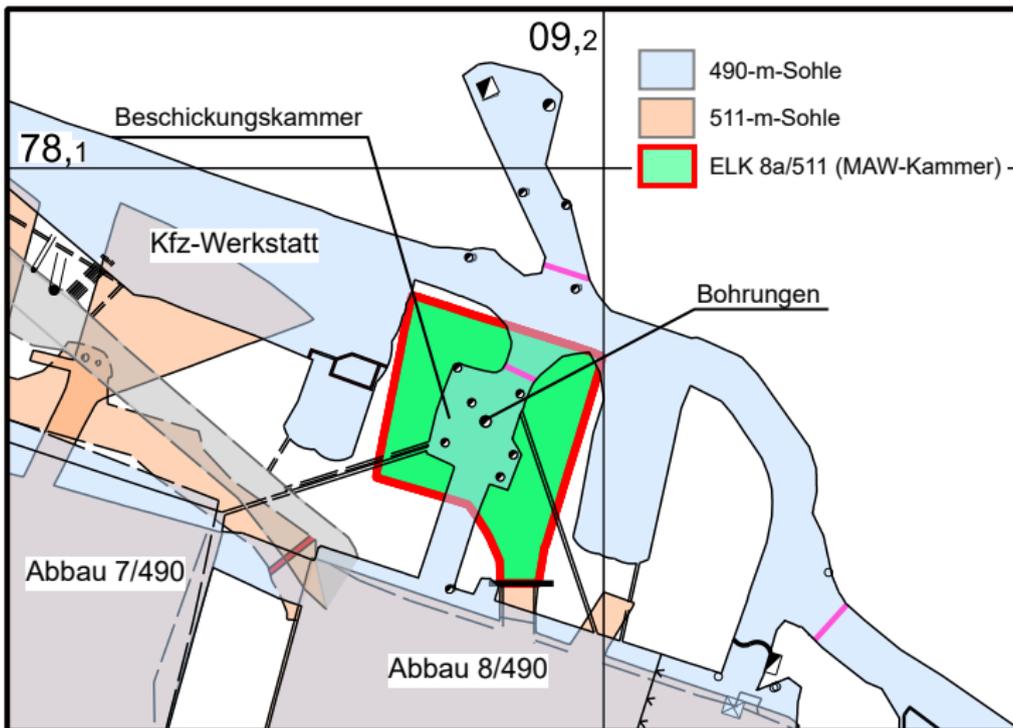
## E-Werkstatt - Rissentwicklung



- Risse zeigen weiterhin Verlängerungen der Risslängen
- Verschiebungsgeschwindigkeiten sind im Jahr 2019 konstant
- je nach weiterer Entwicklung sind ggf. Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich

# Oberer Baufeldrand

## Beschickungskammer/MAW-Kammer - Übersicht



# Oberer Baufeldrand

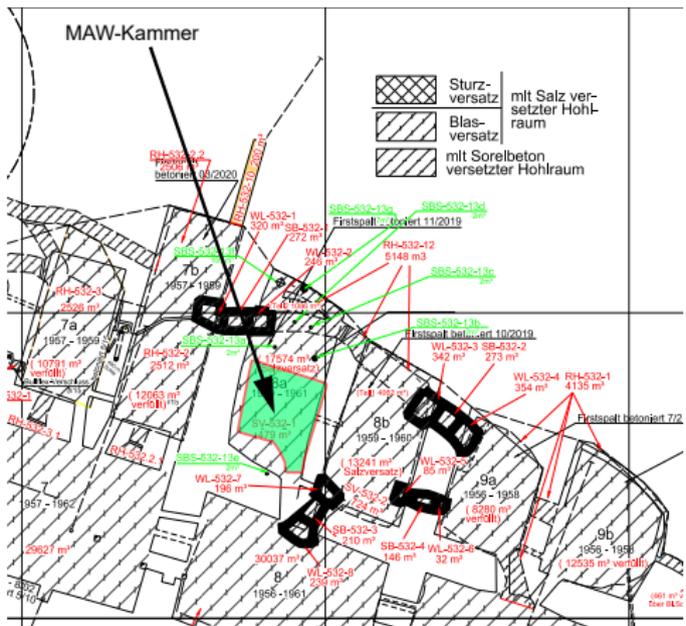
## Beschickungskammer/MAW-Kammer - Übersicht



Blick in die Beschickungskammer

# Oberer Baufeldrand

## Beschickungskammer/MAW-Kammer - Stabilisierungsmaßnahmen 532-m-Sohle



- Die Gebrauchstauglichkeit der Beschickungskammer ist gegeben
  - Firstspalt unterhalb der Schweben der MAW-Kammer (Nebenabbau 8a/532) und die Resthöhlräume im Umfeld wurde mit Sorelbeton verfüllt
  - 532-m-Sohle sind damit die Stabilisierungsmaßnahmen als hinreichend für die Durchführung der Rückholung zu bewerten
  - gebirgsmechanische Situation der Schweben zwischen Beschickungskammer und MAW-Kammer noch unklar (Firstsicherheit)
- ⇒ visuelle Begutachtung der Firste über Bohrungen wird weiterhin empfohlen



# Oberer Baufeldrand

## Zusammenfassung & Fazit

### Abbau 3/490

- Keine weitere Schädigung der Firste zu beobachten
- Konvergenzraten zeigen im Jahr 2019 einen Rückgang
- Mikroakustische Aktivität insbesondere im südlichen angrenzenden Übergangsbereich Salz-Deckgebirge
- Nach Inbetriebnahme der neuen Lösungsspeicherbecken ist der Rückzug und eine vollständige Verfüllung des Abbaues vorgesehen

### Abbau 4/490

- Keine Hinweise auf Rissbildungen in der Firste (Firstkontrollbohrungen)
- Mikroakustische Aktivität ist schwankend. Derzeitig auf einem niedrigen Niveau

### Zentraler Bereich der 490-m-Sohle

- Baustoffanlage (51BA) nach Testphase in Betrieb
- Sanierungsmaßnahmen so gut wie abgeschlossen

# Oberer Baufeldrand *(Forts.)*

## Zusammenfassung & Fazit

### Kfz-Werkstatt

- Neuinstrumentierung abgeschlossen
- Keine gebirgsmechanisch relevante Firstbewegung zu beobachten

### E-Werkstatt

- Risse zeigen weiterhin Verlängerungen der Risslängen
- Je nach weiterer Entwicklung sind ggf. Stabilisierungsmaßnahmen im südlichen Bereich erforderlich

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

- keine gebirgsmechanisch relevanten Änderungen

### Beschickungskammer/MAW-Kammer

- Stabilisierung unterhalb der MAW-Kammer
- Georadarmessungen zeigten wenig Reflektoren im Kernbereich der Schweb.
- Nordwestlicher Pfeiler der Beschickungskammer zeigt Pfeilerbeanspruchungen in Form von Abschalungen
- Zur Bewertung der Gesamtsituation ist die Inspektion der Schweb zwischen Beschickungs-/MAW-Kammer durch vorhandene Bohrungen notwendig

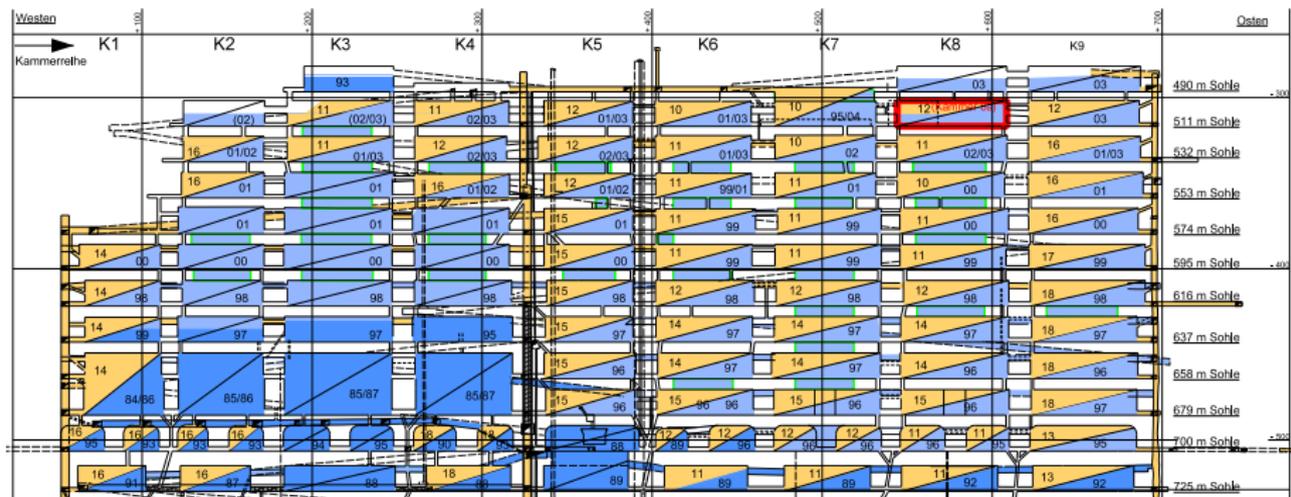


# Übersicht

- 1 Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- 2 Westflügel des Baufeldes an der Südflanke**
- 3 Wendelstrecke im Bereich der 616- bis zur 775-m-Sohle
- 4 Monitoring 700-m-Sohle
- 5 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
- 6 750-m-Sohle: östlicher Bereich und Füllort Schacht 2

# Westflügel des Baufeldes an der Südflanke

## Firstspaltverfüllung im Schnitt 1 (Stand 05/2020)



Eigenversatz

Ronnenbergversatz

Sorelbeton

Schwebendurchbruch

Schema

Abbau verfüllt  
Firste betoniert

# Westflügel des Baufeldes an der Südflanke

## Stabilisierungsmaßnahmen in Jahr 2019



- Wetterstrecke zum Blindschacht 1 auf der 574-m-Sohle bis zur 553-m-Sohle



# Westflügel des Baufeldes an der Südflanke

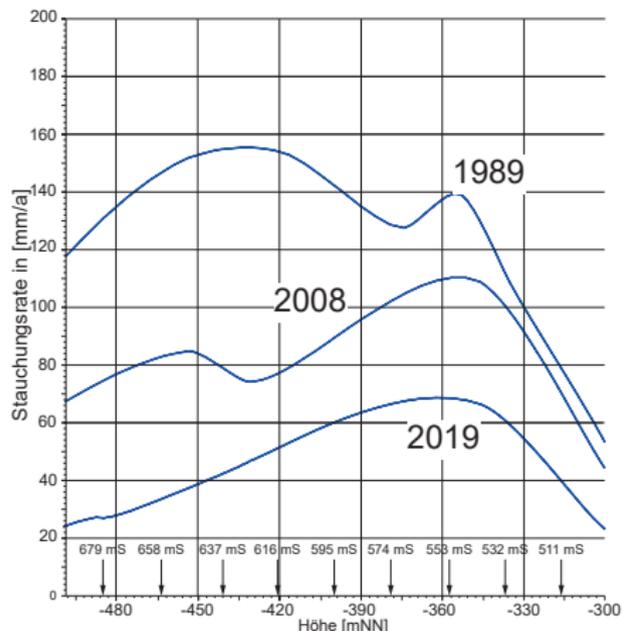
## Gebirgsmechanische Situation

- hochbeanspruchte und überwiegend entfestigte, aber im Bereich der Schweben noch intakte, Pfeilerkerne
- Pfeilerstauchungsmaximum im Bereich der Abbaureihen 3 bis 5 der 553-m- bis 574-m-Sohle
- integrale Verschiebung von bis zu 6 m in Nord-Süd-Richtung (seit Ende der Auffahrung)
- die visuelle Begutachtung von Bohrungen zeigen insbesondere im Pfeiler 2/3 vertikale Risse mit Öffnungsweiten im dm-Bereich

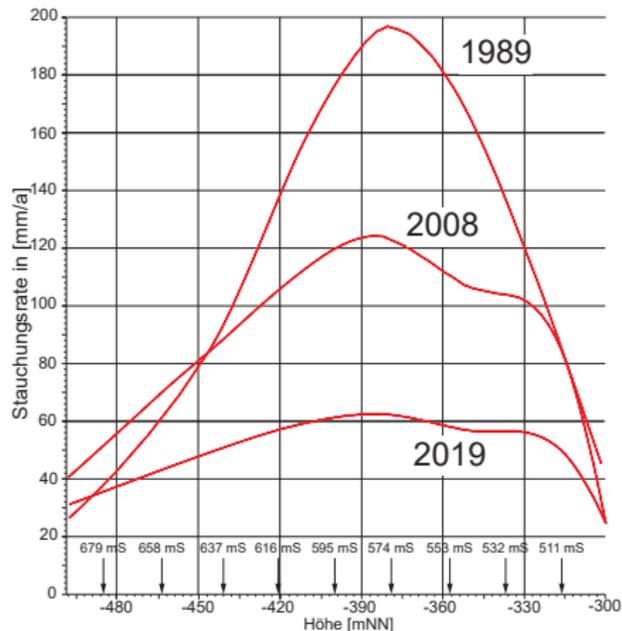
# Westflügel des Baufeldes an der Südflanke

Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten - Vergleich Ost- und Westflügel

## Westflügel (Schnitt durch Abbaureihe 2/3)

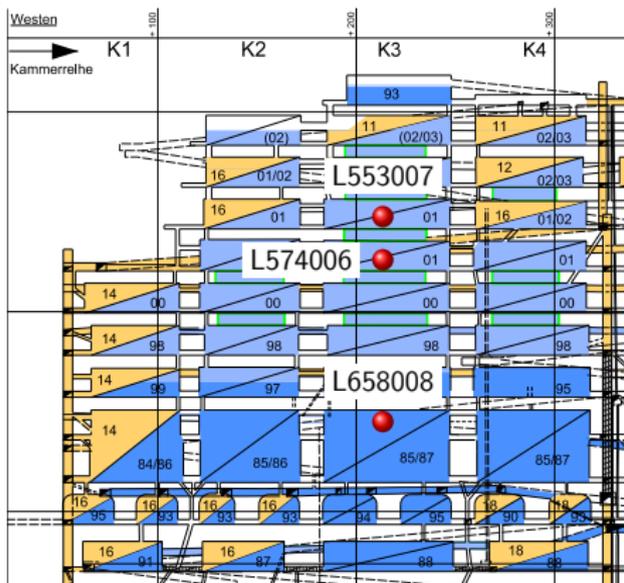


## Ostflügel (Schnitt durch Abbaureihe 6/7)



# Westflügel des Baufeldes an der Südflanke

## Hydrogeologische Situation



### 553-m-Sohle

- L553007 im Jahr 2019 nur noch leicht tropfend (ca. 0,1 L/d)

### 574-m-Sohle

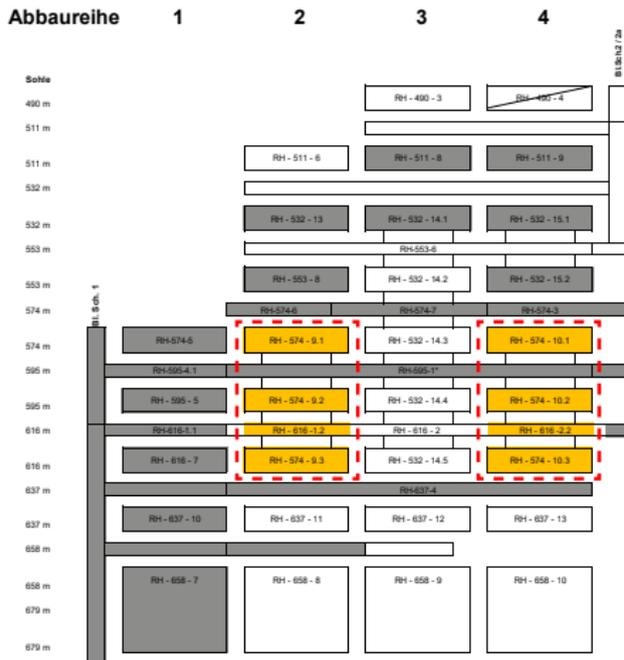
- Bereich seit Mitte 2019 komplett verfüllt

### 658-m-Sohle

- L658008 ist die Hauptfassungsstelle
- Fassung konzentriert sich auf die Abbaureihe 3
- Über 95 % der Lösungen aller im Baufeld an der Südflanke überwachten Katasterstellen werden hier gefasst

# Westflügel des Baufeldes an der Südflanke

## Zusammenfassung und Empfehlung



- Aufgrund der fortschreitender Schädigung im Bereich des Westflügel sind weitere Stabilisierungsmaßnahmen notwendig
- ⇒ Die Firstspaltverfüllung in den Abbaureihen 2 und 4 sollte zeitnah durchgeführt werden
- ⇒ Sonderbetriebsplan ist beim LBEG eingereicht (9. NT SBPL 6/2009)

# Übersicht

- 1 Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- 2 Westflügel des Baufeldes an der Südflanke
- 3 Wendelstrecke im Bereich der 616- bis zur 775-m-Sohle
  - Wendelstrecke im Bereich der 616-m-Sohle (Hauptpfeiler 4/5)
  - Wendelstrecke im Bereich der 725- bis 750-m-Sohle
  - Wendelstrecke im Bereich der 750- bis 775-m-Sohle
- 4 Monitoring 700-m-Sohle
- 5 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
- 6 750-m-Sohle: östlicher Bereich und Füllort Schacht 2

# Übersicht

- 1 Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- 2 Westflügel des Baufeldes an der Südflanke
- 3 **Wendelstrecke im Bereich der 616- bis zur 775-m-Sohle**
  - Wendelstrecke im Bereich der 616-m-Sohle (Hauptpfeiler 4/5)
  - Wendelstrecke im Bereich der 725- bis 750-m-Sohle
  - Wendelstrecke im Bereich der 750- bis 775-m-Sohle
- 4 Monitoring 700-m-Sohle
- 5 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
- 6 750-m-Sohle: östlicher Bereich und Füllort Schacht 2

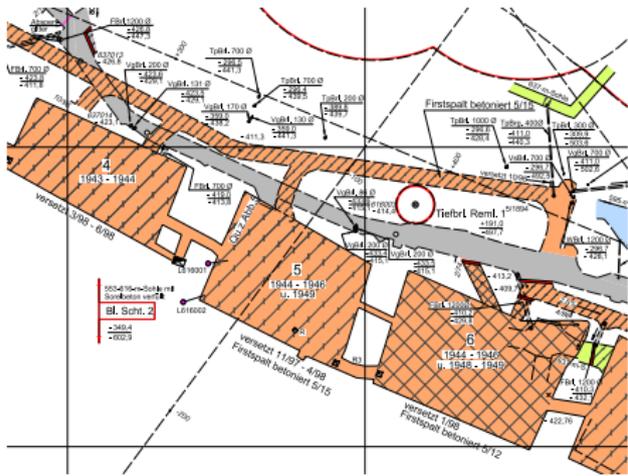


# Überblick

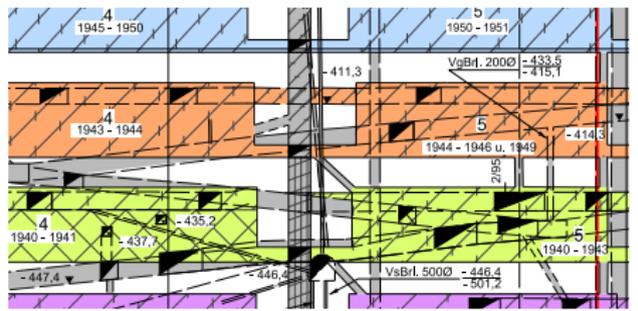
- Am Süd- und Nordstoß wurden Rissbildungen in ca. 2 m Abständen festgestellt
  - Firstradarmessungen und Rissaufnahme ist erfolgt.
  - Erkundungsbohrungen in Planung
- ⇒ Sanierungsempfehlung

# Wendelstrecke 616, P 4/5: Übersicht des Monitoringbereiches

Sohlenriss



Schnitt



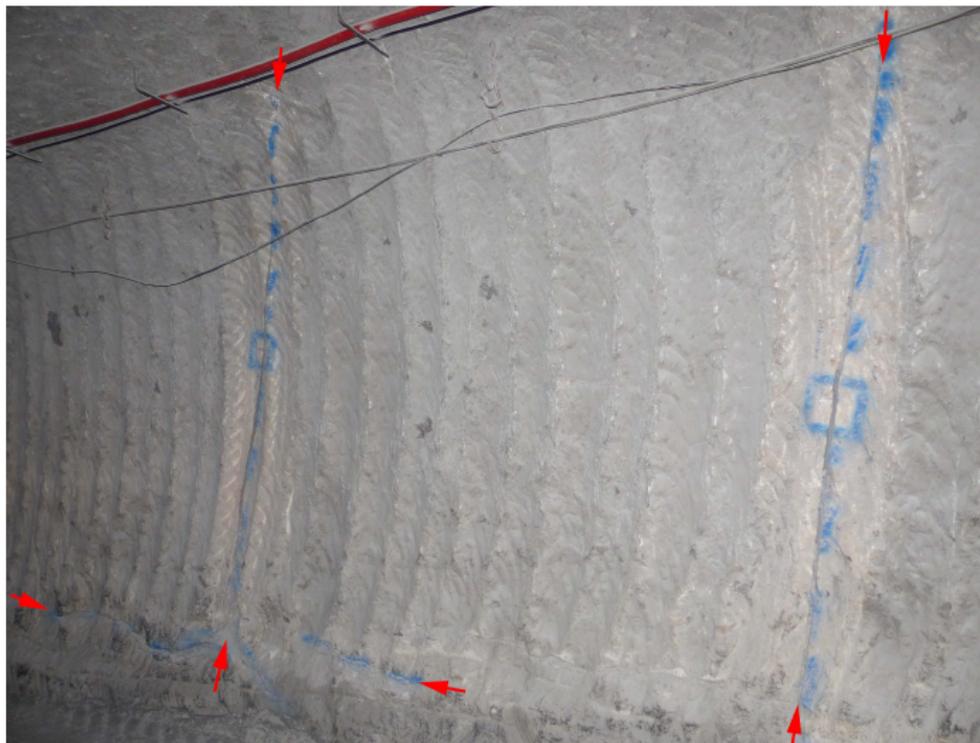
# Fotodokumentation

Südstoß; Aufnahme vom 23.07.2020



# Fotodokumentation

Nordstoß, Aufnahme vom 23.07.2020



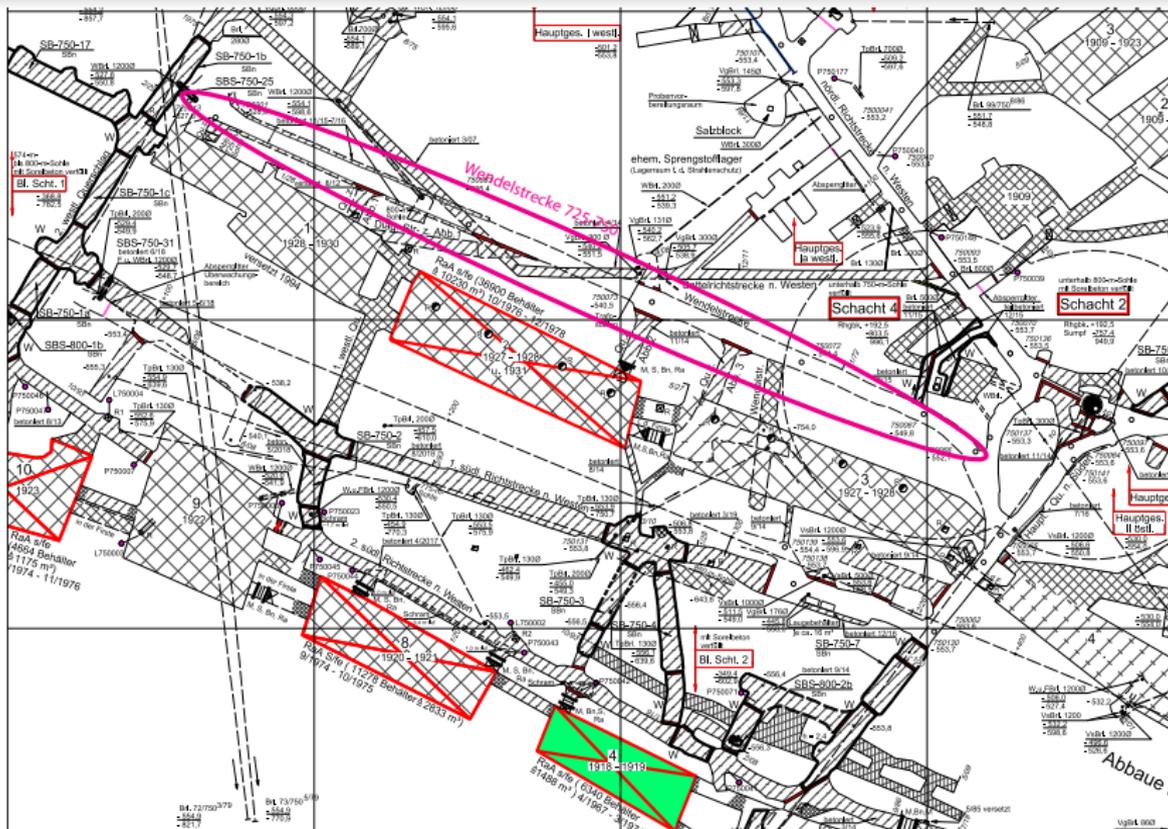
# Übersicht

- 1 Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- 2 Westflügel des Baufeldes an der Südflanke
- 3 **Wendelstrecke im Bereich der 616- bis zur 775-m-Sohle**
  - Wendelstrecke im Bereich der 616-m-Sohle (Hauptpfeiler 4/5)
  - **Wendelstrecke im Bereich der 725- bis 750-m-Sohle**
  - Wendelstrecke im Bereich der 750- bis 775-m-Sohle
- 4 Monitoring 700-m-Sohle
- 5 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
- 6 750-m-Sohle: östlicher Bereich und Füllort Schacht 2

# Chronologie

- Nachschnitt 2015
- im unteren Bereich keine Stützbauwerke an den Stößen
- Fortschreitende Aufblätterung/Abschalung
- Radarmessungen Ende 2019
- Empfehlungen für Sanierung (03/2020): 1 m mächtige Mauer am Nordstoß

# Wendelstrecke 725-750: Übersicht des Monitoringbereiches



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

## Festgestellte Schädigungen und Sanierungsmaßnahmen



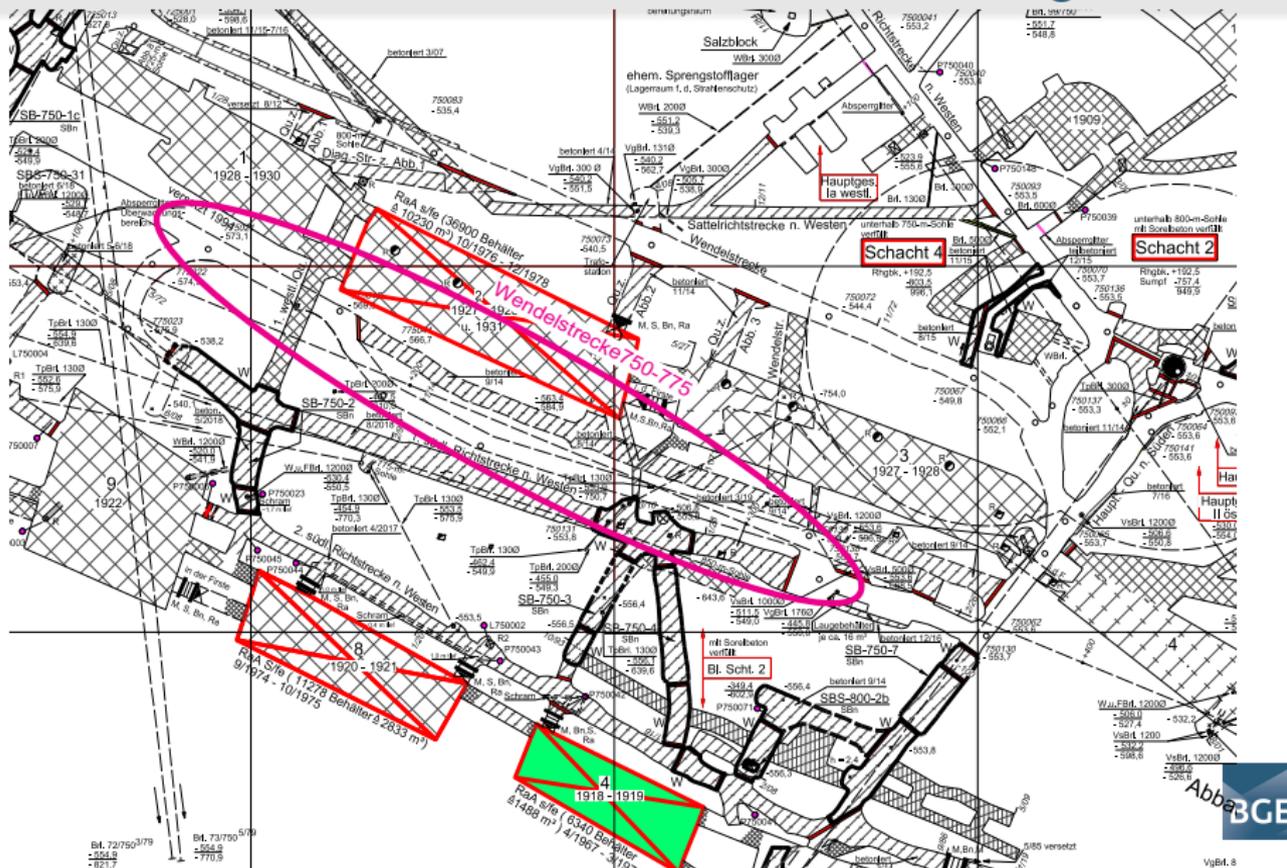
# Übersicht

- 1 Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- 2 Westflügel des Baufeldes an der Südflanke
- 3 Wendelstrecke im Bereich der 616- bis zur 775-m-Sohle**
  - Wendelstrecke im Bereich der 616-m-Sohle (Hauptpfeiler 4/5)
  - Wendelstrecke im Bereich der 725- bis 750-m-Sohle
  - Wendelstrecke im Bereich der 750- bis 775-m-Sohle**
- 4 Monitoring 700-m-Sohle
- 5 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
- 6 750-m-Sohle: östlicher Bereich und Füllort Schacht 2

# Chronologie

- Ende 2014 erfolgte südlich der ehemaligen Strecke eine Neuauffahrung.
- Bereits im Rahmen der Vorerkundung (Kernbohrungen) wurden gebirgsmechanisch vorgeschädigte Bereiche festgestellt.
- Ungefähr 6 Monate nach der Auffahrung wurden Rissbildungen an beiden Stößen im östlichen (oberen) Drittel der Neuauffahrung detektiert

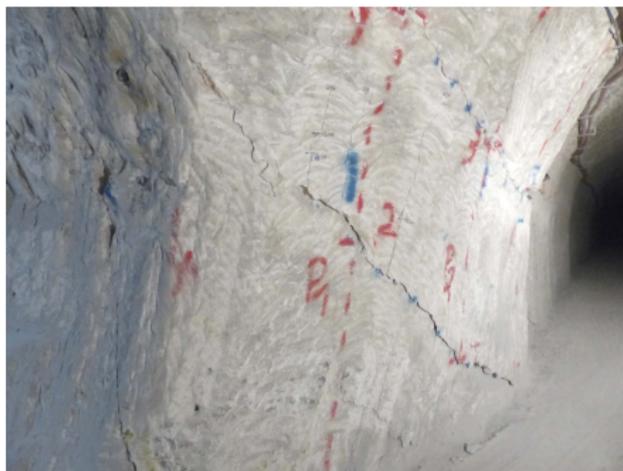
# Wendelstrecke 750-775: Übersicht des Monitoringbereiches



# Wendelstrecke 750-775: 2014 aufgefahrener Abschnitt

## Festgestellte Schädigungen – Oberer Abschnitt

Aufnahme vom 14.06.2018



Aufnahme vom 26.08.2020



# Übersicht

- 1 Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- 2 Westflügel des Baufeldes an der Südflanke
- 3 Wendelstrecke im Bereich der 616- bis zur 775-m-Sohle
- 4 Monitoring 700-m-Sohle**
- 5 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
- 6 750-m-Sohle: östlicher Bereich und Füllort Schacht 2

# Allgemeines

- Maßnahmen auf der 700-m-Sohle weitgehend abgeschlossen
- Verfüllung des Standorts der ehem. MAT-Behälter-Abfüllstation läuft
- Freiladen Abbau 6/725
- Aufwältigung der ehem. Wetterstrecke zum Schacht 2 in Planung



# Übersicht

- 1 Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- 2 Westflügel des Baufeldes an der Südflanke
- 3 Wendelstrecke im Bereich der 616- bis zur 775-m-Sohle
- 4 Monitoring 700-m-Sohle
- 5 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)**
- 6 750-m-Sohle: östlicher Bereich und Füllort Schacht 2

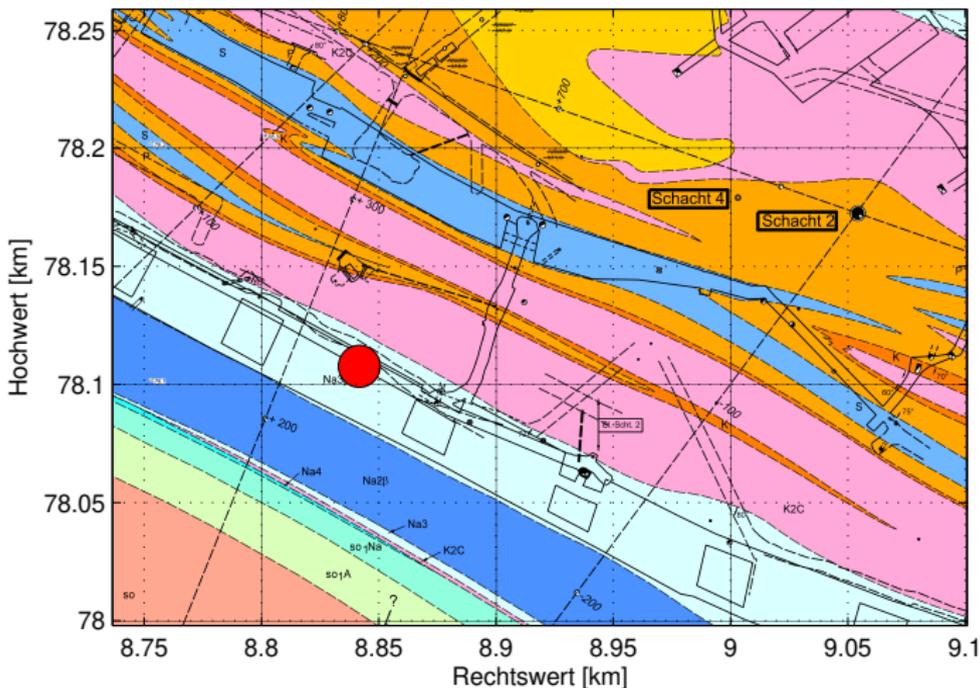
# Allgemeines

- Auffahrung einer Strecke im nördlichen Bereich der Abbaue 1 bis 4 und Sicherung durch einen Gleitbogenausbau
- Sichtbare Entfestigungserscheinungen
- (höhrbare) mikroseismische Ereignisse

⇒ Sanierungsbedarf

# Gehörtes mikroseismisches Ereignis

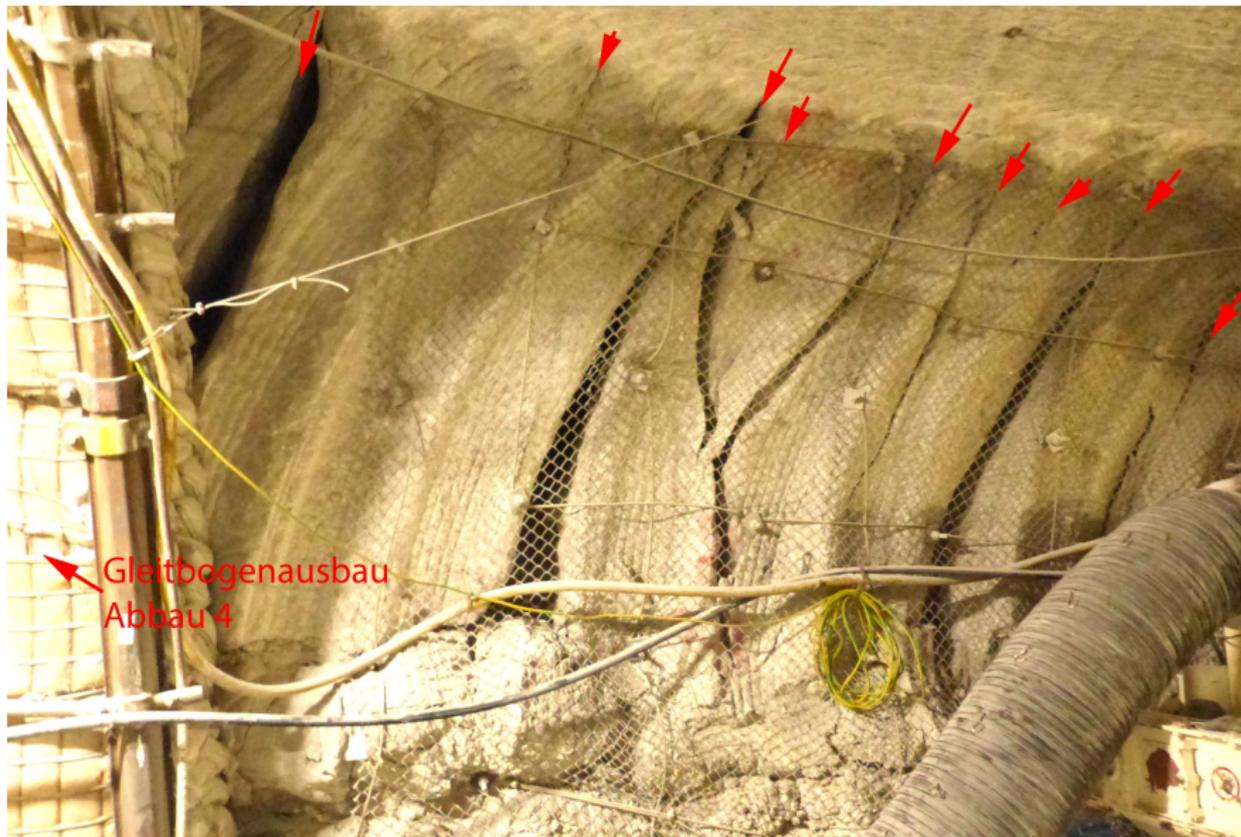
28.04.2020, 06:21:31 UTC, Lokalmagnitude  $M_l = -2.1$ , Tiefe:  $-737\text{m}$



Hintergrundbild: 725-m-Sohlen-Niveau – Auszug aus dem Risswerk



# Pfeiler 3/4, 725-m-Sohle



# Übersicht

- 1 Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer
- 2 Westflügel des Baufeldes an der Südflanke
- 3 Wendelstrecke im Bereich der 616- bis zur 775-m-Sohle
- 4 Monitoring 700-m-Sohle
- 5 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke)
- 6 750-m-Sohle: östlicher Bereich und Füllort Schacht 2**

# Allgemeines

- Maßnahmen zur Erhalt einer temp. Weiternutzung des Füllorts Schacht 2 fast beendet;
- Sanierungsmaßnahmen im Bereich der Richtstrecke nach Osten und Abbau 2/750 (Na2) fast beendet



## Teil VI

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

# Übersicht Teil VI

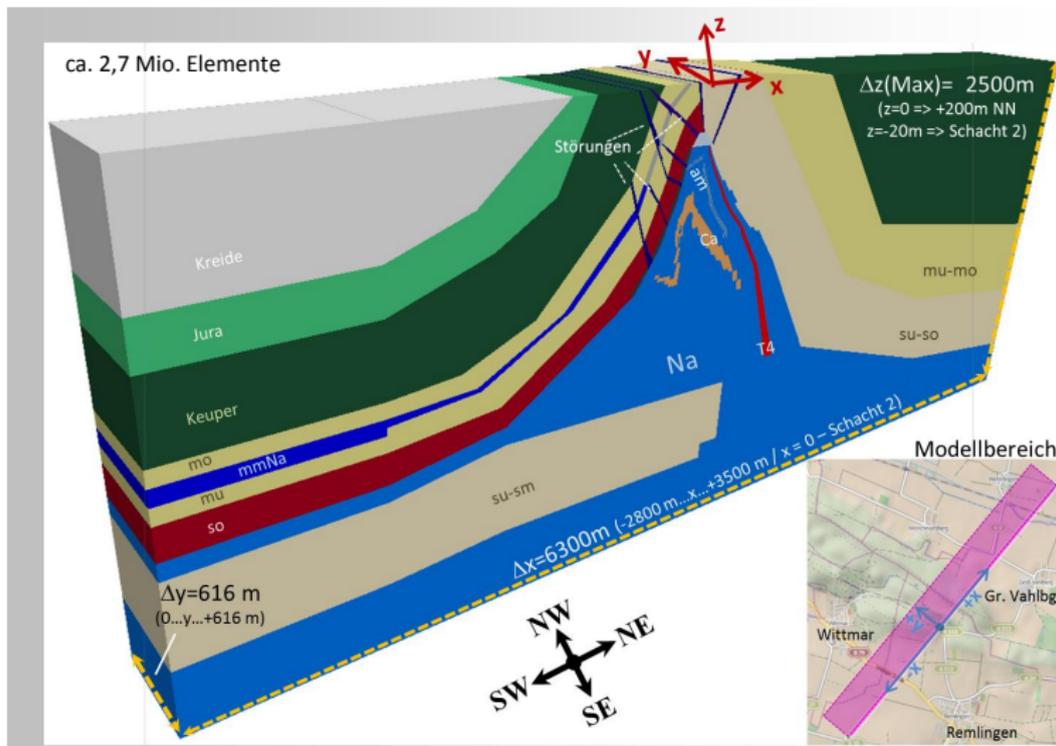
- 1 Bewertung und Prognose in der Zustandsanalyse 2016
- 2 Aktuelle Bewertung des Systemverhaltens
- 3 Fazit und Empfehlungen

# Übersicht

- 1 Bewertung und Prognose in der Zustandsanalyse 2016
- 2 Aktuelle Bewertung des Systemverhaltens
- 3 Fazit und Empfehlungen

- Das Tragsystem befindet sich in einem gebirgsmechanischen Grenzzustand mit Überzugwirkungen auf das unmittelbare Deckgebirge, die auch dort zu lokalen Bruchprozessen führen (Interaktion).
- Die in der Gebirgsmechanik üblichen Kriterien für Stabilitäts- und Integritätsbewertungen sind überschritten.
- Der Versatzdruckaufbau (durch Firstspaltverfüllung unterstützt) wirkt den Bruchprozessen entgegen und hat zu einer deutlichen Verringerung der Deckgebirgsverschiebungsraten geführt.
- Es liegt eine Vorausberechnung der Verschiebungsraten bis 2026 vor. Sie ist gebunden an einen weiteren Versatzdruckaufbau unter dem Vorbehalt, dass es zu keinen plötzlichen Scherbewegungen im südlichen Deckgebirge und gebirgsmechanisch relevanten Lösungseinflüssen kommt.
- Eine darüber hinaus gehende Prognose ist abhängig von der weiteren Standortentwicklung. Nur mit einer umfassenden Stabilisierung können:
  - Systembedingungen für eine längerfristige Vorhersage und
  - die Voraussetzungen für die Rückholung geschaffen werden.

# Gebirgsmechanisches Berechnungsmodell und geografische Zuordnung des modellierten Gebirgsausschnittes



# Steinsalzabbaufeld an der Südflanke im gebirgsmechanischen Modell

## Schweben:

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

## Pfeiler:

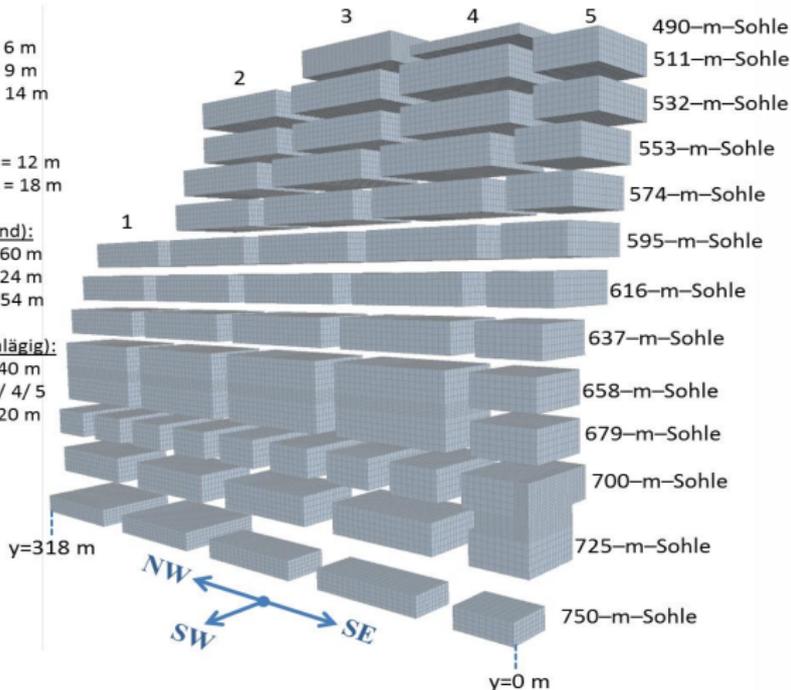
ab 700-m-Sohle  $B = 12$  m  
unter 700-m-Sohle  $B = 18$  m

## Abbaulänge (streichend):

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

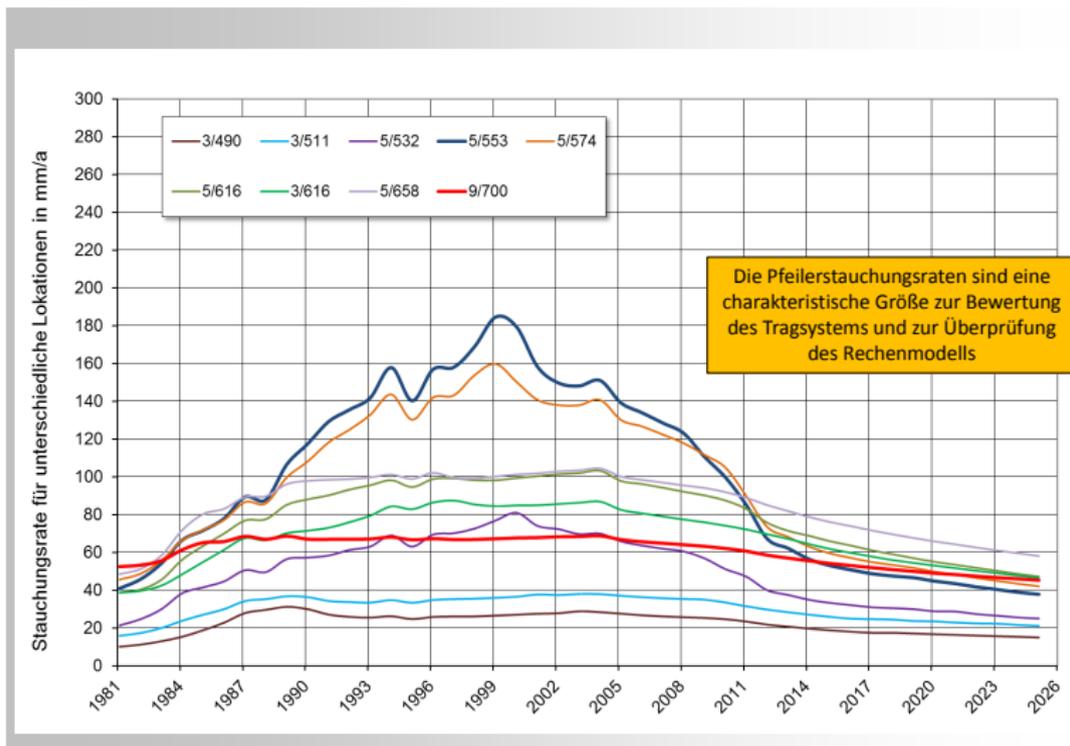
## Abbaubreite (querschlägig):

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



# Berechnete Stauchungsraten (TFA 2016)

für unterschiedliche Lokationen inkl. Prognose

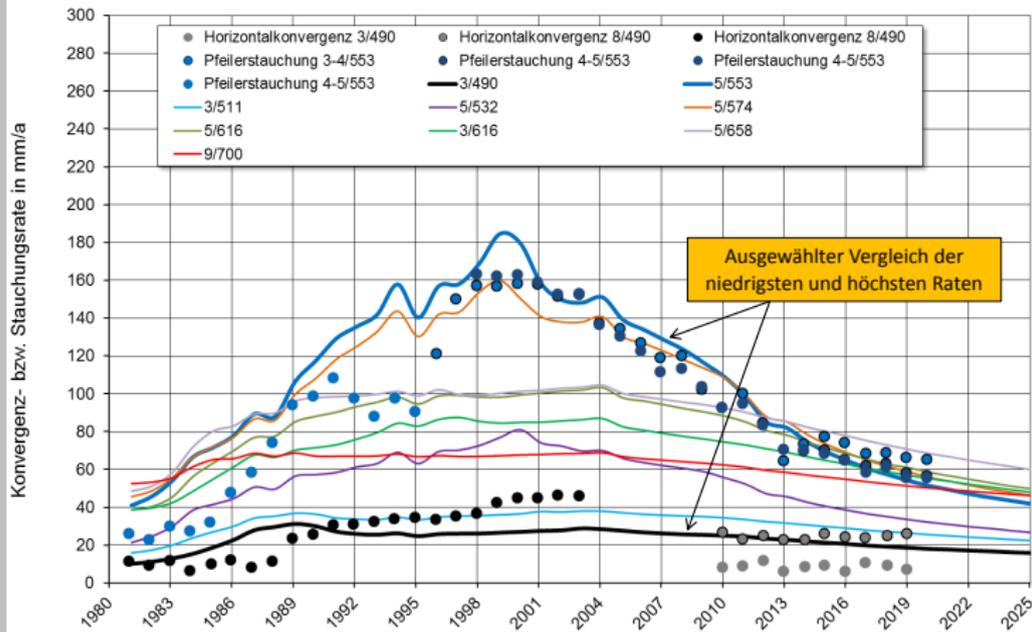


# Übersicht

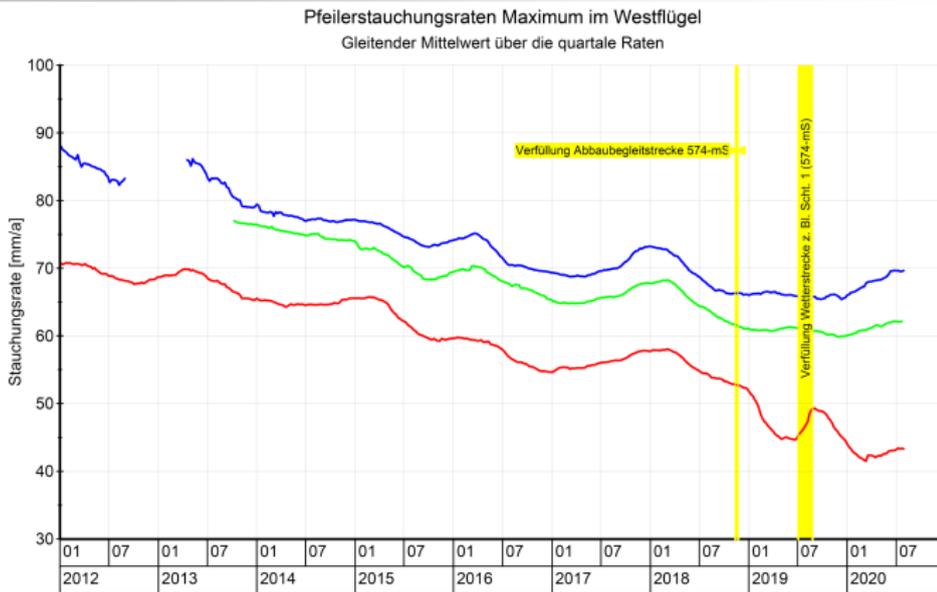
- 1 Bewertung und Prognose in der Zustandsanalyse 2016
- 2 Aktuelle Bewertung des Systemverhaltens**
- 3 Fazit und Empfehlungen

# Berechnete Stauchungsraten (TFA 2016)

inkl. Prognose (unterschiedliche Abbaue/Sohlen) und Vergleich mit gemessenen Konvergenzen und Pfeilerstauchungsraten der 490 und 553-m-Sohle



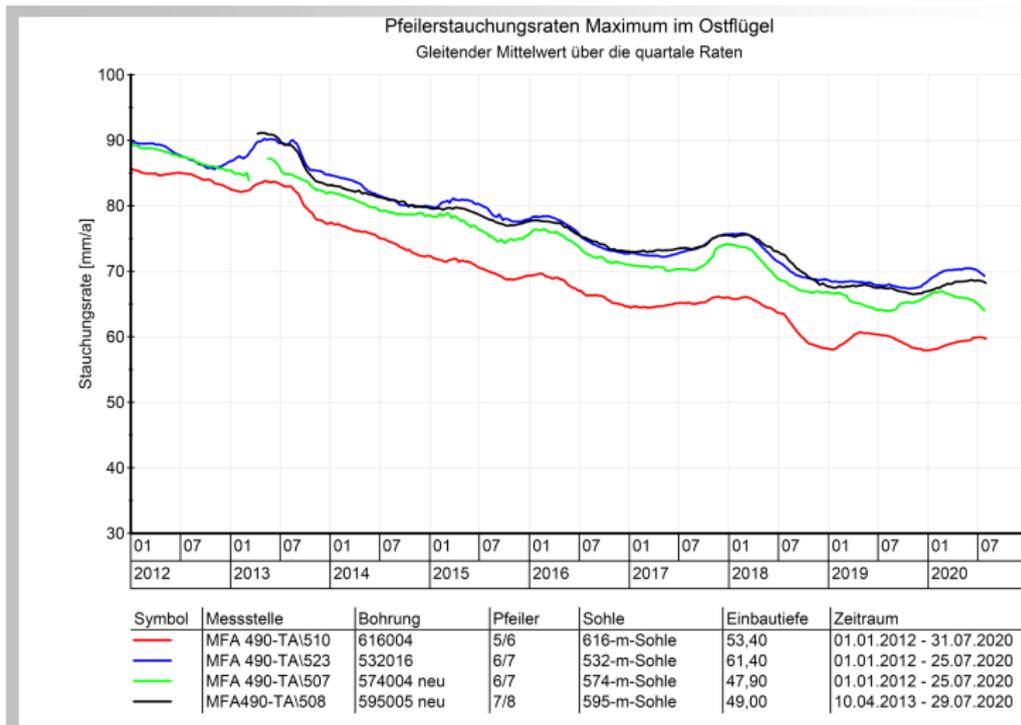
# Aktuelle Pfeilerstauchungsraten im Westflügel bis Ende Juli 2020



Symbol	Messstelle	Bohrung	Pfeiler	Sohle	Einbautiefe	Zeitraum
—	MFA 490-TA/506	574003	2/3	574-m-Sohle	52,60	01.01.2012 - 29.07.2020
—	MFA 490-TA/504	553009	3/4	553-m-Sohle	58,90	01.01.2012 - 29.07.2020
—	MFA 490-TA/516	553013	4/5 (Beton)	553-m-Sohle	49,20	09.10.2013 - 29.07.2020



# Aktuelle Pfeilerstauchungsraten im Ostflügel bis Ende Juli 2020



# Erklärungsmodell 1

Erhöhung der Pfeilerstauchungsraten im Jahr 2020 durch erhöhte Mobilität (Entfestigung und Durchfeuchtung) des Carnallitits

## Bezug zum Jahresbericht für 2019:

- Relevante Resthohlräume in den Zugangsstrecken und im Firstbereich der Carnallititabbaue.
- Deutliche und zunehmende Schädigungen in Konturbereichen, denen mit Stützbauwerken begegnet wird. Lokal überdurchschnittliche Streckenkonvergenz in Carnallititstrecken.
- Anstieg der Seismik im Osten (Schnitt 22 und 26) deutet auf verstärkten Lastabtrag am östl. Baufeldrand hin (evtl. auch an Anhydriteinschaltungen).

## Hinweise aus der gebirgsmechanischen Modellierung:

- Absenkung der minimalen Druckeinspannung im Carnallitit durch Kriechprozesse.
- Spannungsabbau in der Hohlraumumgebung durch Bruch- und Entfestigungsvorgänge.
- Ausbildung dilatanter Zonen.

## Erklärungsmodell 1 *(Forts.)*

Erhöhung der Pfeilerstauchungsraten im Jahr 2020 durch erhöhte Mobilität (Entfestigung und Durchfeuchtung) des Carnallitits

### Schlussfolgerungen:

- Die Entfestigungs- und Bruchprozesse im Carnallitit könnten zu einer Vernetzung von Rissystemen und einem lokalen Zutritt von Salzlösungen geführt haben.
- Der Lösungseinfluss (Zersetzung?) könnte in Verbindung mit den ohnehin schon gegebenen Kriech- und Entfestigungsprozessen zu einer Verschiebungskomponente aus der nördlichen Richtung geführt und die Pfeilerstauchungsraten an der Südflanke erhöht haben.
- Durch den anstehenden Carnallitit sind die Pfeiler sowohl im Westen, als auch im Osten betroffen. Der bessere Verfüllzustand im Osten konnte diese Aktivierung nicht verhindern.

## Erklärungsmodell 2

Erhöhung der Pfeilerstauchungsraten im Jahr 2020 durch verringerte Eigentragfähigkeit im südlichen Deckgebirge

### Bezug zum Jahresbericht für 2019:

- Festigkeitsüberschreitungen im südlichen Deckgebirge werden durch die Mikroseismik belegt.
- Die mikroseismischen Ereignisse sind teilweise entlang der Gewölbeauflager positioniert.
- Infolge der dickeren Barriere ist die temporäre Ratenerhöhung im Ostflügel etwas geringer.

### Hinweise aus der gebirgsmechanischen Modellierung:

- Im mikroseismisch aktiven südlichen Deckgebirge werden Festigkeitsüberschreitungen berechnet.
- In den Bereichen abgesenkter minimaler Druckeinspannung (Verletzung des Minimalspannungskriteriums) und bruchhafter Auflockerung wäre eine Lösungsausbreitung möglich.

## Erklärungsmodell 2 *(Forts.)*

Erhöhung der Pfeilerstauchungsraten im Jahr 2020 durch verringerte Eigentragfähigkeit im südlichen Deckgebirge

### Schlussfolgerungen:

- Es könnte zu einer Verringerung der Eigentragfähigkeit im südlichen Deckgebirge und einer bruchhaften Gewölbeerweiterung gekommen sein.
- In der Folge wäre eine erhöhte Auflast konvergenzwirksam gewesen.
- Das Systemverhalten ist grundsätzlich durch ein stick-slip artiges Nachrutschen des südlichen Deckgebirges und eine gebirgsmechanische Wechselwirkung zwischen dem Deckgebirge und nachgiebigen Tragsystem gekennzeichnet.

# Übersicht

- 1 Bewertung und Prognose in der Zustandsanalyse 2016
- 2 Aktuelle Bewertung des Systemverhaltens
- 3 Fazit und Empfehlungen**

## Zusammenfassende Einschätzung des IfG

- Die grundsätzliche Systemeinschätzung hat sich nicht verändert.
  - Die festgestellten Pfeilerstauchungsraten bewegen sich innerhalb der prognostizierten Bandbreite.
- ⇒ **Damit haben die in der Zustandsanalyse 2016 getroffenen Aussagen weiterhin Bestand!**

## Zusammenfassende Einschätzung des IfG *(Forts.)*

- Die alternierenden Stauchungsraten belegen die Instabilität und Interaktion der Tragelemente und sind typisch für Systeme im Grenzzustand.
- Das gegenwärtige größte Risiko wird in einem zunehmenden Lösungseinfluss gesehen.
- Unabhängig von den Ursachen der zeitweise erhöhten Pfeilerstauchungsraten bzw. ihrer Wichtigung sind die Stabilisierungsmaßnahmen fortzuführen.
- Bei dem Tragsystem im Grenzzustand kann, bedingt durch bruchhafte und konvergenzbedingte Lastumlagerungen, ein erneuter Anstieg der Pfeilerstauchungsraten nicht ausgeschlossen werden.
- Erhöhte Pfeilerstauchungsraten könnten Veränderungen der Lösungszutritte nach sich ziehen, direkte Korrelationen ließen sich aber bisher nicht belegen.

## Zusammenfassende Einschätzung des IfG *(Forts.)*

- Zur Unterstützung der Resttragfähigkeit des bestehenden Tragsystems wird weiterhin eine zügige Verfüllung von Firstspalten und abgeworfenen Grubenbauen (insbesondere in den Abbaureihen 2 und 4) mit Sorelbeton empfohlen.
- Aufgrund der langen Standzeit und des daraus resultierenden zum Teil hohen Schädigungsgrades sind lokale Stützmaßnahmen zum Erhalt der Bergbausicherheit von zentraler Bedeutung. Die fortlaufende Hohlraumminimierung wirkt dem großräumigen Schädigungsprozess zwar grundsätzlich entgegen, entwickelt ihre Wirksamkeit aber erst mit zeitlicher Verzögerung.
- Die Überwachung der First- und Stoßsicherheit und das damit verbundene umfangreiche Monitoring sind für den Erhalt der Bergbausicherheit unverzichtbar.
- Die Fortführung der Stabilisierung und die weitere Umsetzung der Notfallplanung sind grundlegende Voraussetzungen für die Rückholung.

# Teil VII

## Salzlösungsmonitoring

# Übersicht Teil VII

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

# Bericht zur Situation 2019 und aktuelle Entwicklungen

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

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

# Übersicht

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

2 Carnallititbaufeld (Nordflanke)

3 Tiefenaufschluss

4 Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring

# Übersicht

- 1 **Baufeld an der Südflanke**
  - **658-m-Sohle: Bereich Hauptfassungsstelle**
  - 725-m-Sohle: Sammelstellen in der Richtstrecke nach Westen
  - 750-m-Sohle: Sammelstellen östl. Abbau 9, nördlich ELK 8 und ELK 4) sowie nördlich Blindschacht 2
  - 750-m-Sohle: Bereich vor der ELK 12/750
  - Gesamte Südflanke
- 2 Carnallititbaufeld (Nordflanke)
- 3 Tiefenaufschluss
- 4 Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring

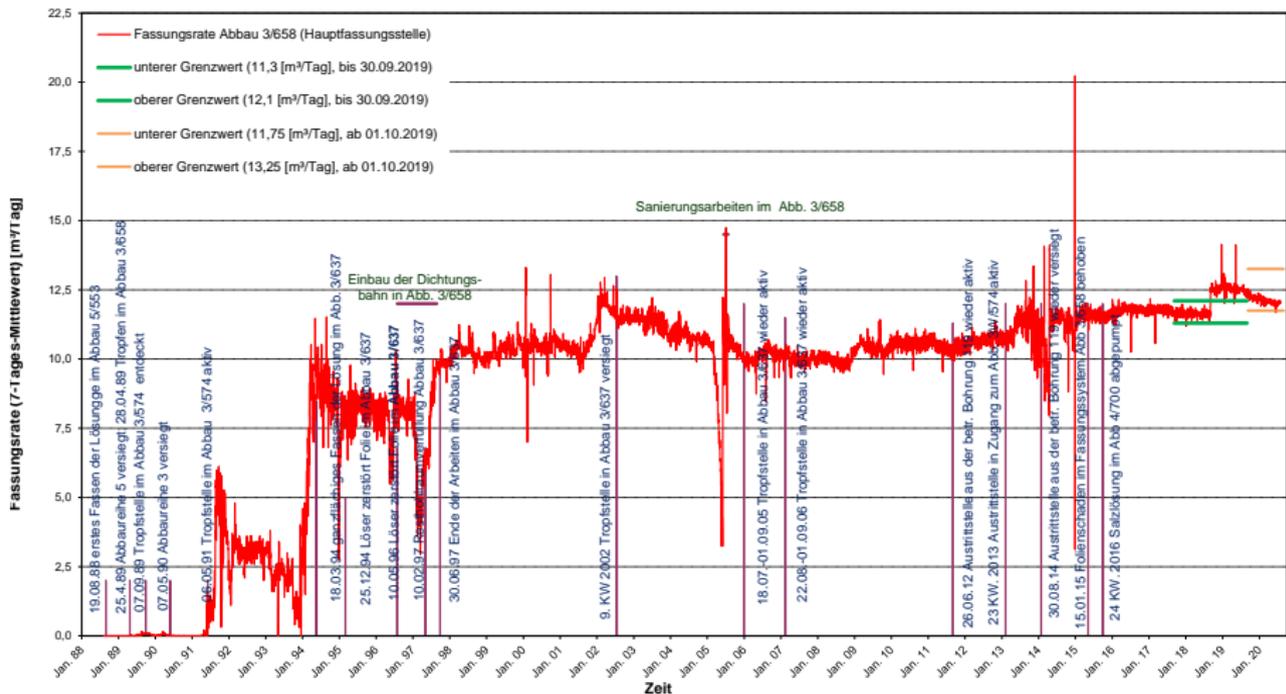
# Salzlösungsmonitoring: 658-m-Sohle

## Lokalitäten L658008 (Abbau 3/658) L658020 (Brg. 119)



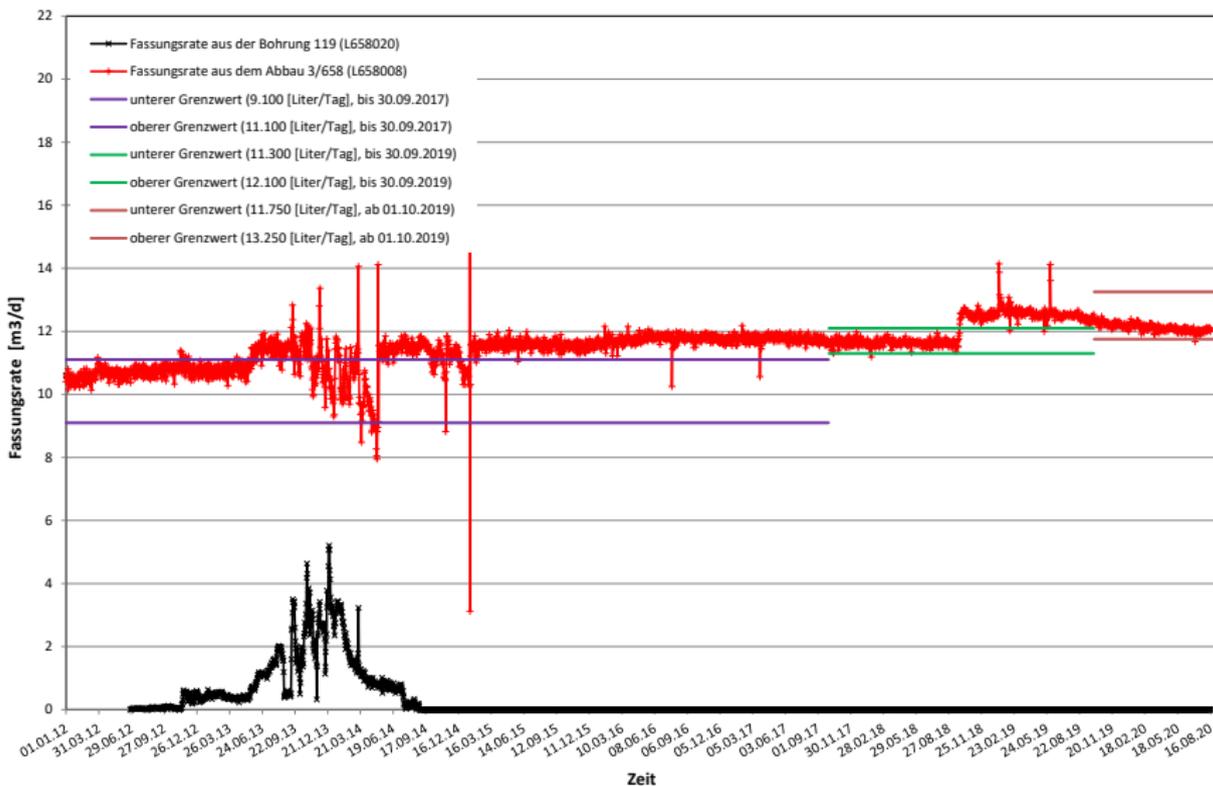
# Salzlösungsmonitoring: 658-m-Sohle - Fassungsraten

Abbau 3/658 (L658008), Zeitraum: 01.08.1988 bis 17.08.2020



# Salzlösungsmonitoring: 658-m-Sohle - Fassungsraten

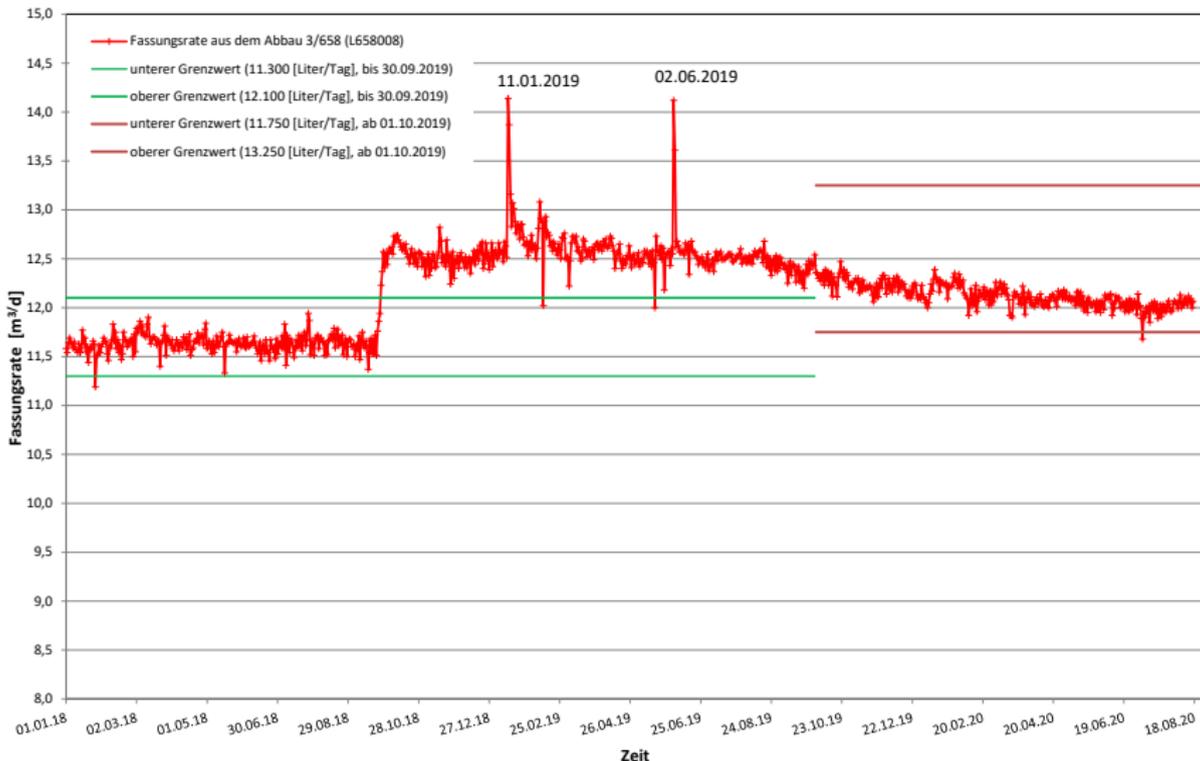
Abbau 3/637 (L658008) und Abbau 3/637 (L658020), Zeitraum: 01.01.2012 bis 17.08.2020



Dr. Zakharchuk

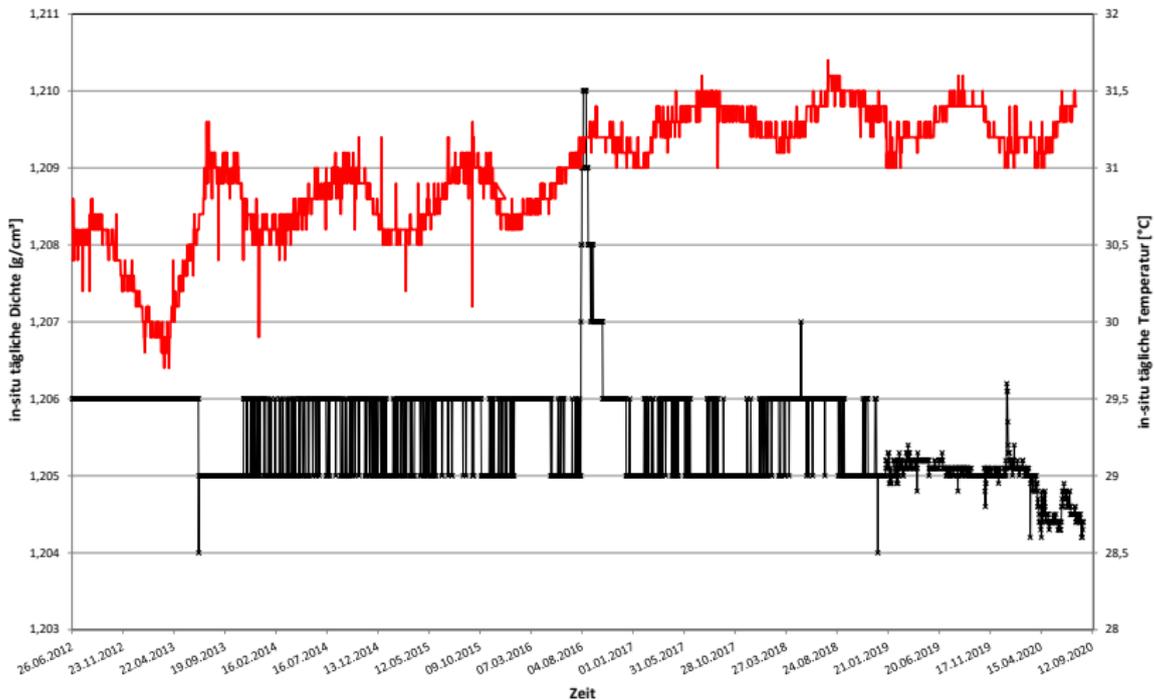
# Salzlösungsmonitoring: 658-m-Sohle - Fassungsraten

Abbau 3/637 (L658008) und Abbau 3/637 (L658020), Zeitraum: 01.01.2018 bis 17.08.2020



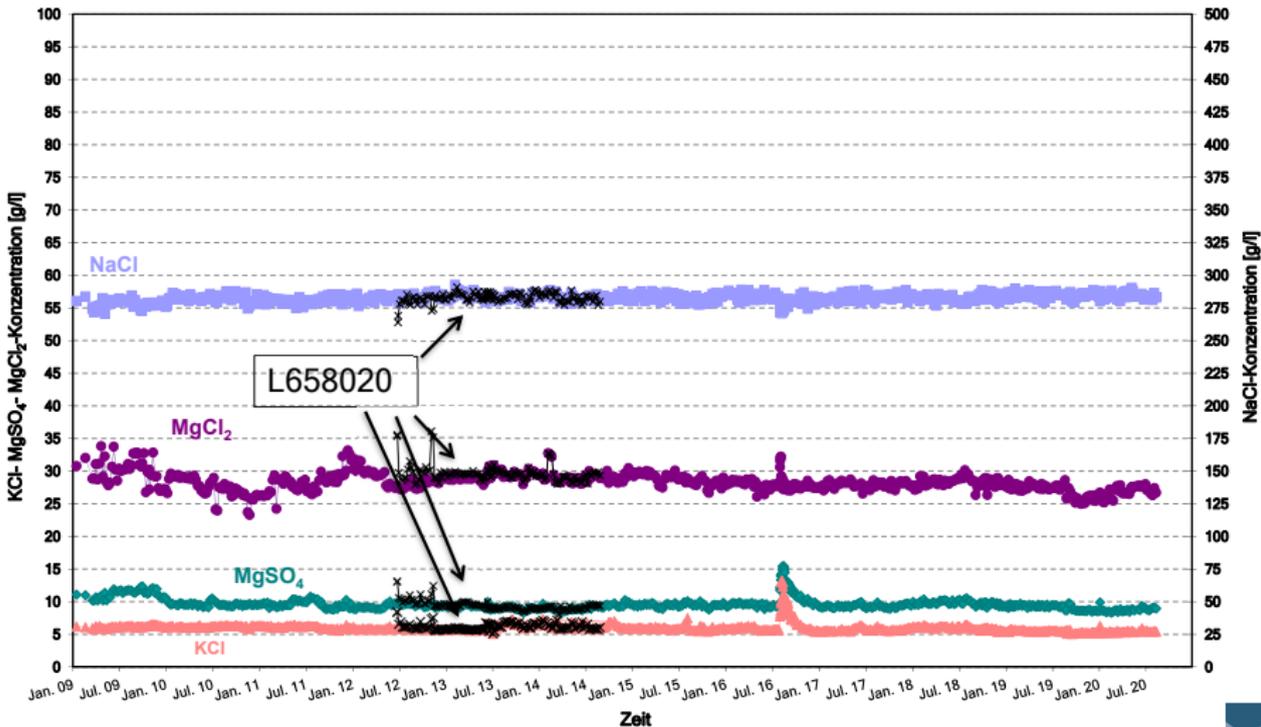
# Salzlösungsmonitoring: 658-m-Sohle - Chemismus

Abbau 3/658 (L658008), tägliche Dichte- und Temperaturmessungen vom 26.06.2012 bis 17.08.2020



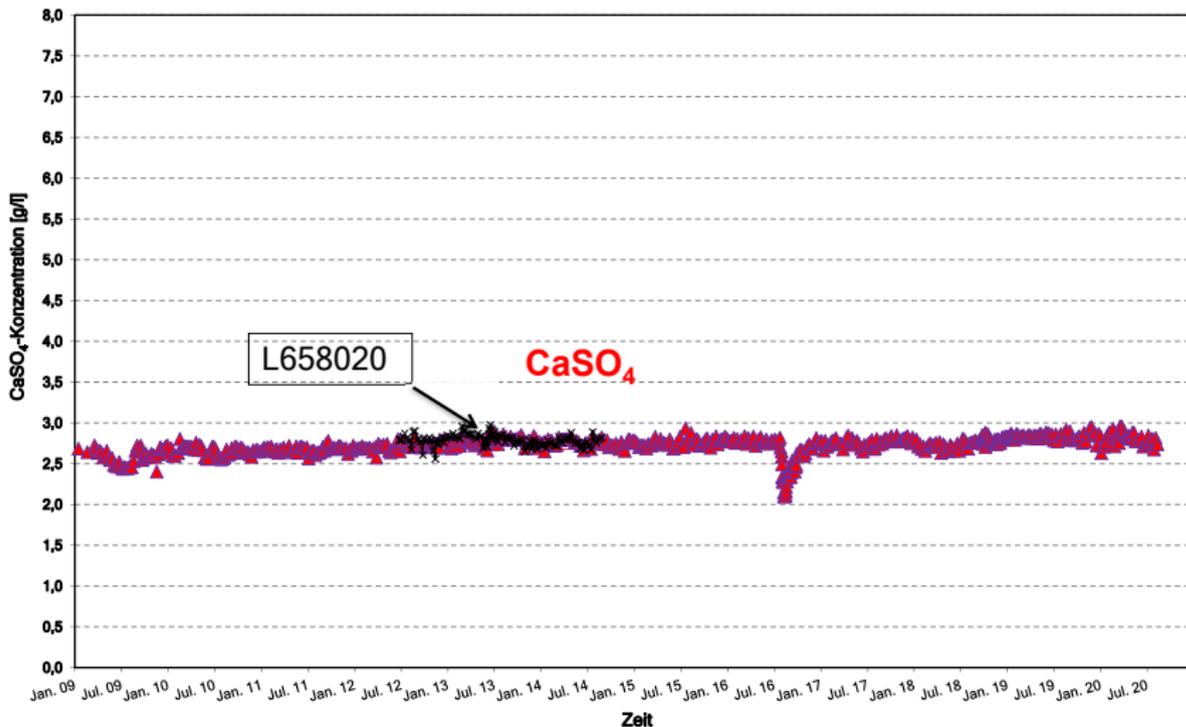
# Salzlösungsmonitoring: 658-m-Sohle - Chemismus

Konzentrationen der Salzlösungen (L658008 und L658020), 01.01.2009 bis 17.08.2020



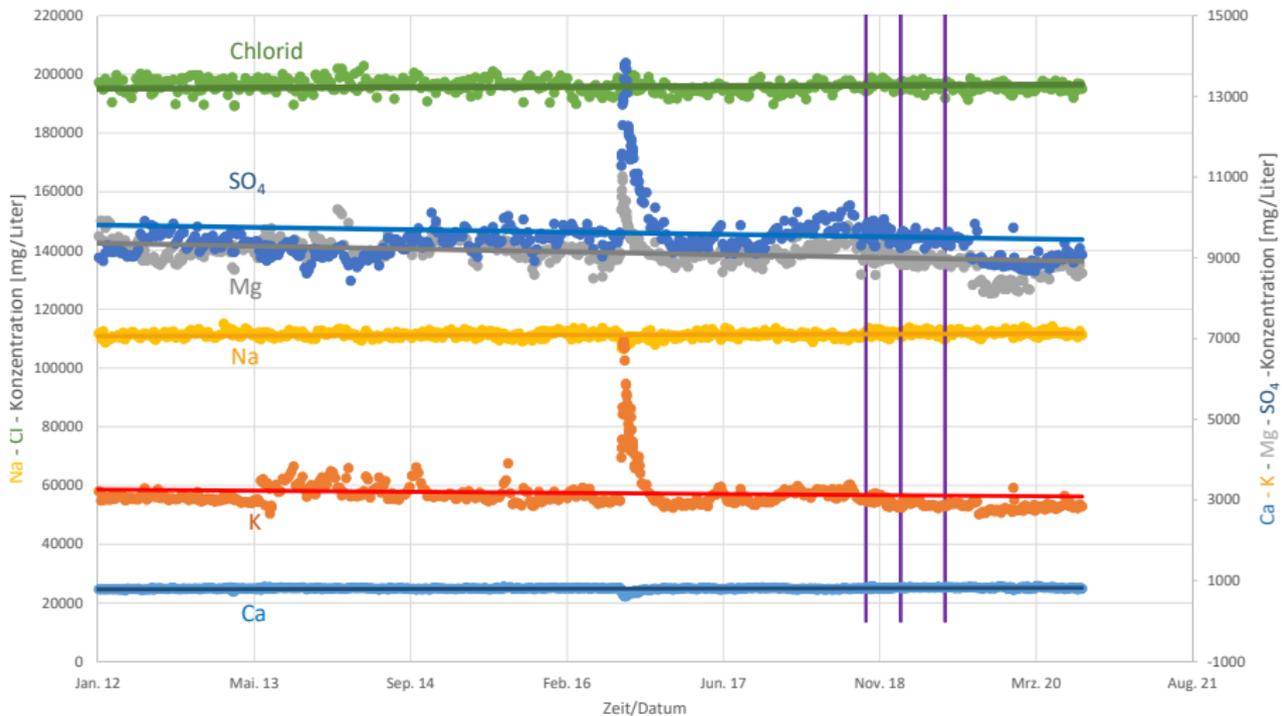
# Salzlösungsmonitoring: 658-m-Sohle - Chemismus

Konzentrationen der Salzlösungen (L658008 und L658020), 01.01.2009 bis 17.08.2020



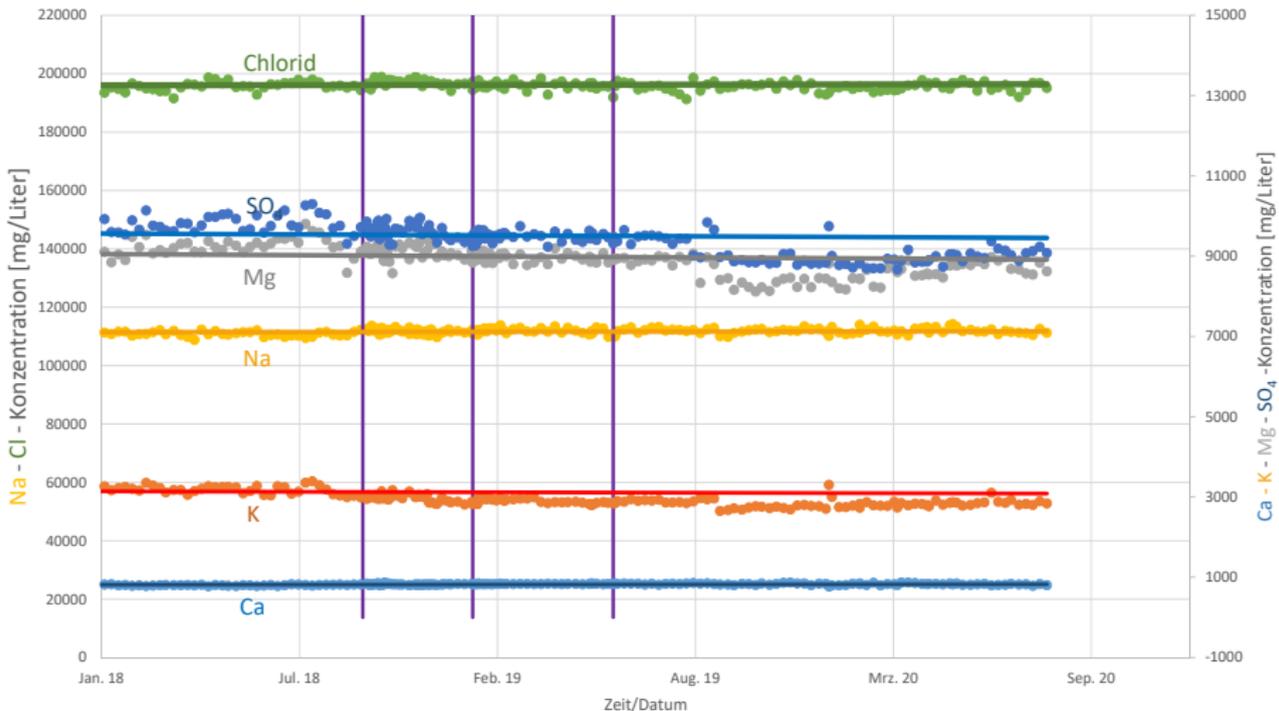
# Salzlösungsmonitoring: 658-m-Sohle - Chemismus

Hauptkomponenten der Salzlösungen (L658008), 01.01.2012 bis 17.08.2020



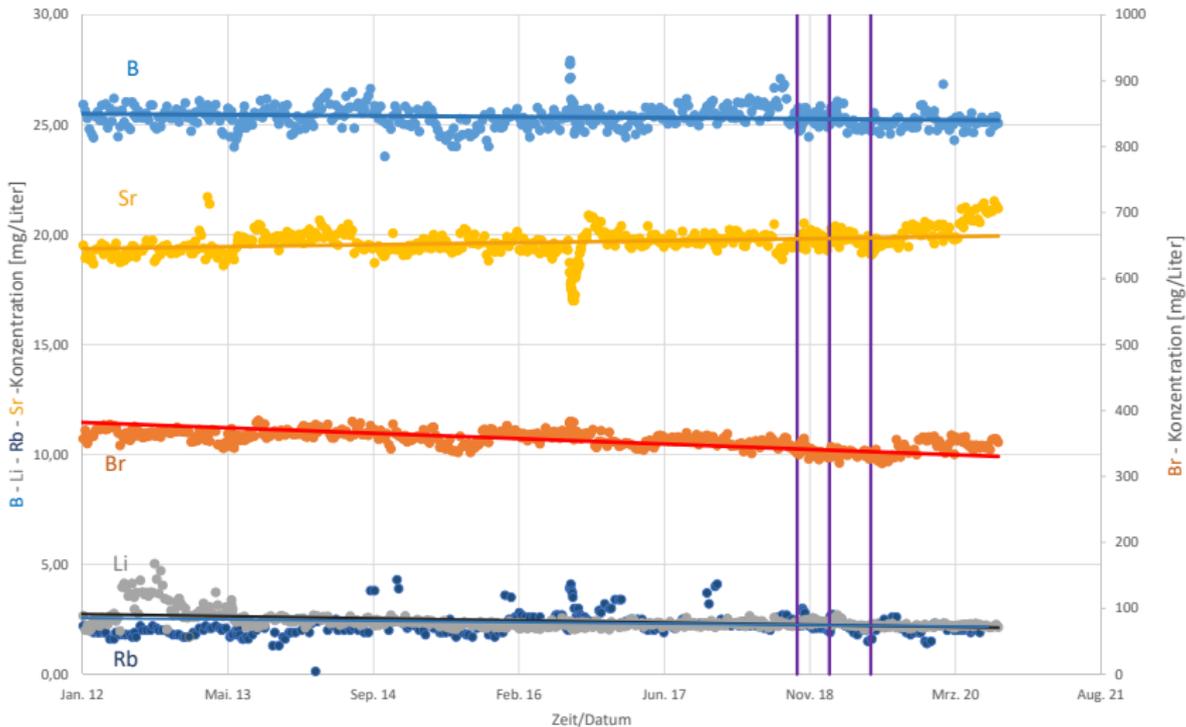
# Salzlösungsmonitoring: 658-m-Sohle - Chemismus

Hauptkomponenten der Salzlösungen (L658008), 01.01.2012 bis 17.08.2020



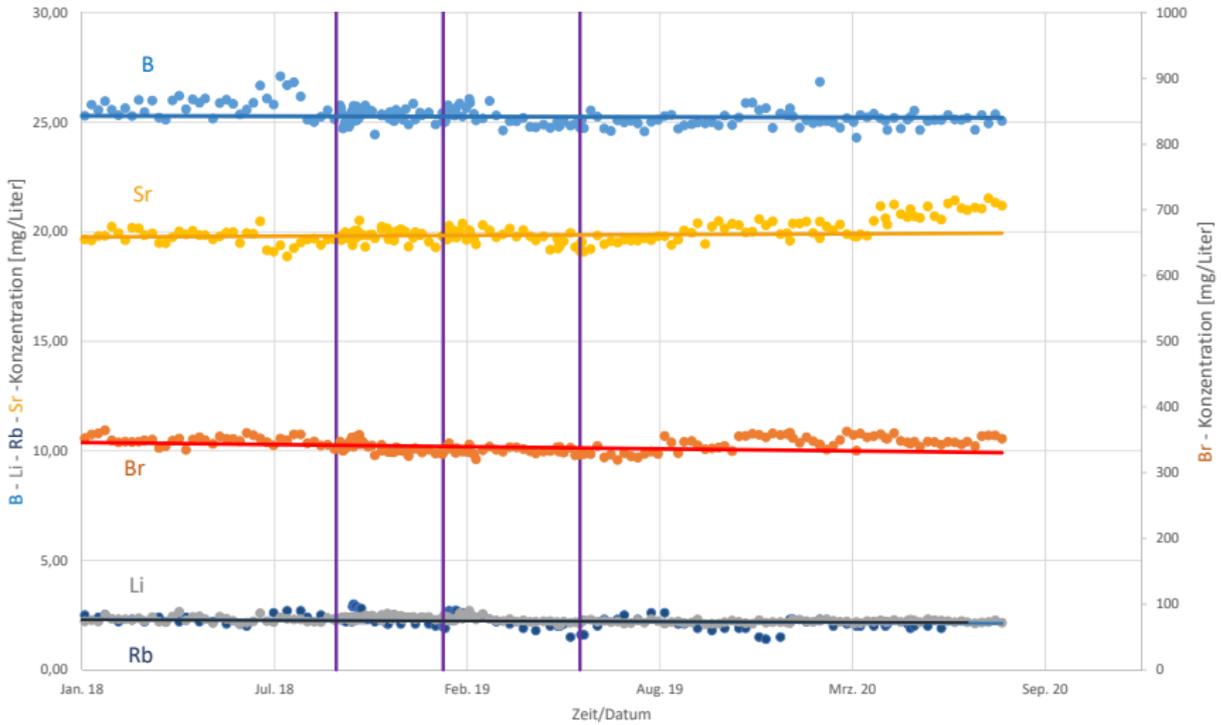
# Salzlösungsmonitoring: 658-m-Sohle - Chemismus

Nebenkomponenten der Salzlösungen (L658008), 01.01.2012 bis 17.08.2020



# Salzlösungsmonitoring: 658-m-Sohle - Chemismus

Nebenkomponenten der Salzlösungen (L658008), 01.01.2012 bis 17.08.2020



# Salzlösungsmonitoring: 658-m-Sohle - Chemismus

## Isotopenuntersuchungen

### Überwachung der Hauptfassungsstelle - Standard-Isotopenuntersuchungen (erste Ergebnisse)

- $\delta^2\text{H}$  und  $\delta^{18}\text{O}$   $\Rightarrow$  Hinweise auf Veränderung durch Wechselwirkung mit der Grubenatmosphäre
- $\delta^{34}\text{S}$  und  $\delta^{18}\text{O}$   $\Rightarrow$  **keine markante Rötsignatur**, Mischlösung mit Anteil von sekundären Sulfatphasen
- $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$   $\Rightarrow$  **eindeutige Rötsignatur**, Verschiebung hin zu höheren Verhältnissen

*Ergebnisbericht bis Ende 2020 geplant*

# Salzlösungsmonitoring: 658-m-Sohle - Chemismus

## Isotopenuntersuchungen

### Überwachung der Hauptfassungsstelle - Isotopenuntersuchungen (Forschungsauftrag)

#### „Radionuklide der Uran- und Thorium-Zerfallsreihen in Salzlösungen der Schachanlage Asse II 2008–2017“

Fragestellung: Möglichkeiten der Nutzung von Radon und Radium-Isotopen zur Ermittlung von Fließzeiten und Genese der Wässer (i.w. letztmaliger Kontakt mit Uran und Thorium-haltigen Gesteinen im Deckgebirge)

Ersteller: AFRY

Stand: zurzeit in fachlicher Prüfung bei der BGE

# Übersicht

- 1 **Baufeld an der Südflanke**
  - 658-m-Sohle: Bereich Hauptfassungsstelle
  - **725-m-Sohle: Sammelstellen in der Richtstrecke nach Westen**
  - 750-m-Sohle: Sammelstellen östl. Abbau 9, nördlich ELK 8 und ELK 4) sowie nördlich Blindschacht 2
  - 750-m-Sohle: Bereich vor der ELK 12/750
  - Gesamte Südflanke
- 2 Carnallititbaufeld (Nordflanke)
- 3 Tiefenaufschluss
- 4 Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring

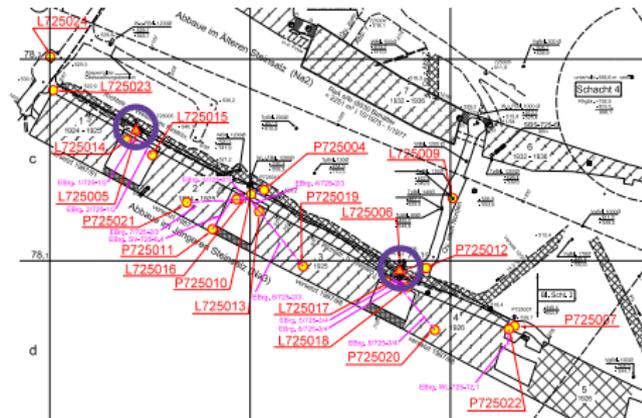
# Salzlösungsmonitoring: 725-m-Sohle

Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogenausbaustrecke“

## Bezeichnung

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

## Lage der Lokalitäten



## Legende:

- Katasterstelle ab 2008
- ▲ Katasterstelle vor 2008



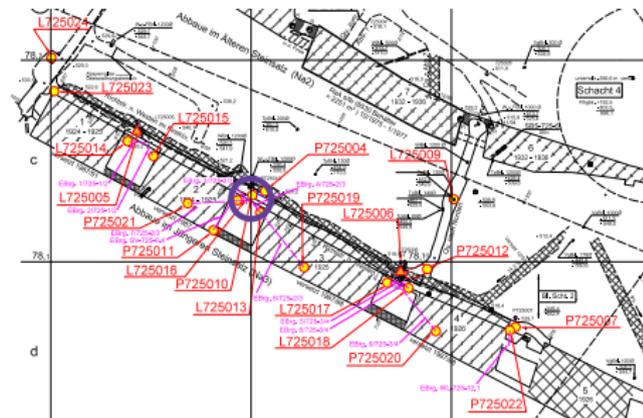
# Salzlösungsmonitoring: 725-m-Sohle

## Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogenausbaustrecke“

### Bezeichnung

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

### Lage der Lokalitäten



### Legende:

- Katasterstelle ab 2008
- ▲ Katasterstelle vor 2008

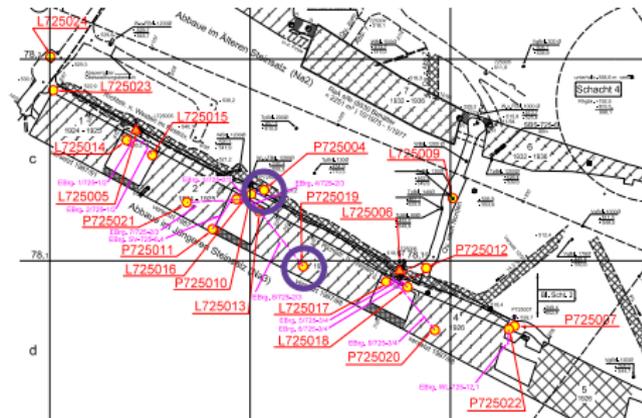
# Salzlösungsmonitoring: 725-m-Sohle

Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogenausbaustrecke“

## Bezeichnung

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

## Lage der Lokalitäten



## Legende:

- (gelb) Katasterstelle ab 2008
- ▲ (orange) Katasterstelle vor 2008

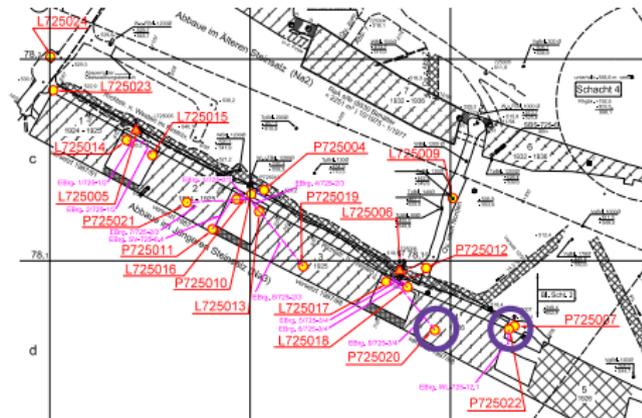
# Salzlösungsmonitoring: 725-m-Sohle

Lage der Sammelstellen in der „Gleitbogenausbaustrecke“

## Bezeichnung

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

## Lage der Lokalitäten

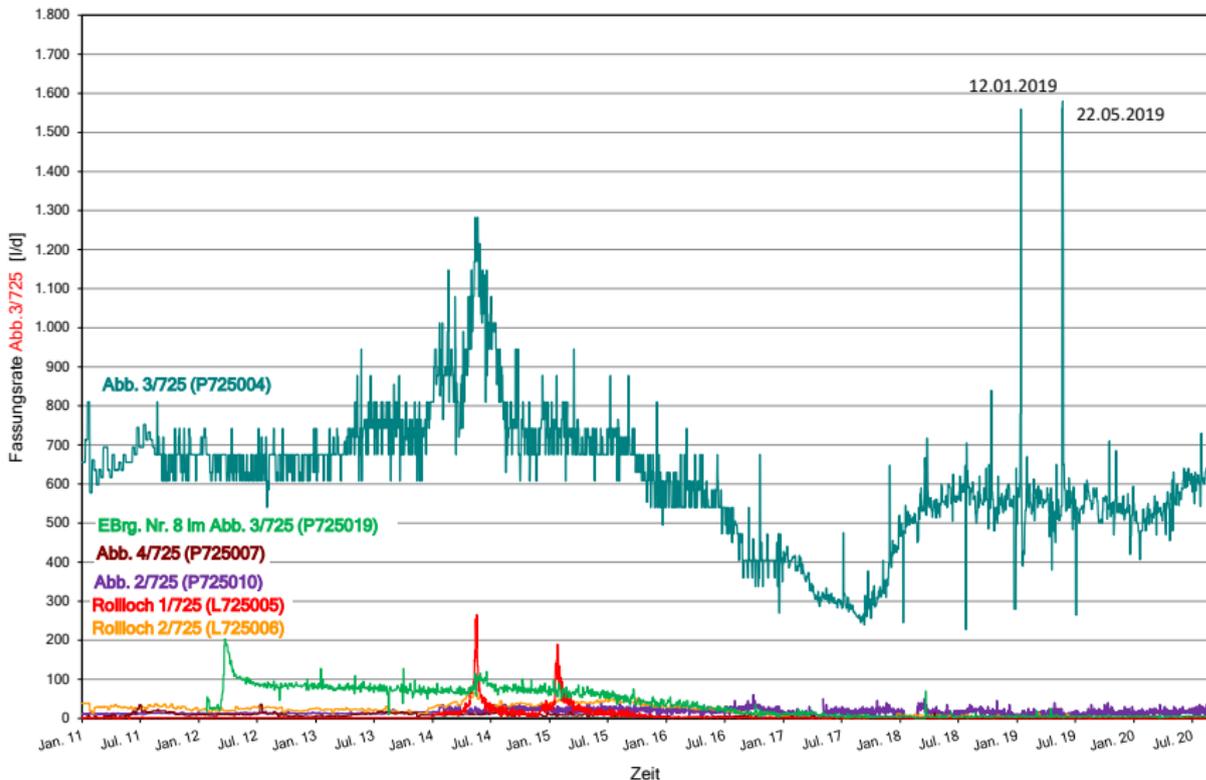


## Legende:

- (gelb) Katasterstelle ab 2008
- ▲ (orange) Katasterstelle vor 2008

# Salzlösungsmonitoring: 725-m-Sohle

Fassungsraten vom 01.01.2011 bis 17.08.2020

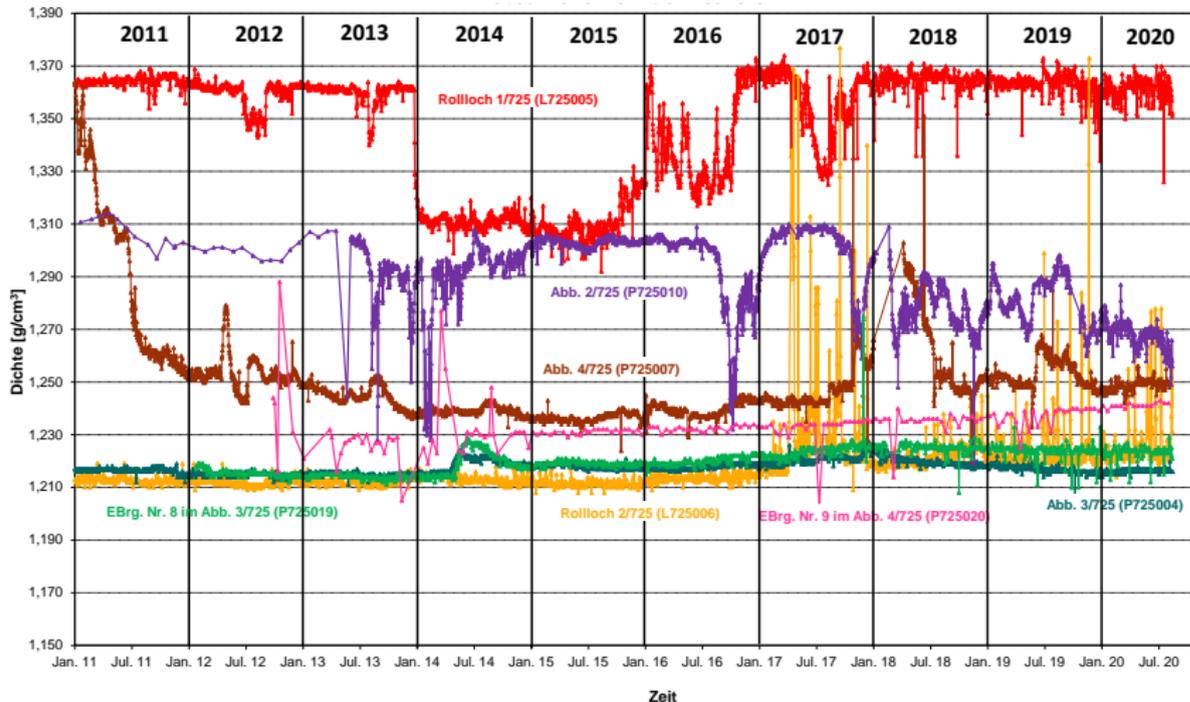


Dr. Zakharchuk



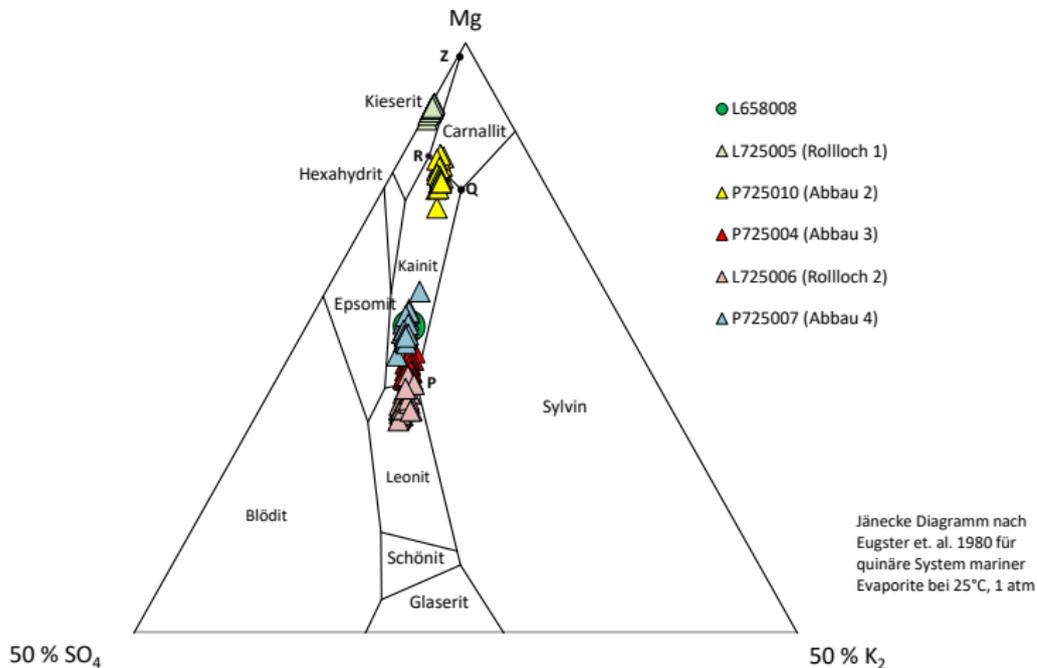
# Salzlösungsmonitoring: 725-m-Sohle

## Dichte der Salzlösungen vom 01.01.2011 bis 17.08.2020



# Salzlösungsmonitoring: 725-m-Sohle

Chemismus der Salzlösungen (Jänecke-Diagramm), Zeitraum 2018 bis 30.07.2020

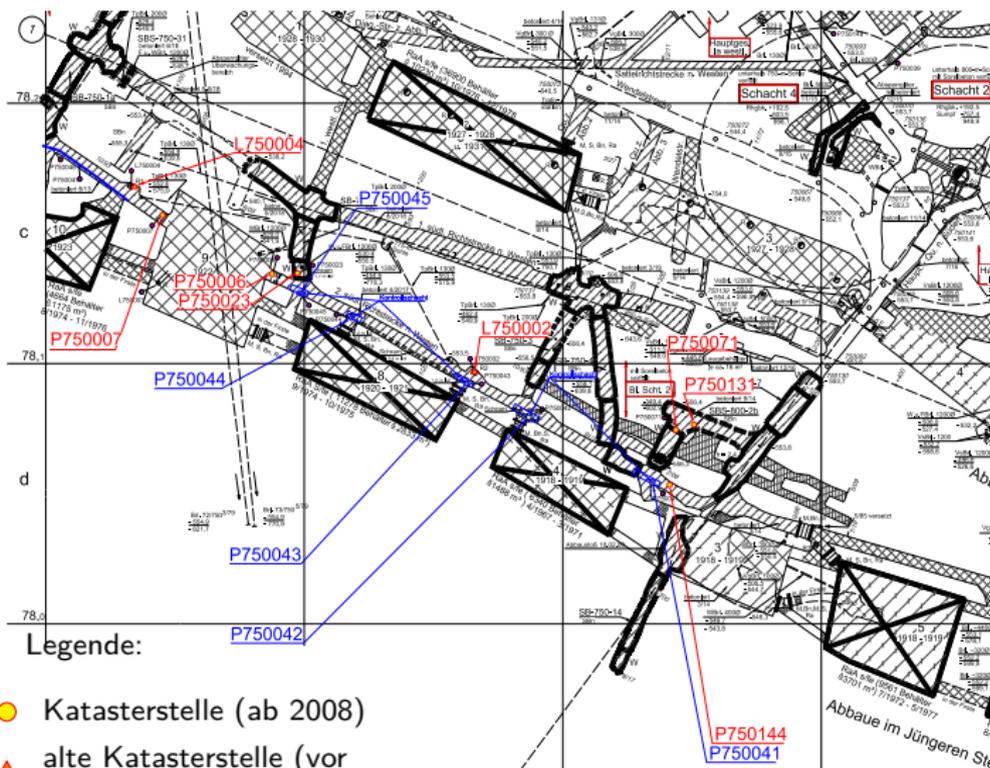


# Übersicht

- 1 **Baufeld an der Südflanke**
  - 658-m-Sohle: Bereich Hauptfassungsstelle
  - 725-m-Sohle: Sammelstellen in der Richtstrecke nach Westen
  - **750-m-Sohle: Sammelstellen östl. Abbau 9, nördlich ELK 8 und ELK 4) sowie nördlich Blindschacht 2**
  - 750-m-Sohle: Bereich vor der ELK 12/750
  - Gesamte Südflanke
- 2 Carnallititbaufeld (Nordflanke)
- 3 Tiefenaufschluss
- 4 Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring

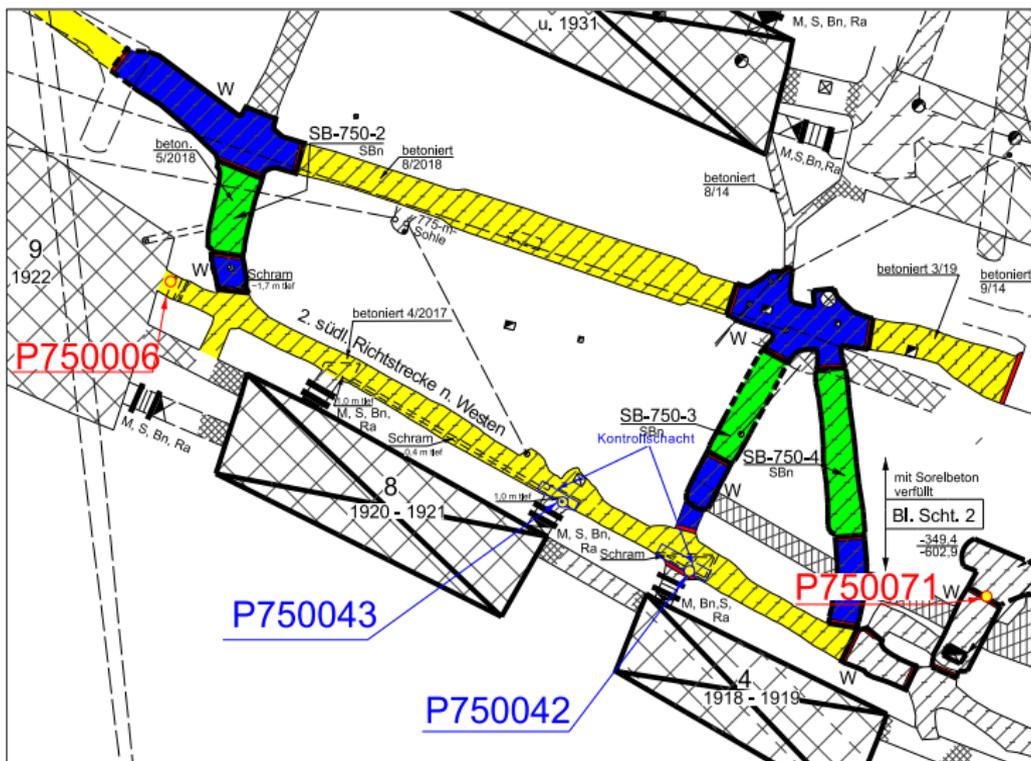
# Salzlösungsmonitoring: 750-m-Sohle

## Lage der Sammelstellen auf der 750-m-Sohle, Stand: 2016



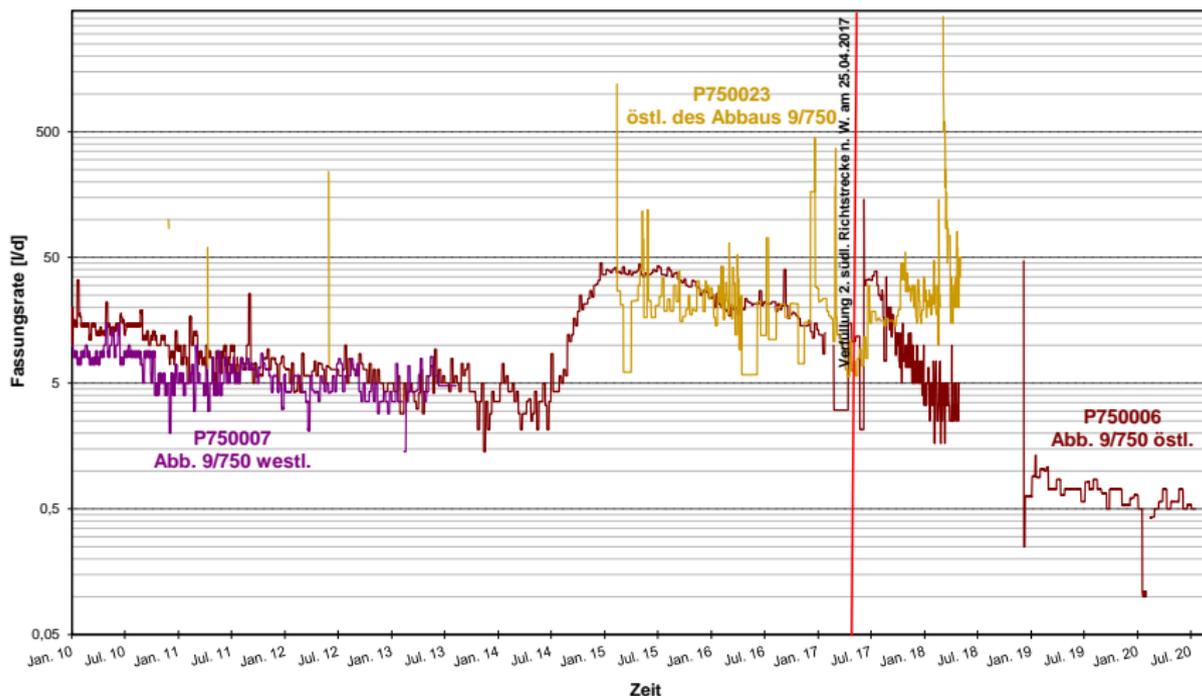
# Salzlösungsmonitoring: 750-m-Sohle

## Lage der Sammelstellen auf der 750-m-Sohle, Stand seit 06/2019



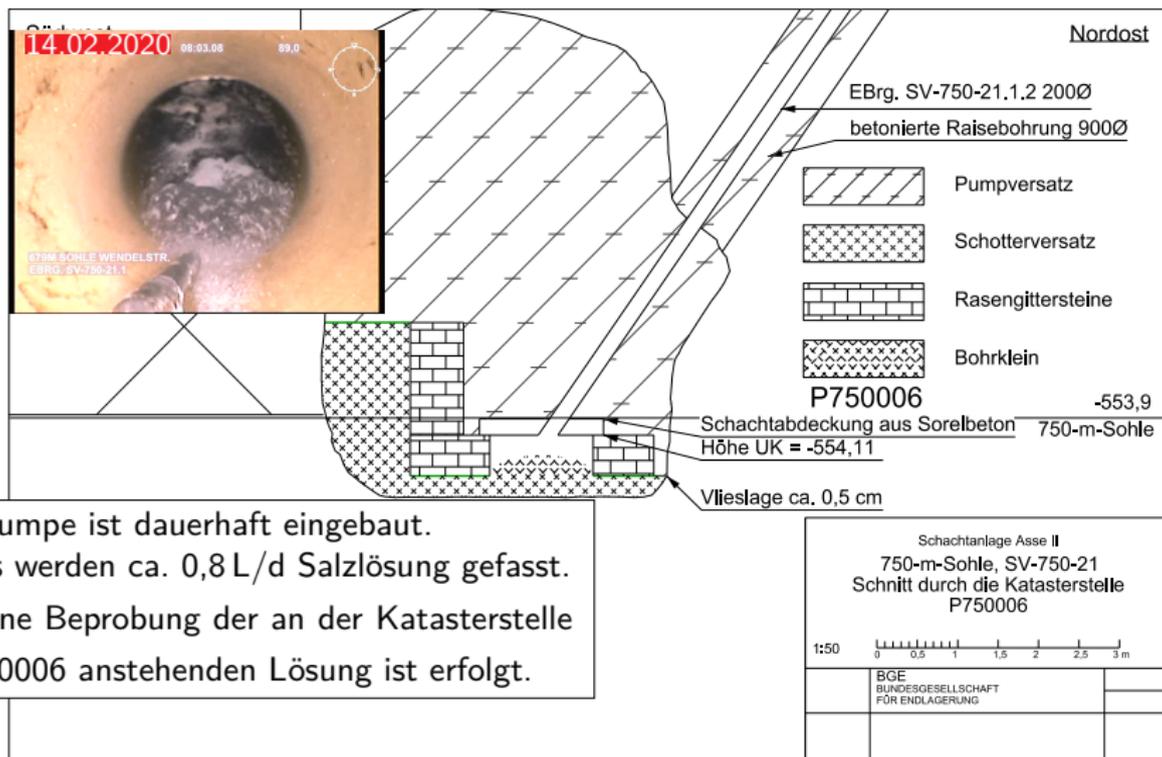
# Salzlösungsmonitoring: 750-m-Sohle

Fassungsraten Abbau 9/750, Zeitraum: 01.01.2010 bis 17.08.2020



# Salzlösungsmonitoring: 750-m-Sohle

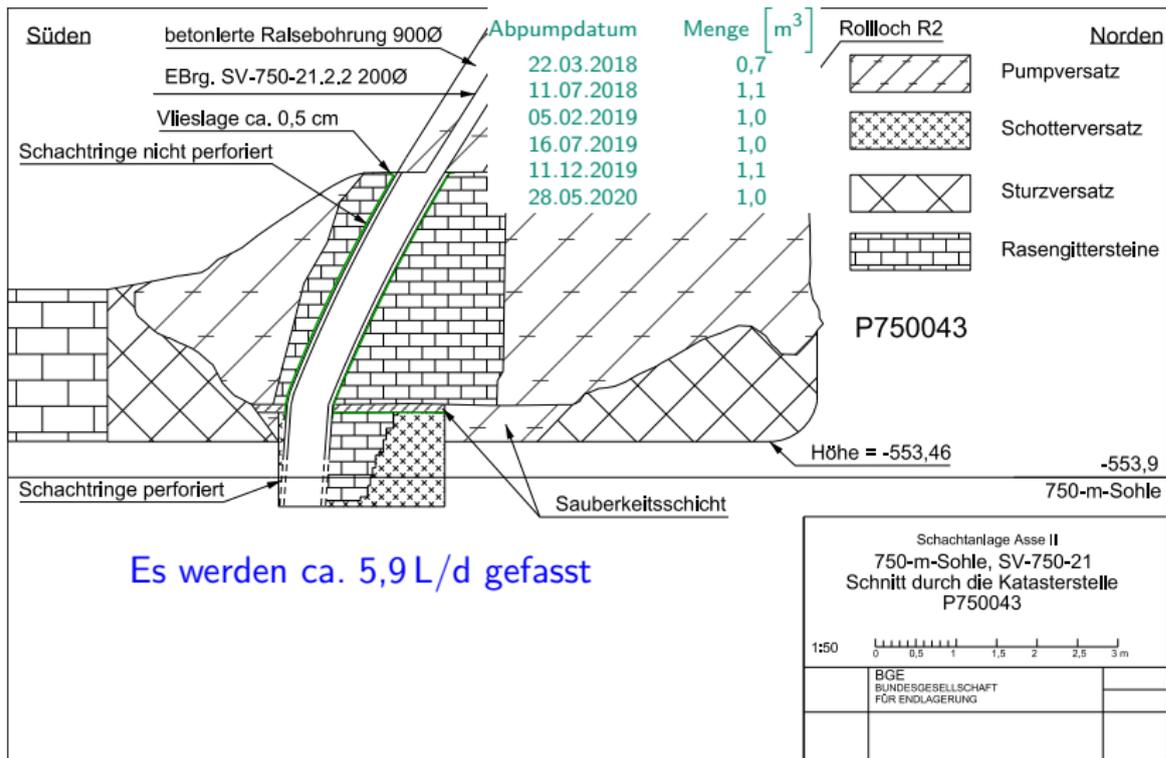
## Pegelmesssstelle im östl. Zugang Abbau 9/750 (P750006)



- Pumpe ist dauerhaft eingebaut.
- Es werden ca. 0,8 L/d Salzlösung gefasst.
- Eine Beprobung der an der Katasterstelle P750006 anstehenden Lösung ist erfolgt.

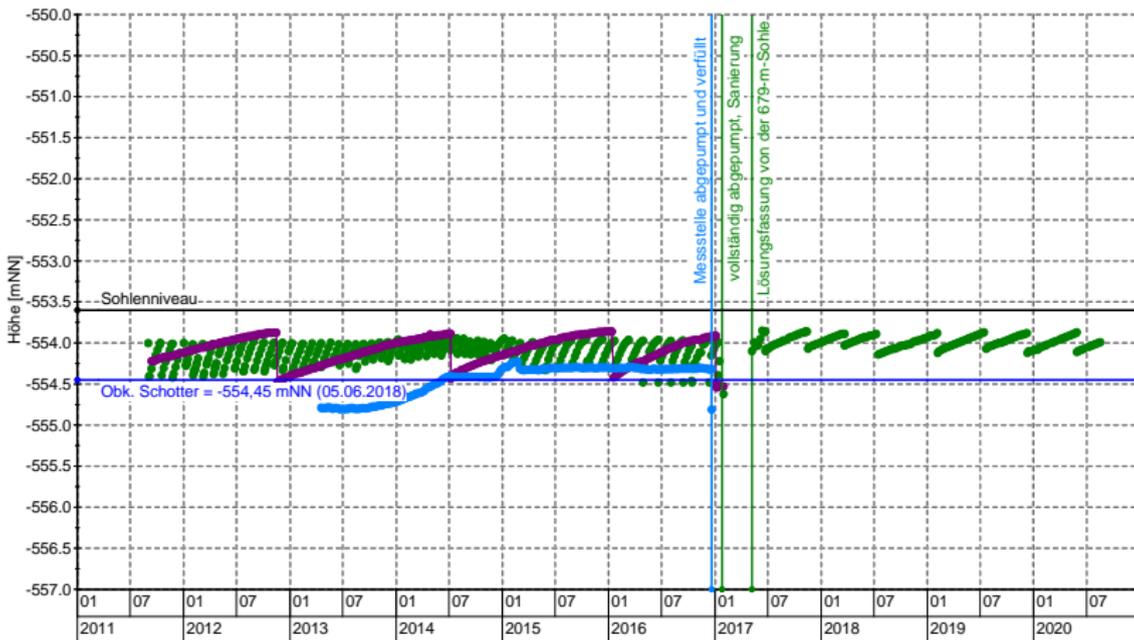
# Salzlösungsmonitoring: 750-m-Sohle

## Pegelmessstelle vor ELK 8/750 (P750043)



# Salzlösungsmonitoring: 750-m-Sohle

Pegelmessstelle vor ELK 8/750 (P750043), Zeitraum: 02.09.2011 bis 17.08.2020 (Lichtlotmessung)

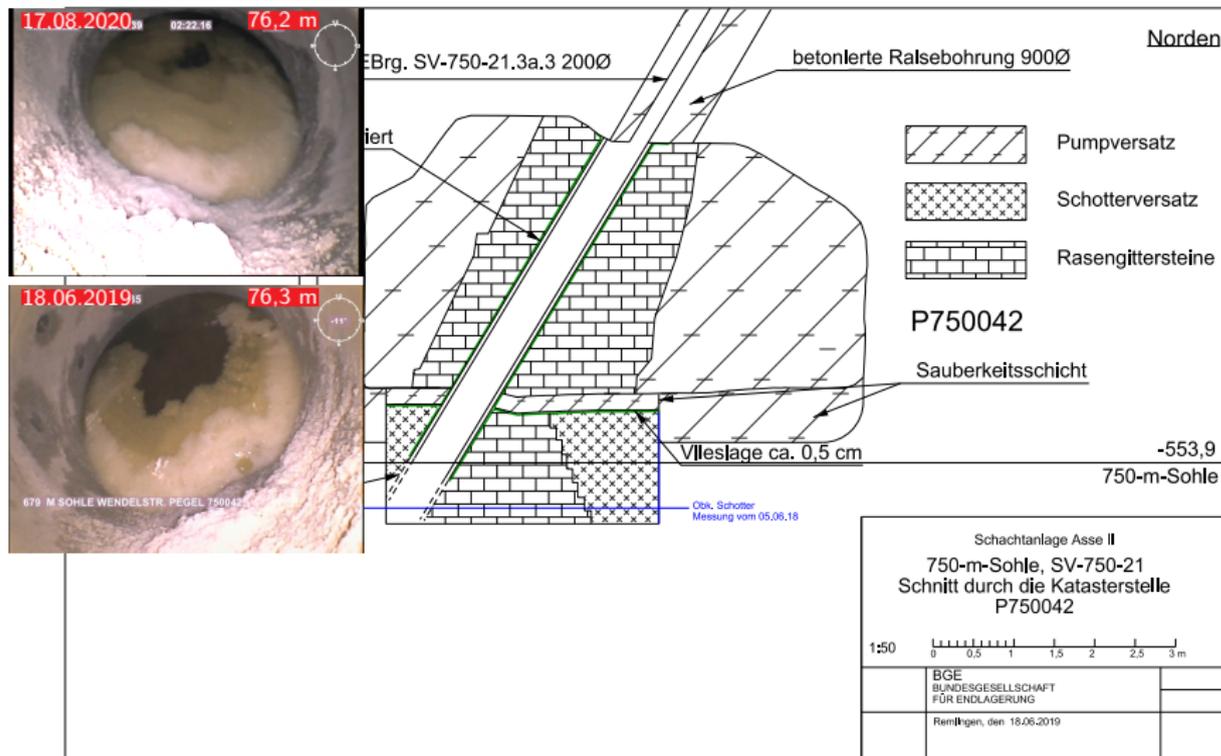


Symbol	Messstelle	Lokation	Zeitraum
●	P750043	vor östlicher Zugang ELK 8/750	02.09.2011 - 17.08.2020
—	P750044	vor westlicher Zugang ELK 8/750	13.09.2011 - 30.01.2017
—	P750045	vor westlicher Zugang ELK 8/750	18.04.2013 - 20.12.2016



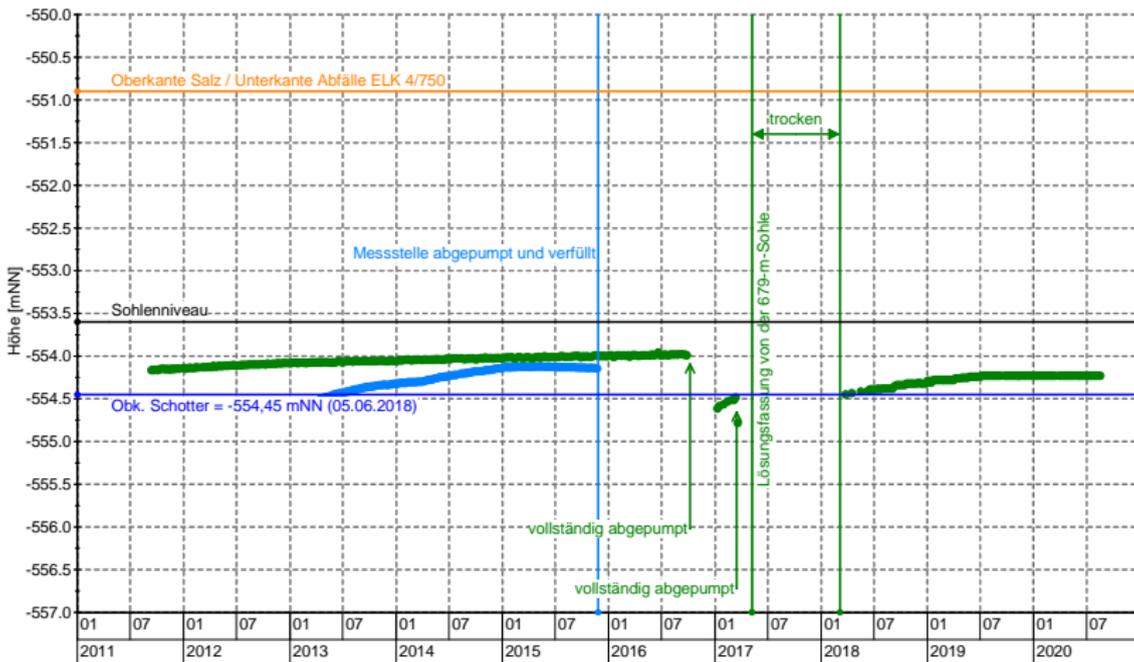
# Salzlösungsmonitoring: 750-m-Sohle

## Pegelmessstelle vor ELK 4/750 (P750042)



# Salzlösungsmonitoring: 750-m-Sohle

Pegelmessstelle vor ELK 4/750 (P750042), Zeitraum: 13.09.2011 bis 17.08.2020 (Lichtlotmessung)

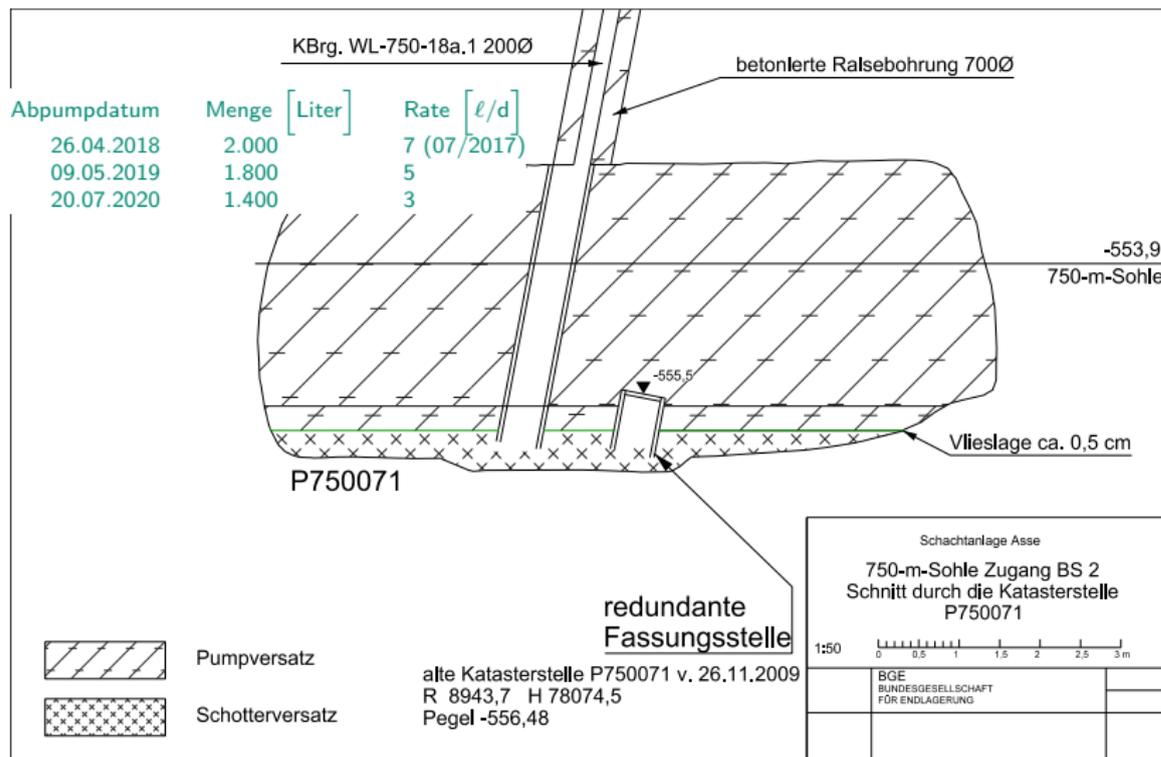


Symbol	Messstelle	Lokation	Zeitraum
—●—	P750041	vor östlicher Zugang ELK 4/750	18.04.2013 - 26.11.2015
●	P750042	vor westlicher Zugang ELK 4/750	02.09.2011 - 17.08.2020



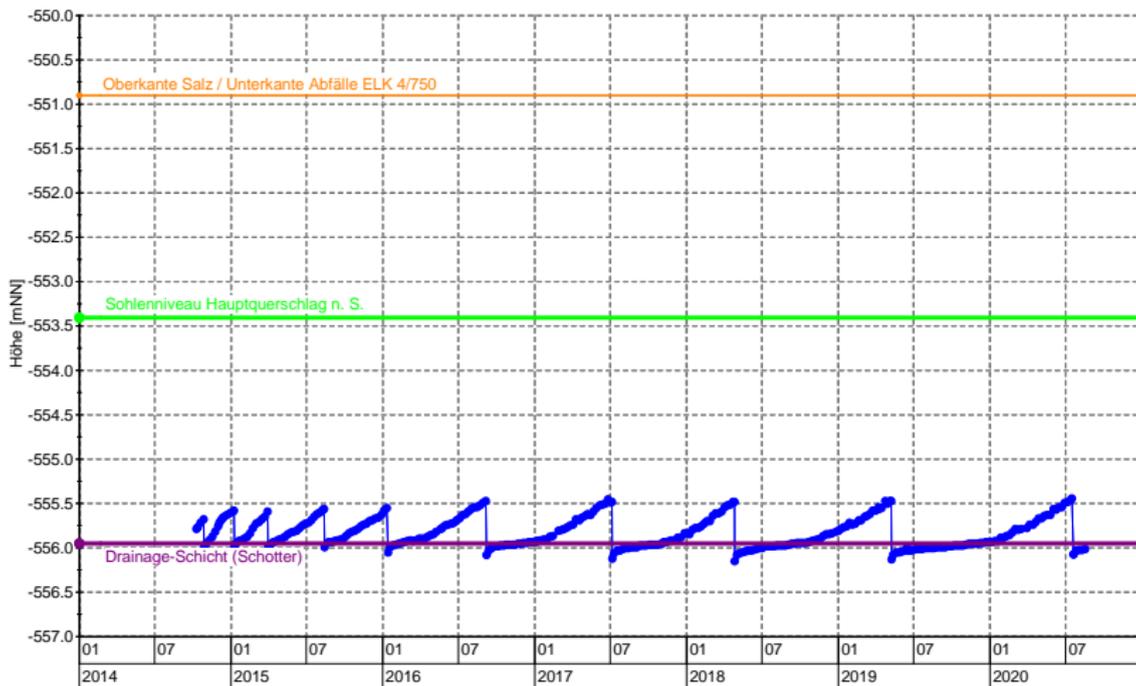
# Salzlösungsmonitoring: 750-m-Sohle

Pegelmessstelle Hinterfahrung Blindschacht 2 (BS 2) (P750071)



# Salzlösungsmonitoring: 750-m-Sohle

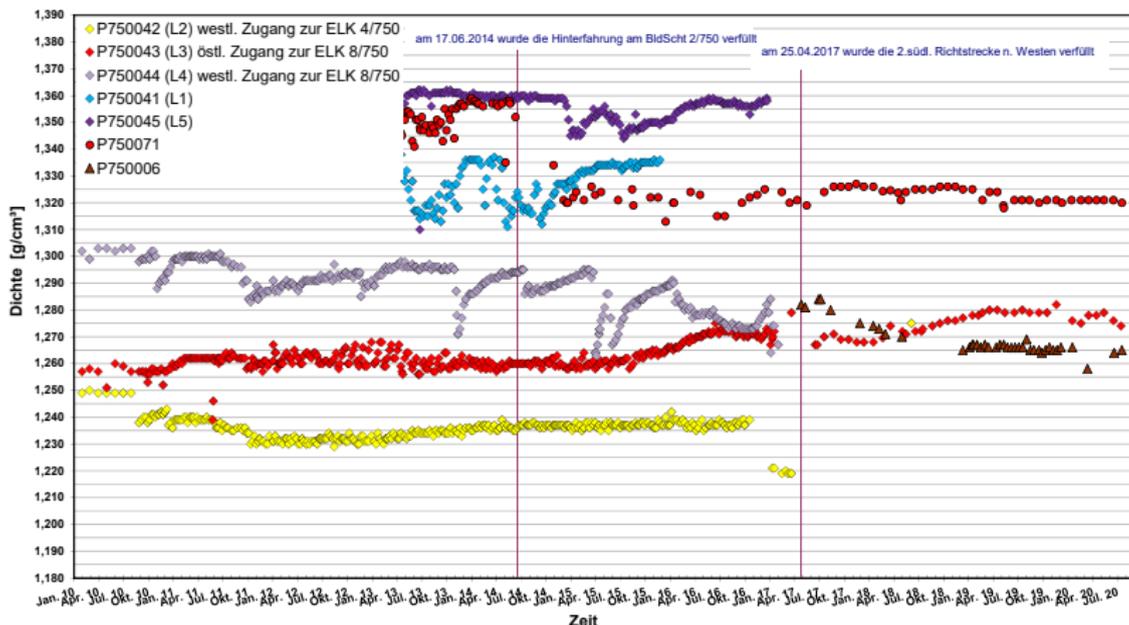
Pegelmessstelle Hinterfahrung Blindschacht 2 (BS 2) (P750071), Zeitraum: 23.04.2018 bis 17.08.2020 (Lichtlotmessung)



Symbol	Messstelle	Lokation	Zeitraum
—●—	P750071	Umfahrung Blindschacht 2, 750-m-Sohle	06.10.2014 - 17.08.2020

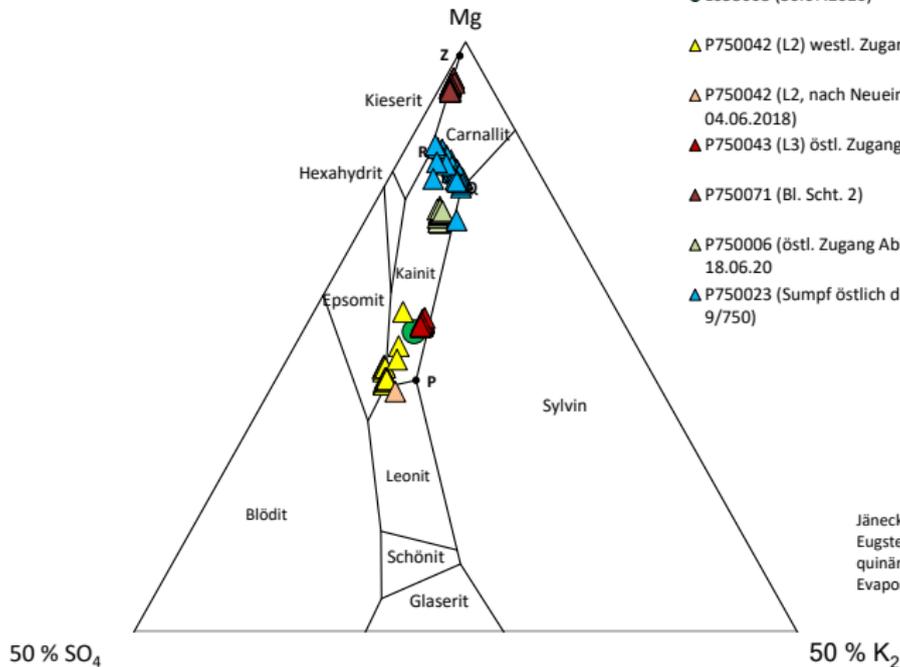
# Salzlösungsmonitoring: 750-m-Sohle - Chemismus

Dichte der Salzlösungen (2. südliche Richtstrecke), Zeitraum: von 01.01.2011 bis 17.08.2020



# Salzlösungsmonitoring: 750-m-Sohle - Chemismus

Zusammensetzung der Salzlösungen (2. südliche Richtstrecke), Zeitraum: von 2017 bis 30.07.2020



- L658008 (30.07.2020)
- ▲ P750042 (L2) westl. Zugang zur ELK 4/750
- ▲ P750042 (L2) nach Neueinrichtung, 04.06.2018
- ▲ P750043 (L3) östl. Zugang zur ELK 8/750
- ▲ P750071 (Bl. Scht. 2)
- ▲ P750006 (östl. Zugang Abb.9) vom 18.06.20
- ▲ P750023 (Sumpf östlich des Abbaues 9/750)

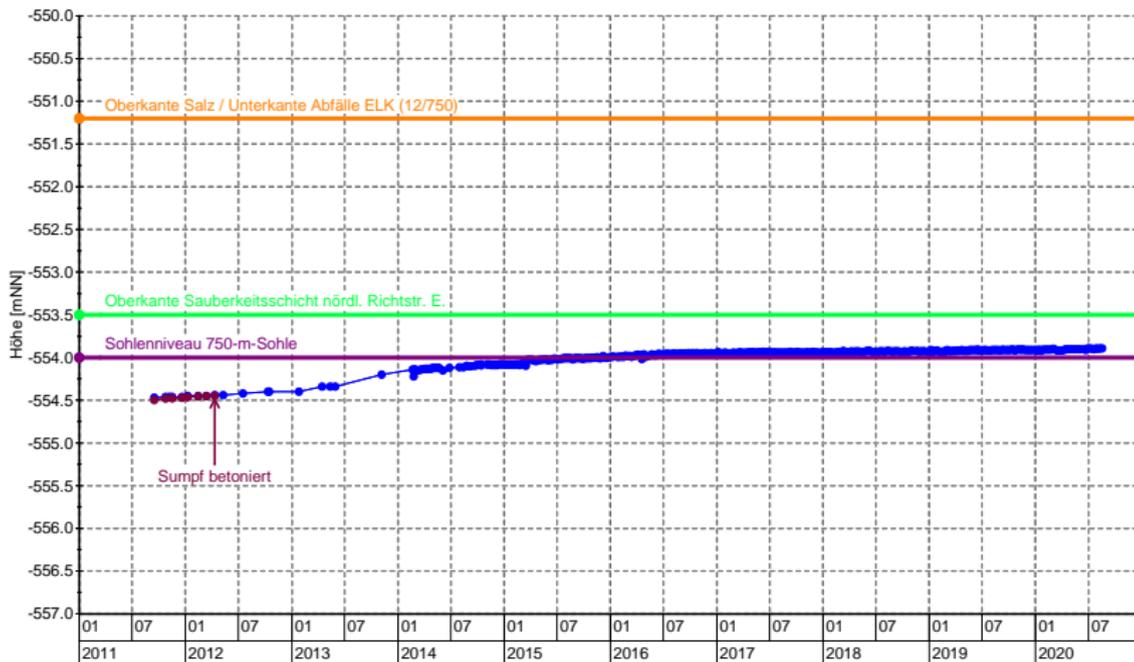
Jänecke Diagramm nach Eugster et. al. 1980 für quinäre System mariner Evaporite bei 25°C, 1 atm

# Übersicht

- 1** **Baufeld an der Südflanke**
  - 658-m-Sohle: Bereich Hauptfassungsstelle
  - 725-m-Sohle: Sammelstellen in der Richtstrecke nach Westen
  - 750-m-Sohle: Sammelstellen östl. Abbau 9, nördlich ELK 8 und ELK 4) sowie nördlich Blindschacht 2
  - **750-m-Sohle: Bereich vor der ELK 12/750**
  - Gesamte Südflanke
- 2 Carnallititbaufeld (Nordflanke)
- 3 Tiefenaufschluss
- 4 Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring

# Salzlösungsmonitoring: 750-m-Sohle

Pegelmessstelle im Sumpf/Kontrollbrg. vor ELK 12/750 (P750084), Zeitraum: 16.09.2011 bis 17.08.2020 (Lichtlotmessung)



Symbol	Messstelle	Lokation	Zeitraum
●—	P750084	Kbr. vor betoniertem Sumpf (ELK 12/750)	16.09.2011 - 17.08.2020
●—	P750029	Sumpf vor ELK 12/750	16.09.2011 - 14.08.2014

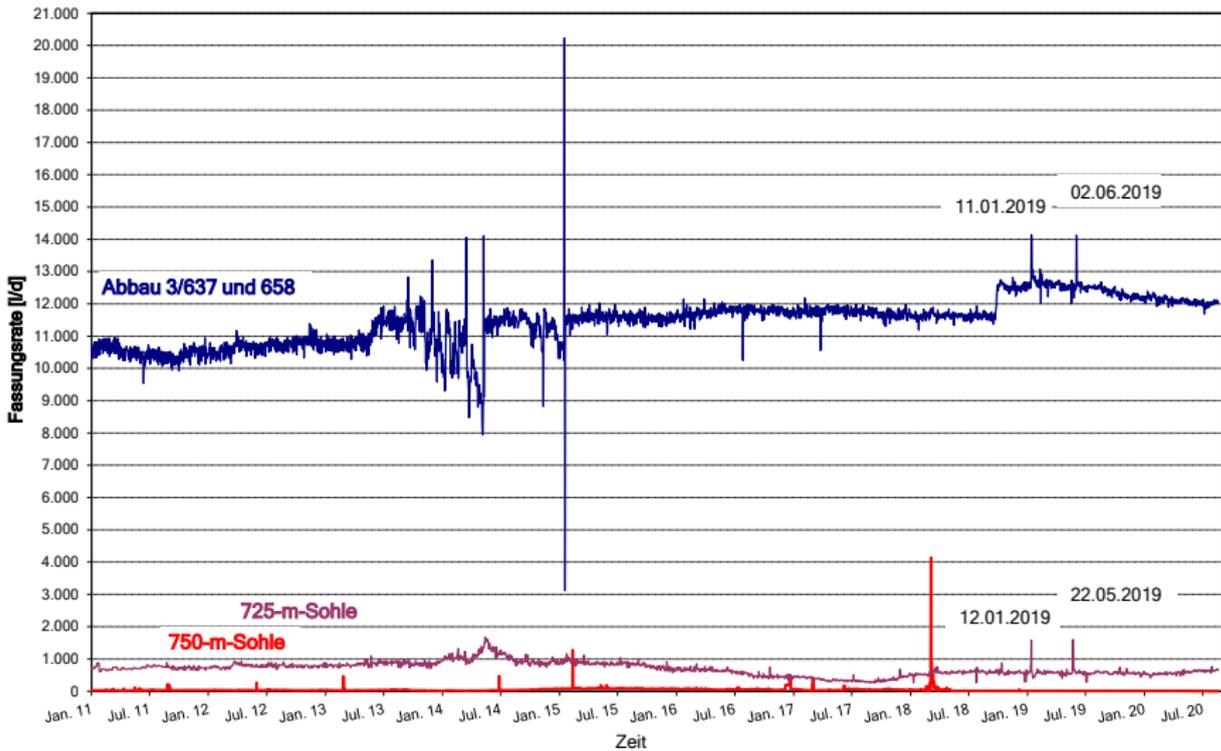


# Übersicht

- 1** **Baufeld an der Südflanke**
  - 658-m-Sohle: Bereich Hauptfassungsstelle
  - 725-m-Sohle: Sammelstellen in der Richtstrecke nach Westen
  - 750-m-Sohle: Sammelstellen östl. Abbau 9, nördlich ELK 8 und ELK 4) sowie nördlich Blindschacht 2
  - 750-m-Sohle: Bereich vor der ELK 12/750
  - **Gesamte Südflanke**
- 2** Carnallititbaufeld (Nordflanke)
- 3** Tiefenaufschluss
- 4** Zusammenfassung – Salzlösungsmonitoring

# Salzlösungsmonitoring: Fassungsraten - Südflanke

## 658-, 725- und 750-m-Sohle (01.01.2011–17.08.2020)

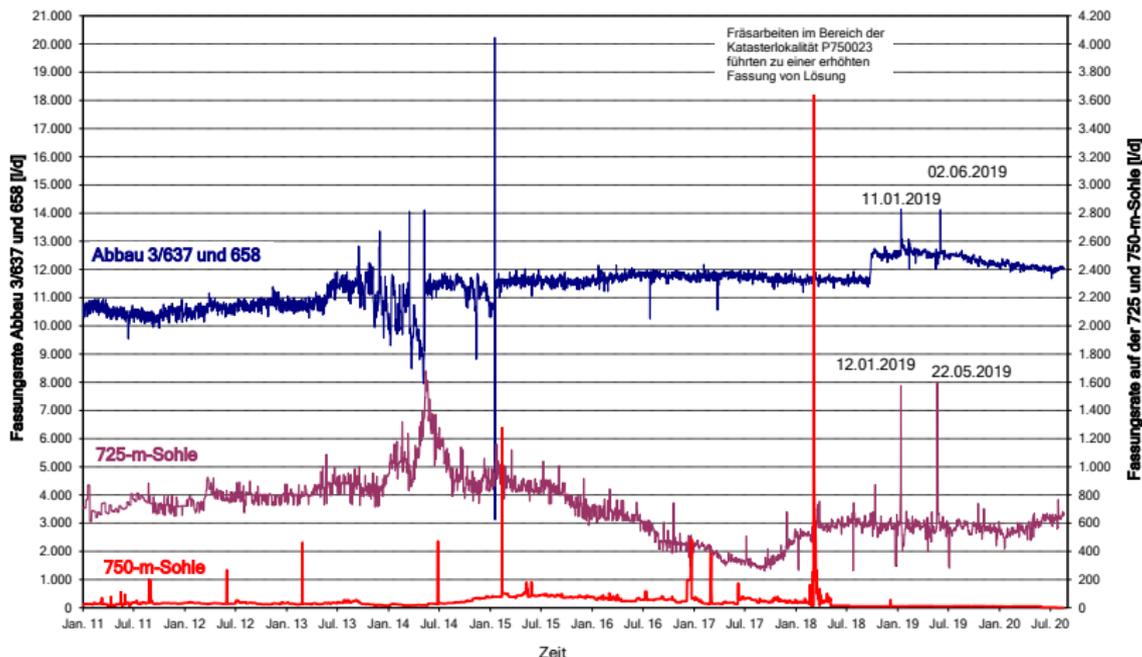


Dr. Zakharchuk



# Salzlösungsmonitoring: Fassungsraten - Südflanke

658-, 725- und 750-m-Sohle (01.01.2011–17.08.2020)



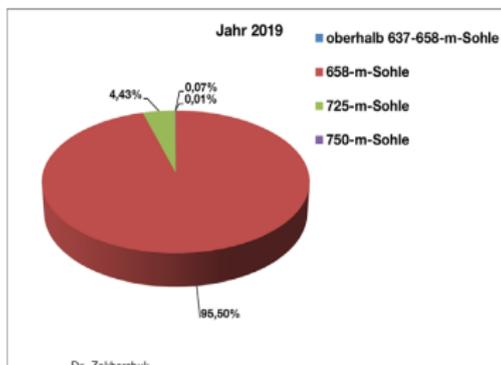
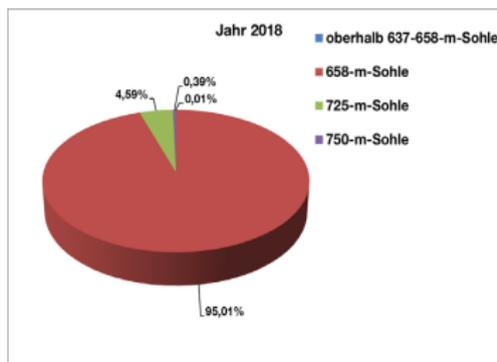
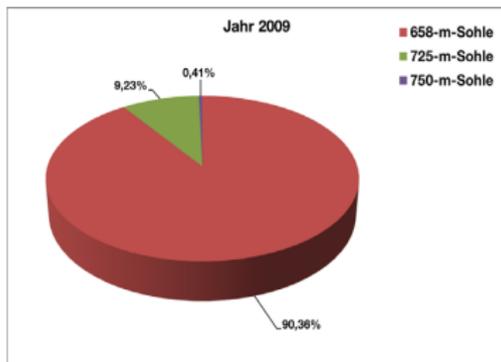
725- und 750-m-Sohle sind auf der 2. (rechten) Y-Achse dargestellt!

Dr. Zakharchuk



# Salzlösungsmonitoring: Fassungsraten - Südflanke

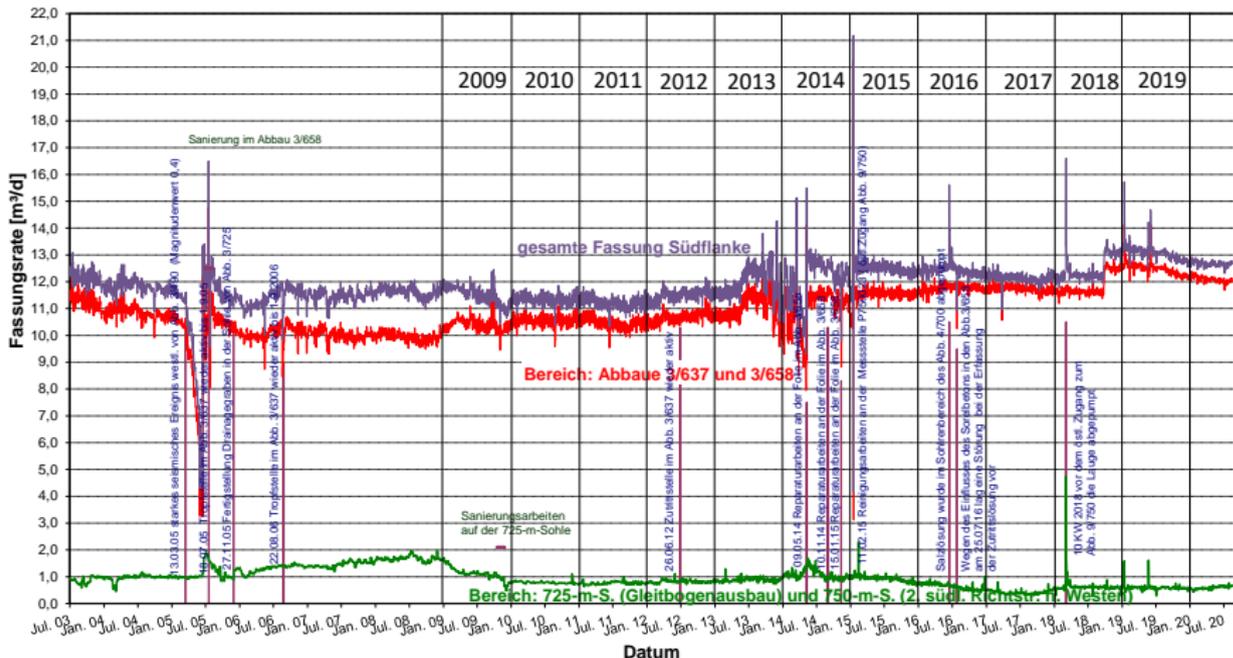
Prozentualer Anteil der täglich gefassten Lösungen auf den einzelnen Sohlen, bezogen auf die täglich gefasste Gesamtmenge in der Südflanke



Jahr	Mittelwerte			
	oberhalb 637-658-m-Sohle	658-m-Sohle	725-m-Sohle	750-m-Sohle
	l/d			
2009	0	10.404	1.063	47
2010	0	10.571	751	30
2011	0	10.471	724	34
2012	0	10.695	782	36
2013	54	11.103	847	35
2014	23	10.962	1.040	37
2015	4	11.522	838	89
2016	1	11.753	574	66
2017	2	11.732	367	43
2018	1	11.870	574	48
2019	1	12.488	579	11
bis zum 17.08.20	1	12.086	583	7

# Salzlösungsmonitoring: Fassungsraten - Südflanke

Gesamte Fassungsrate seit 2003 (01.07.2003 – 17.08.2020)



Dr. Zakharchuk

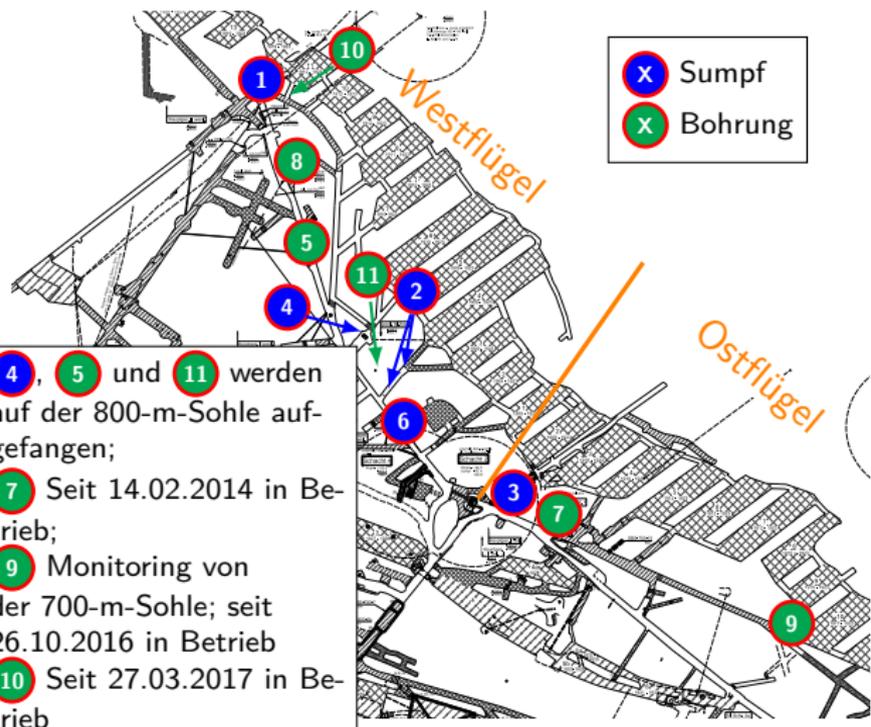
# Übersicht

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

# Salzlösungsmonitoring: Nordflanke - Fassungsraten

750-m-Sohle - Mittelwerte vom 01.01.2014 – 31.12.2019

## Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle



## Fassungsraten

1	56 Liter/Tag
2	90 Liter/Tag
4	4 Liter/Tag
5	11 Liter/Tag
6	14 Liter/Tag
8	46 Liter/Tag
10	93 Liter/Tag
11	44 Liter/Tag
<hr/>	
3	3 Liter/Tag
7	19 Liter/Tag
9	0 Liter/Tag

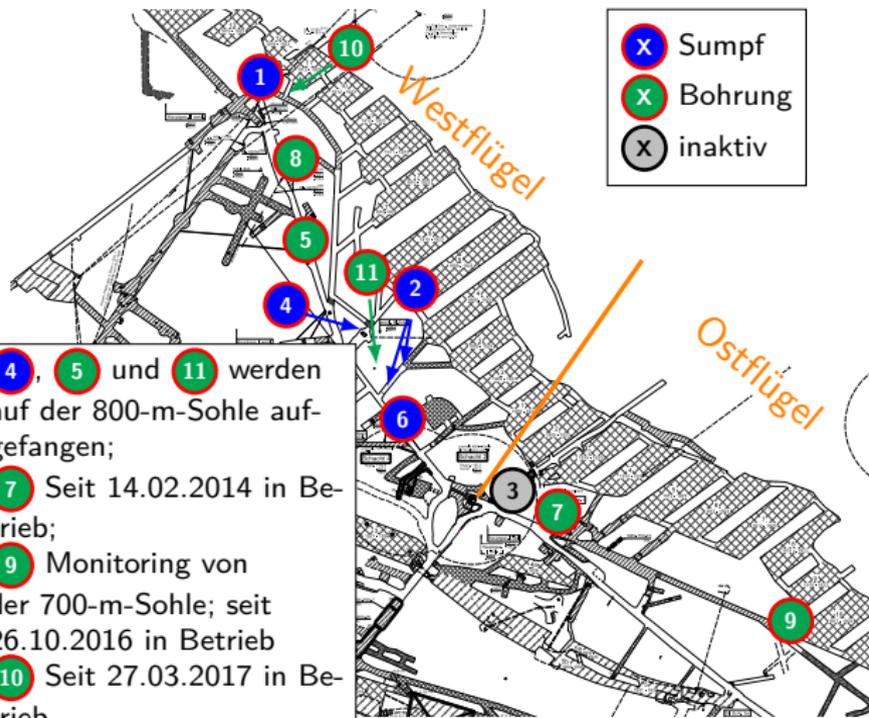
**Σ 380 Liter/Tag**

Westflügel  
Ostflügel

# Salzlösungsmonitoring: Nordflanke - Fassungsraten

750-m-Sohle - Mittelwerte vom 01.01.2019 – 31.12.2019

## Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle



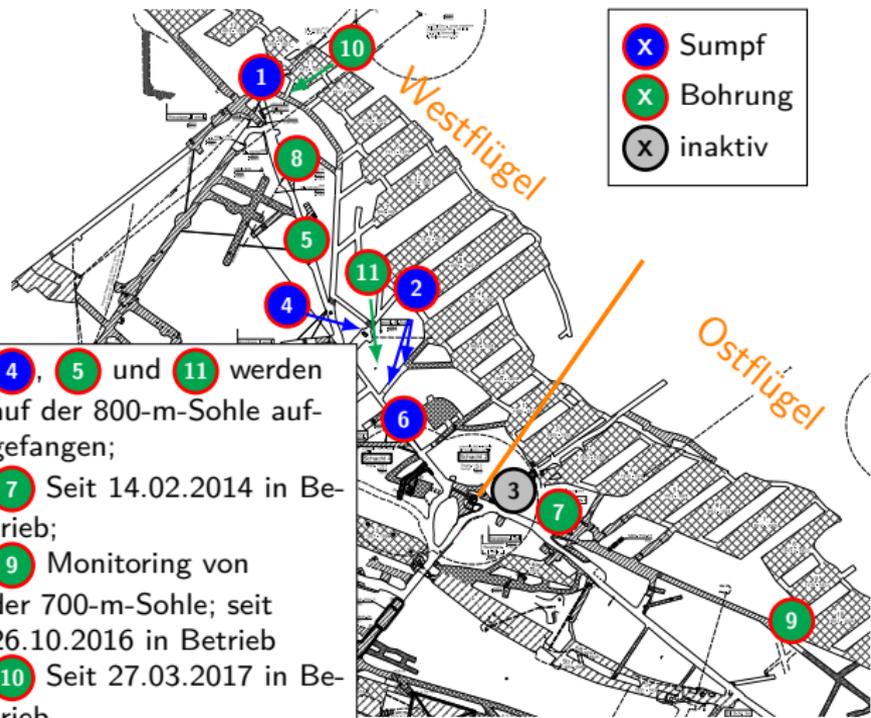
## Fassungsraten

<span style="border: 1px solid blue; border-radius: 50%; padding: 2px;">1</span>	27 Liter/Tag	Westflügel
<span style="border: 1px solid blue; border-radius: 50%; padding: 2px;">2</span>	65 Liter/Tag	
<span style="border: 1px solid blue; border-radius: 50%; padding: 2px;">4</span>	2 Liter/Tag	
<span style="border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px;">5</span>	5 Liter/Tag	
<span style="border: 1px solid blue; border-radius: 50%; padding: 2px;">6</span>	14 Liter/Tag	
<span style="border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px;">8</span>	0 Liter/Tag	
<span style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 2px;">10</span>	147 Liter/Tag	Ostflügel
<span style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 2px;">11</span>	36 Liter/Tag	
<span style="border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px;">7</span>	18 Liter/Tag	
<span style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 2px;">9</span>	0 Liter/Tag	
<b>Σ</b>	<b>314 Liter/Tag</b>	

# Salzlösungsmonitoring: Nordflanke - Fassungsraten

750-m-Sohle - Mittelwerte vom 01.01.2020 – 17.08.2020

## Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle

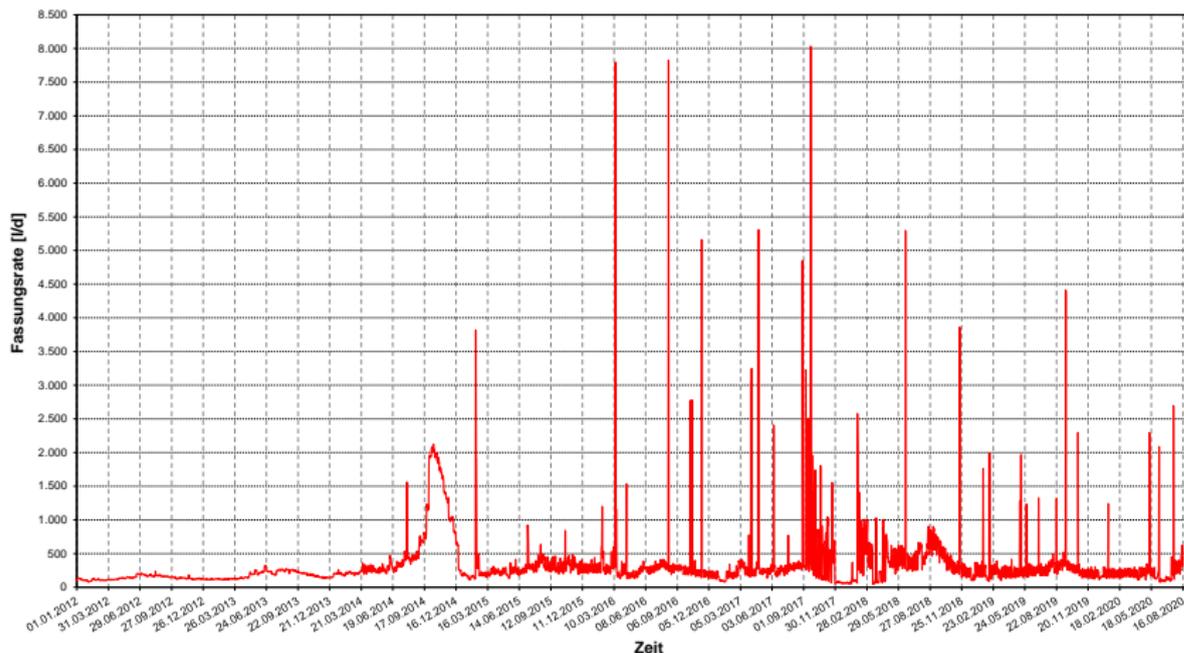


## Fassungsraten

<span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">1</span>	22 Liter/Tag	Westflügel	
<span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">2</span>	76 Liter/Tag		
<span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">4</span>	0 Liter/Tag		
<span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">5</span>	5 Liter/Tag		
<span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">6</span>	9 Liter/Tag		
<span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">8</span>	0 Liter/Tag		
<span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">10</span>	114 Liter/Tag		
<span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">11</span>	39 Liter/Tag		
<hr/>			
<span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">7</span>	18 Liter/Tag		Ostflügel
<span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">9</span>	0 Liter/Tag		
<b>Σ</b>	<b>283</b> Liter/Tag		

# Salzlösungsmonitoring: Nordflanke - Fassungsraten

Gesamte Nordflanke vom 01.01.2012 bis zum 17.08.2020 in [Liter/Tag]



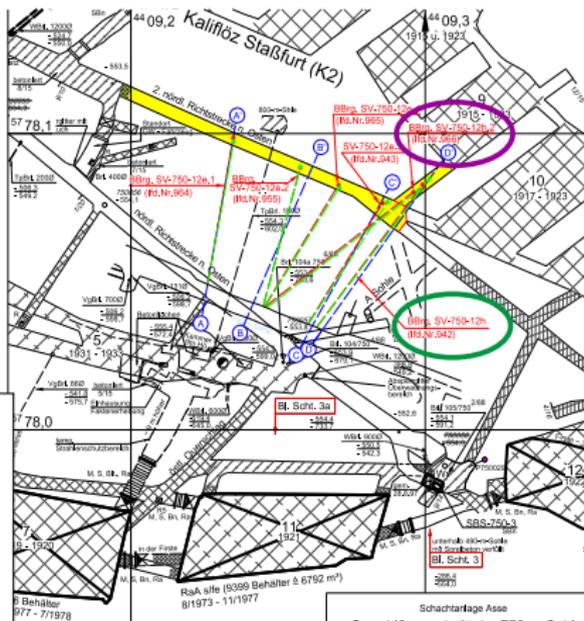
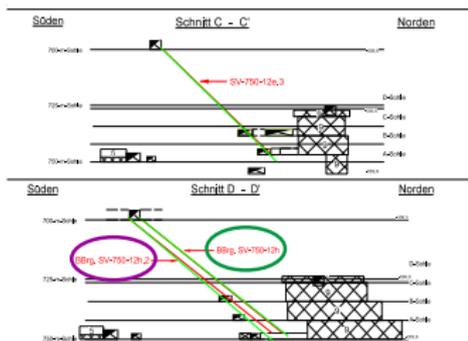
Jahr:	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
V [m <sup>3</sup> ]:	50,19	65,60	219,98*	103,72*	124,16*	149,47*	159,91*	104,86*	56,34

\* Werte wurden am 29.07.2020 neu bilanziert./Dr. Zakharchuk



# Salzlösungsmonitoring: Nordflanke

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



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



RaA site (5395 Behälter & 6792 m³)  
81973 - 11/1977

77.9

78.0

78.1

78.2

78.3

78.4

78.5

78.6

78.7

78.8

78.9

79.0

79.1

79.2

79.3

79.4

79.5

79.6

79.7

79.8

79.9

80.0

80.1

80.2

80.3

80.4

80.5

80.6

80.7

80.8

80.9

81.0

81.1

81.2

81.3

81.4

81.5

81.6

81.7

81.8

81.9

82.0

82.1

82.2

82.3

82.4

82.5

82.6

82.7

82.8

82.9

83.0

83.1

83.2

83.3

83.4

83.5

83.6

83.7

83.8

83.9

84.0

84.1

84.2

84.3

84.4

84.5

84.6

84.7

84.8

84.9

85.0

85.1

85.2

85.3

85.4

85.5

85.6

85.7

85.8

85.9

86.0

86.1

86.2

86.3

86.4

86.5

86.6

86.7

86.8

86.9

87.0

87.1

87.2

87.3

87.4

87.5

87.6

87.7

87.8

87.9

88.0

88.1

88.2

88.3

88.4

88.5

88.6

88.7

88.8

88.9

89.0

89.1

89.2

89.3

89.4

89.5

89.6

89.7

89.8

89.9

90.0

90.1

90.2

90.3

90.4

90.5

90.6

90.7

90.8

90.9

91.0

91.1

91.2

91.3

91.4

91.5

91.6

91.7

91.8

91.9

92.0

92.1

92.2

92.3

92.4

92.5

92.6

92.7

92.8

92.9

93.0

93.1

93.2

93.3

93.4

93.5

93.6

93.7

93.8

93.9

94.0

94.1

94.2

94.3

94.4

94.5

94.6

94.7

94.8

94.9

95.0

95.1

95.2

95.3

95.4

95.5

95.6

95.7

95.8

95.9

96.0

96.1

96.2

96.3

96.4

96.5

96.6

96.7

96.8

96.9

97.0

97.1

97.2

97.3

97.4

97.5

97.6

97.7

97.8

97.9

98.0

98.1

98.2

98.3

98.4

98.5

98.6

98.7

98.8

98.9

99.0

99.1

99.2

99.3

99.4

99.5

99.6

99.7

99.8

99.9

100.0

100.1

100.2

100.3

100.4

100.5

100.6

100.7

100.8

100.9

101.0

101.1

101.2

101.3

101.4

101.5

101.6

101.7

101.8

101.9

102.0

102.1

102.2

102.3

102.4

102.5

102.6

102.7

102.8

102.9

103.0

103.1

103.2

103.3

103.4

103.5

103.6

103.7

103.8

103.9

104.0

104.1

104.2

104.3

104.4

104.5

104.6

104.7

104.8

104.9

105.0

105.1

105.2

105.3

105.4

105.5

105.6

105.7

105.8

105.9

106.0

106.1

106.2

106.3

106.4

106.5

106.6

106.7

106.8

106.9

107.0

107.1

107.2

107.3

107.4

107.5

107.6

107.7

107.8

107.9

108.0

108.1

108.2

108.3

108.4

108.5

108.6

108.7

108.8

108.9

109.0

109.1

109.2

109.3

109.4

109.5

109.6

109.7

109.8

109.9

110.0

110.1

110.2

110.3

110.4

110.5

110.6

110.7

110.8

110.9

111.0

111.1

111.2

111.3

111.4

111.5

111.6

111.7

111.8

111.9

112.0

112.1

112.2

112.3

112.4

112.5

112.6

112.7

112.8

112.9

113.0

113.1

113.2

113.3

113.4

113.5

113.6

113.7

113.8

113.9

114.0

114.1

114.2

114.3

114.4

114.5

114.6

114.7

114.8

114.9

115.0

115.1

115.2

115.3

115.4

115.5

115.6

115.7

115.8

115.9

116.0

116.1

116.2

116.3

116.4

116.5

116.6

116.7

116.8

116.9

117.0

117.1

117.2

117.3

117.4

117.5

117.6

117.7

117.8

117.9

118.0

118.1

118.2

118.3

118.4

118.5

118.6

118.7

118.8

118.9

119.0

119.1

119.2

119.3

119.4

119.5

119.6

119.7

119.8

119.9

120.0

120.1

120.2

120.3

120.4

120.5

120.6

120.7

120.8

120.9

121.0

121.1

121.2

121.3

121.4

121.5

121.6

121.7

121.8

121.9

122.0

122.1

122.2

122.3

122.4

122.5

122.6

122.7

122.8

122.9

123.0

123.1

123.2

123.3

123.4

123.5

123.6

123.7

123.8

123.9

124.0

124.1

124.2

124.3

124.4

124.5

124.6

124.7

124.8

124.9

125.0

125.1

125.2

125.3

125.4

125.5

125.6

125.7

125.8

125.9

126.0

126.1

126.2

126.3

126.4

126.5

126.6

126.7

126.8

126.9

127.0

127.1

127.2

127.3

127.4

127.5

127.6

127.7

127.8

127.9

128.0

128.1

128.2

128.3

128.4

128.5

128.6

128.7

128.8

128.9

129.0

129.1

129.2

129.3

129.4

129.5

129.6

129.7

129.8

129.9

130.0

130.1

130.2

130.3

130.4

130.5

130.6

130.7

130.8

130.9

131.0

131.1

131.2

131.3

131.4

131.5

131.6

131.7

131.8

131.9

132.0

132.1

132.2

132.3

132.4

132.5

132.6

132.7

132.8

132.9

133.0

133.1

133.2

133.3

133.4

133.5

133.6

133.7

133.8

133.9

134.0

134.1

134.2

134.3

134.4

134.5

134.6

134.7

134.8

134.9

135.0

135.1

135.2

135.3

135.4

135.5

135.6

135.7

135.8

135.9

136.0

136.1

136.2

136.3

136.4

136.5

136.6

136.7

136.8

136.9

137.0

137.1

137.2

137.3

137.4

137.5

137.6

137.7

137.8

137.9

138.0

138.1

138.2

138.3

138.4

138.5

138.6

138.7

138.8

138.9

139.0

139.1

139.2

139.3

139.4

139.5

139.6

139.7

139.8

139.9

140.0

140.1

140.2

140.3

140.4

140.5

140.6

140.7

140.8

140.9

141.0

141.1

141.2

141.3

141.4

141.5

141.6

141.7

141.8

141.9

142.0

142.1

142.2

142.3

142.4

142.5

142.6

142.7

142.8

142.9

143.0

143.1

143.2

143.3

143.4

143.5

143.6

143.7

143.8

143.9

144.0

144.1

144.2

144.3

144.4

144.5

144.6

144.7

144.8

144.9

145.0

145.1

145.2

145.3

145.4

145.5

145.6

145.7

145.8

145.9

146.0

146.1

146.2

146.3

146.4

146.5

146.6

146.7

146.8

146.9

147.0

147.1

147.2

147.3

147.4

147.5

147.6

147.7

147.8

147.9

148.0

148.1

148.2

148.3

148.4

148.5

148.6

148.7

148.8

148.9

149.0

149.1

149.2

149.3

149.4

149.5

149.6

149.7

149.8

149.9

150.0

150.1

150.2

150.3

150.4

150.5

150.6

150.7

150.8

150.9

151.0

151.1

151.2

151.3

151.4

151.5

151.6

151.7

151.8

151.9

152.0

152.1

152.2

152.3

152.4

152.5

152.6

152.7

152.8

152.9

153.0

153.1

153.2

153.3

153.4

153.5

153.6

153.7

153.8

153.9

154.0

154.1

154.2

154.3

154.4

154.5

154.6

154.7

154.8

154.9

155.0

155.1

155.2

155.3

155.4

155.5

155.6

155.7

155.8

155.9

156.0

156.1

156.2

156.3

156.4

156.5

156.6

156.7

156.8

156.9

157.0

157.1

157.2

157.3

157.4

157.5

157.6

157.7

157.8

157.9

158.0

158.1

158.2

158.3

158.4

158.5

158.6

158.7

158.8

158.9

159.0

159.1

159.2

159.3

159.4

159.5

159.6

159.7

159.8

159.9

160.0

160.1

160.2

160.3

160.4

160.5

160.6

160.7

160.8

160.9

161.0

161.1

161.2

161.3

161.4

161.5

161.6

161.7

161.8

161.9

162.0

162.1

162.2

162.3

162.4

162.5

162.6

162.7

162.8

162.9

163.0

163.1

163.2

163.3

163.4

163.5

163.6

163.7

163.8

163.9

164.0

164.1

164.2

164.3

164.4

164.5

164.6

164.7

164.8

164.9

165.0

165.1

165.2

165.3

165.4

165.5

165.6

165.7

165.8

165.9

166.0

166.1

166.2

166.3

166.4

166.5

166.6

166.7

166.8

166.9

167.0

167.1

167.2

167.3

167.4

167.5

167.6

167.7

167.8

167.9

168.0

168.1

168.2

168.3

168.4

168.5

168.6

168.7

168.8

168.9

169.0

169.1

169.2

169.3

169.4

169.5

169.6

169.7

169.8

169.9

170.0

170.1

170.2

170.3

170.4

170.5

170.6

170.7

170.8

170.9

171.0

171.1

171.2

171.3

171.4

171.5

171.6

171.7

171.8

171.9

172.0

172.1

172.2

172.3

172.4

172.5

172.6

172.7

172.8

172.9

173.0

173.1

173.2

173.3

173.4

173.5

173.6

173.7

173.8

173.9

174.0

174.1

174.2

174.3

174.4

174.5

174.6

174.7

174.8

174.9

175.0

175.1

175.2

175.3

175.4

175.5

175.6

175.7

175.8

175.9

176.0

176.1

176.2

176.3

176.4

176.5

176.6

176.7

176.8

176.9

177.0

177.1

177.2

177.3

177.4

177.5

177.6

177.7

177.8

177.9

178.0

178.1

178.2

178.3

178.4

178.5

178.6

178.7

178.8

178.9

179.0

179.1

179.2

179.3

179.4

179.5

179.6

179.7

179.8

179.9

180.0

180.1

180.2

180.3

180.4

180.5

180.6

180.7

180.8

180.9

181.0

181.1

181.2

181.3

181.4

181.5

181.6

181.7

181.8

181.9

182.0

182.1

182.2

182.3

182.4

182.5

182.6

182.7

182.8

182.9

183.0

183.1

183.2

183.3

183.4

183.5

183.6

183.7

183.8

183.9

184.0

184.1

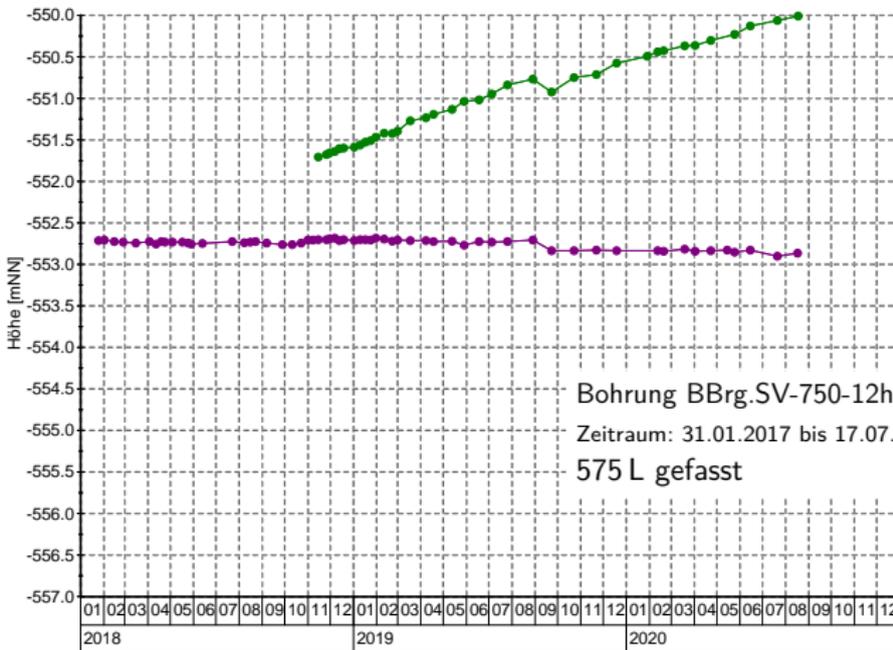
184.2

184.3

184.4</

# Salzlösungsmonitoring: Nordflanke

Pegelmessstelle vor Kali-Abbau 9/Ost (P750184 und L7500179), Zeitraum: 25.01.2018 bis 18.08.2020 (Lichtlotmessung)



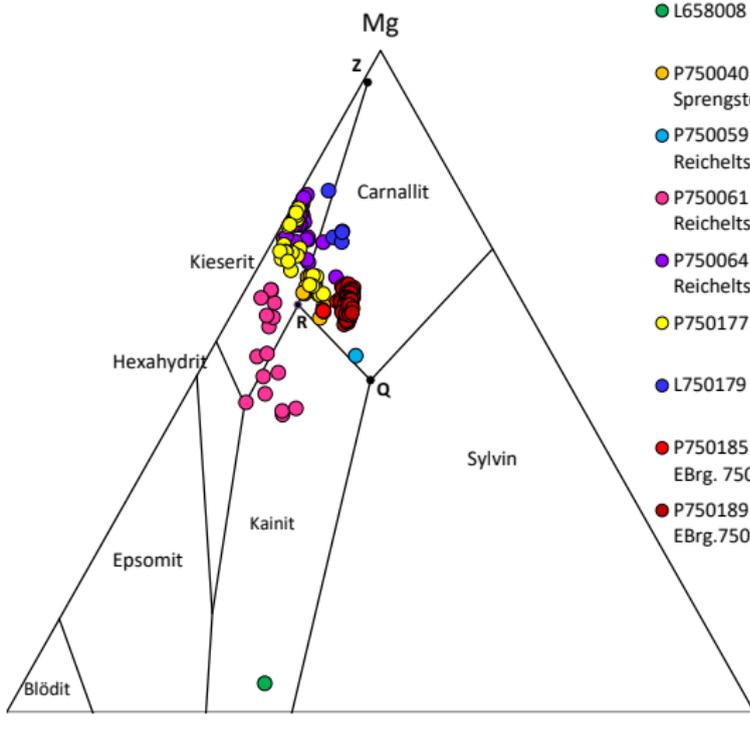
Bohrung BBrg.SV-750-12h (L7500179)  
 Zeitraum: 31.01.2017 bis 17.07.2018  
 575 L gefasst

Symbol	Messstelle	Lokation	Zeitraum
●—	L750179	vor Kali Abbau 9 Ost	01.11.2018 - 18.08.2020
●—	P750184	vor Kali Abbau 9 Ost	25.01.2018 - 17.08.2020



# Salzlösungsmonitoring: Nordflanke - Chemiesmus

Darstellung im Jänecke-Diagramm, Zeitraum: 2017 bis Juli 2020



- L658008 (30.07.2020)
- P750040 (gegenüber dem ehemaligen Sprengstofflager)
- P750059 (vom 14.05.2020, Reicheltsumpf, Waschplatz)
- P750061 (22.03.2018-11.06.2020) Reicheltsumpf-West
- P750064 (19.01.2017-11.06.2020) Reicheltsumpf-Süd
- P750177 (TpBrg. 931)
- L750179 (BBrg.SV-750-12h)
- P750185 (20.07.2017-16.07.2020) EBrG. 750-11 West
- P750189 (11.01.2018-16.07.2020) EBrG.750-11.1 West

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

25 % SO<sub>4</sub>

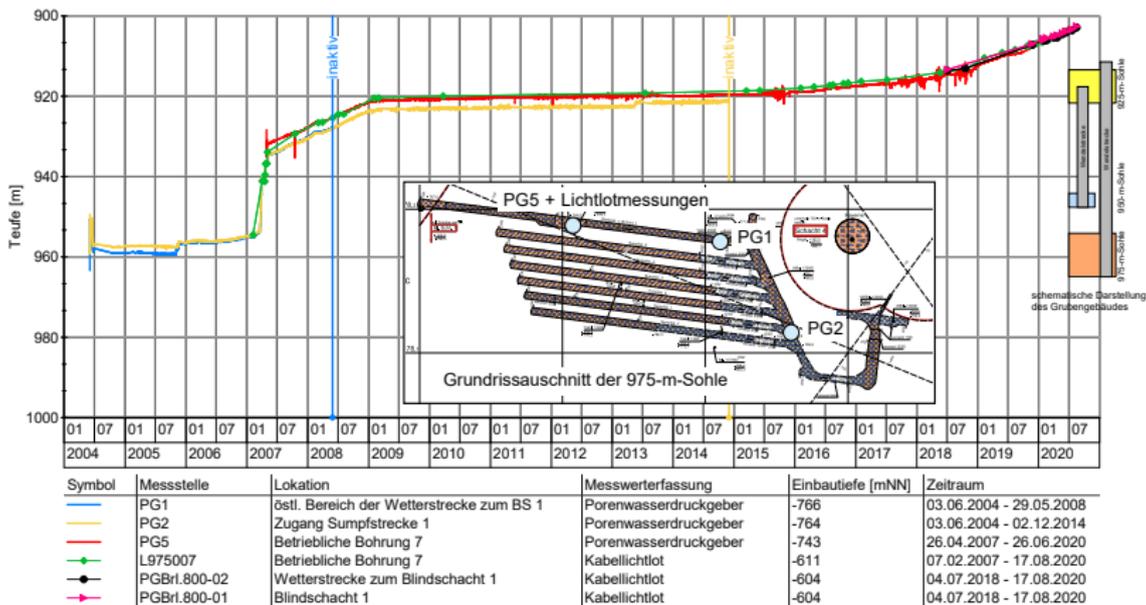
25 % K<sub>2</sub>

# Übersicht

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

# Salzlösungsmonitoring: Tiefenaufschluss

Verlauf des Pegelstandes der Salzlösung, Zeitraum: 03.06.2004 bis 17.08.2020



- aktueller Pegelstand bei 903 m Teufe (−710 mNN)
- konvergenzbedingter Anstieg im Jahr 2020 beträgt ca. 5,7 m/a (2019: 5,0 m/a)

# Übersicht

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

# Résumé – Salzlösungsmonitoring

- 658-m-Sohle
  - Stufenhafte Veränderung der Fassungsrate 9/2018 von ca. 11,6 auf 12,6 m<sup>3</sup>/d
  - Fassungsrate der Salzlösung auf der 658-m-Sohle lag 2019 im Mittel bei ca. 11,5 m<sup>3</sup>/d. Die Meldeschwelle von 12,1 m<sup>3</sup>/d auf der 658-m-Sohle ist seit dem 29.09.2018 überschritten, das führte zur Meldung nach der Nebenbestimmung 4 zum Hauptbetriebsplan 2017/2019 ans LBEG. Mit dem Inkrafttreten neuer Nebenbestimmungen mit dem Hauptbetriebsplan für 2019/2021 zum 01.10.2019 entfällt die Meldung an das LBEG.

## Résumé – Salzlösungsmonitoring *(Forts.)*

- Im Jahr 2019 gab es zwei weitere, temporäre sprunghafte Anstiege der Fassungsrate im Januar und Juni 2019. Ab etwa August 2019 sind die Fassungsraten leicht rückläufig und liegen 2020 im Mittel bei ca.  $12,1 \text{ m}^3/\text{d}$
- Die Ergebnisse der chemischen Analysen von der Lösung aus der Hauptauffangstelle ergeben keine signifikanten Änderungen, langfristige Trends bleiben unverändert.

## Résumé – Salzlösungsmonitoring *(Forts.)*

- 725-m-Sohle

Die Auffangrate der Salzlösungen auf der 725-m-Sohle ist 2019 gegenüber 2018 im Mittel geringfügig von 574 auf 579 L/d angestiegen. Aktuell werden rund 630 L/d gefasst.

Bei der Zusammensetzung der Lösungen sind 2019 keine signifikanten Änderungen festzustellen.

## Résumé – Salzlösungsmonitoring *(Forts.)*

- 750-m-Sohle

### **Bereich Südflanke**

- Im Bereich östlicher Zugang Abbau 9/750 erfolgt das Monitoring und die Fassung (ca. 0,8 L/d im Mittel) von der 679-m-Sohle.
- Östlicher Zugang ELK 8 (P750043) im Mittel 2018 ca. 7,7 L/d und die Fassung 2019: ca. 6,1 L/d im Mittel von der 679-m-Sohle.
- Das Monitoring und die Fassung der Lösung aus dem Bereich der ehemaligen Umfahrung Blindschacht 2/750 erfolgt weiter von der 700-m-Sohle im Routinebetrieb (2019: ca. 5 L/d, 2020 ca. 3 L/d im Mittel im Mittel).

## Résumé – Salzlösungsmonitoring (Forts.)

- In der Südflanke wurden 2019 im Mittel insgesamt ca. 13,1 m<sup>3</sup>/d gefasst. 2020 liegt die Fassungsrate für die Südflanke im Mittel bei ca. 12,7 m<sup>3</sup>/d. Dabei werden ca. 0,1 % der Lösungen auf der 750-m-Sohle aufgefangen. Der Anteil der im Abbau 3/658 gefassten Lösung betrug ca. 95,5 %.

### Nordflanke

- Der Großteil der in der Nordflanke gefassten Lösungen erfolgt über Bohrungen hauptsächlich im Westflügel (2019: ca. 314 L/d im Mittel). Aktuell werden 283 L/d gefasst. Die chemische Zusammensetzung der Salzlösungen im Bereich der Nordflanke ist stabil.
- Salzlösungsmonitoring
  - Die Fassungssysteme sind funktionsfähig und intakt.
  - Die engmaschige Beobachtung aller wichtigen Sammelstellen und sonstiger Tropfstellen wird weiter betrieben und bei Bedarf intensiviert.

## Teil VIII

# 3D-Seismik – Messdurchführung und Ausblick

# Übersicht Teil VIII

- 1 Vorstellung des Projektes
- 2 Durchführung 3D-Seismik
- 3 Fazit

# Übersicht

- 1 Vorstellung des Projektes
- 2 Durchführung 3D-Seismik
- 3 Fazit

# Ziel der 3D Seismik

- Neue Erkenntnisse über die geologische Struktur.
  - Bessere Aussage über die Flanken des Salzsattels.
  - Bessere Aussage über die äußere Form der Salzstruktur
- ⇒ **Voraussetzung für die Planung des Rückholbergwerkes und für die Genehmigungserlangung für die Rückholung**

# Übersicht

## 1 Vorstellung des Projektes

## 2 Durchführung 3D-Seismik

- Projekttablauf
- Permitting
- Eingesetzte Technik
- Messprogramm

## 3 Fazit

# Übersicht

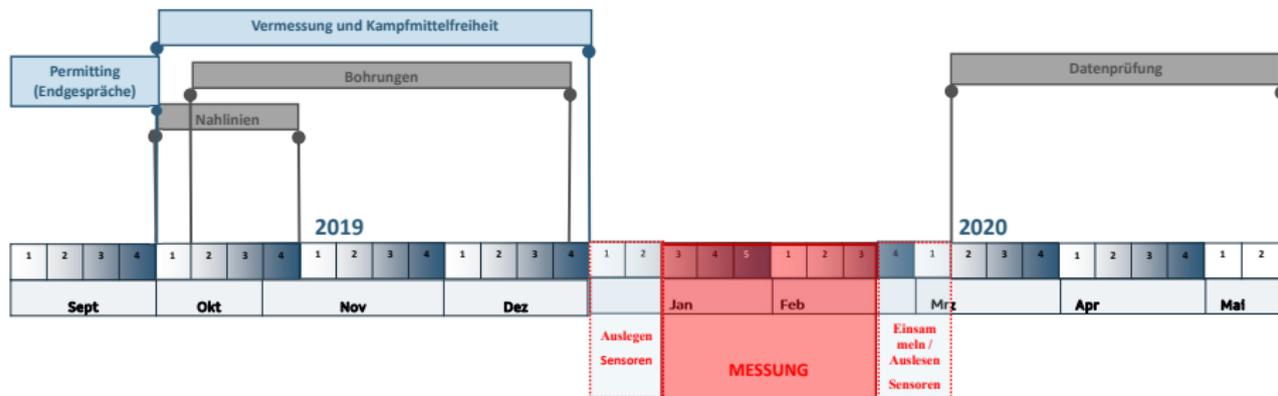
1 Vorstellung des Projektes

2 Durchführung 3D-Seismik

- Projekttablauf
- Permitting
- Eingesetzte Technik
- Messprogramm

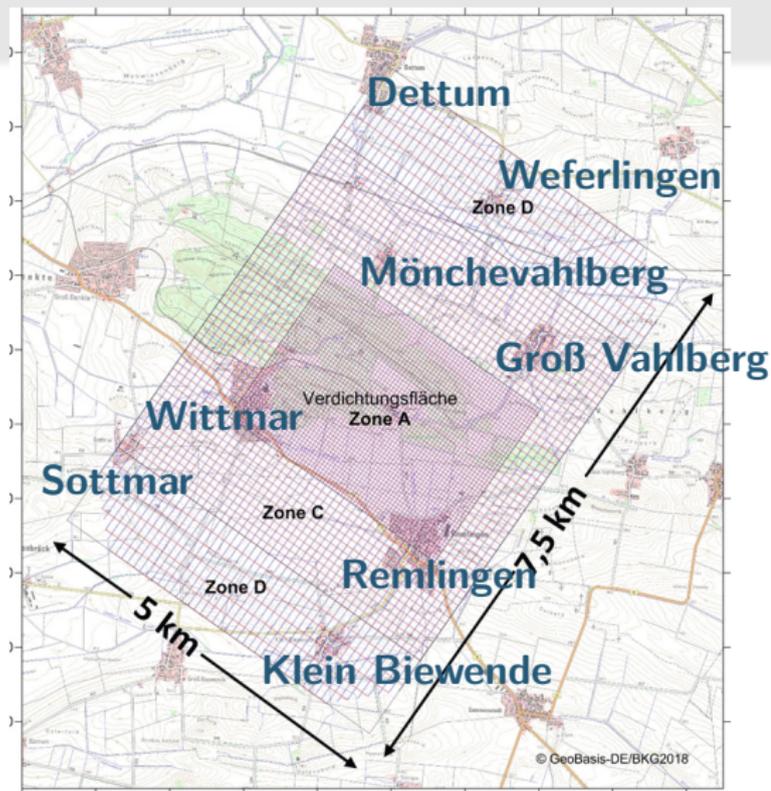
3 Fazit

# Ablaufplan



# Projektdaten

- Zeitraum 1. Oktober 2019 bis 31. März 2020
- Gesamtmessfläche 37,5 km<sup>2</sup>
- Folgende Ortschaften waren einbezogen:
  - ① Dettum,
  - ② Weferlingen,
  - ③ Mönchevahlberg,
  - ④ Groß Vahlberg,
  - ⑤ Remlingen,
  - ⑥ Wittmar,
  - ⑦ Sottmar,
  - ⑧ Klein Biewende,



# Übersicht

## 1 Vorstellung des Projektes

## 2 Durchführung 3D-Seismik

- Projektablauf
- **Permitting**
- Eingesetzte Technik
- Messprogramm

## 3 Fazit

# Ergebnisse des Permittings



## Legende

-  Grundstücksflächen mit Genehmigung
-  Grundstücksflächen ohne Genehmigung
-  Messgebiet

- Für alle Wege und für 93 % der Messfläche liegen Betretungsrechte vor.
- Alle im Messgebiet liegenden Wege konnten genutzt werden.

# Übersicht

## 1 Vorstellung des Projektes

## 2 Durchführung 3D-Seismik

- Projekttablauf
- Permitting
- **Eingesetzte Technik**
- Messprogramm

## 3 Fazit

# Bohrgeräte



# Vibro-Truck



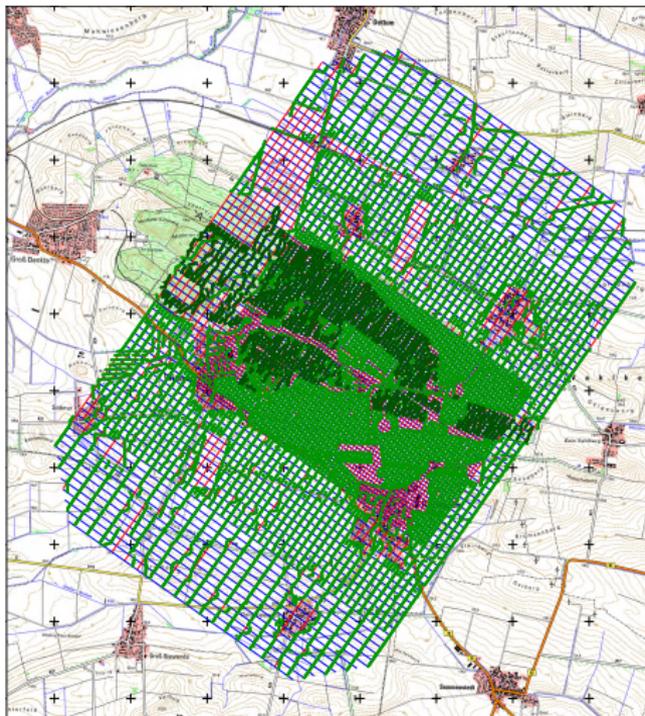
# Übersicht

## 1 Vorstellung des Projektes

## 2 Durchführung 3D-Seismik

- Projekttablauf
- Permitting
- Eingesetzte Technik
- **Messprogramm**

## 3 Fazit



### Legende

- Anregung mit Vibrofahrzeug durchgeführt
- Anregung mittels Sprengung durchgeführt

- Empfangsline mit Empfangspunkten
- Anregungsline mit Anregungspunkten

## Messprogramm:

- ① 155 Nahlinienmessungen
- ② VSP in 4 Bohrungen
- ③ 3D-seismische Messungen vom 17.01. - 20.02.2020
  - 36.137 Anregungspunkte
    - 6.364 Sprenganregungen in Bohrungen
    - 29.773 Vibro-Anregungen
  - 44.677 Empfangspunkte



kabelloses  
Geophon mit  
interner  
Datenspeicherung

# Übersicht

- 1 Vorstellung des Projektes
- 2 Durchführung 3D-Seismik
- 3 Fazit**

# Fazit

- ① Das 3D-Seismik-Messprogramm wurde mit der Übergabe der Daten an die DMT am 01.07.2020 im Wesentlichen abgeschlossen.
- ② Die Auswertung der Daten durch DMT läuft!
- ③ Die Sanierung der bei den Messungen beschädigten Wege ist zu etwa 50 % erledigt. Fertigstellung ist für November 2020 vorgesehen.

## Teil IX

# Zusammenfassung und Fazit

# Übersicht Teil IX

- 1 Résumé – Spannungs- und Verformungszustand
- 2 Résumé – Beanspruchung des Tragsystems
- 3 Résumé – Salzlösungsmonitoring
- 4 Schlussfolgerungen

# Übersicht

- 1 **Résumé – Spannungs- und Verformungszustand**
- 2 Résumé – Beanspruchung des Tragsystems
- 3 Résumé – Salzlösungsmonitoring
- 4 Schlussfolgerungen

# Spannungszustand

- Die maximalen gemessenen Spannungen entsprechen näherungsweise der maximalen Hauptspannung  $\sigma_1$  (horizontal querschlägige Richtung).  $\sigma_1$  ist überwiegend im mittleren Pfeilerbereich auf einem hohen Niveau konstant, in einigen Bereichen leicht rückläufig.
- Die minimal gemessenen Spannungen entsprechen näherungsweise der minimalen Hauptspannung  $\sigma_3$  (horizontal streichende Richtung).  $\sigma_3$  ist überwiegend gleichbleibend auf einem niedrigen Niveau und in einigen Bereichen leicht ansteigend.

# Spannungszustand *(Forts.)*

- ⇒ Die weiterhin großen Spannungsdifferenzen  $\Delta\sigma$  ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) sind die Ursache für die fortschreitende Schädigung des Tragsystems im Baufeld an der Südflanke, auch wenn lokal ein geringer Rückgang der Schädigungsraten festzustellen ist.
- ⇒ Eine beginnende Stützwirkung des Versatzes in den Abbauen auf die Pfeiler ist in Teilen des Tragsystems durch die fortlaufenden Firstspaltverfüllung erkennbar.

# Verformungssituation

- Die querschlägigen Pfeilerstauchungsraten liegen mit maximal 67–69 mm/a weiterhin auf einem hohen Niveau.
- Im Jahre 2019 ist wieder eine leicht degressive Entwicklung im Ost- und Westflügel festzustellen.
- Ab Ende 2019 bis Anfang 2020 kam es jedoch zu einem generellen Anstieg der Pfeilerstauchungsraten um einige mm/a. Dieser temporäre Anstieg hielt bis etwa Mitte 2020 an. Seit dem entwickeln sich die Stauchungsraten überwiegend degressiv, sind jedoch zum Teil immer noch über dem Durchschnitt des Jahres 2019.

# Verformungssituation *(Forts.)*

- Die Maxima liegen etwa im Niveau der 532- bis 595-m-Sohle, im Westflügel im Bereich der Abbaureihen 3 und 4 sowie im Ostflügel in den Abbaureihen 6 und 7.
- Die ermittelte maximale horizontale Gesamtstauchung beträgt seit der jeweiligen Auffahrung ca. 6 m im Westflügel und ca. 7 m im Ostflügel.
- Die Scherbeanspruchung am oberen Baufeld ist weiterhin hoch, entwickelt sich aber degressiv und die Unterschiede zwischen Ost-, Westflügel und Hauptpfeiler haben sich angeglichen.

# Übersicht

- 1 Résumé – Spannungs- und Verformungszustand
- 2 Résumé – Beanspruchung des Tragsystems**
- 3 Résumé – Salzlösungsmonitoring
- 4 Schlussfolgerungen

# Beanspruchung des Tragsystems

- Die Entwicklung der Gebirgsspannungen, der Versatzdrücke sowie der Verschiebungs- und Verformungsraten weist weiterhin eine hohe Beanspruchung des Tragsystems in der Südflanke aus.
- Die hohen Beanspruchungen führen bei fehlender oder unzureichender Stabilisierung der Tragelemente zu weiteren Schädigungsprozessen.

## Beanspruchung des Tragsystems *(Forts.)*

- Die mikroseismische Aktivität im Bereich des Tragsystems ist leicht rückläufig, liegt aber weiterhin auf hohem Niveau.
- Das mikroseismische Cluster bei ELK 4/750 ist weiterhin aktiv. Nach umfangreichen Stabilisierungsmaßnahmen in diesem Bereich der 750-m-Sohle hat sich ab Frühjahr 2018 die mikroseismische Aktivität bzw. der Anstieg der kumulativen Energie deutlich verringert.
- Die mikroseismische Aktivität im Bereich der ELK 6/750 ist hoch.
- Auch im zentralen Bereich der 700- bis 725-m-Sohle ist die mikroseismische Aktivität vergleichsweise hoch.
- Außerhalb des Grubengebäudes ist vor Allem die mikroseismische Aktivität östlich des Grubengebäude oberhalb der 532-m-Sohle unterhalb der 700-m-Sohle auffällig.

# Übersicht

- 1 Résumé – Spannungs- und Verformungszustand
- 2 Résumé – Beanspruchung des Tragsystems
- 3 Résumé – Salzlösungsmonitoring**
- 4 Schlussfolgerungen

# Salzlösungsmonitoring

## Baufeld an der Südflanke

- Abbau 3/658:
  - Die Fassungsrate ist im September 2018 von  $11,6 \text{ m}^3/\text{d}$  auf  $12,6 \text{ m}^3/\text{d}$  stufenhaft angestiegen.
  - Kurzfristige, sprunghafte Anstiege folgten im Januar und Juni 2019. Seitdem entwickelt sich die Fassungsrate leicht degressiv
  - Aktuell liegt die Fassungsrate bei ca.  $12,1 \text{ m}^3/\text{d}$ .
  - Der Anteil der im Abbau 3/658 gefassten Lösung liegt 2019 bei 95,5 % (2018: 95 %).
- Auf der 725-m-Sohle betrug die Fassungsrate im Jahr 2019 und auch aktuell durchschnittlich ca.  $0,6 \text{ m}^3/\text{d}$ . Dies entspricht 2019 ca. 4,4 % (2018: 4,6 %),
- Nahezu die gesamte Lösungsmenge wird im Bereich der Abbaureihe 3 oberhalb der 750-m-Sohle gefasst.

# Salzlösungsmonitoring *(Forts.)*

- Auf der 750-m-Sohle wurden in 2019 ca. 0,1 % (2018: 0,4 %) der Lösungen gefasst, jedoch sind diese zum Teil kontaminiert, sie durchfeuchten Tragelemente und zersetzen carnallitische Gebirgsbereiche.
- In Summe lag die Zutritts-/Fassungsrate im Bereich des Baufeldes an der Südflanke 2019 bei ca. 13,1 m<sup>3</sup>/d (aktuell: 12,7 m<sup>3</sup>/d, 2018: 12,5 m<sup>3</sup>/d).

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

## Nordflanke

- Im Bereich der Nordflanke wurden in 2019 durchschnittlich 0,30 m<sup>3</sup>/d (2018: 0,4 m<sup>3</sup>/d) gefasst.

# Übersicht

- 1 Résumé – Spannungs- und Verformungszustand
- 2 Résumé – Beanspruchung des Tragsystems
- 3 Résumé – Salzlösungsmonitoring
- 4 Schlussfolgerungen**

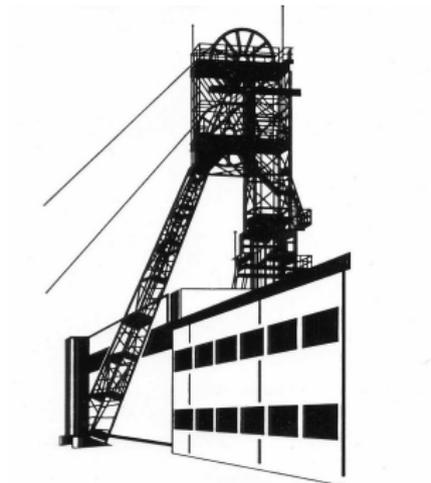
# Schlussfolgerungen

- Zur weiteren Stabilisierung des Tragsystems ist eine zügige und systematische Fortsetzung der Resthohlraum- bzw. Firstspaltverfüllung insbesondere im Westflügel des Baufeldes an der Südflanke, im Bereich Sattelkern sowie Carnallititbaufeld unverzichtbar.
- Zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit der in Nutzung befindlichen Infrastrukturräume sind die lokalen Monitoringprogramme fortzuführen.
- Im Ergebnis des Monitorings wurden/werden bei Bedarf zielgerichtete Sanierungs- und Stabilisierungsmaßnahmen umgesetzt.

## Schlussfolgerungen *(Forts.)*

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

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



**SCHACHTANLAGE ASSE II**