

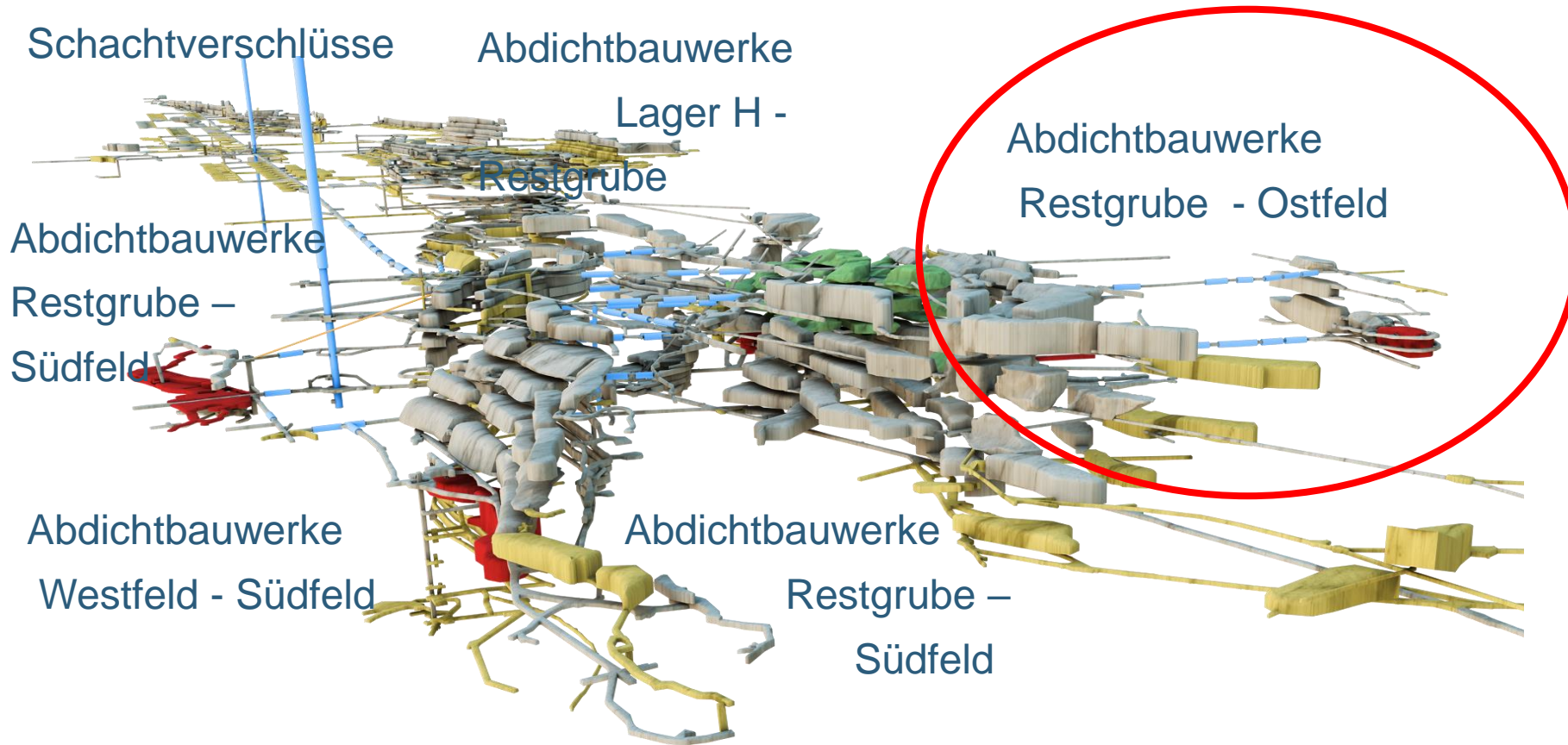


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Abdichtbauwerk im Anhydrit
- Anforderungen, Entwicklung, Nachweise -

- Der Standort
- Die Randbedingungen
- Was haben wir vor
- Unsere Ziele konkret
- Unsere Erfahrungen
- Nachweiskonzept
- Vorgesehene Baustoffe – Wissenschaftliche Erkenntnisse
- Wo stehen wir – wie geht es weiter

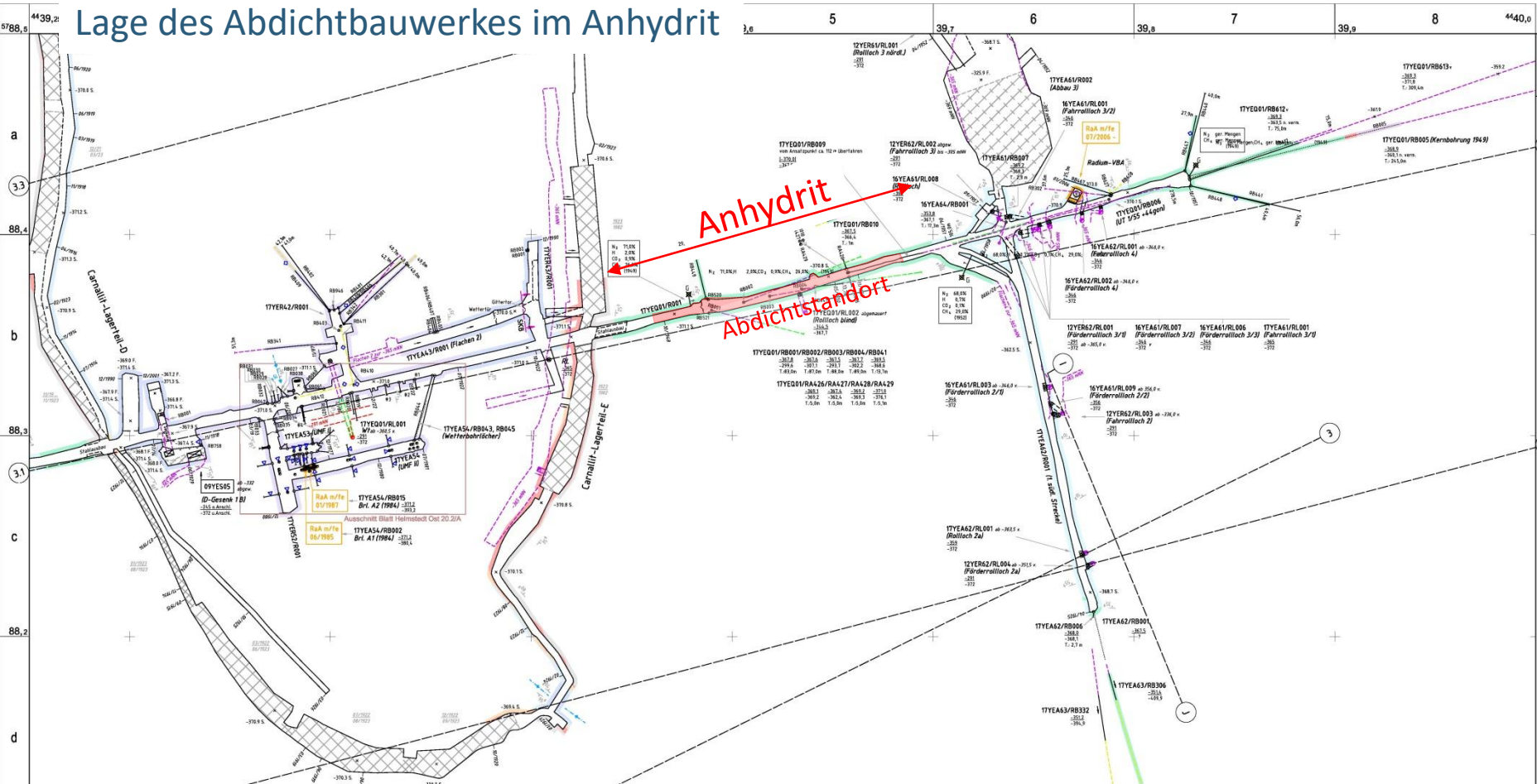
Der Standort



Der Standort

BGE

BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG



- Zachse 4
- Schweisz
- Rosenz
- Baustoff bis
- Schweisz
- Baustoff
- Planbetondeck
- Wahl Beton bis
- Planbetondeck
- Zachse 3 bis
- Zachse 4
- Trennlage bis
- Planbetondeck
- Zachse 3
- Gewebe
- Trennlage
- Schweisz bis
- Schweisz
- Schweisz
- Anhydritbeton
- Baumstamm
- Changest
- Baumstamm
- Changest
- Linierte
- Baustoff
- Hauptbohr
- Dachschicht
- Lage-Kolonne
- Zachse 2
- ZIF
- Kerke Struktur
- Hauptbohr
- Kerke Struktur
- Übergangsbereich
- Hauptbohr
- Hauptbohr
- Kerkebeton
- Stahlbohr
- Kerkebeton
- Baustoff
- Baustoff
- Stahlbohr
- Wahl-Anhydrit bis
- Baustoff
- Unter Wahl-Anhydrit

Die Darstellung der geologischen Elemente ist auf das jeweilige Firstniveau bezogen.

Geotechnische Bohrung

- Extraktbohrung
- Spannungbohrung

Soweit Bezeichnungen von Bohrungen nicht oder nicht vollständig im Kartenfeld ausgeführt sind, finden sie sich am unteren Blattrand.

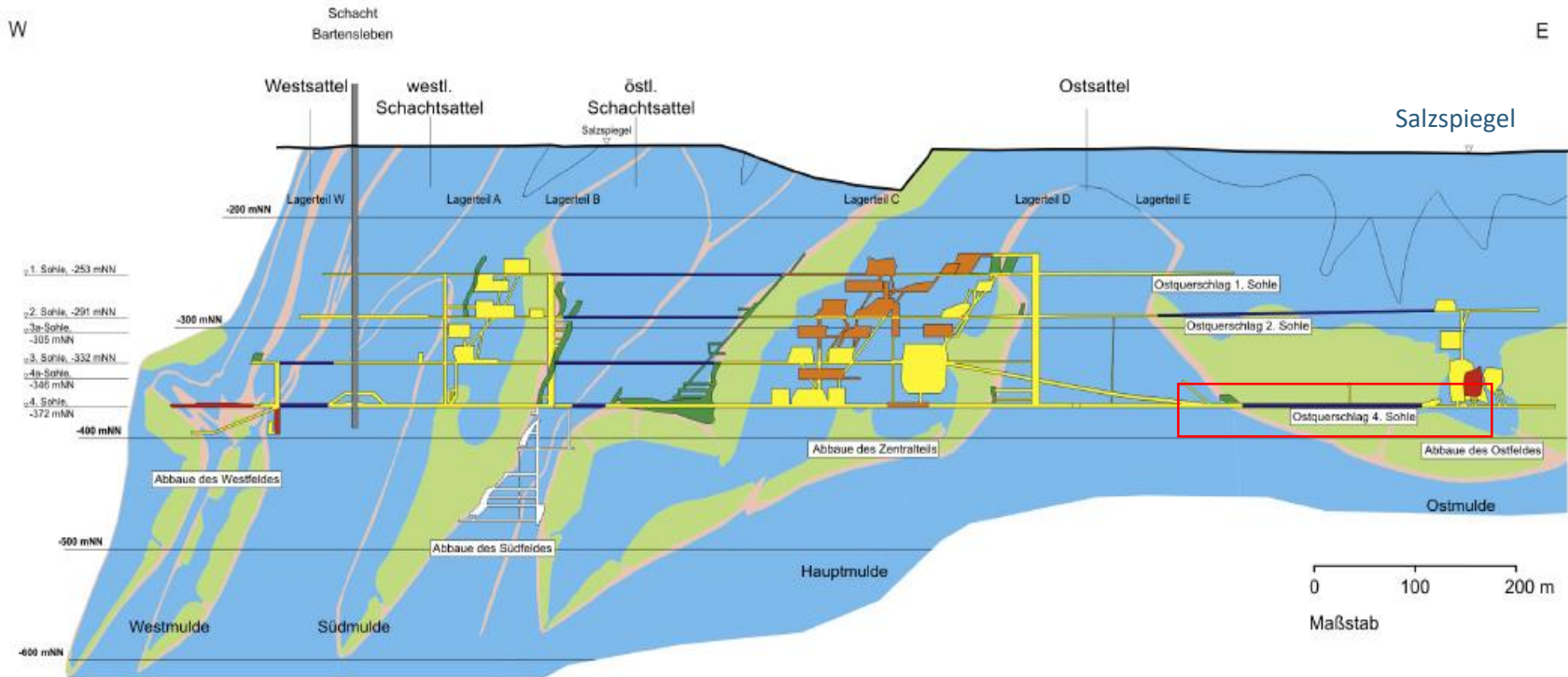
Einlagerung

VBA= verlorene Betonabstimmung

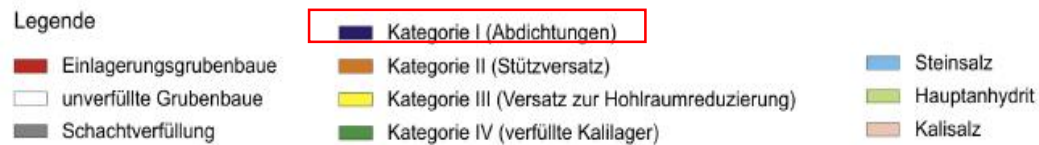
Sohlenriss -372 mNN
4. Sohle Bartensleben

Der Standort

Lage des Abdichtbauwerkes im Anhydrit



Schematisierter West-Ost-Schnitt entlang der Ostquerschläge mit Einlagerungsgrubenbauen im West- und Ostfeld



Der Hauptanhydrit

- liegt aufgrund seines spröden Verhaltens in der Salzstruktur in Form einzelner durch Salz getrennte Schollen vor
- zeigt keine relevante Konvergenz
- erreicht im Ostfeld nicht den Salzspiegel
- ist unterhalb des Salzspiegels gegenüber den vorstellbaren Lösungen stabil, d.h. es erfolgt keine Umwandlung zu Gips mit einer damit verbundenen Volumenvergrößerung
- zeigt heterogene Permeabilitäten, diese variieren zwischen den Werten des kompakten Hauptanhydrits von $<10^{-20}$ m² und Werten bis $> 10^{-15}$ m² in geklüfteten Bereichen

Abdichtungssystem dient der Optimierung der Isolation durch Verzögerung des potentiellen Transportes von Lösungen zwischen Einlagerungsbereich Ostfeld und Restgrube.

Es besteht aus:

- Streckenabdichtung 4. Sohle im Anhydrit
- Streckenabdichtung 2. Sohle im Steinsalz
- Abdichtung von sicherheitsrelevanten Bohrungen

Vorgelagert

- vollständige Streckenverfüllung

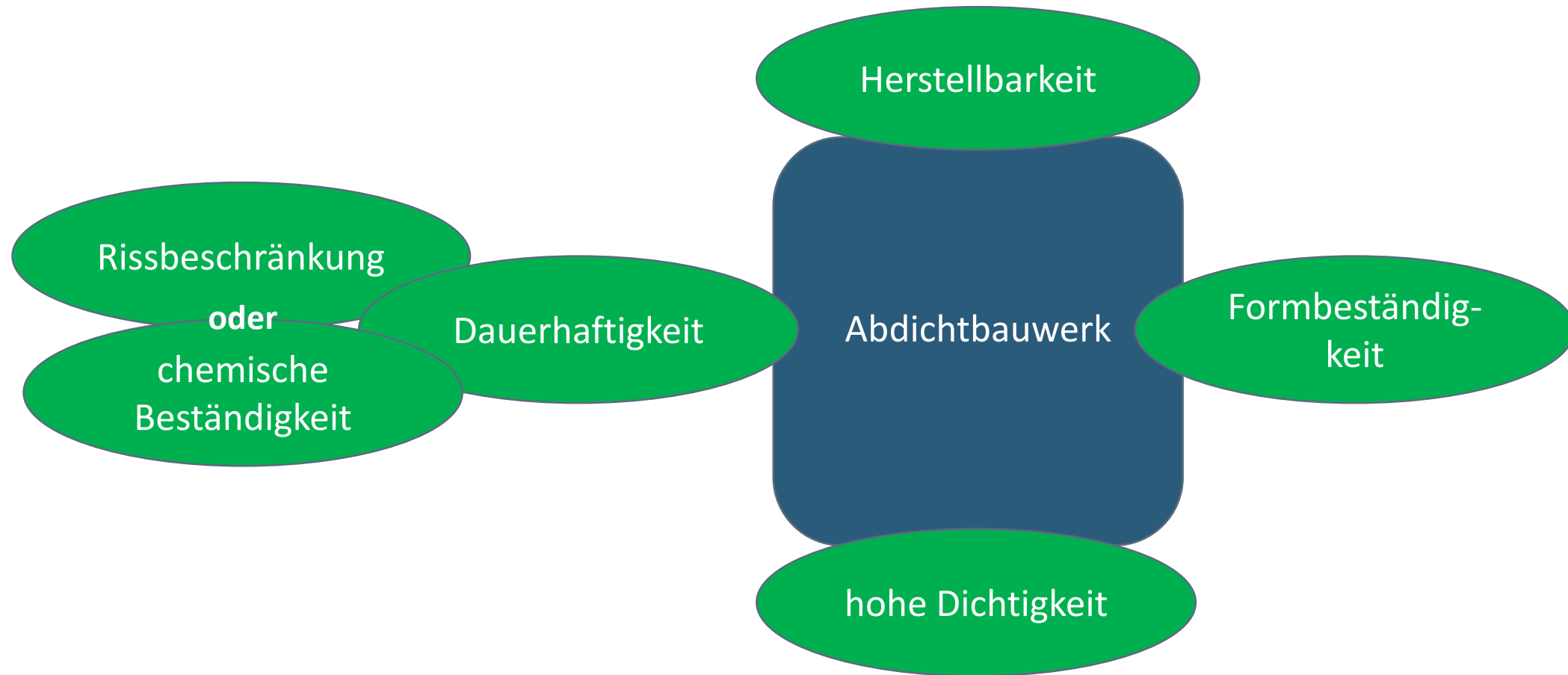
Abdichtbauwerke Restgrube - Ostfeld

Abdichtbauwerk im Anhydrit

- Abdichtungssegmente:
2 x 25 m und 2 x 30 m
- Widerlager: 5 x 5 m

Die Anordnung der Abdichtungssegmente am Standort ergibt sich i.W. aus den bergbaulichen Gegebenheiten

Unsere Ziele konkret Was soll das Bauwerk leisten



Unsere Ziele konkret Dichtigkeit und Dauerhaftigkeit in Zahlen



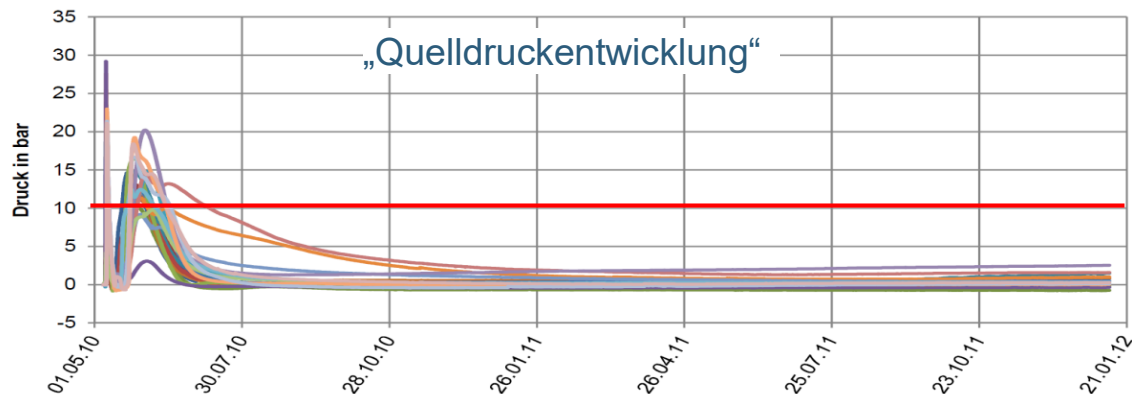
- Dichtigkeit: Permeabilität 10^{-18} m^2
- Dauerhaftigkeit: 20.000 Jahre

aus Langzeitsicherheitsanalyse abgeleitete Optimierungsziele

▪ Großversuch/Bleicherode (Stand 2010ff)

Hauptziel

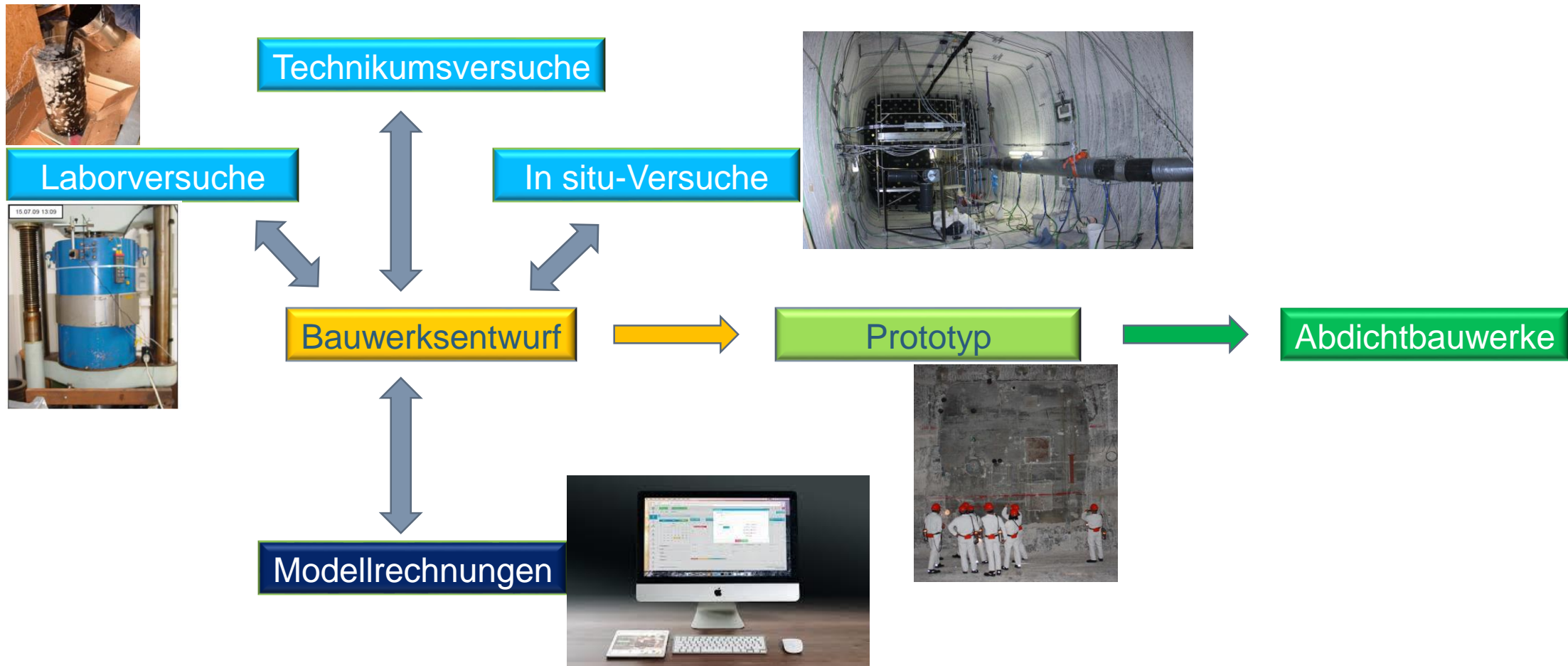
Nachweis eines dauerhaften Quelldrucks ≥ 1 MPa,
bautechnische Machbarkeit und eine ausreichend
geringe integrale Permeabilität



Was haben wir gelernt?

- Dauerhafter Erhalt des Quelldrucks nicht realisierbar
- Prüfung alternativer MgO-Rezepturen zum DBM2 notwendig
- Überprüfung Nachweiskonzept/Nachweisziele
- Ermittlung Anforderungen an die Herrichtung der Streckenkontur

Nachweiskonzept – was bedeutet das?



Vorgesehene Baustoffgruppen ERAM

Salzbeton

MgO-Baustoff

Bitumen/Asphalt

Massenbeton

Massenbeton

Spritzbeton

- ausreichende mechanische und chemische Langzeitbeständigkeit im salinaren Milieu (wesentliche Grundlage Verbesserung der Prognose zur Lösungszusammensetzung am jeweiligen Abdichtungsstandort)
- Verträglichkeit mit dem Wirtsgestein (Salinar)
- geringe Durchlässigkeit / Permeabilität
- ausreichende Festigkeit und Steifigkeit
- mind. Volumenkonstanz (kein Schwinden, Schrumpfen) ansonsten ggf. Kombination mit Injektionsmaterial
- möglichst mit einfachem technischen Aufwand handhabbar
- Baustoffgruppen ggf. auch kombinierbar



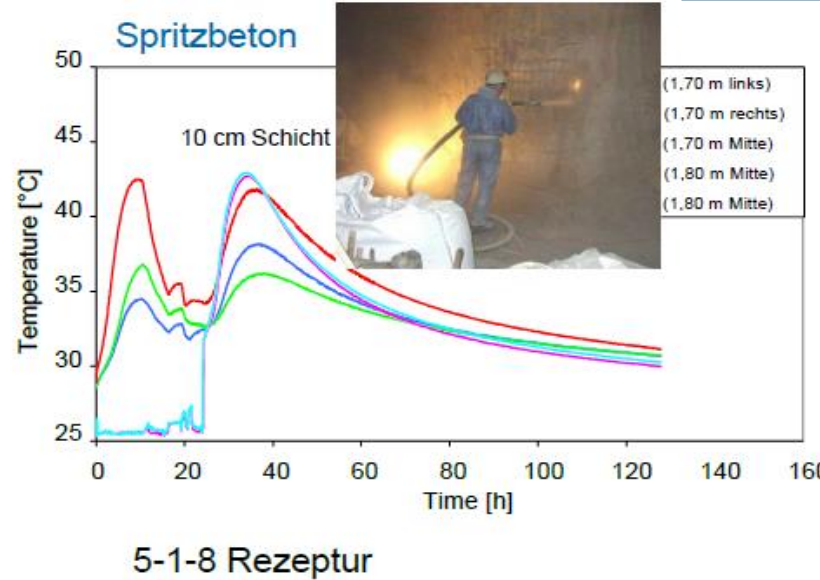
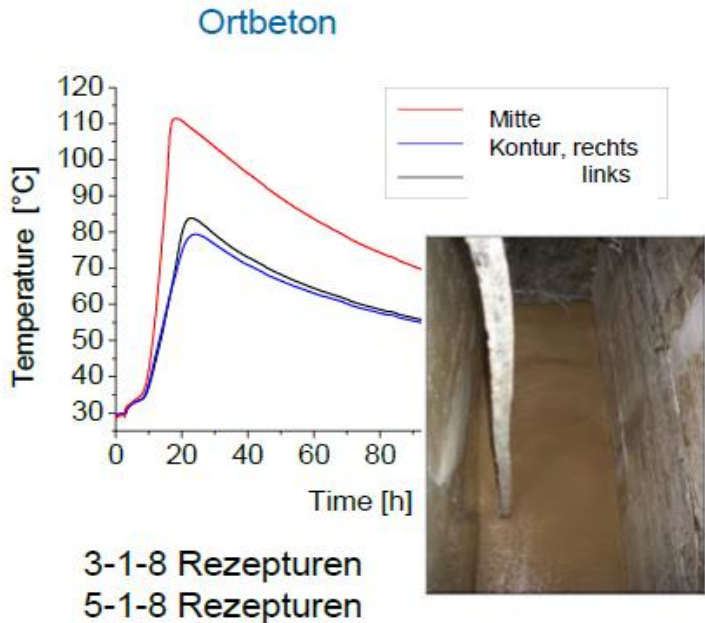
- ausreichende mechanische und chemische Langzeitbeständigkeit im salinaren Milieu (wesentliche Grundlage Verbesserung der Prognose zur Lösungszusammensetzung am jeweiligen Abdichtungsstandort)
- Verträglichkeit mit dem Wirtsgestein (Salinar)
- geringe Durchlässigkeit / Permeabilität
- ausreichende Festigkeit und Steifigkeit
- mind. Volumenkonstanz (kein Schwinden, Schrumpfen) ansonsten ggf. Kombination mit Injektionsmaterial
- möglichst mit einfachem technischen Aufwand handhabbar
- Baustoffgruppen ggf. auch kombinierbar

MgO-Baustoff

Massenbeton

Spritzbeton

Verarbeitung - Temperaturentwicklung



Fachgespräch „Verschlussysteme –
Konzepte, Baustoffe, Simulation,
Demonstration und Anwendung“
Freiberg, 03.-04.05.2017 - Materialienband
[http://www.ptka.kit.edu/ptka-alt/downloads/
ptka-wte-e/FG_VS_2017_%20MV.pdf](http://www.ptka.kit.edu/ptka-alt/downloads/ptka-wte-e/FG_VS_2017_%20MV.pdf)

Der Stand von Wissenschaft und Technik MgO-Baustoff



Stand von Wissenschaft und Technik zum Magnesiabaustoff

Rezeptur-Eigenschafts-„Bild“ des Magnesiabaustoffs

Rezepturtyp	„3-1-8“		„5-1-8“	
Zuordnung bekannter Rezepturen	C3	DBM2	A1	D4 (MB10)
Molarer Ansatz MgO : MgCl ₂ : H ₂ O	3 : 1 : 11		(3 - 5) : 1 : (11 - 13)	5 : 1 : 13
Geomechanische Eigenschaften im relativen Vergleich				
Lösungspermeabilität (GG-Lösung)	k ≈ 10 ⁻¹⁸ ... 10 ⁻¹⁹ m ²		< 10 ⁻¹⁹ m ²	... < 10 ⁻²⁰ m ² ... undurchlässig
Zuschläge	<p>Zuschläge verschiedener Art und Körnung beeinflussen die geomechanischen Eigenschaften in gewissem Rahmen, bewirken aber keine grundlegenden Veränderungen der für die Bindemittelphasen typischen hydraulisch-mechanischen Bauwerkseigenschaften. Die Zuschläge sollten sich inert gegenüber den ablaufenden geochemischen Prozessen zum Erhalt/Nachweis der Langzeitbeständigkeit verhalten (keine Umbildungsreaktionen mit Salzlösung, wie z.B. Steinsalz (NaCl), Sand/Kies, kristallines Quarzmehl (SiO₂), Anhydrit, Magnesit).</p>			

MgO-Baustoff

Massenbeton

Spritzbeton

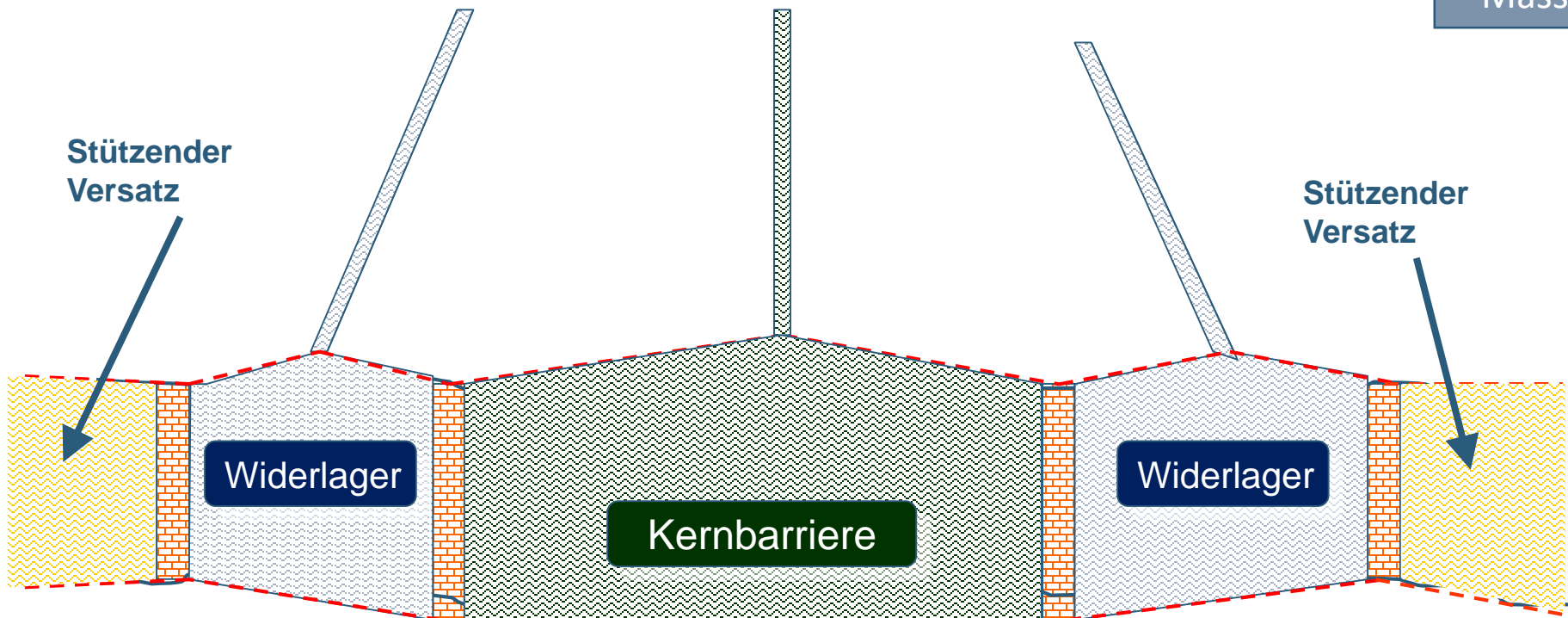
Fachgespräch „Verschlusssysteme –
Konzepte, Baustoffe, Simulation,
Demonstration und Anwendung“
Freiberg, 03.-04.05.2017 - Materialienband
[http://www.ptka.kit.edu/ptka-alt/downloads/
ptka-wte-e/FG_VS_2017_%20MV.pdf](http://www.ptka.kit.edu/ptka-alt/downloads/ptka-wte-e/FG_VS_2017_%20MV.pdf)

Wo stehen wir - Konstruktionsprinzip

Abschluss: Betonage der Kernbarriere (durchgehend)

MgO-Baustoff

Massenbeton

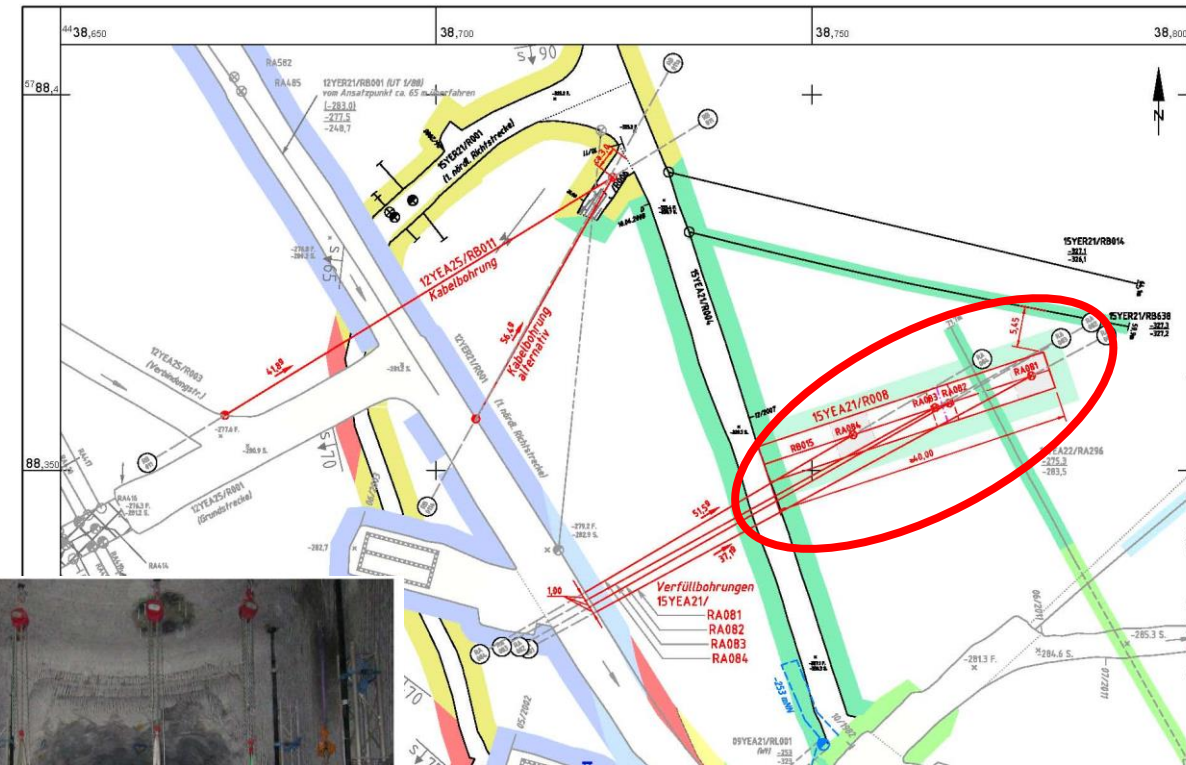


M. Heydorn/Asse

Wo stehen wir – fertige Arbeiten

Technikums- und Großversuche/ERAM Abdichtbauwerk aus MgO-Baustoff – Massenbeton im Hauptanhydrit

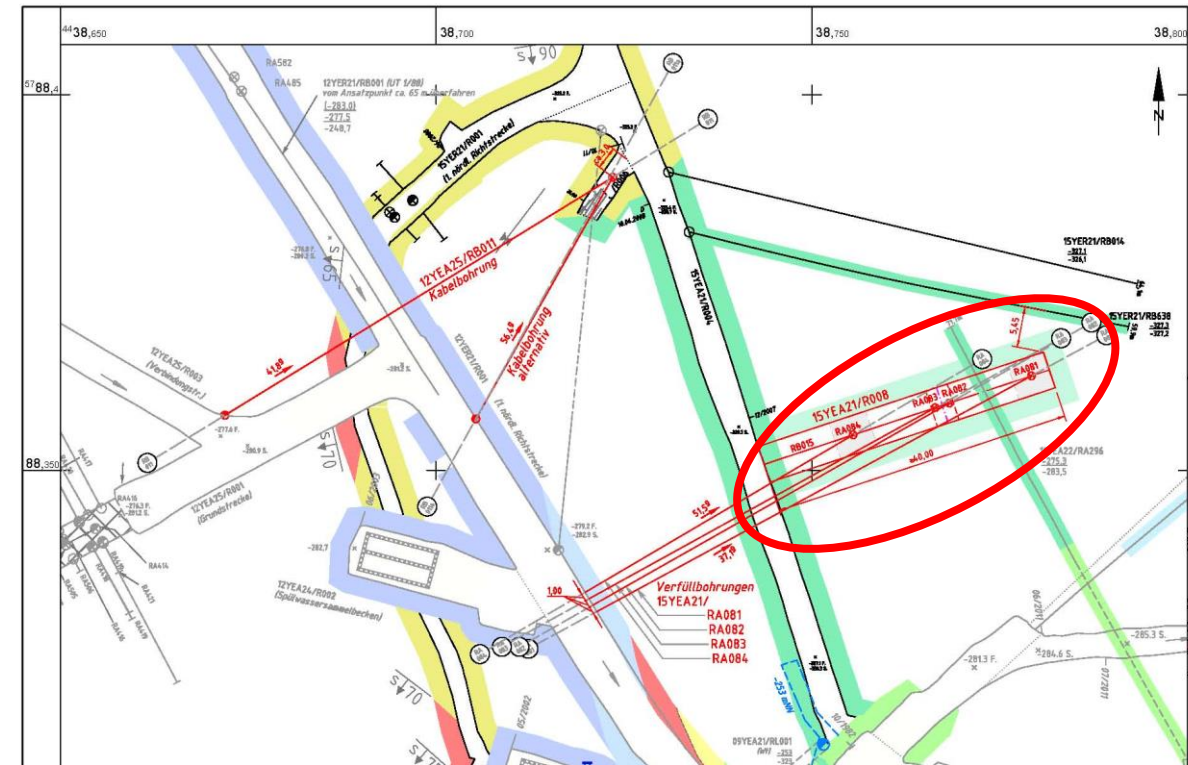
- Auffahrung der 40 m langen Versuchsstrecke im Bohr- und Sprengverfahren mit einem Querschnitt von ca. 4,5 m x 5 m (2012)
- Doppellastplattendruckversuche (2012 bis 2013)
- Oberflächenpermeabilitätsmessungen zur Bewertung des Konturnachschnitts (2015 und 2016)



Wo stehen wir – laufende Arbeiten

Technikums- und Großversuche/ERAM Abdichtbauwerk aus MgO-Baustoff – Massenbeton im Hauptanhydrit

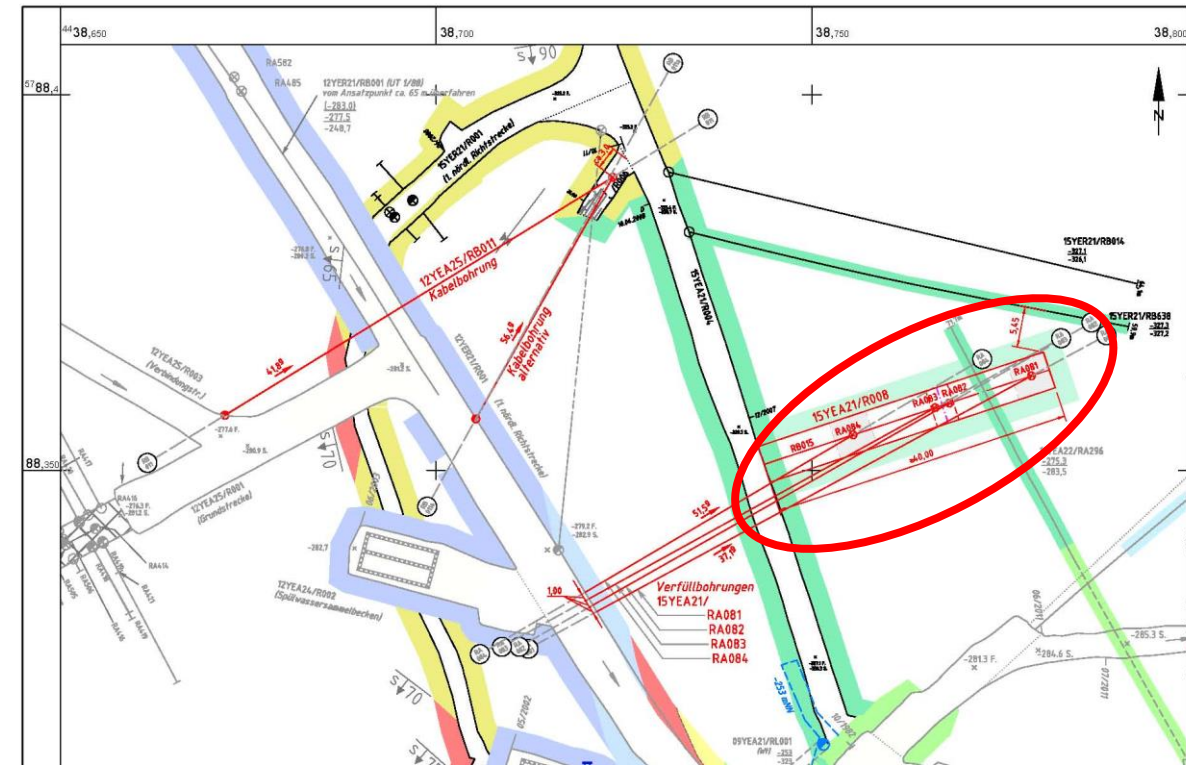
- Überarbeitung Versuchsplanung (2019)
- Ausführungs- und Genehmigungsplanungen (2019 bis 2020)
- Erarbeitung Nachweiskonzept (2019)
- Erarbeitung Qualitätssicherungsprogramm (2020)
- Ausschreibungen (2019 bis 2020)
- Infrastrukturelle Vorbereitungen (2019 bis 2020)



Wo stehen wir – weitere Ziele

Technikums- und Großversuche/ERAM
Abdichtbauwerk aus MgO-Baustoff – **Massenbeton**
im Hauptanhydrit

- Labor-/Vorversuche (2019 bis 2021)
- Beginn Probebetrieb (Ende 2020/Anfang 2021)
- Bauausführung (ab 2021)
- Versuchsbegleitende Messungen (bis Ende 2022)



Wo stehen wir – laufende Arbeiten

Technikums- und Großversuche/
Abdichtbauwerk aus MgO-Baustoff – **Spritzbeton**
(Bitumen/Asphalt) im Hauptanhydrit

MgO-Baustoff

(+)

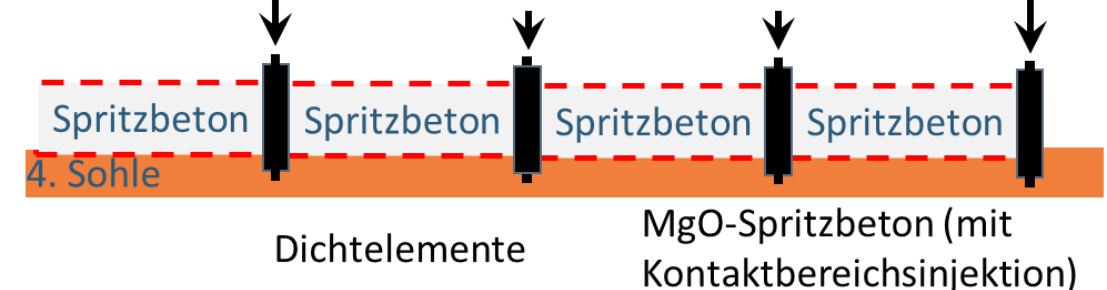
Bitumen/Asphalt

Spritzbeton

- MgO-Spritzbeton (vergleichbar mit dem Großversuch GV2 aus den FuE-Vorhaben „CARLA“ bzw. „MgO-SEAL“) ggf. in Kombination mit Asphalt dichtelementen
- Planungsstudie liegt vor, konzeptionelle Planungen sowie konzeptionelle Betrachtungen zum Vorgehen bei der Nachweisführung in Abstimmung
- Erfahrungen zur Einbringung von Bitumen
Großversuch Widerlager-Dichtelement/ERAM

2. Sohle

Bitumen/Asphaltelemente:
Befüllung u. Druckbeaufschlagung
von der 2. Sohle



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Kontakt

Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE)
Eschenstraße 55
31224 Peine

05171 43-0
poststelle@bge.de
www.bge.de