

10.03.2022

ÜBERWACHUNG VON VERSCHLUSSBAUWERKEN FÜR ATOMMÜLLENDLAGER

PD Dr. Erst Niederleithinger
Dr. Holger Völzke, Dr. Vera Lay

Vorbemerkung 1: Nutzung Kernenergie

- Das Bundeskabinett hat am 6. Juni 2011 das sofortige Aus für acht Atomkraftwerke und den stufenweisen Ausstieg aus der Kernenergie bis 2022 beschlossen.
- Derzeit noch 3 KKW in D am Netz, Abschaltung Ende 2022 geplant
- Laufzeitverlängerung nicht vorgesehen
- Rückbau Aufgabe für Jahrzehnte, auch Nachhaltigkeitsaspekten



Credits: Wikipedia/e.on

Vorbemerkung 2: Endlager

- Endlager in D:
 - Endlager Asse
 - Endlager Konrad
 - Endlager Morsleben
 - Endlager für HLW ??

Endlager HLW international

- Finnland (in Betrieb)
- Schweden (beschlossen)


Nachhaltig?



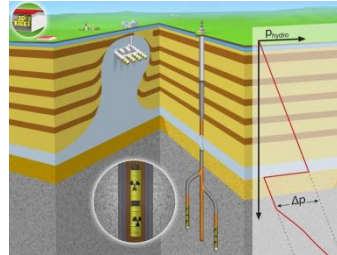
Credits: BGE, www.bge.de

Aktuelle Roadmap der kerntechnischen Entsorgung in Deutschland



 Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung

 **BGE**
BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG



Endlagerung

Rückholbarkeit

Bergbarkeit

bis 500 Jahre nach Verschluss

Standortauswahl für ein Endlager inkl. Behälterdesign

Genehmigungsverfahren und Errichtung

Endlagerbetrieb
Einlagerung

Stilllegung und Nachbetrieb

2017

2031 (Stand AG)

>2050

≈2090

1992

Beginn der Zwischenlagerung



 **BGZ**
Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH

2032 - 2047

Auslaufen der ZL-Genehmigungen

Transporte
Verlängerte Zwischenlagerung

Rückbau der Kernkraftwerke

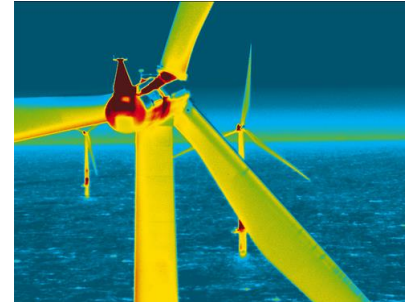
2022



Die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) ist eine wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz.

UNSER AUFTRAG: *Wir gewährleisten Sicherheit in Technik und Chemie.*

UNSERE AUFGABEN: *Wir forschen, prüfen und beraten zum Schutz von Mensch, Umwelt und Sachgütern.*



Bauartprüfung/Zulassung von Behältern für den Transport radioaktiver Stoffe (FB 3.3)

- Diverse Bauartprüfungen für Großbehälter mit dem Ziel der Schaffung der Brennstofffreiheit in den dt. KKW (Inventarerweiterungen, Köcher für Sonderbrennstäbe, Hochabbrand).
- CASTOR® MTR 3 Bauartprüfung zur Entsorgung der Forschungsreaktoren.
- Begutachtung Großkomponententransporte (Rückbau KKW's)

Fachliche Schwerpunkte:

- Alterungsmanagement bei langen Zulassungsdauern (neues IAEA Regelwerk).
- Experimentelle Untersuchungen vs. Simulation (volldynamische Analysen, Verifikation).
- Fertigungsüberwachung von ca. 50 Großbehältern und 400 Abfallbehältern p.a.



Geschäftsfeld

Wissenschaftlich-technische Dienstleistungen

Sicherheitstechnische Behälterbegutachtung im Rahmen atomrechtlicher Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren zur Zwischenlagerung radioaktiver Stoffe (FB 3.4)

- Zahlreiche Begutachtungs- und Genehmigungsverfahren nach §6 Atomgesetz für alle Zwischenlagerstandorte und zahlreiche Beladevarianten/Inventarerweiterungen.
- Begutachtung und Genehmigung von Brennstabköchern zur Entsorgung defekter Brennstäbe.
- Qualitätsüberwachung Behälterfertigung und Konformitätsbewertung für die Zwischenlagerung als Voraussetzung für Behälterbeladungen zur Zwischenlagerung.



Geschäftsfeld

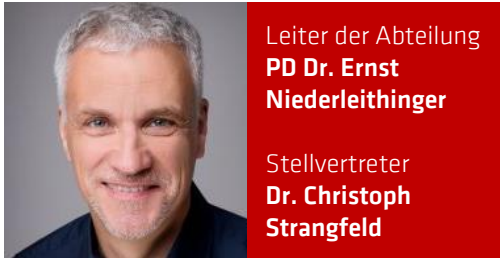
Wissenschaftlich-technische Dienstleistungen

Behälterbauartprüfungen für das Endlager KONRAD (FB 3.4)

- Gussbehälter MOSAIK® II-15 ABK II und ABK I mit Fallprüfungen und Brandprüfung
- Stahlblechcontainer unterschiedlicher Typen und Ausführungsvarianten
- Bauartprüfung von sog. „Alt“-Behältern, die bereits gefertigt und teilweise beladen in der Zwischenlagerung sind.



Fachgruppe 8.2: Zerstörungsfreie Prüfverfahren für das Bauwesen (ZfP-Bau)



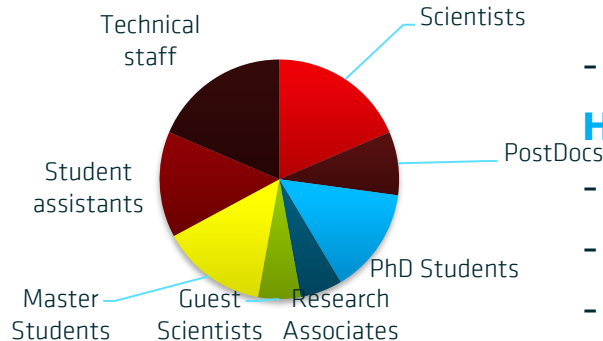
Kompetenzen

- Forschung, Entwicklung und Anwendung von ZfP-Bau-Methoden
- Bestimmung des Potenzials und der Grenzen von ZfP-Bau-Methoden für bestimmte Aufgaben, Validierung, QM
- Steigerung der Qualität und Effizienz der ZfP-Bau durch Automatisierung, Digitalisierung und Methodenkombination
- Wissenstransfer, Schulungen, Standardisierung

Hauptanwendungsbereiche

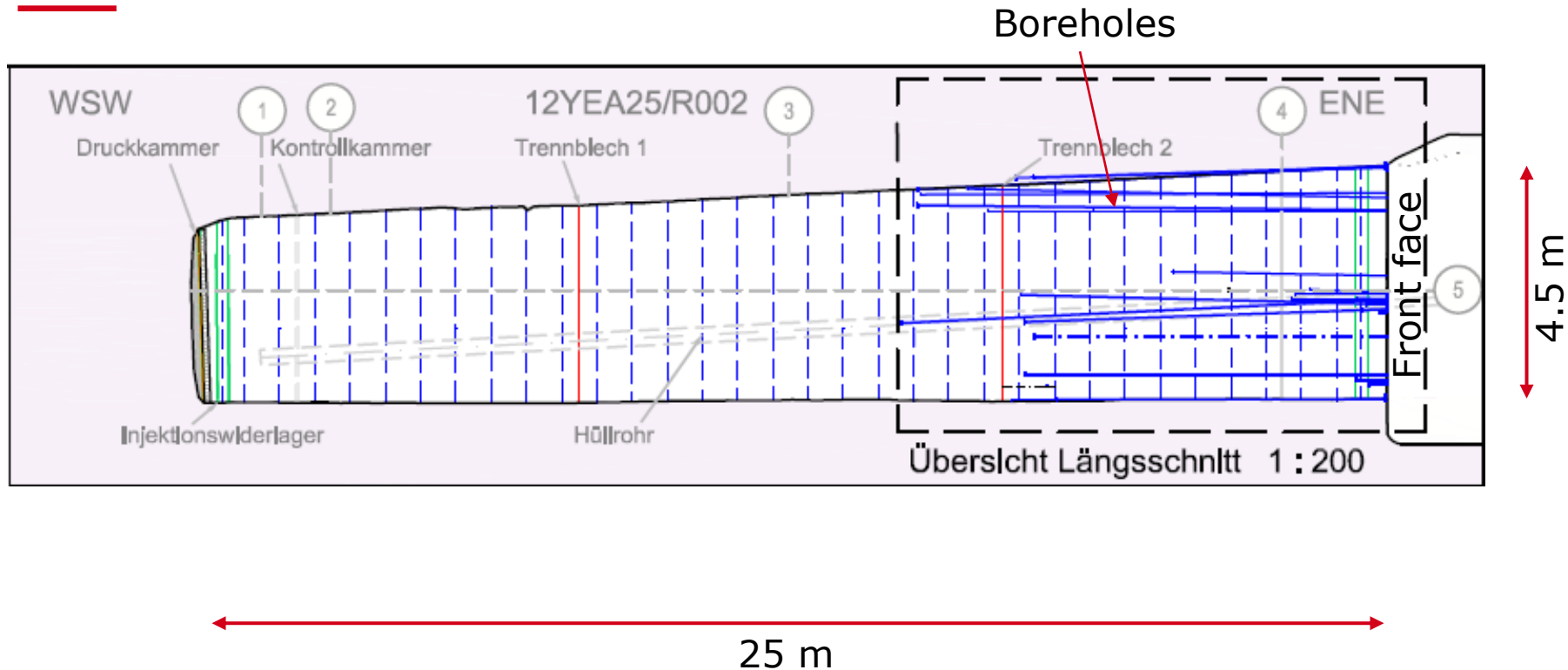
- ZfP-Bau für Infrastruktur-/Bestandsbauwerke
- ZfP-Bau für neue Materialien und Bauweisen
- ZfP-Bau bei Stilllegung von Nuklearanlagen sowie Zwischen- und Endlagerung

Wir sind ein Team von 35 Personen

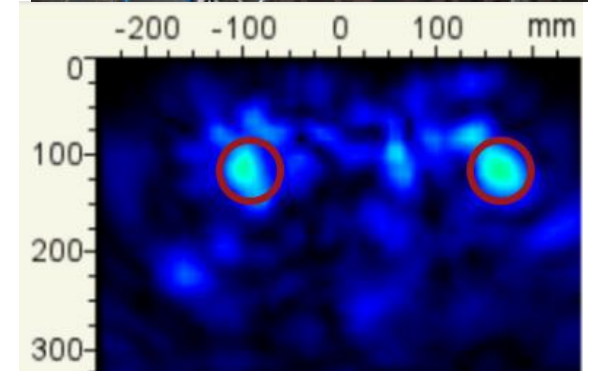


Endlager Morsleben ERAM Sachsen-Anhalt





Ultraschall-Echo Stand der Technik



Ultraschall-Echo

LAUS Large Aperture Ultrasonic System

LAUS US-Module:

- 32 coupled shear wave probes each
- Frequency: 25 - 75 kHz



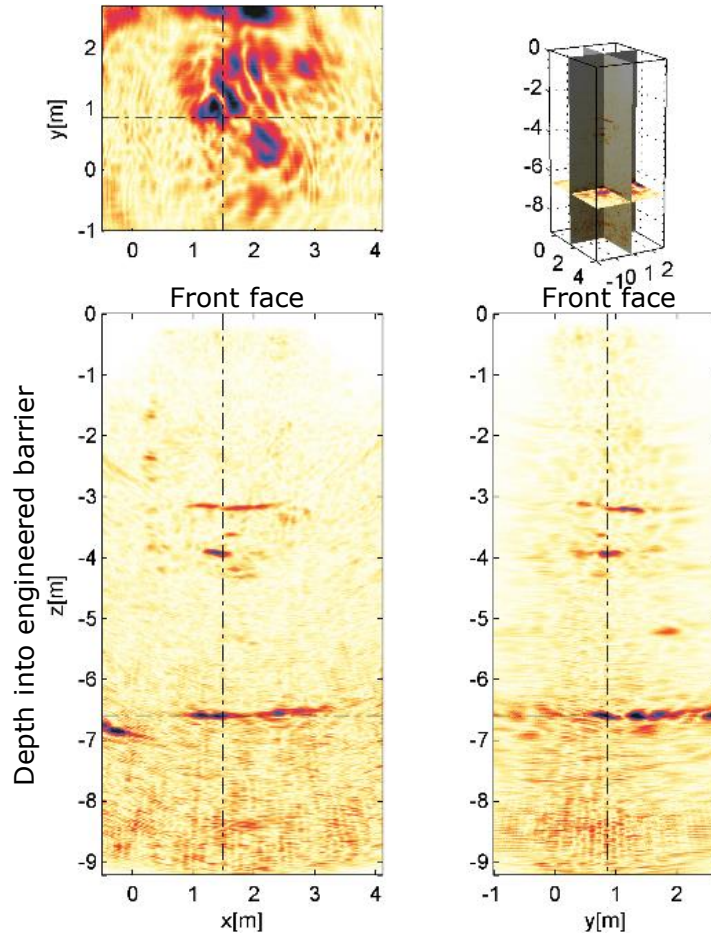
LAUS measurements on front face of the trial engineered barrier



Ultrasonic-Echo - LAUS

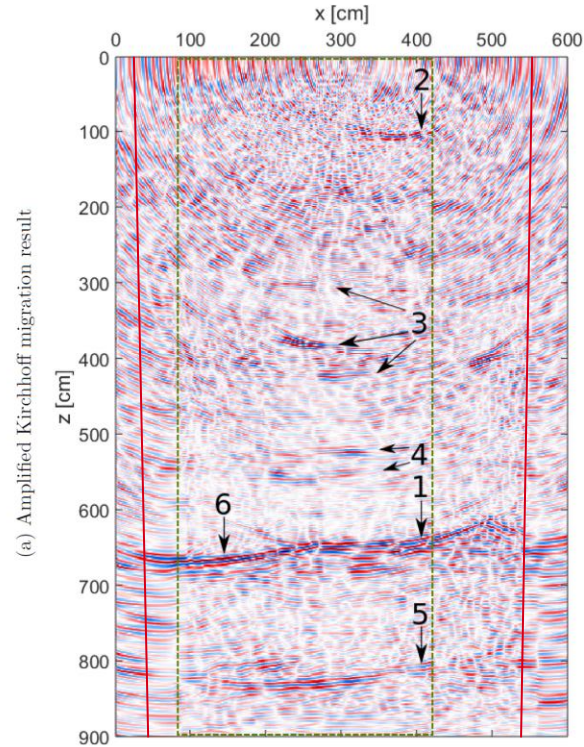
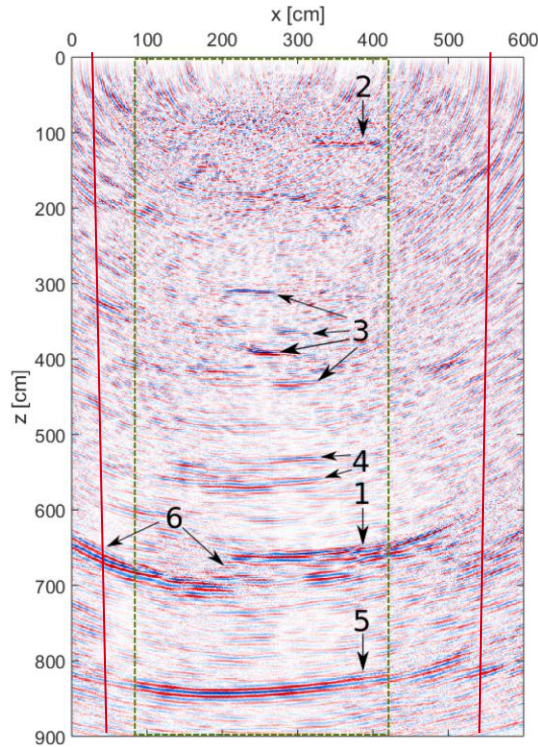
First results

- Depth of penetration > 6m
- SAFT-Reconstruction
- Reflections from cracks and objects
- "Blind" near surface
- Metal sheet at 8,5 m ?
- Boundary salt concrete /rock salt?



Ultrasound-Echo Imaging with Reverse Time Migration (RTM)

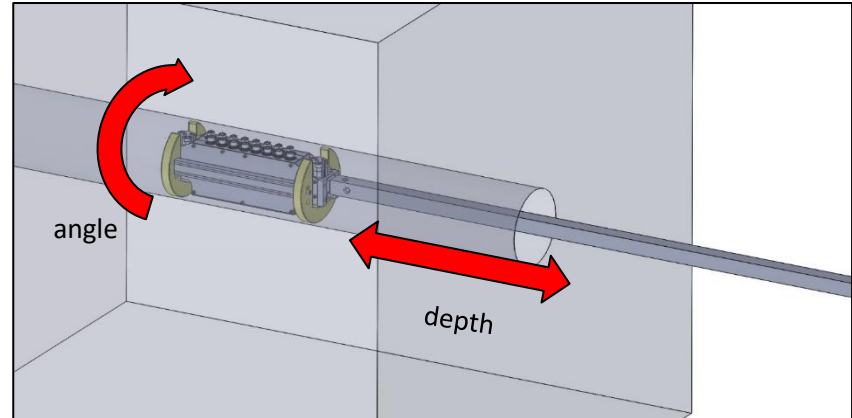
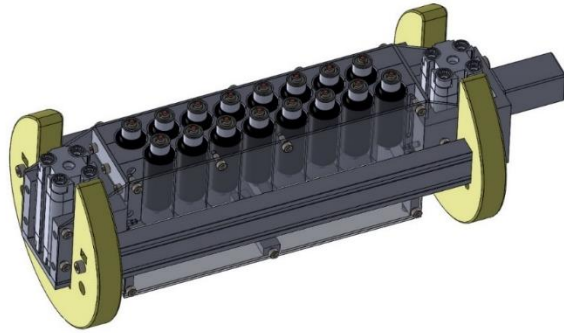
Kirchhoff
(SAFT)



RTM

(Büttner, 2019)

Ultrasonic-Echo Borehole probe

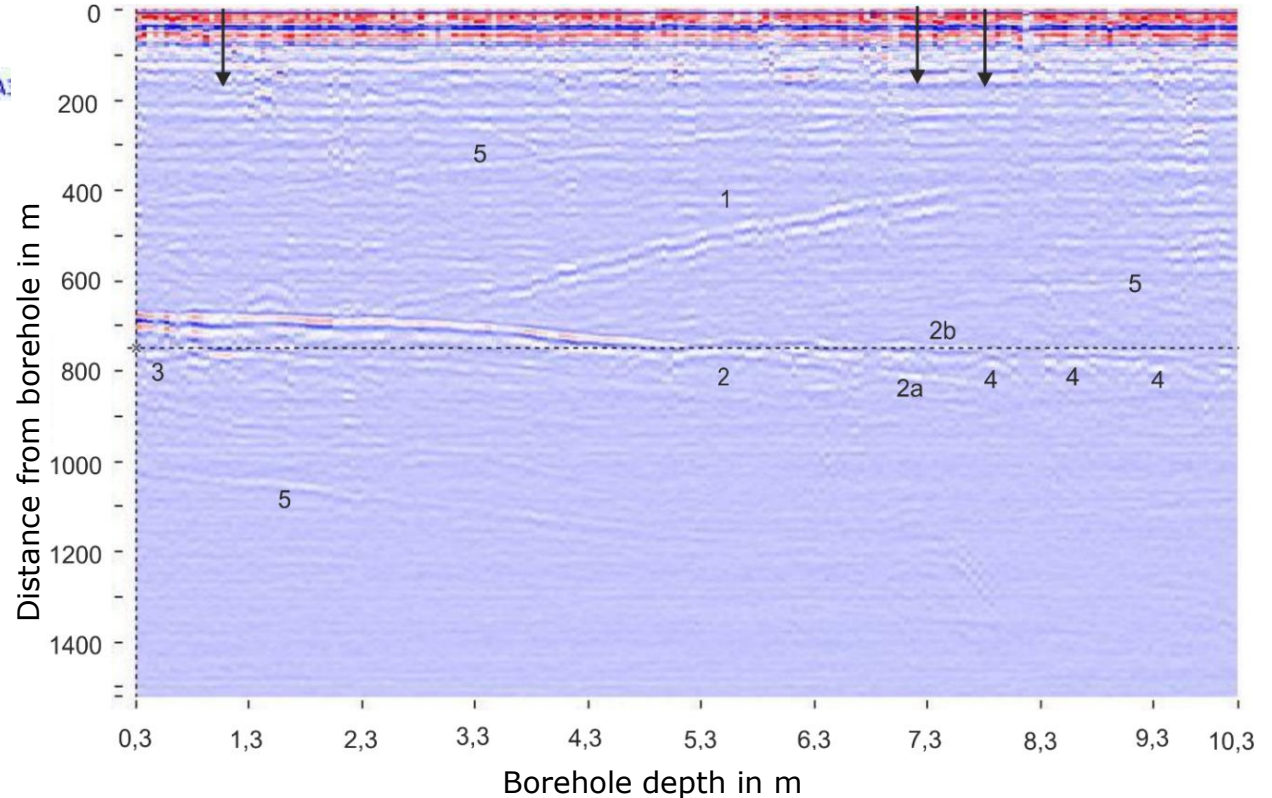


Ultrasonic-Echo Borehole probe

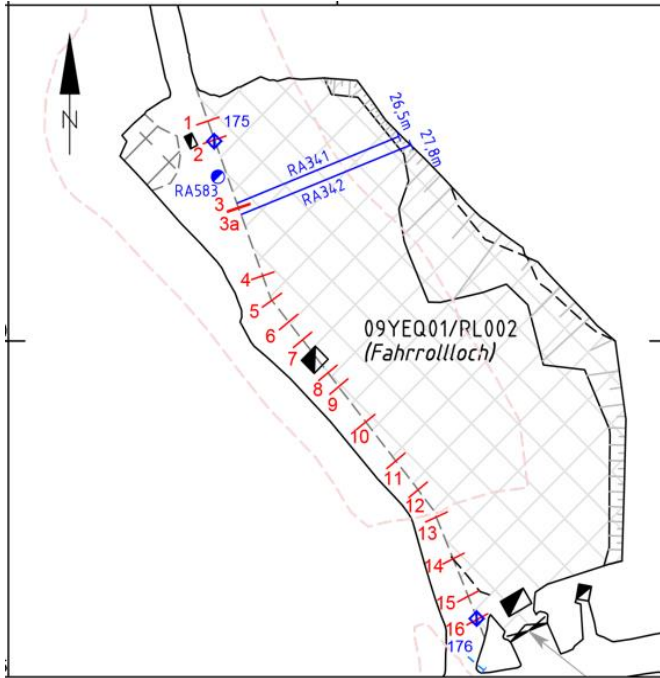


Ultrasonic-Echo

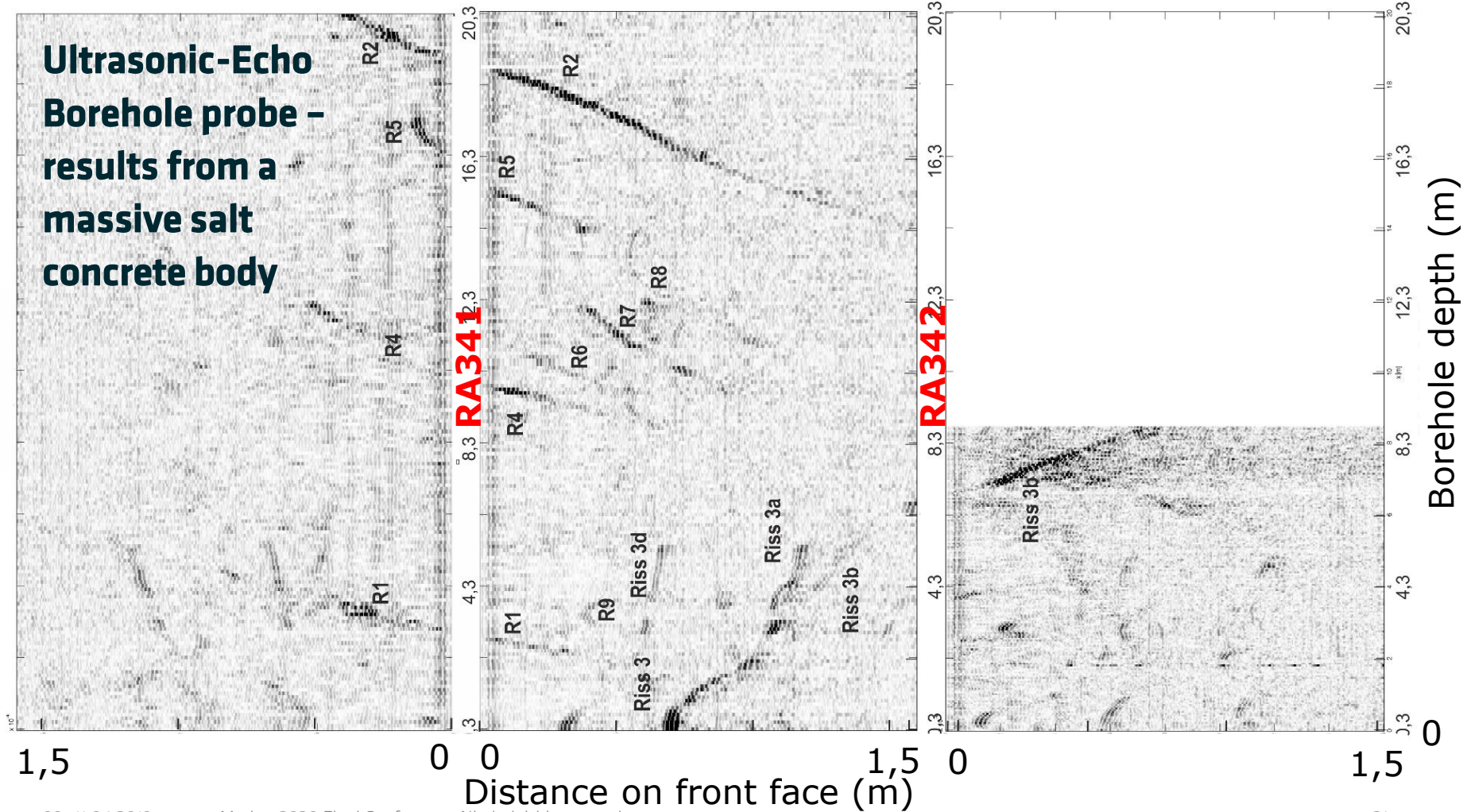
Borehole probe – first results from the trial site



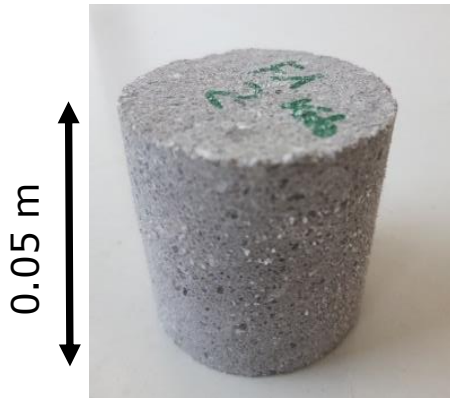
Ultrasonic-Echo Borehole probe – results from a massive salt concrete body



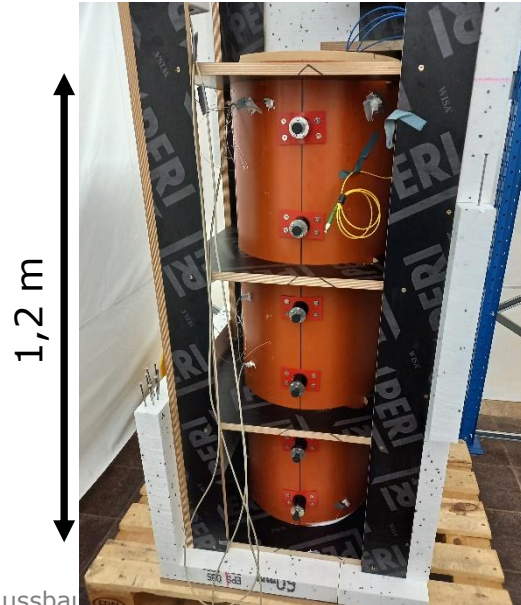
Ultrasonic-Echo Borehole probe - results from a massive salt concrete body



1. Material-
entwicklung



2. Multisensorisch-
es Monitoring



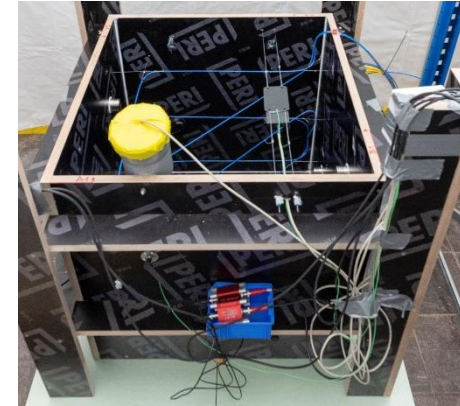
3. Ultraschall zur
Qualitätssicherung



SealWasteSafe

Projektdetails

- Überblick
 - Laufzeit: 07/2019 – 12/2022
 - BAM-interne Förderung (4 Fachbereiche aus 2 Abteilungen)
- 1. Materialentwicklung:
 - Alkalisch aktiviertes Material (AAM) statt M2-Salzbeton
 - Geringere Wärmeentwicklung (potentiell rissfrei)
- 2. Multisensorisches Monitoringsystem
 - Überwachung von Abbindeprozess und Verschlussbauwerk
 - Ultraschall, akustische Emissionen, RFID-Sensorik, Faseroptik
- 3. Ultraschall zur Qualitätsüberwachung
 - Optimierung „**L**arge **A**perture **U**ltra**S**ound“ und Bohrlochsonde
 - Verbesserung Abbildungsverfahren zur 3D-Risslokation



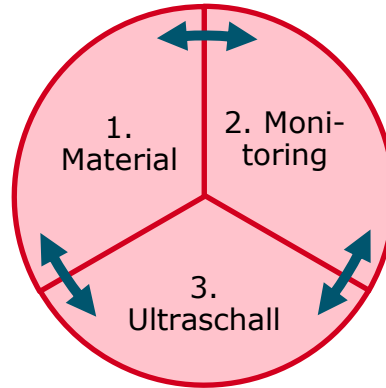
SealWasteSafe Projektkonsortium

Gregor Gluth
Frank Haamkens
Götz Hüsken
Hans-Carsten Kühne
Stefan Schacht
Ingo Schultz
Patrick Sturm
Nico Vogler

Franziska Baensch
Matthias Bartholmai
Sergej Johann
Daniel Kadoke
Harald Kohlhoff
Carlo Tiebe

Baustoff-
technologie

Sensorik, Mess-
und
Prüftechnische
Verfahren



Faseroptische
Sensorik

Zerstörungsfreie
Prüfmethoden
für das
Bauwesen

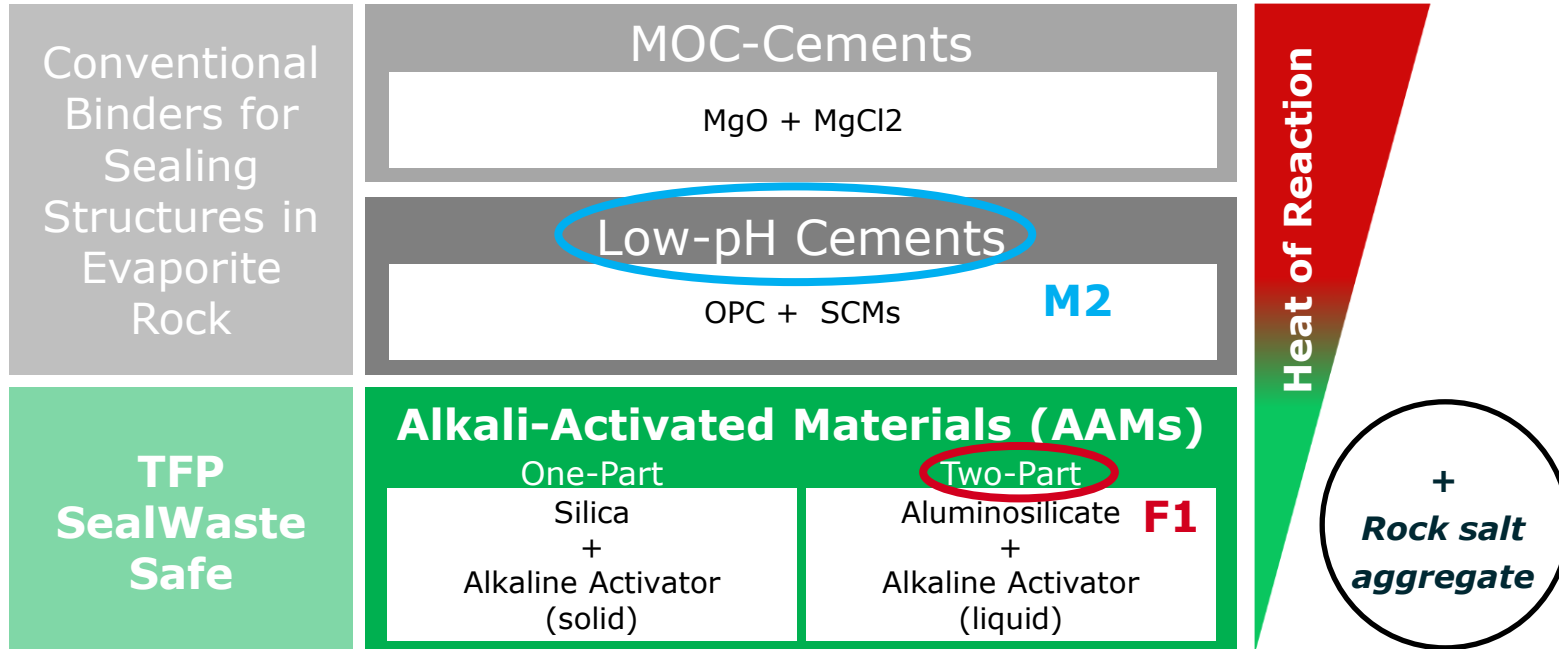
Frank Basedau
Konstantin Hicke
Katerina Krebber
Detlef Hofmann
Samuel Pötschke

Matthias Behrens
Kerstin Borchardt-Giers
Ute Effner
Marco Lange
Vera Lay
Frank Mielentz
Ernst Niederleithinger
Prathik Prabhakara
Sean Smith
Heiko Stolpe
Christoph Strangfeld

- Zerstörungsfreie Prüfung
(**Sabine Kruschwitz, Sarah Munsch**)
- Versuchsanlagen und
Prüftechnik
(Thomas Bernstein)
- **Strukturanalytik**
(Carsten Prinz, Annett Zimathies)
- Radiologische Verfahren
(David Schumacher)
- Mikro-Zerstörungsfreie Prüfung
(Tobias Fritzsich)
- Thermografische Verfahren
(Michael Stamm)

1) Materialentwicklung

Ziel: geringere thermisch induzierte Rissbildung



1) Materialentwicklung

Herstellungsprozess AAM



2) Multisensorisches Monitoring Impressionen der Labor-Probekörper



2) Multisensorisches Monitoring

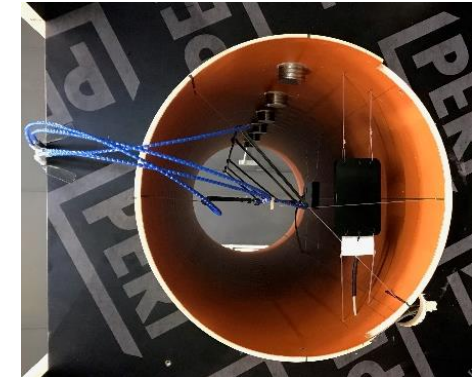
Übersicht der großskaligen Labor-Probekörper



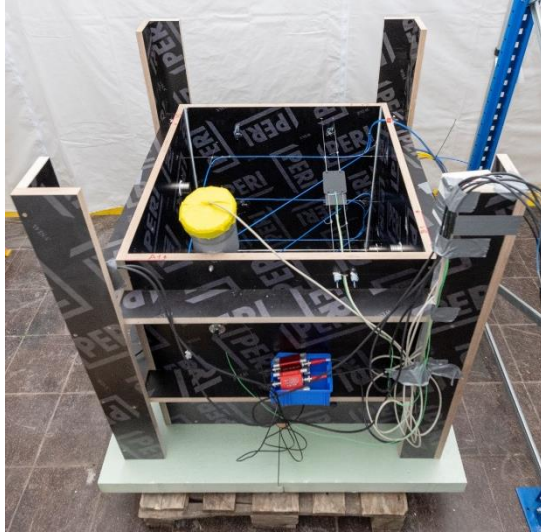
	PK1 10.03.21	PK2 21.04.21	PK3 05.05.21	PK4 19.05.21	PK5 03.06.21
Material	Salzbeton (M2)	AAM (F1)	Salzbeton (M2)	Salzbeton (M2)	AAM (F1)
Geometrie	Zylinder	Zylinder	Würfel	Zylinder	Würfel
Monitoringdauer	49 d	28 d	253 d	28 d	183 d

Sensorisches System:

- Temperatur- und Feuchte-sensoren (eingebettet/Einhausung)
- Radio-frequency identification (RFID) basierte Sensoren
- Faseroptische Sensorik (FOS)
- Akustische Emissionen (Schalladapter)



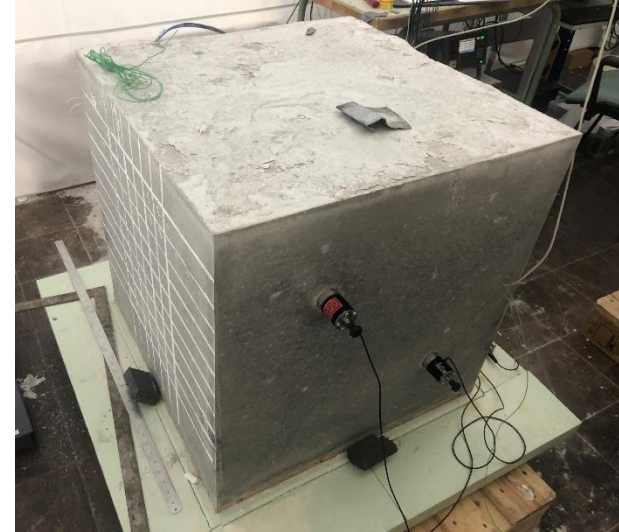
2) Multisensorisches Monitoring Impressionen der Labor-Probekörper



Vor der Betonage



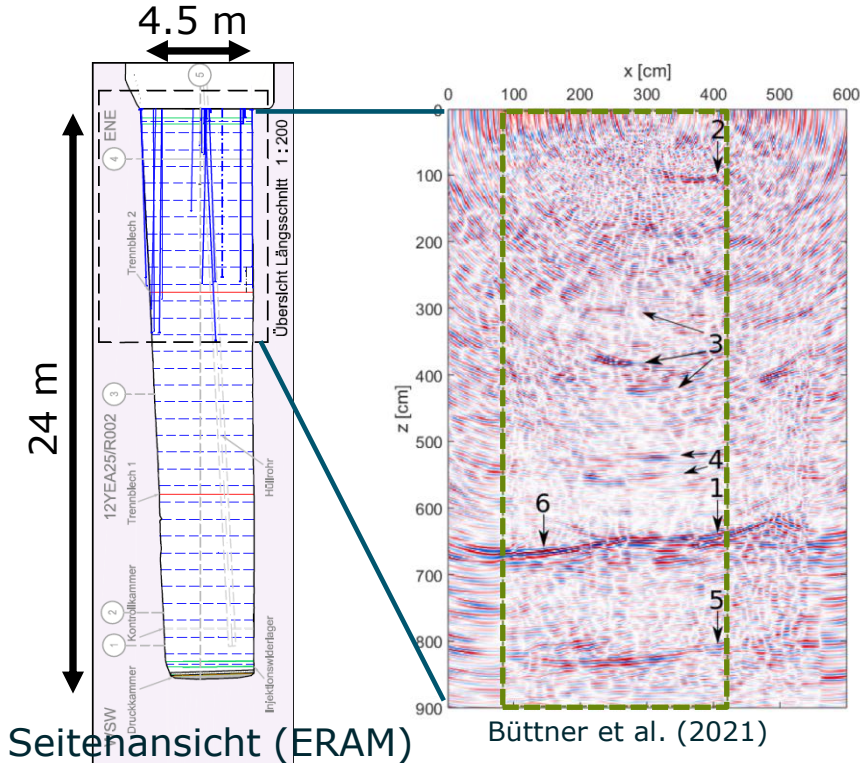
28 Tage nach der Betonage



Nach der Ausschalung

3) Ultraschall für Qualitätssicherung

Messungen von der Frontseite Verschlussbauwerk



LAUS: Large Aperture Ultrasonic System

Ziel: Ultraschall zur Detektion von Objekten, Rissen, Delaminationen



Effner et al. (2021)



3) Ultraschall für Qualitätssicherung

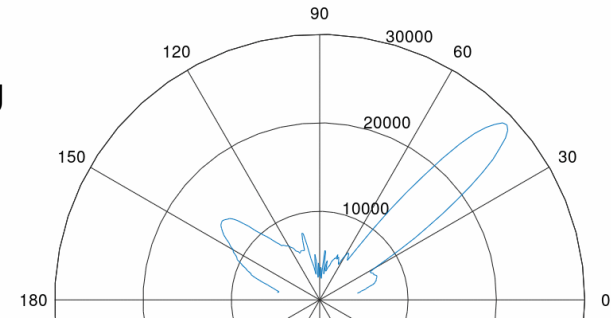
Messungen mit einer Bohrlochsonde



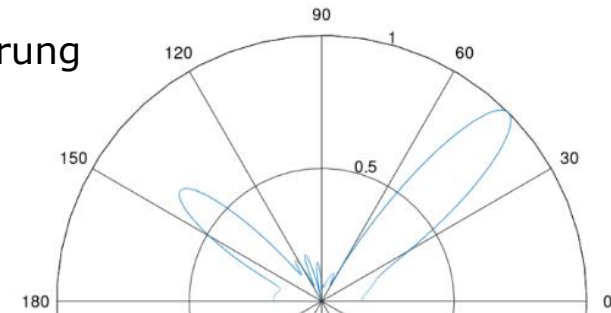
Neuartige Bohrlochsonde mit fokussierenden Gruppenstrahlern



Messung



Modellierung



1) Innovative Materialentwicklung

- neue vielversprechende alkali-aktivierte Materialien
- Nachweis der Anwendbarkeit auf größerer Laborskala

2) Multisensorisches Monitoringkonzept


- Erfolgreiche Kombination klassischer und innovativer Sensorik

3) Ultraschall für Qualitätssicherung

- Verlässliche Messergebnisse (Oberfläche / Bohrloch)
- Erfolgreiche Modellierung und Bau neuer Bohrlochprobe

Ausblick

- Abschluss des Monitoring/Untersuchungen
- In-situ Test am Verschlussbauwerk

 Beitrag für sichere Verschlussbauwerke
für die nukleare Endlagerung

