

# Erdbeckenwärmespeicher ...ein Überblick



Fachgespräch Erdwärmennutzung in Hessen, 19.09.2023

Stefan Maretzki, Ramboll Deutschland GmbH

**RAMBOLL**

Bright Ideas.  
Sustainable change.

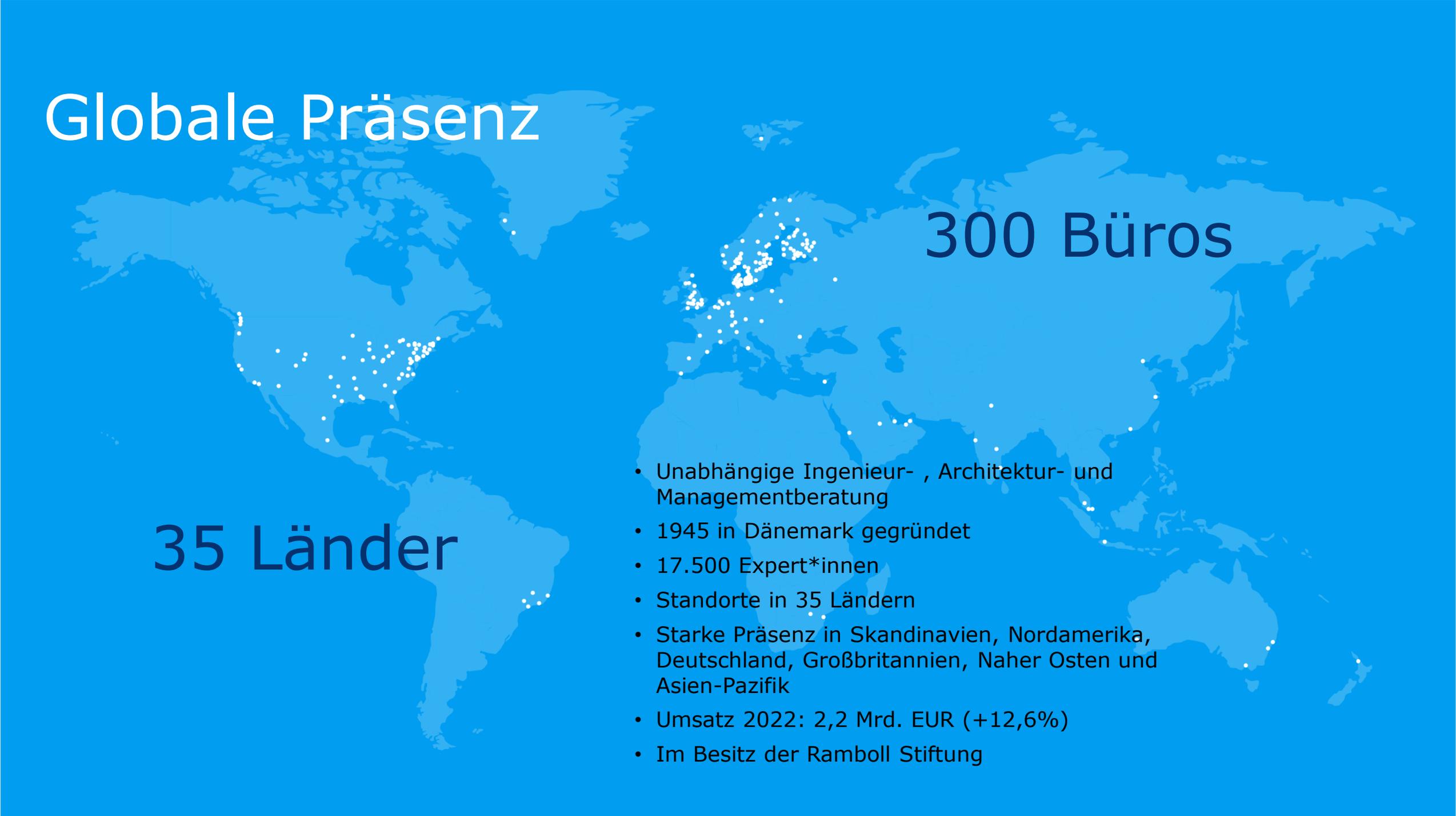
# Agenda

1. Ramboll „in brief“
2. Erdbeckenwärmespeicher – eine kurze Historie
3. Funktionsweise
4. Herausforderungen bei der Planung
5. Erfahrungen aus der Umsetzung
6. Ausblick

# Agenda

1. **Ramboll „in brief“**
2. Erdbeckenwärmespeicher – eine kurze Historie
3. Funktionsweise
4. Herausforderungen bei der Planung
5. Erfahrungen aus der Umsetzung
6. Ausblick

# Globale Präsenz

A world map with a dark blue background. Numerous small white dots are scattered across the map, representing office locations. There is a high concentration of dots in Europe, particularly in Scandinavia and Germany. Other significant clusters are visible in North America (USA and Canada), the Middle East, and parts of Asia and South America.

300 Büros

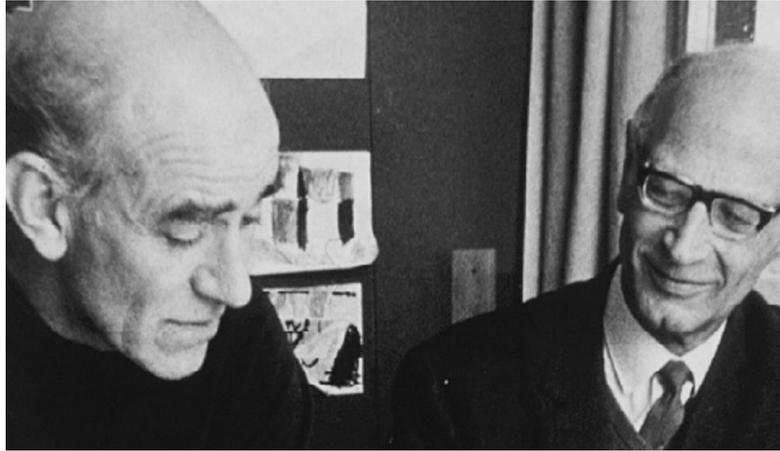
35 Länder

- Unabhängige Ingenieur-, Architektur- und Managementberatung
- 1945 in Dänemark gegründet
- 17.500 Expert\*innen
- Standorte in 35 Ländern
- Starke Präsenz in Skandinavien, Nordamerika, Deutschland, Großbritannien, Naher Osten und Asien-Pazifik
- Umsatz 2022: 2,2 Mrd. EUR (+12,6%)
- Im Besitz der Ramboll Stiftung

# Wertebasiert – von Anfang an

## Von Anfang an

Bereits unsere Gründer haben die nachhaltige Gesellschaftsentwicklung als Kompass für unsere Geschäftstätigkeit definiert.



# RAMBØLL FONDEN

## Unsere Mission

Das Schaffen einer nachhaltigen Gesellschaft, in der Menschen und Umwelt gedeihen.

## Ramboll Stiftung

Ramboll ist im Besitz der Ramboll Stiftung, die unsere wertebasierte Geschäftstätigkeit und langfristige Perspektive sicherstellt.

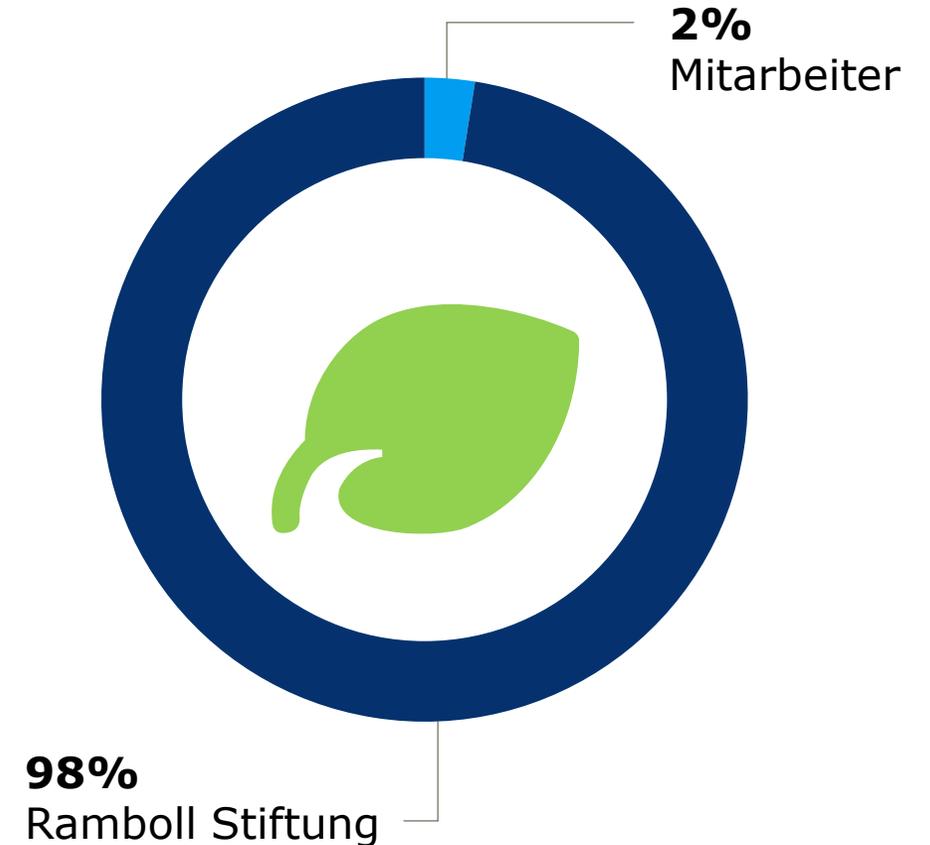


# Ramboll Stiftung sichert langfristige Perspektive

## Ziel der Stiftung ist

- den **langfristigen Fortbestands** des Unternehmens sicherzustellen
- den Mitarbeitern einen **inspirierenden Arbeitsplatz** zu bieten
- sicherzustellen, dass das Unternehmen seine **werteorientierte Geschäftstätigkeit** jederzeit beibehält
  - hohe ethische Standards
  - Verantwortungsbewusstsein
  - Bewusstsein für seine Verpflichtungen gegenüber der Gesellschaft
  - den Respekt und das Vertrauen der Kunden sowie die Arbeitszufriedenheit der Mitarbeiter zu fördern

## Eigentümerstruktur



# Ramboll und Henning Larsen in Deutschland

Deutschland ist eine von  
15 **Principal Business Units (PBU)**  
→ 8 geografische & 7 Märkte.



PBU  
seit 2019

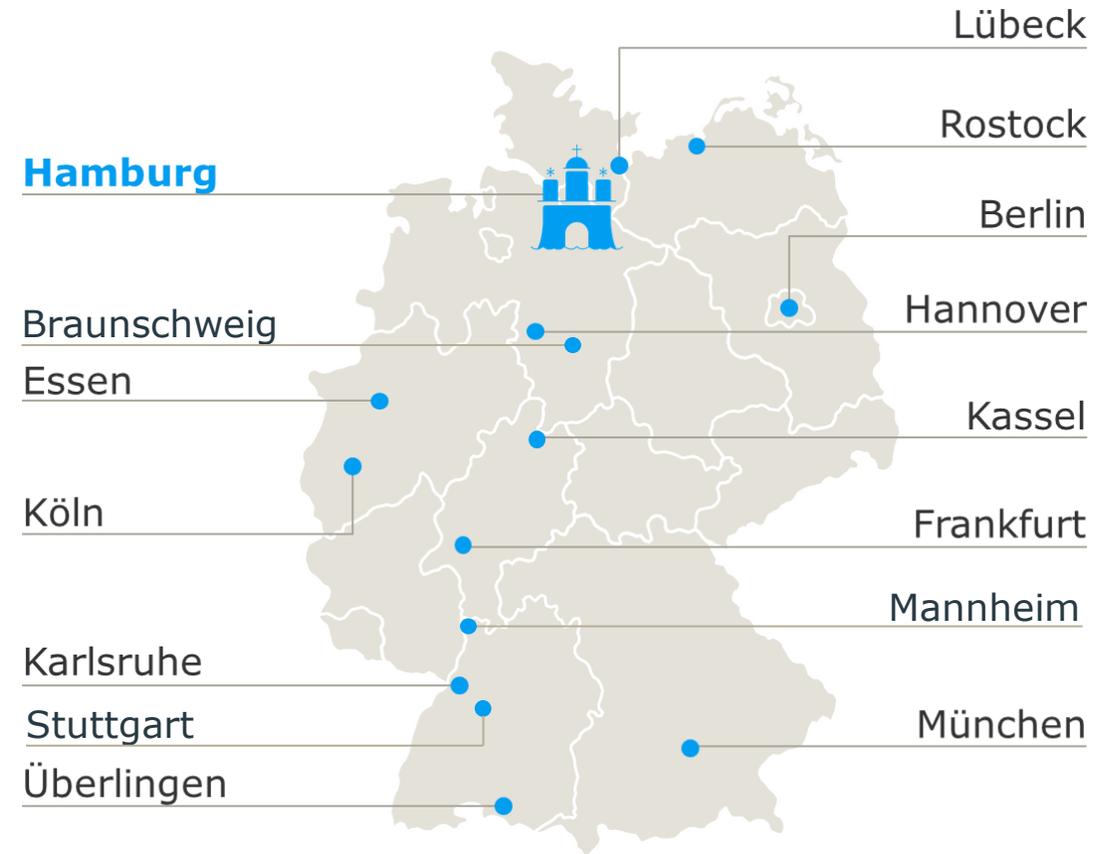


Größtes  
regionales Hub:  
Hamburg

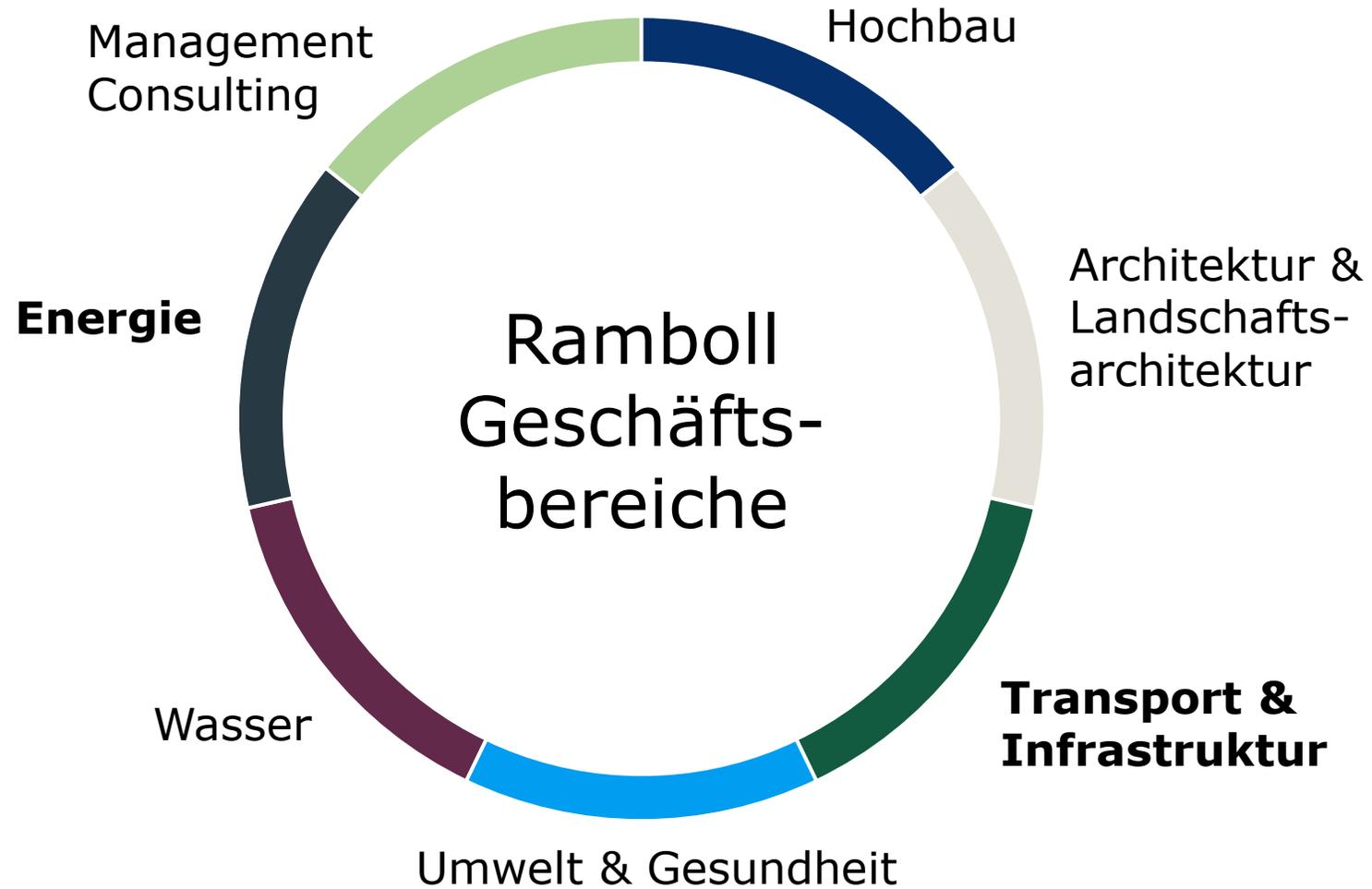
15  
Standorte

19  
Büros

1.000  
Fachleute



# Unsere Geschäftsbereiche



# Energie

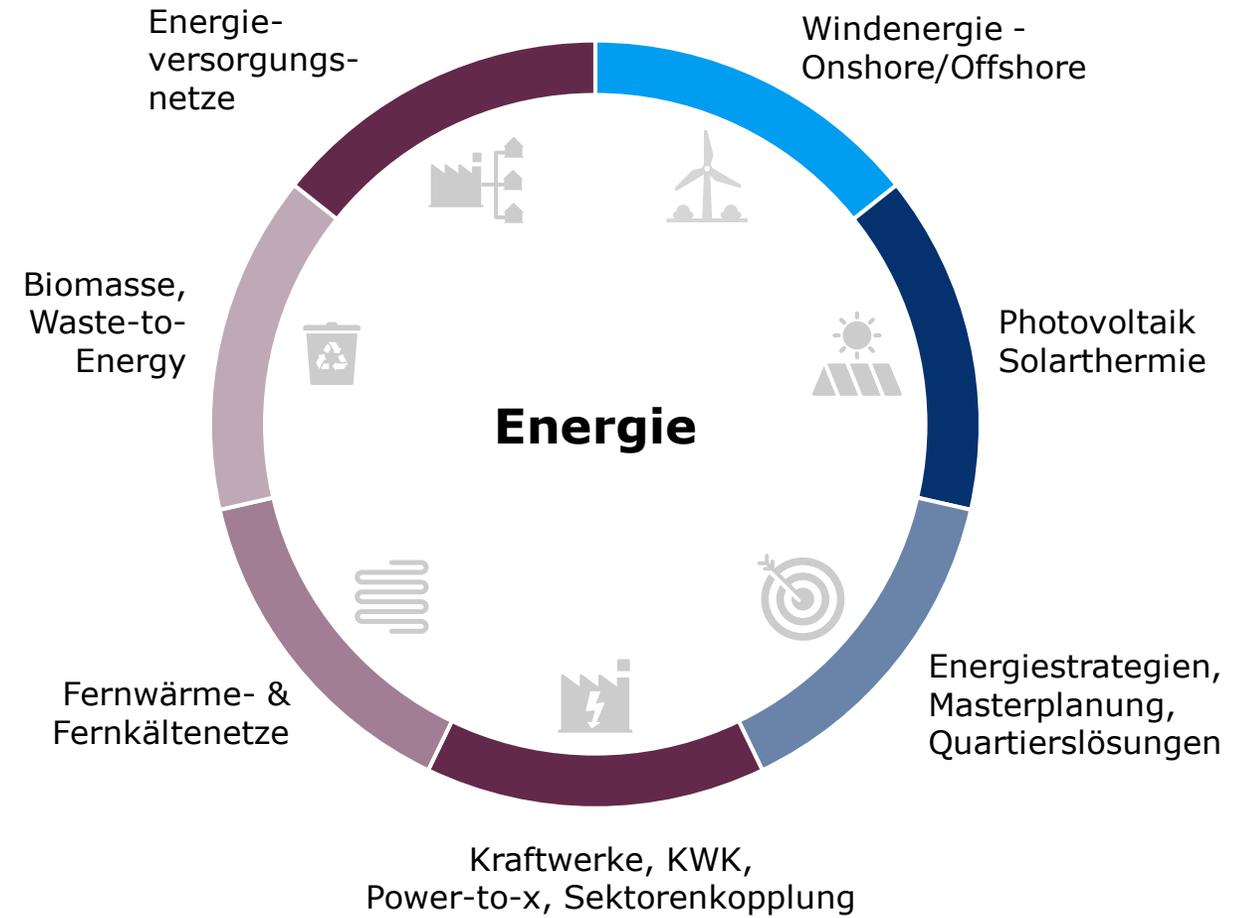
**1.800 Expertinnen & Experten** weltweit,  
davon 200 in Deutschland

**50 Jahre Erfahrung** in der Beratung,  
Planung und Umsetzung

Innovative, effiziente und nachhaltige  
Lösungen für die **Energie- & Wärmewende**

55 Büros in 14 Ländern

Unter den **Top 10** der führenden  
Energieberatungen Europas



# Transport & Infrastruktur

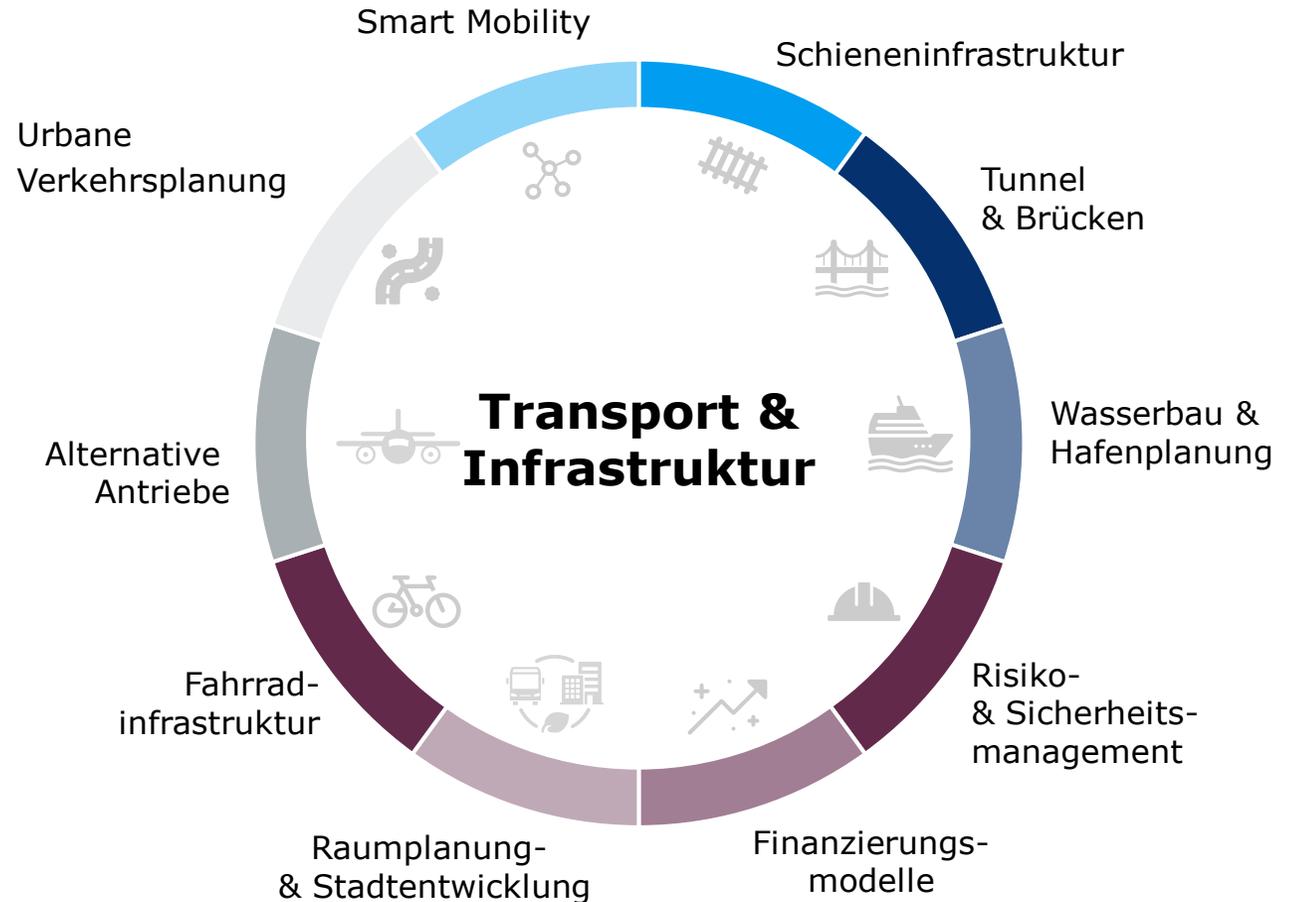
Mehr als **130 Expertinnen & Experten** in Deutschland – 3.500 weltweit

Verbindung **deutscher Ingenieurkunst** und **dänischer Innovationskraft**

Transport- & Infrastrukturplanung mit **nachhaltigen Effekten**

Begleitung des **gesamten Prozesses**

- Machbarkeitsstudien & Konzeption
- Ausschreibung
- Projektmanagement
- Technischer Beratung
- Implementierung
- Fahrpläne & Betrieb



# Agenda

1. Ramboll „in brief“
2. **Erdbeckenwärmespeicher – eine kurze Historie**
3. Funktionsweise
4. Herausforderungen bei der Planung
5. Erfahrungen aus der Umsetzung
6. Ausblick

- Historie

## Historie

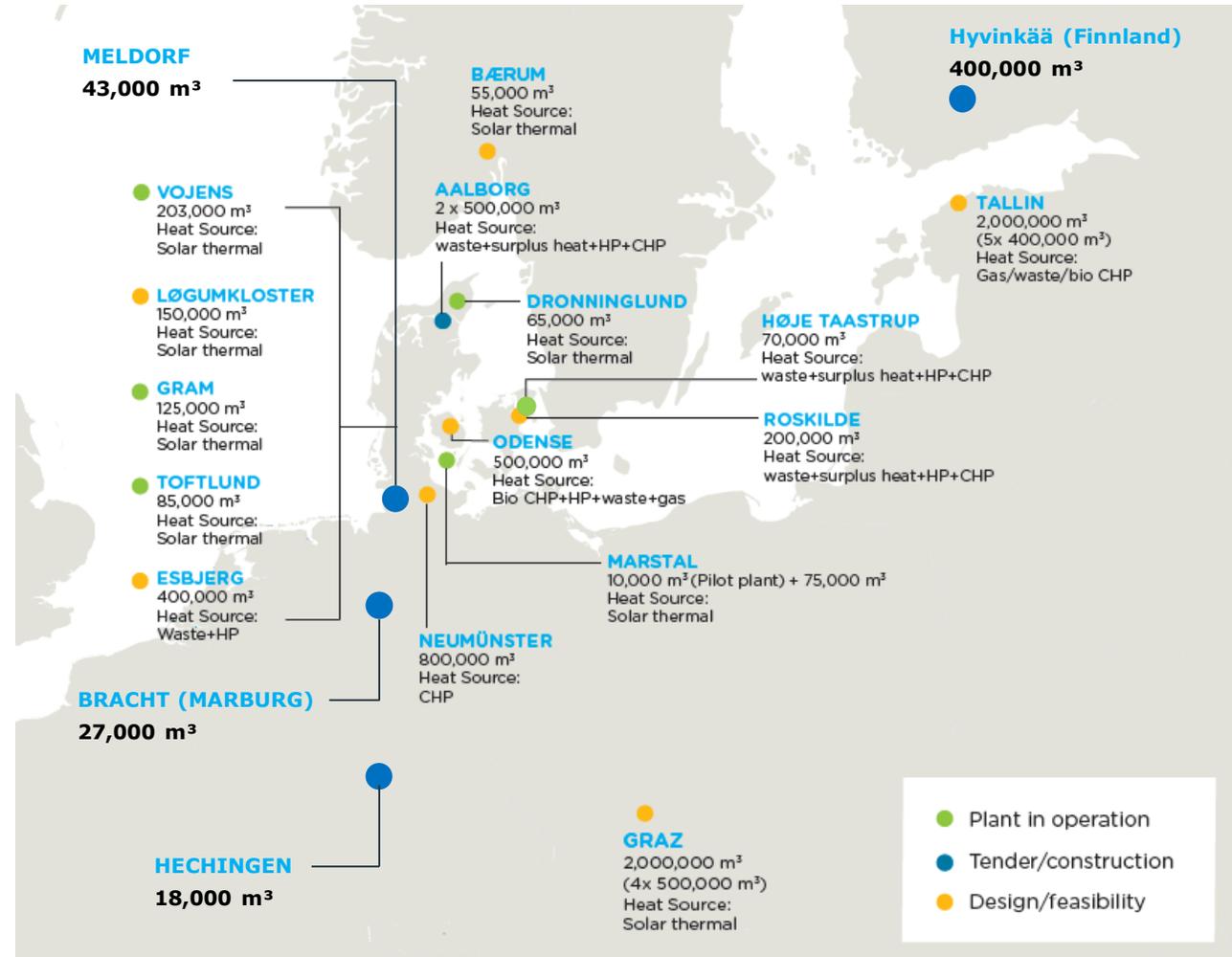
- Erdbeckenspeicher: **Pit Thermal Energy Storage** (PTES)
- **1980**er Jahre: erste Test- und Demonstratorprojekte in SWE, GER, DK mit kleinen Volumina ( $<10.000 \text{ m}^3$ ), z.T. mit Kiesfüllung
- **1990**er Jahre: kleine PTES mit kommerzieller Nutzung in GER (Jülich, Augsburg, Steinfurt, Chemnitz)
- **2000**er Jahre: erster PTES mit  $>10.000 \text{ m}^3$  in Marstal, DK als Teil einer integrierten Nahwärmeversorgung mit Solarkollektoren
- **2010**er Jahre:
  - Erweiterung des PTES in Marstal auf ca.  $75.000 \text{ m}^3$
  - Bau weiterer PTES in DK (Dronninglund, Gram, Vojens, Toftlund) mit bis zu ca.  $200.000 \text{ m}^3$
  - Bau des ersten PTES in China (Langkazi/Tibet)
- **2020**er Jahre:
  - Bau eines weiteren Speichers in DK (Raum Kopenhagen)
  - erste PTES-Projekte in großem Maßstab auch in GER

# Erdbeckenwärmespeicher

- Historie

# Historie

...und **2023?**



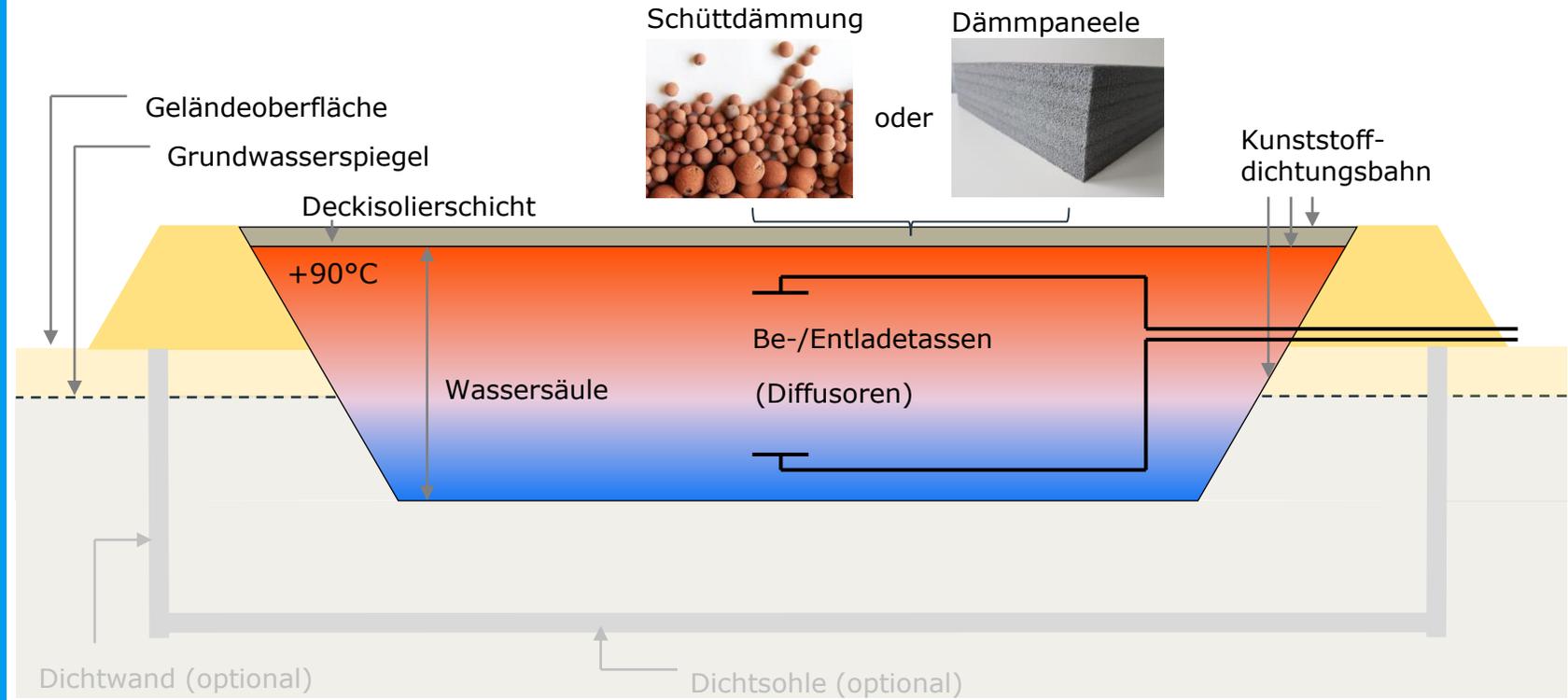
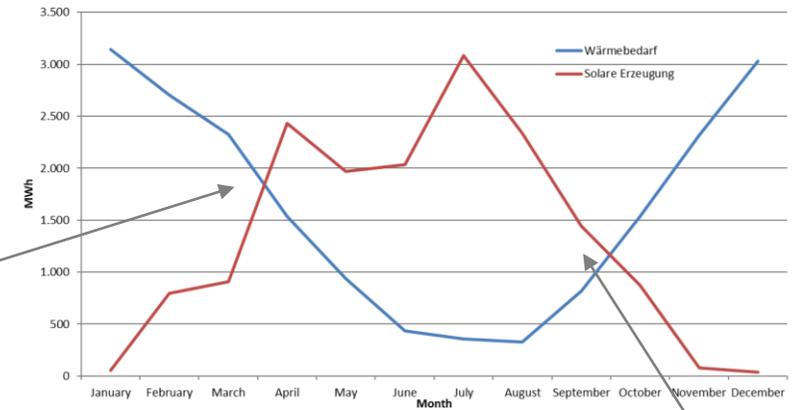
# Agenda

1. Ramboll „in brief“
2. Erdbeckenwärmespeicher – eine kurze Historie
- 3. Funktionsweise**
4. Herausforderungen bei der Planung
5. Erfahrungen aus der Umsetzung
6. Ausblick

# Erdbeckenwärmespeicher

- Funktionsweise

## Funktionsweise

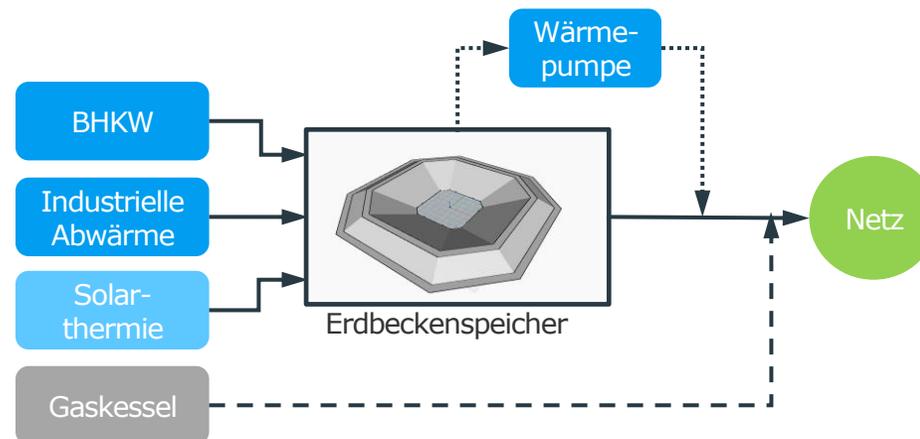
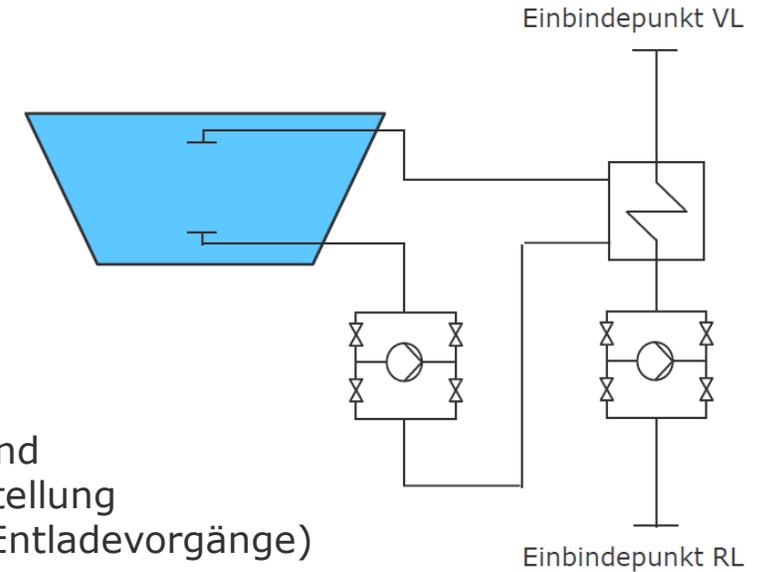


# Erdbeckenwärmespeicher

- Funktionsweise

## Funktionsweise

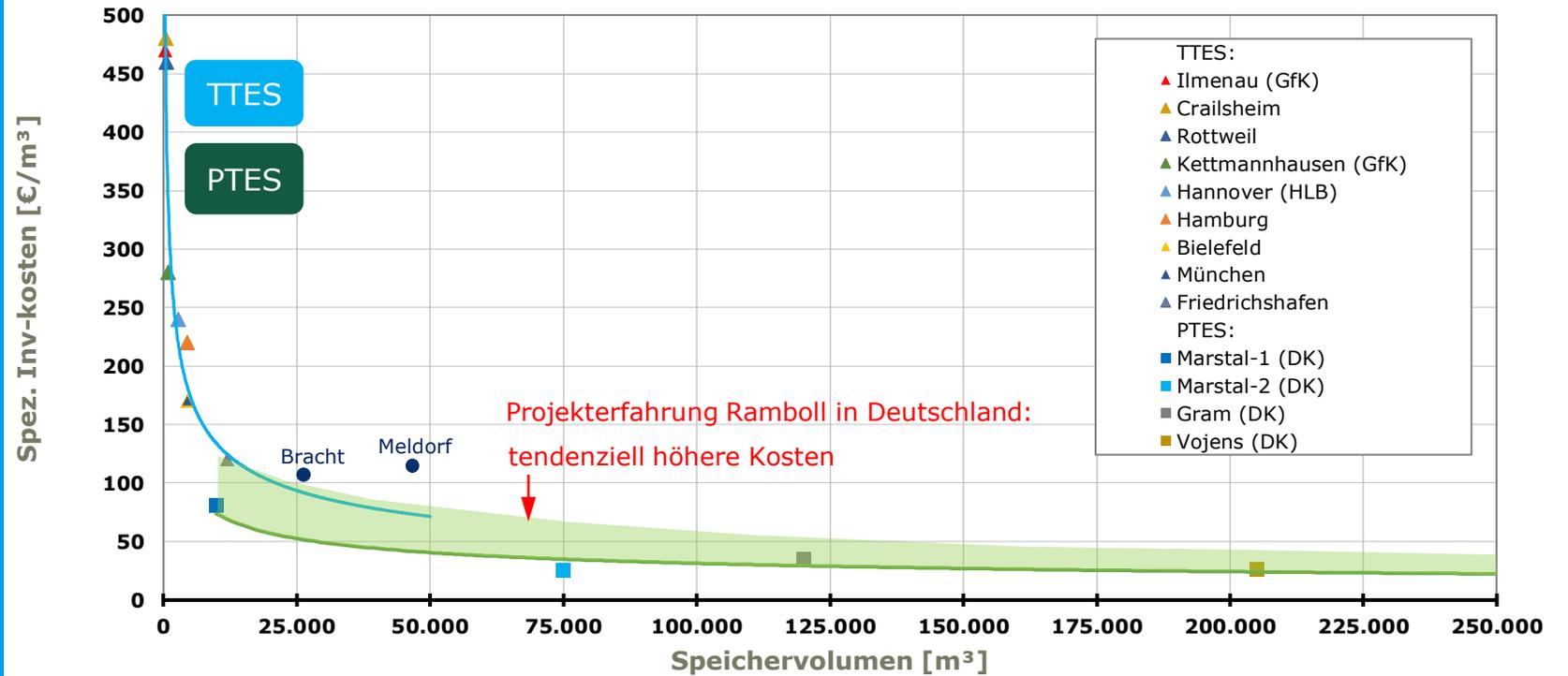
- Einbindung des PTES grundsätzlich indirekt über einen Wärmeübertrager
- bidirektionale Ausführung der primär- und sekundärseitigen Pumpengruppen (Einstellung der passenden Durchströmung für Be-/Entladevorgänge)
- bei Bedarf Zusatzerzeuger zur Temperaturerhöhung auf die Netzvorlauftemperatur
- Integration zusätzlicher Wärmepumpen zur Kapazitätserhöhung des Speichers oder der geschickten Ausnutzung von Strommarktpreisschwankungen; Einbindung sowohl auf Primärseite als auch Sekundärseite möglich



# Erdbeckenwärmespeicher

- Funktionsweise

## Funktionsweise



Spezifische Kosten von Wärmespeichern, Angaben ohne Planungskosten und MwSt., Quelle: [Solites](#)

Diagramm aufbereitet und modifiziert, von Ramboll hinzugefügt: Kosten (inkl. Planungskosten, ohne MwSt.) für PTES (Gram, Vojens, Meldorf, Bracht).

# Agenda

1. Ramboll „in brief“
2. Erdbeckenwärmespeicher – eine kurze Historie
3. Funktionsweise
- 4. Herausforderungen bei der Planung**
5. Erfahrungen aus der Umsetzung
6. Ausblick

- Planung

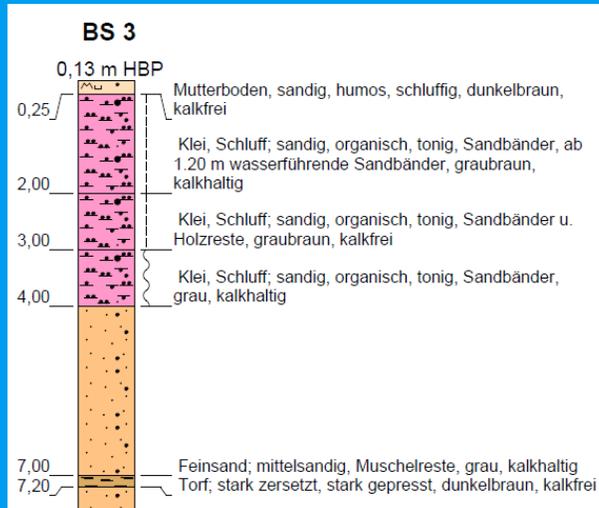
# Herausforderungen bei der Planung

- Geologie
- Hydrogeologie
- Temperatureinwirkungen
- Materialbeständigkeit
  - Stahl
  - Kunststoffe
- Speicherabdeckung
  - Niederschläge
  - Dämmwirkung
  - Wasserdampfdiffusion
  - Gasbildung
- Diffusoren
- Bauzustände
- Revisionszustände

...nur wenige Referenzprojekte und keine Standardisierung!

# Erdbeckenwärmespeicher

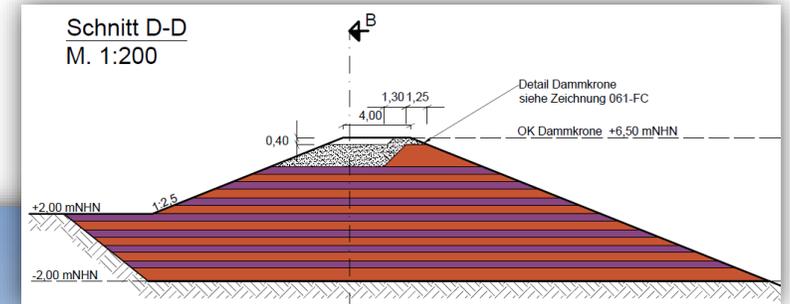
- Planung



Quelle: Baugrundgutachten PTES Meldorf,  
NEUMANN Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG

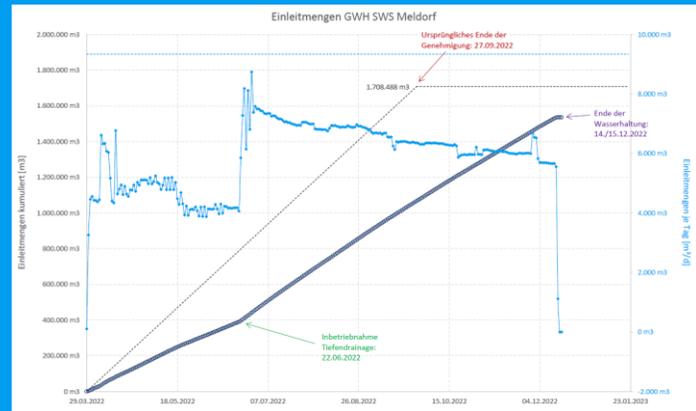
# Herausforderungen bei der Planung

- Geologie



# Erdbeckenwärmespeicher

- Planung



# Herausforderungen bei der Planung

- Hydrogeologie

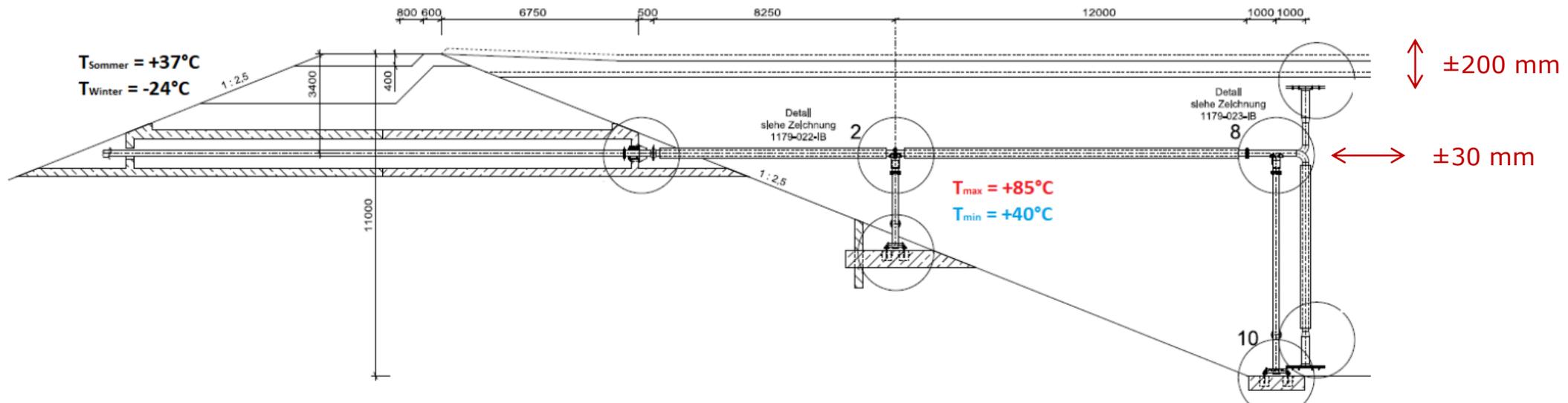


# Erdbeckenwärmespeicher

- Planung

# Herausforderungen bei der Planung

- Temperatureinwirkungen

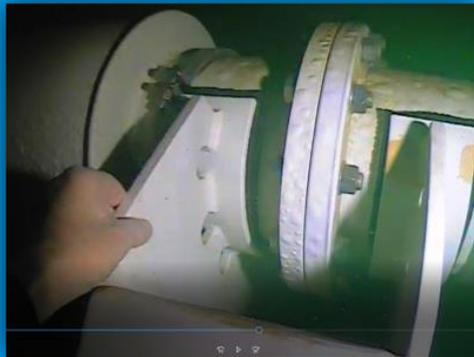
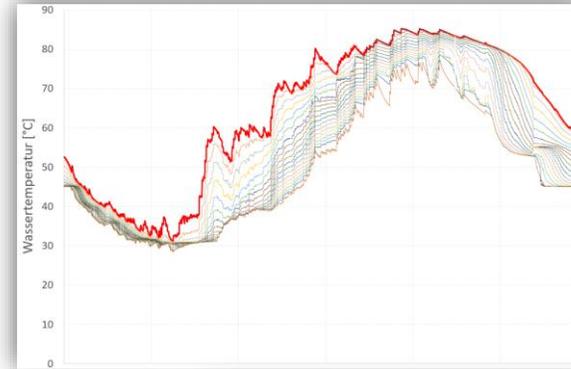
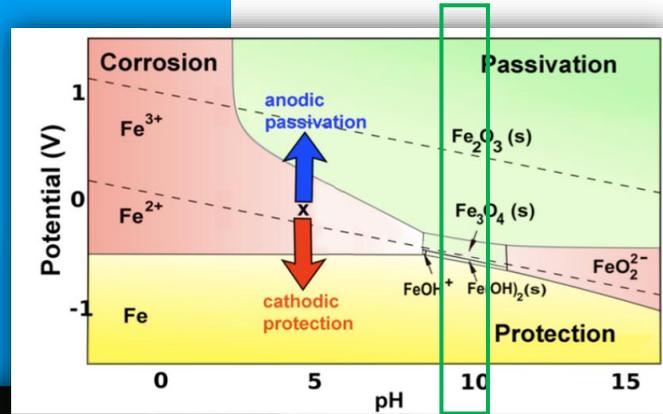


# Erdbeckenwärmespeicher

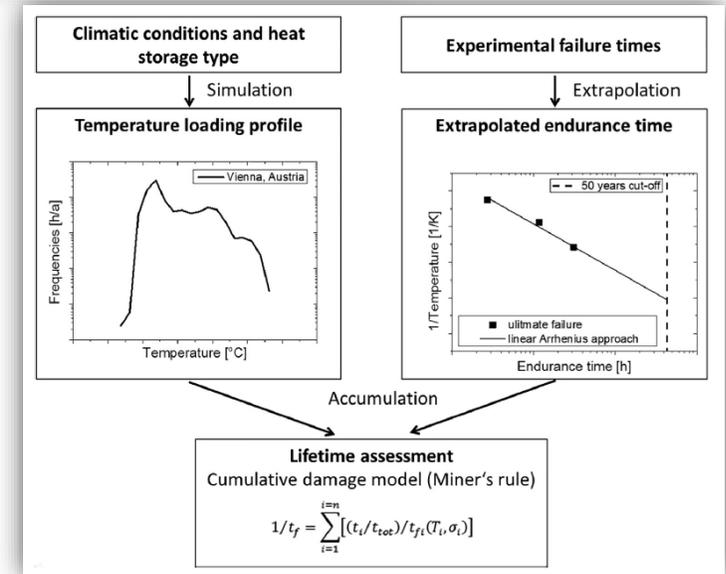
- Planung

# Herausforderungen bei der Planung

- Materialbeständigkeit



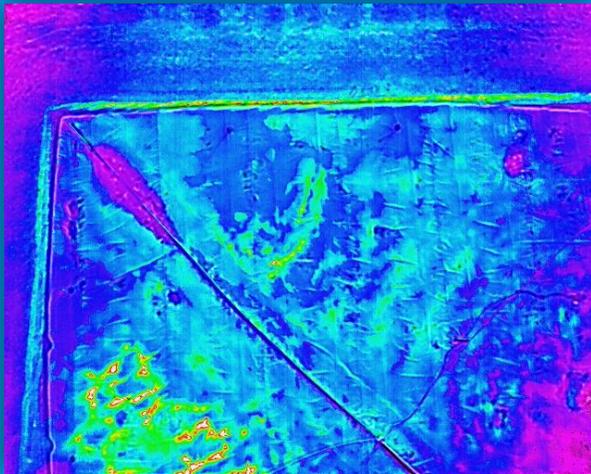
Quelle: Toftlund Fjernvarme



Quelle: M. Grabmann et al., 2018

# Erdbeckenwärmespeicher

- Planung



Quelle: Toftlund Fjernvarme

# Herausforderungen bei der Planung

- Speicherabdeckung



Quelle: Dronninglund Fjernvarme



Quelle: Dronninglund Fjernvarme (modifiziert: Ramboll)



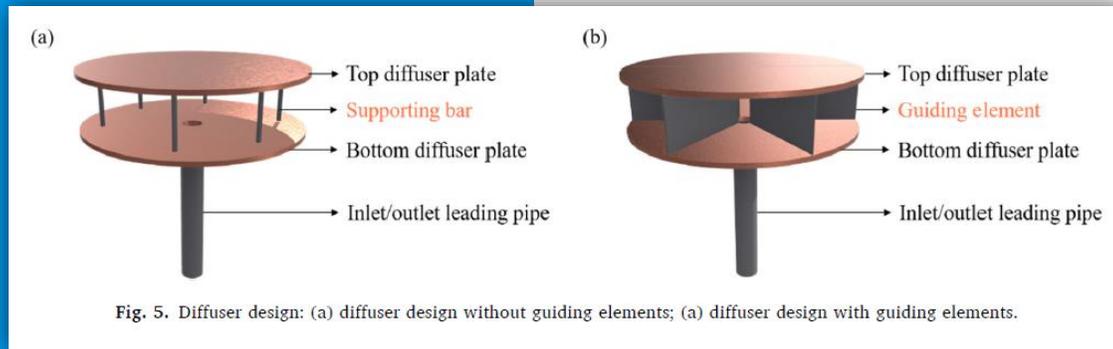
Quelle: Gram Fjernvarme

# Erdbeckenwärmespeicher

- Planung

# Herausforderungen bei der Planung

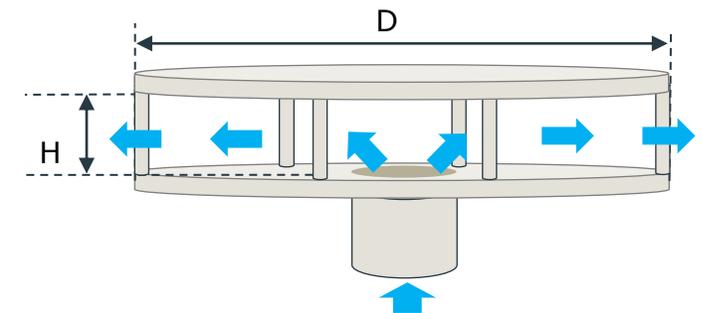
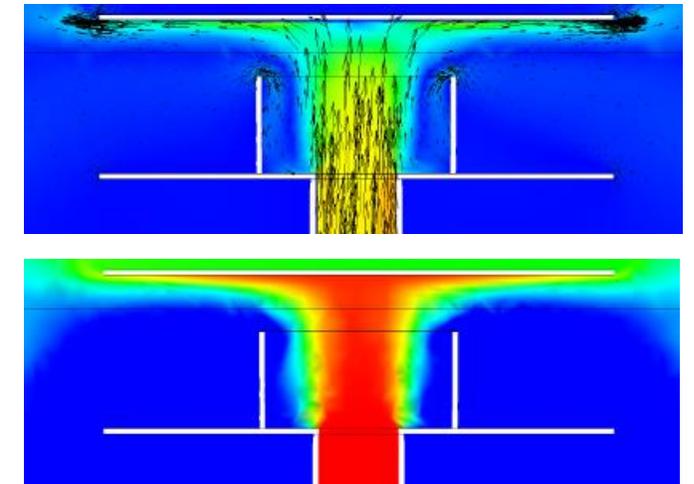
- Diffusoren



Quelle: Xiang et al., 2022



Quelle: Solmax Geosynthetics



## Erdbeckenwärmespeicher

- Planung



## Herausforderungen bei der Planung

- Bauzustände



© P. Bielenberg, EMN

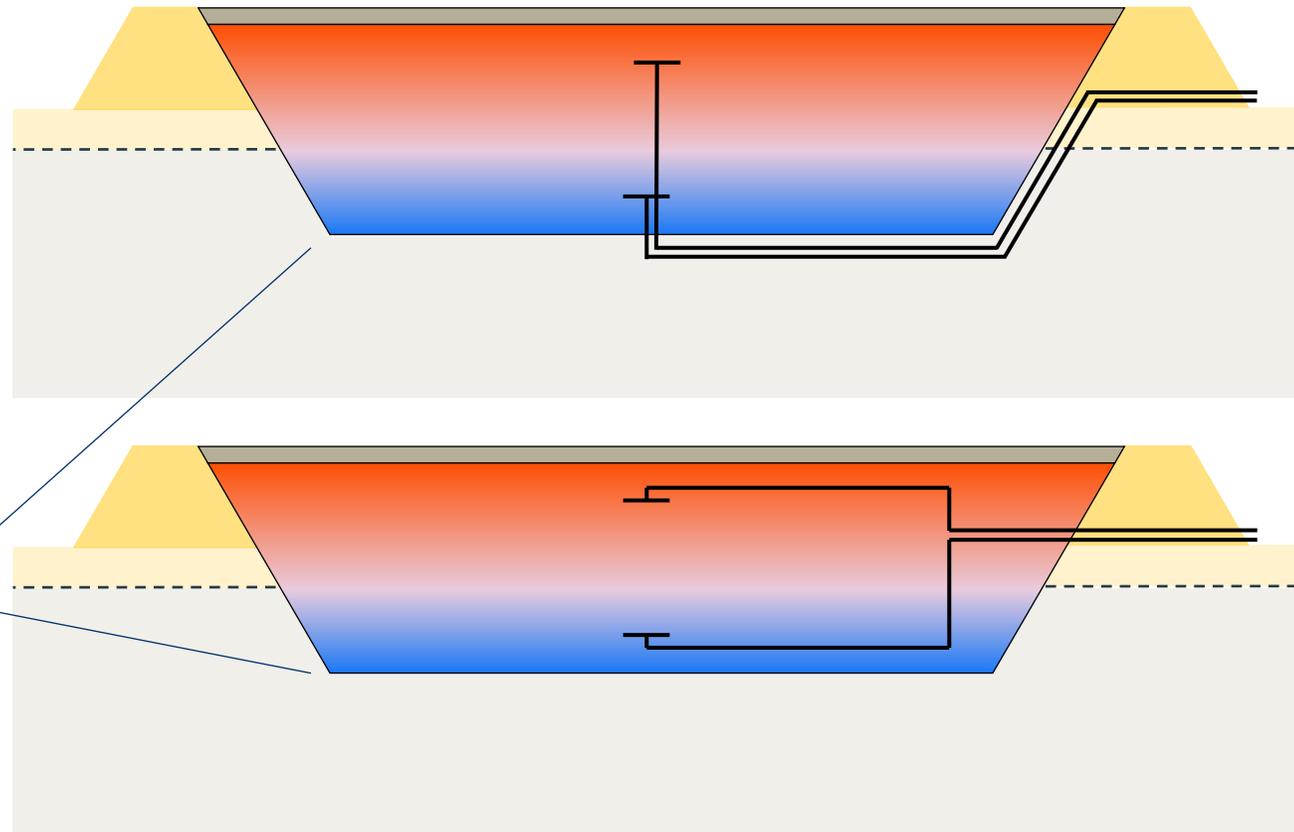
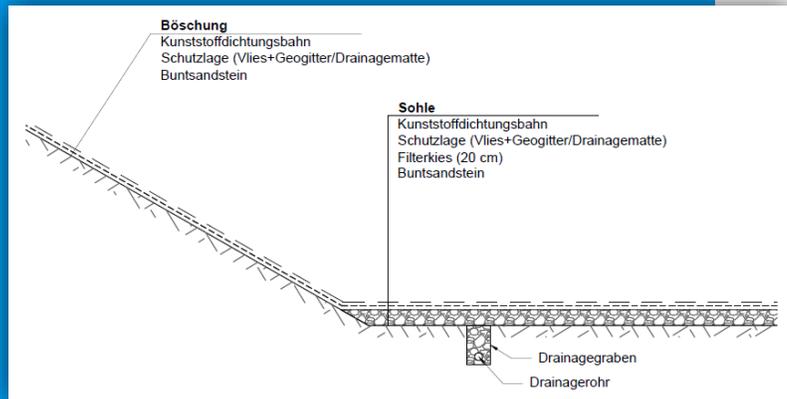


# Erdbeckenwärmespeicher

- Planung

# Herausforderungen bei der Planung

- Revisionszustände



# Agenda

1. Ramboll „in brief“
2. Erdbeckenwärmespeicher – eine kurze Historie
3. Funktionsweise
4. Herausforderungen bei der Planung
- 5. Erfahrungen aus der Umsetzung**
6. Ausblick

- Umsetzung

# Erfahrungen aus der Umsetzung

- Bauzeit
- Baukosten
- Anpassungen im Rahmen der Ausführung
- Berücksichtigung von Testergebnissen („Mock-ups“)
- Monitoring

- Umsetzung

# Erfahrungen aus der Umsetzung

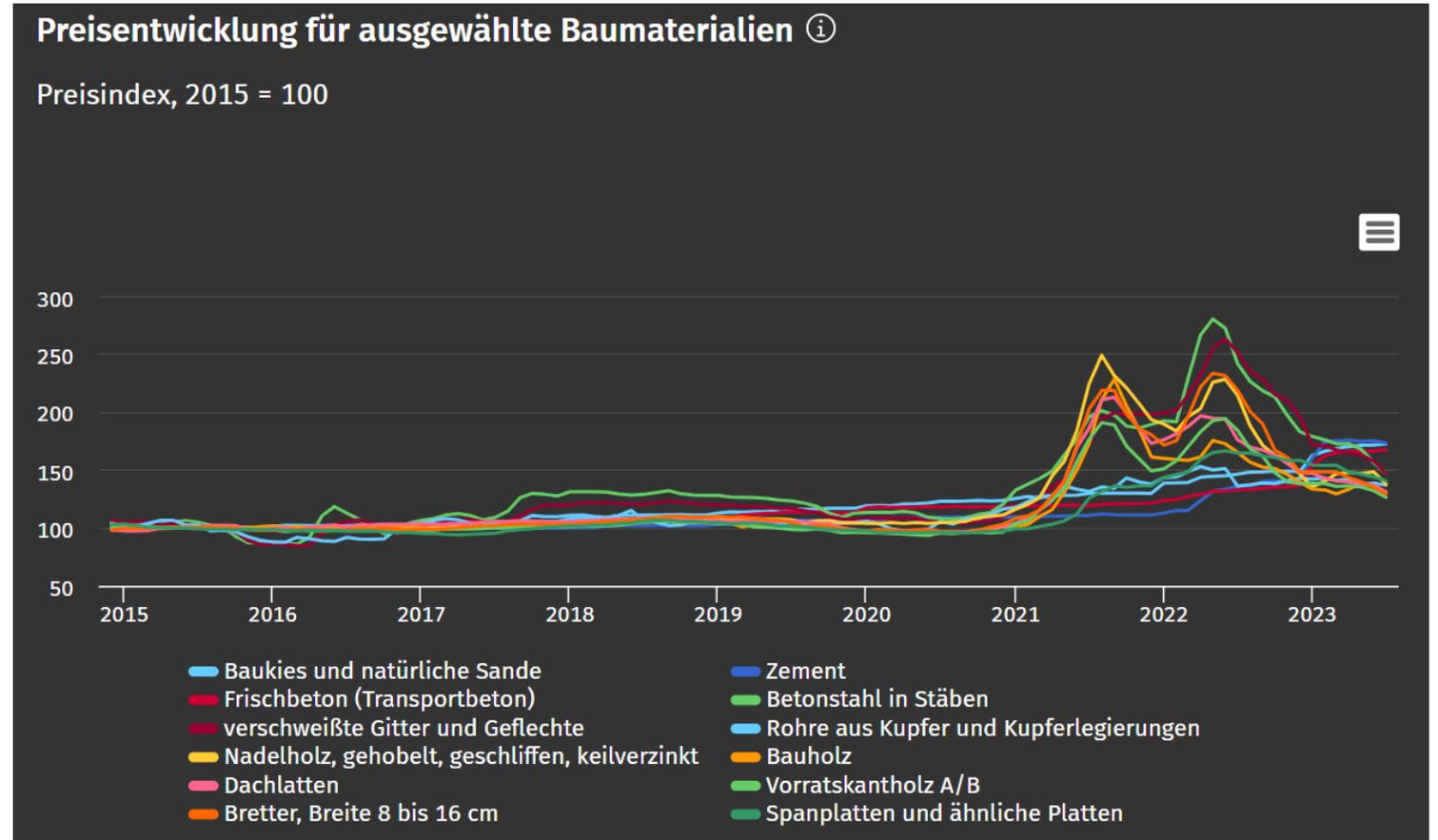
- Bauzeit: Beispiel Meldorf
- **1. BA 2022**
  - Grundwasserhaltung von Anfang 03/2022 bis Anfang 12/2022
  - Erdbau von Anfang 04/2022 bis Ende 10/2022
  - Stahlbetonbau von Anfang 08/2022 bis Mitte 09/2022
  - Beckenauskleidung von Mitte 09/2022 bis Mitte 11/2022
  - Befüllung von Anfang 11/2022 bis Ende 12/2023
- **2. BA 2023**
  - Vorbereitende Arbeiten von Anfang 03/2023 bis Mitte 05/2023
  - Einziehen Floating Liner von Mitte 05/2023 bis Mitte 06/2023
  - Deckelherstellung von Mitte 06/2023 bis etwa Mitte 09/2023
  - Abschlussarbeiten bis etwa Ende 10/2023

## Erdbeckenwärmespeicher

- Umsetzung

# Erfahrungen aus der Umsetzung

- Baukosten



Quelle: [www.dashboard-deutschland.de](http://www.dashboard-deutschland.de)  
(Daten: Statistisches Bundesamt / destatis)

# Erdbeckenwärmespeicher

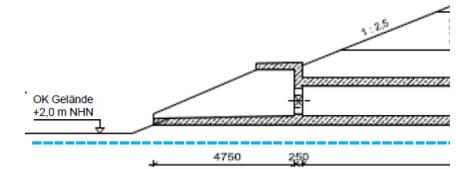
- Umsetzung

## Erfahrungen aus der Umsetzung

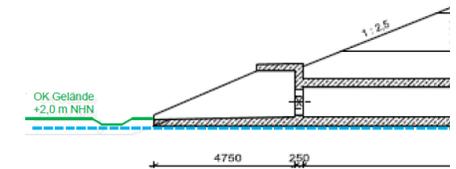
- Anpassungen im Rahmen der Ausführung



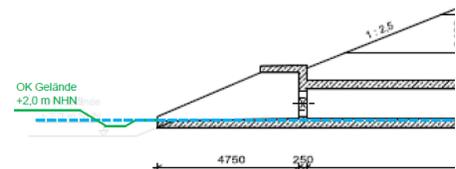
M, 1:100



M, 1:100

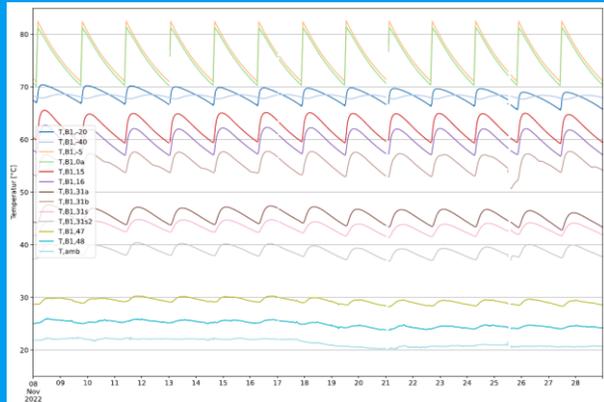


M, 1:100



# Erdbeckenwärmespeicher

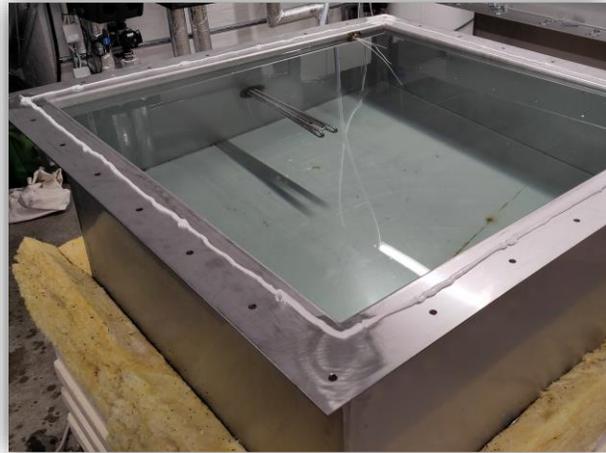
- Umsetzung



Quelle: SIZ Braunschweig

# Erfahrungen aus der Umsetzung

- Berücksichtigung von Testergebnissen („Mock-ups“)



# Erdbeckenwärmespeicher

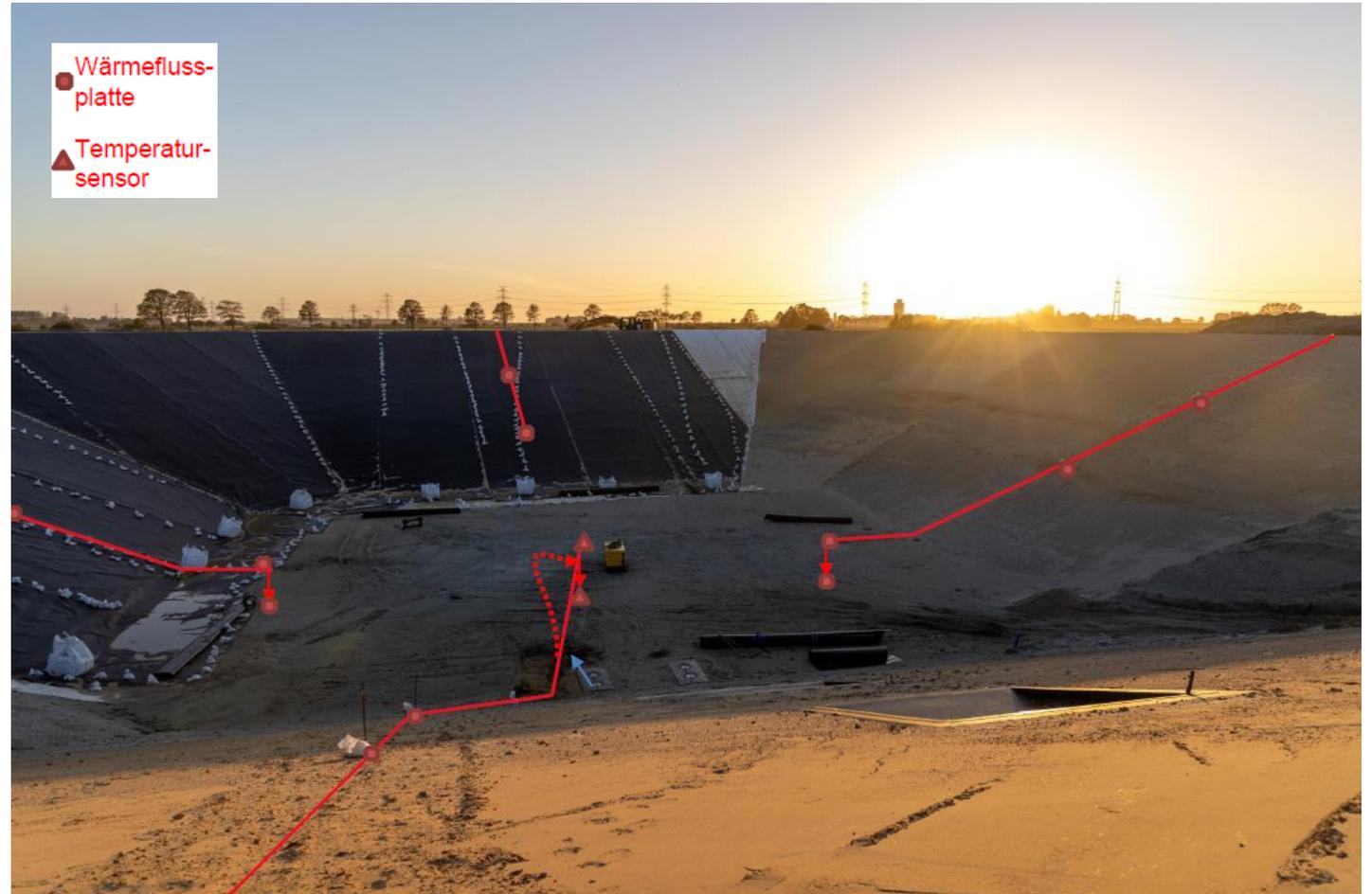
- Umsetzung

- 18 Wärmeflussplatten
  - 2 im Deckel
  - 2 am Speicherboden
  - 2 unter dem Speicher
  - 8 an den Speicherwänden (je Himmelsrichtung in zwei Höhen)
  - 4 außen im Damm (1 je Himmelsrichtung)
- 40 Temperatursensoren
  - Im Speicher
    - 20 Stk: Ketten aus 10 Sensoren an zwei Positionen
  - Im Erdreich
    - 6 Stk: Detailmessung im Damm in einer Himmelsrichtung
    - 12 Stk: In verschiedenen Tiefen außen im Damm (3 je Himmelsrichtung)
    - 2 Stk: Unterhalb des Speichers in zwei Tiefen

Quelle: SIZ Braunschweig

# Erfahrungen aus der Umsetzung

- Monitoring



Quelle: SIZ Braunschweig

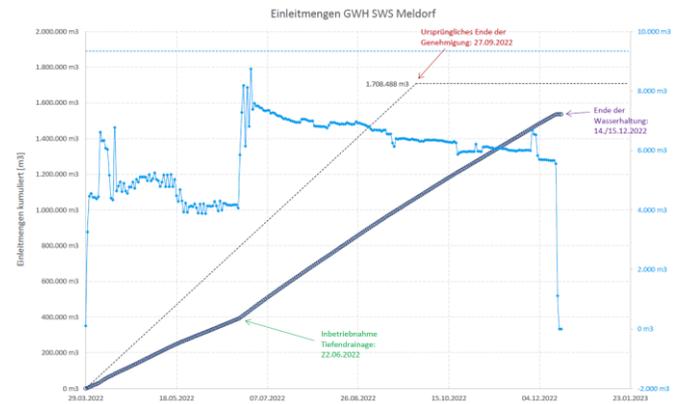
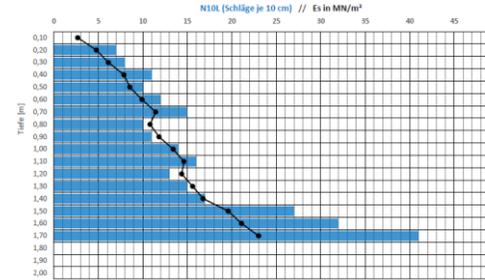
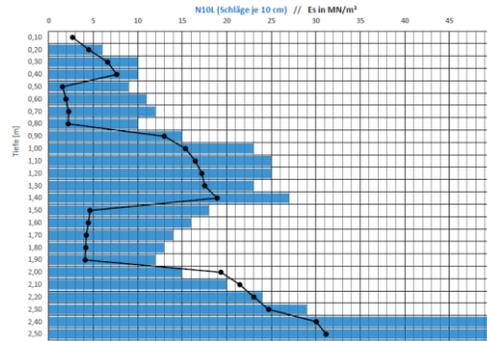
# Erdbeckenwärmespeicher

- Umsetzung



# Erfahrungen aus der Umsetzung

- Dokumentation der Ausführung



# Agenda

1. Ramboll „in brief“
2. Erdbeckenwärmespeicher – eine kurze Historie
3. Funktionsweise
4. Herausforderungen bei der Planung
5. Erfahrungen aus der Umsetzung
- 6. Ausblick**

- Ausblick

# Ausblick

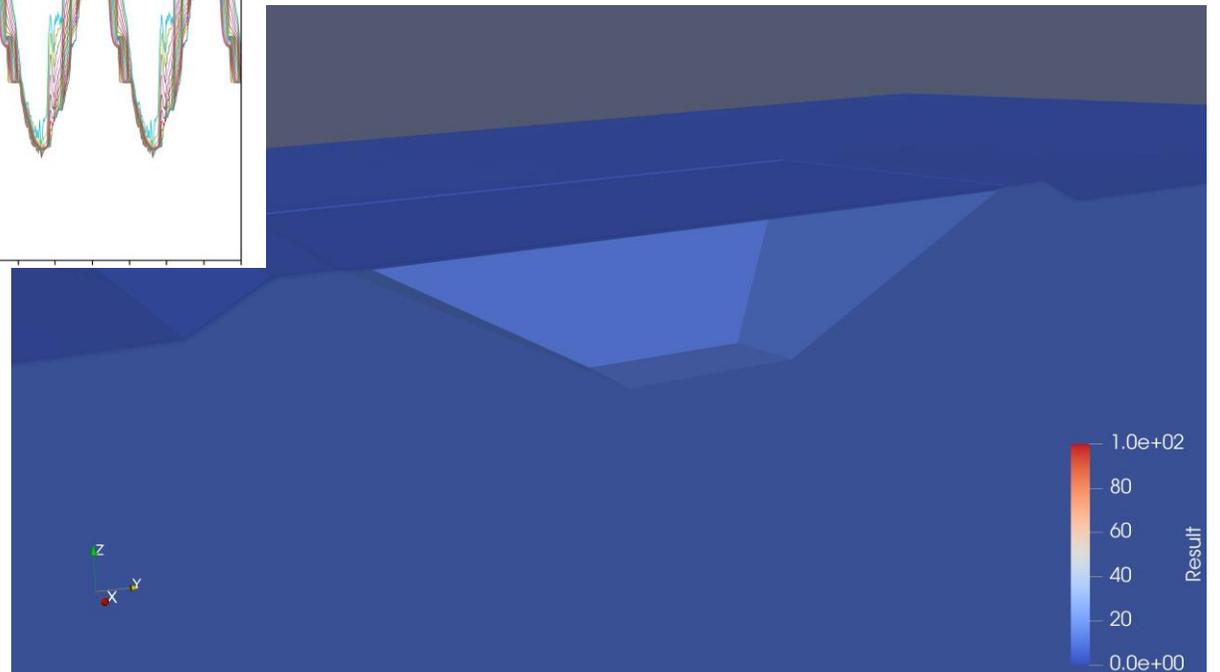
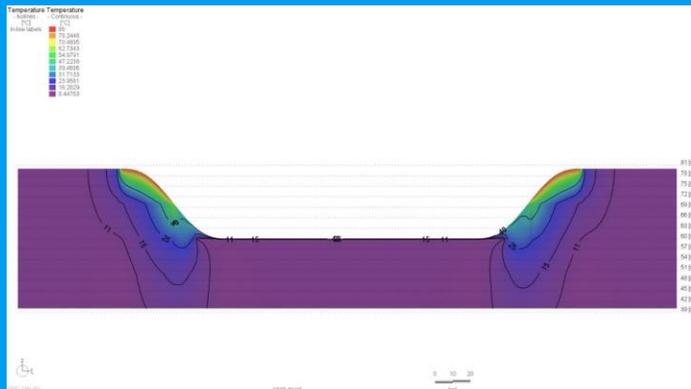
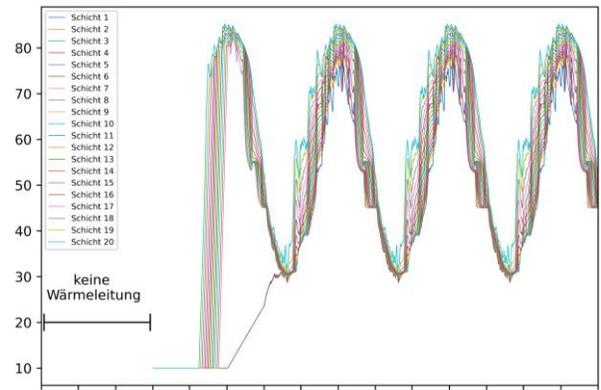
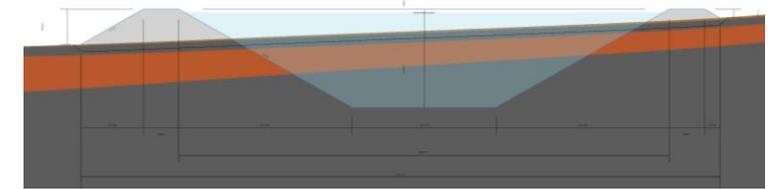
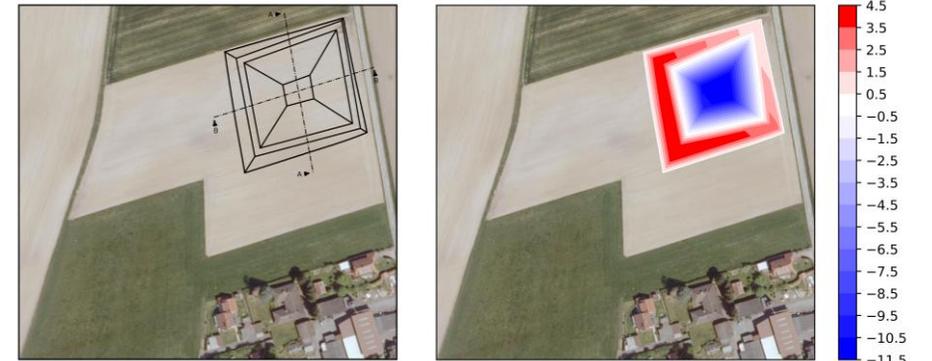
- Toolentwicklung
  - GIS-basierte, parametrisierte Speicherdimensionierung
  - thermische Modellierung
  - CFD-Modellierung
- Optimierung mit multifaktoriellen Algorithmen
  - Baukosten
  - Betriebskosten
  - Wärmeverluste
  - Einsatz von Dämmstoffen
  - ...
- Weiterentwicklung Speicherabdeckung
- Weiterentwicklung Kunststoffe
- Systemintegration, Betriebskonzepte
- Upscaling
- Forschung & Entwicklung

# Erdbeckenwärmespeicher

- Ausblick

## Ausblick

- Toolentwicklung
- Optimierung

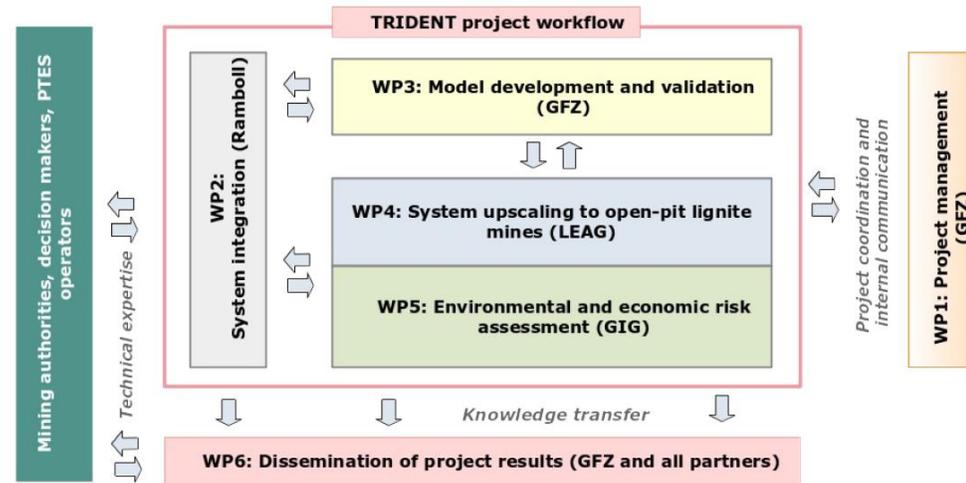


- Ausblick

## Ausblick

- Upscaling
- Forschung & Entwicklung

### TRIDENT – Thermal energy storage In open-pit mine lakes for District heating Transformation





Bright  
ideas.  
Sustainable  
change.

**RAMBOLL**

Dipl.-Ing. (TU) Stefan Marezki, M. Sc.  
Ramboll Deutschland GmbH  
stefan.marezki@ramboll.com  
+49 40 328 18 172