



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

# 4. FORUM ENDLAGERSUCHE – AG 1.2

Erkundung in Phase II – Die Kombination von  
übertägigen Erkundungsmethoden

D. DOSTAL, T. HENKE

Hannover, 21.11.2025

# AGENDA

Die Kombination von  
übertägigen  
Erkundungsmethoden

01

DER WEG ZU PHASE II

02

POTENTIALGEOPHYSIK

03

REFLEXIONSSEISMIK

04

BOHRUNGEN

05

VIELE TEILE ERGEBEN EIN BILD



# DER WEG ZU PHASE II

# 01



# DER WEG ZU PHASE II

## Hochradioaktive Abfälle in Deutschland



WOHIN?

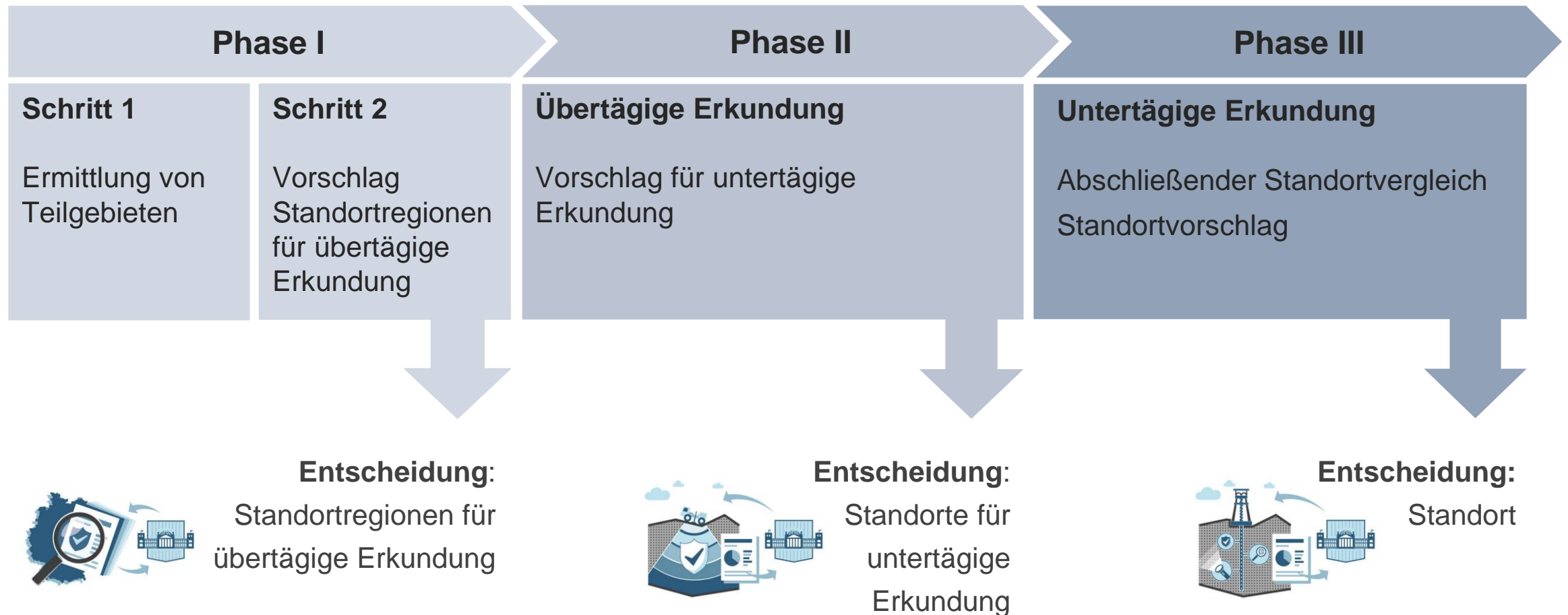


### Entsorgung von

- ca. 1750 Castorbehältern mit hochradioaktiven Abfällen
- mit ca. 10 500 Tonnen Schwermetall aus Brennelementen und 3836 Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung

# DER WEG ZU PHASE II

## Ablauf der Verfahrensschritte



# DER WEG ZU PHASE II

## Die drei Wirtsgesteine – Festlegung in § 1 StandAG

**Tongestein**



**Steinsalz**



**Kristallines Wirtsgestein**



# DER WEG ZU PHASE II

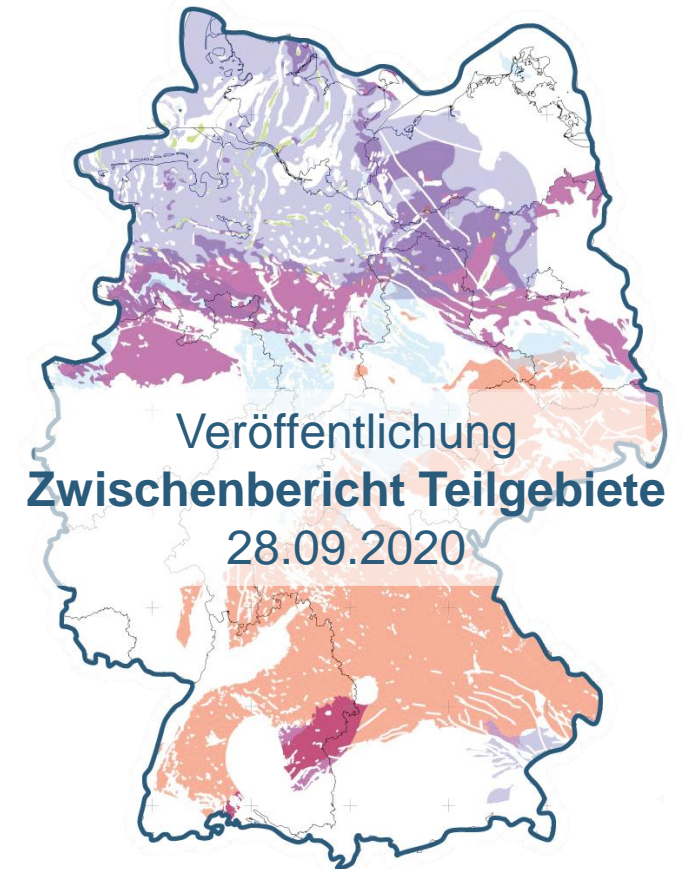
## Zwischenbericht Teilgebiete – Ergebnisse



90 Teilgebiete ermittelt

→ 54 % der Landesfläche

- 7 im Kristallinen Wirtsgestein
- 9 im Tongestein
- 74 im Steinsalz

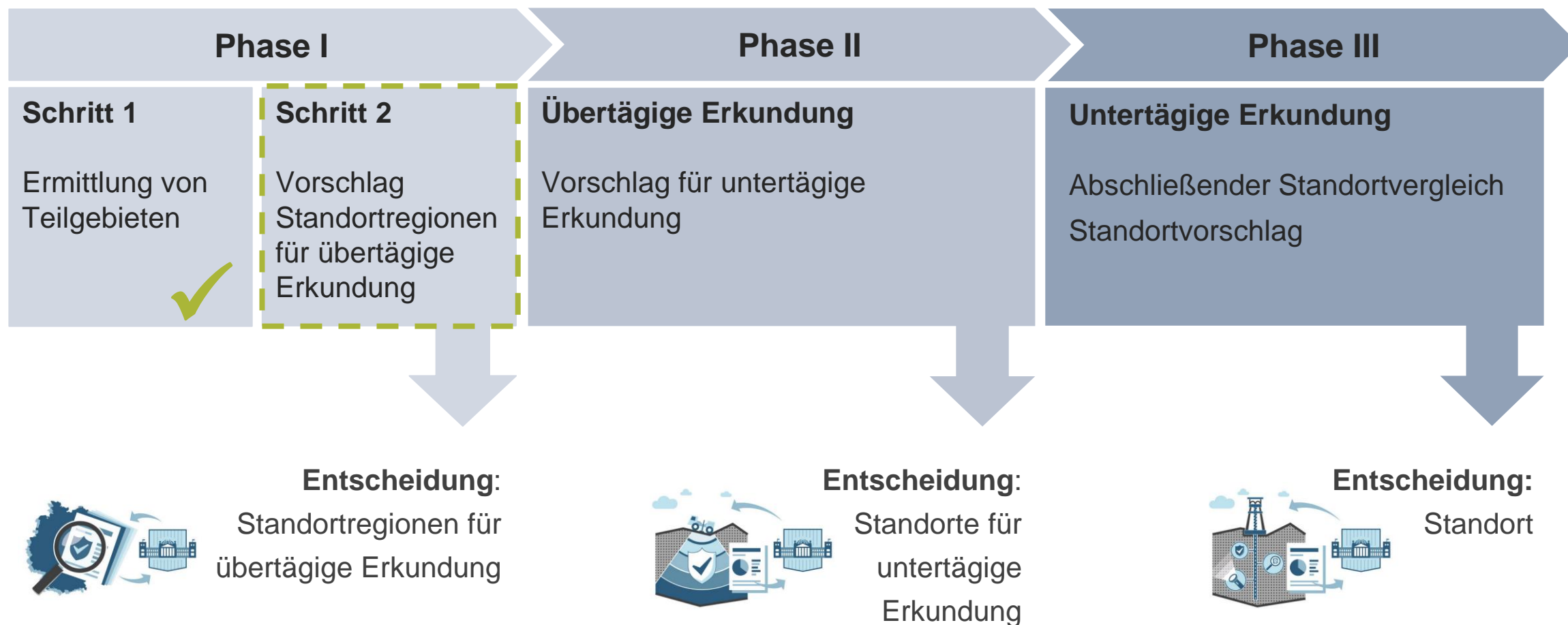


Quelle: BGE



# DER WEG ZU PHASE II

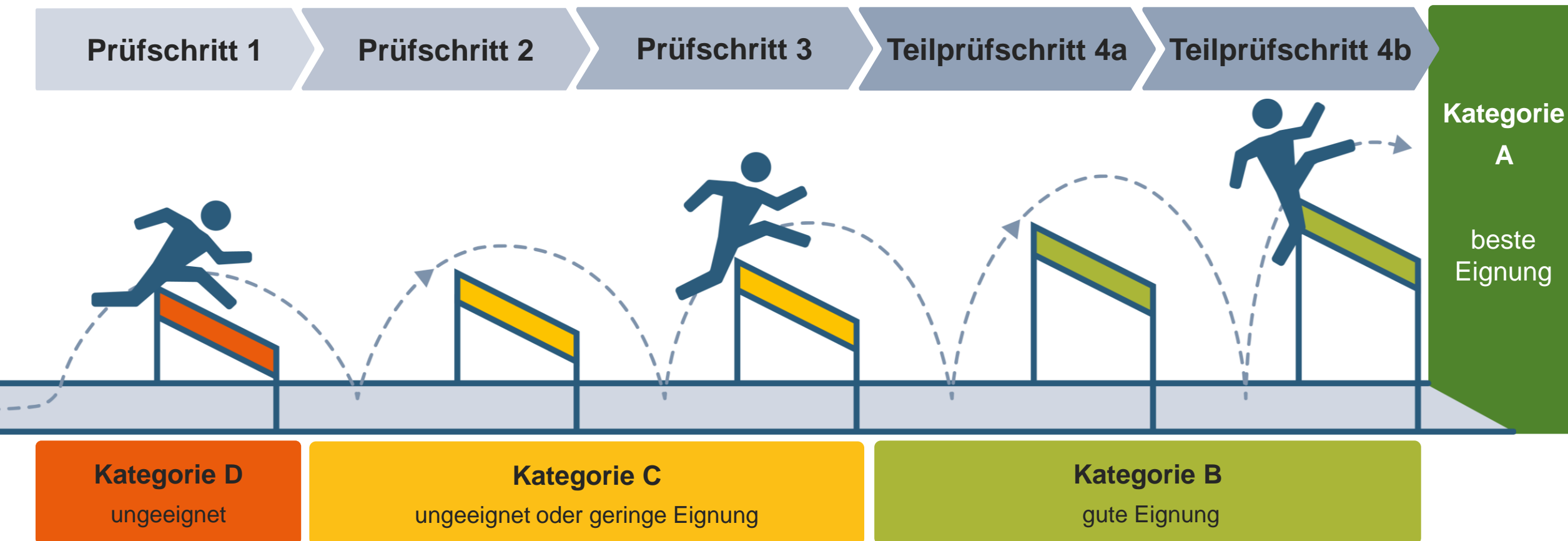
## Ablauf der Verfahrensschritte – Phase I Schritt 2





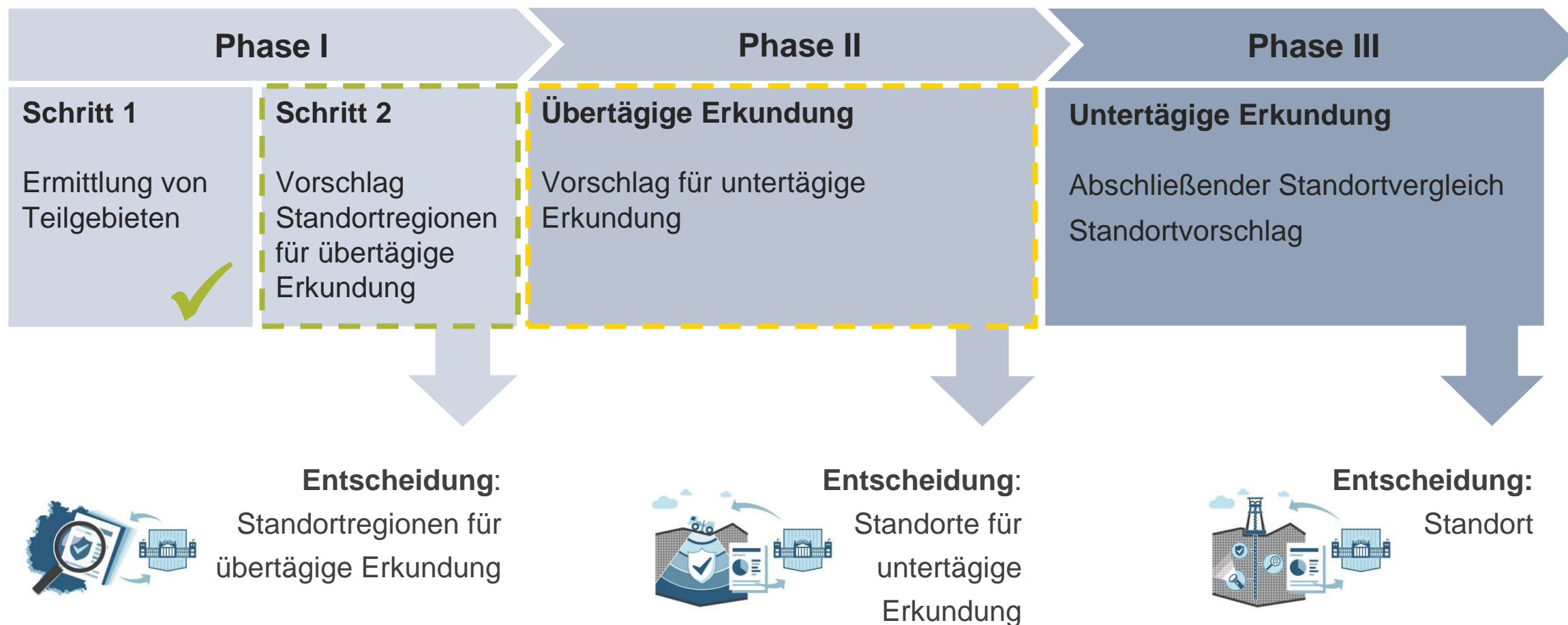
# DER WEG ZU PHASE II

## Durchführung der rvSU: Prüfschritte



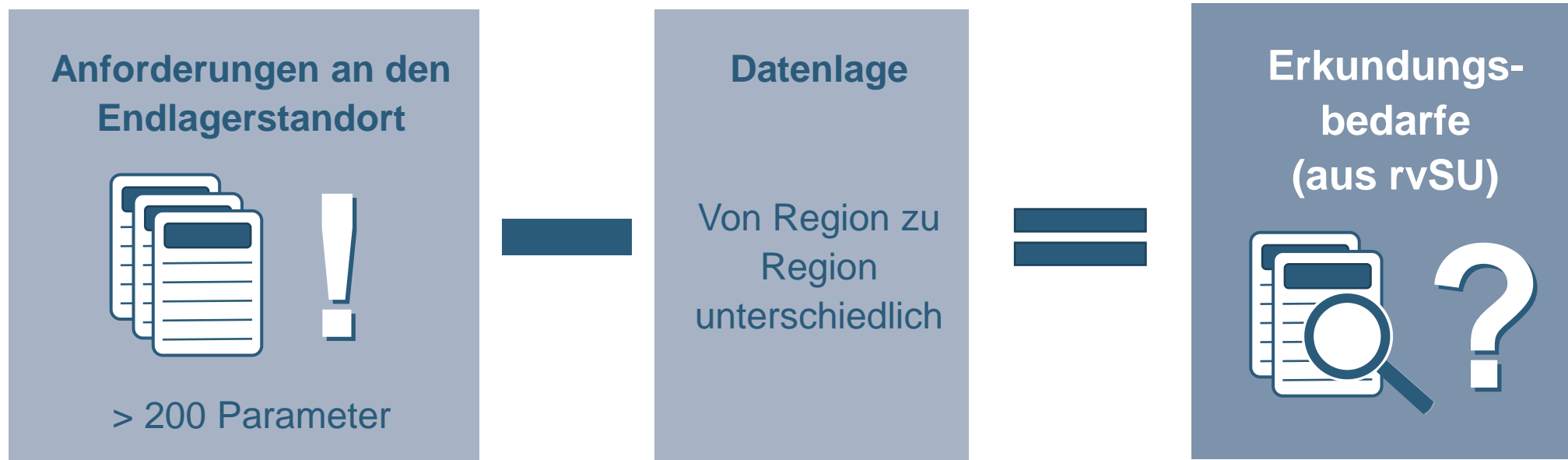
# DER WEG ZU PHASE II

## Ablauf der Verfahrensschritte – Phase II



# DER WEG ZU PHASE II

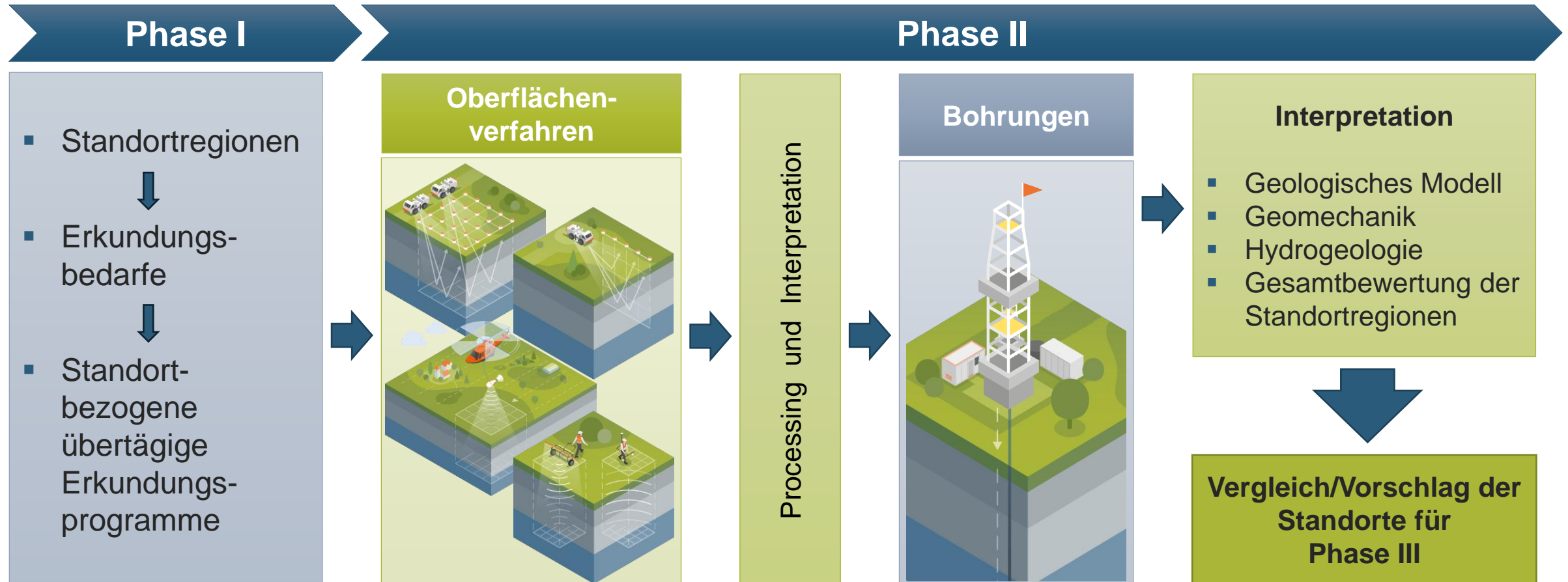
## Ableitung der Erkundungsbedarfe



**DIE ERKUNDUNG ERBRINGT DIE FEHLENDEN INFORMATIONEN, DIE ZUR BEWERTUNG DER STANDORTREGIONEN NOTWENDIG SIND**



# DER WEG ZU PHASE II



# DER WEG ZU PHASE II

## Zielsetzung für Phase II

- **Aus mehreren Standortregionen → Ermittlung von Standorten für die untertägige Erkundung**
- Ermittlung aller notwendigen Daten für eine sicherheitsgerichtete und vergleichende Bewertung der Standortregionen im Rahmen der weiterentwickelten vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (wvSU)
- Dem Untergrund „Farbe“ verleihen
- Sichtbarmachung von geologischen Strukturen
- Erkenntnisgewinn über die Gesteinstyp und Eigenschaften des Untergrunds





# POTENTIALGEOPHYSIK

# 02

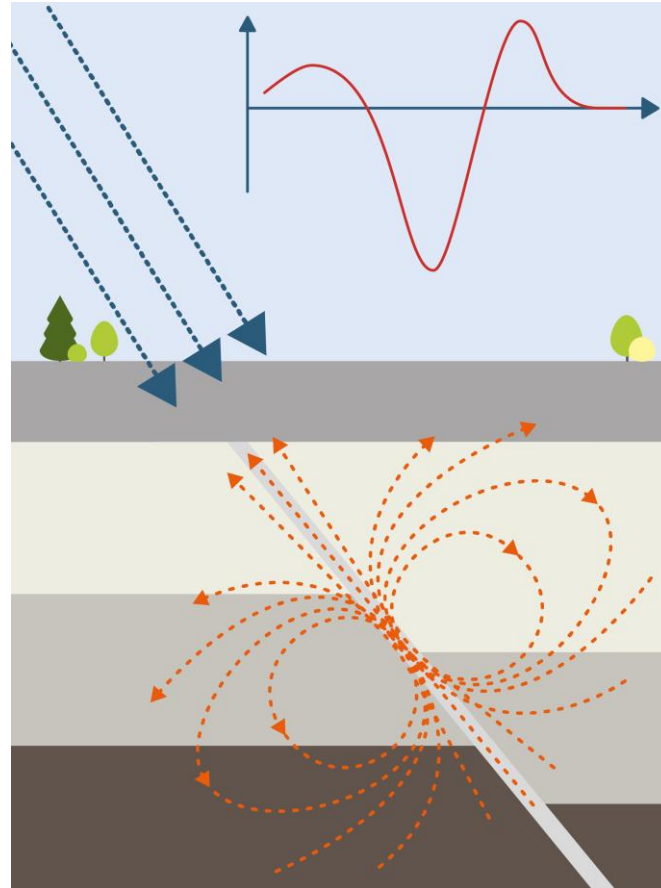


# POTENTIALGEOPHYSIK

## Magnetik – Messprinzip



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG



Quelle: BGE

# POTENTIALGEOPHYSIK

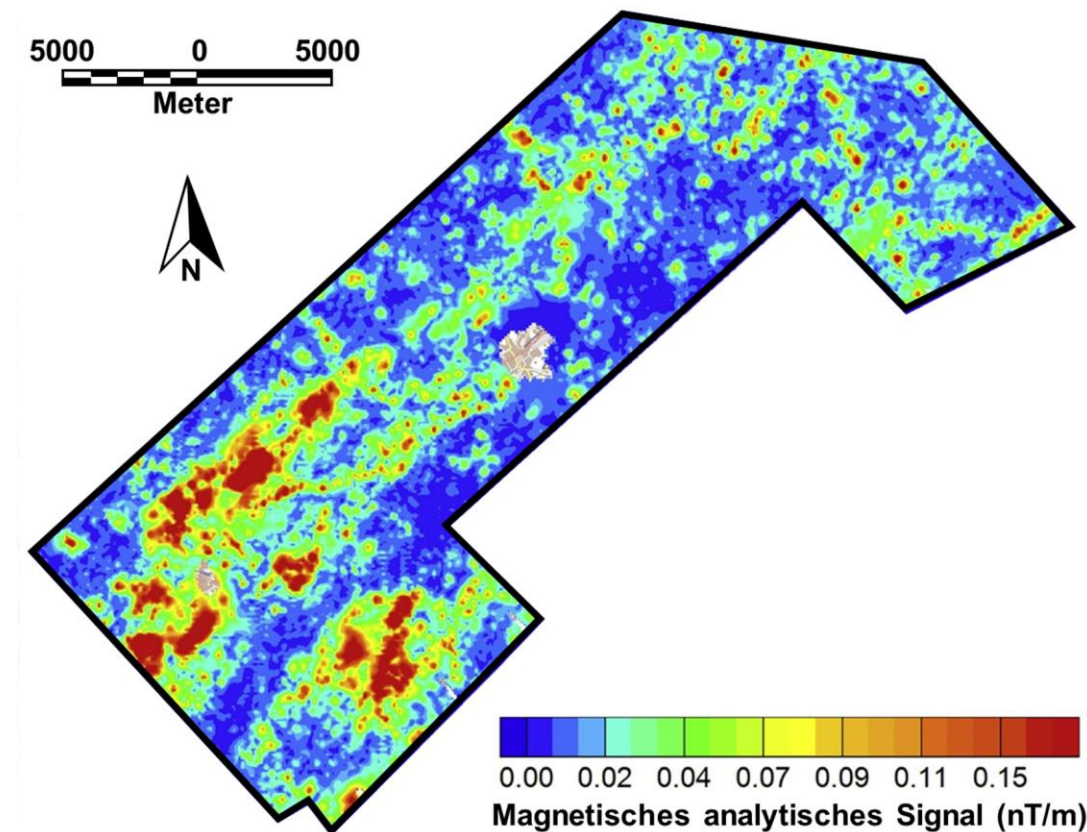
## Magnetik – Beispiele für Durchführung und Ergebnis



Quelle: Steuer et al. (2020), modifiziert / CC BY 4.0



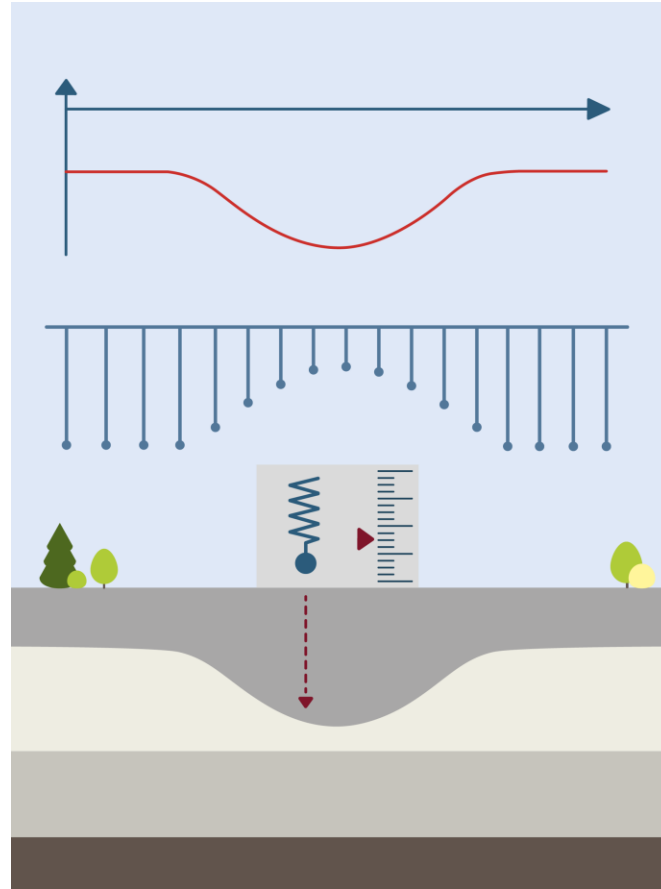
Quelle: Axel Hindemith / CC BY-SA 3.0



Quelle: Steuer et al. (2020), modifiziert / CC BY 4.0

# POTENTIALGEOPHYSIK

## Gravimetrie – Messprinzip



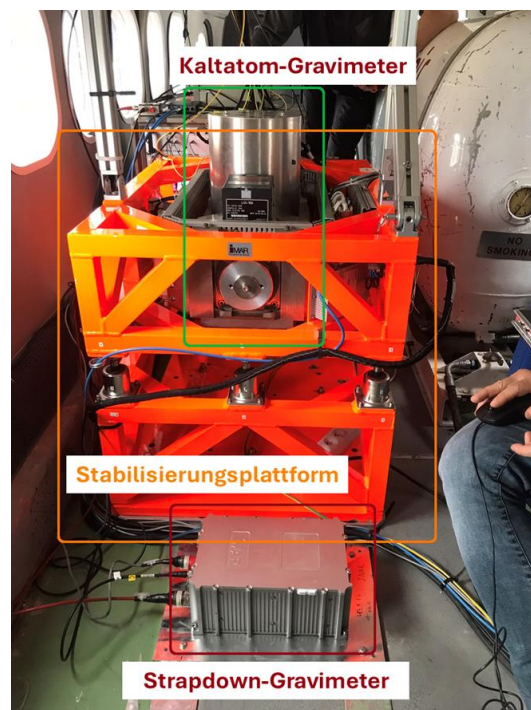


# POTENTIALGEOPHYSIK

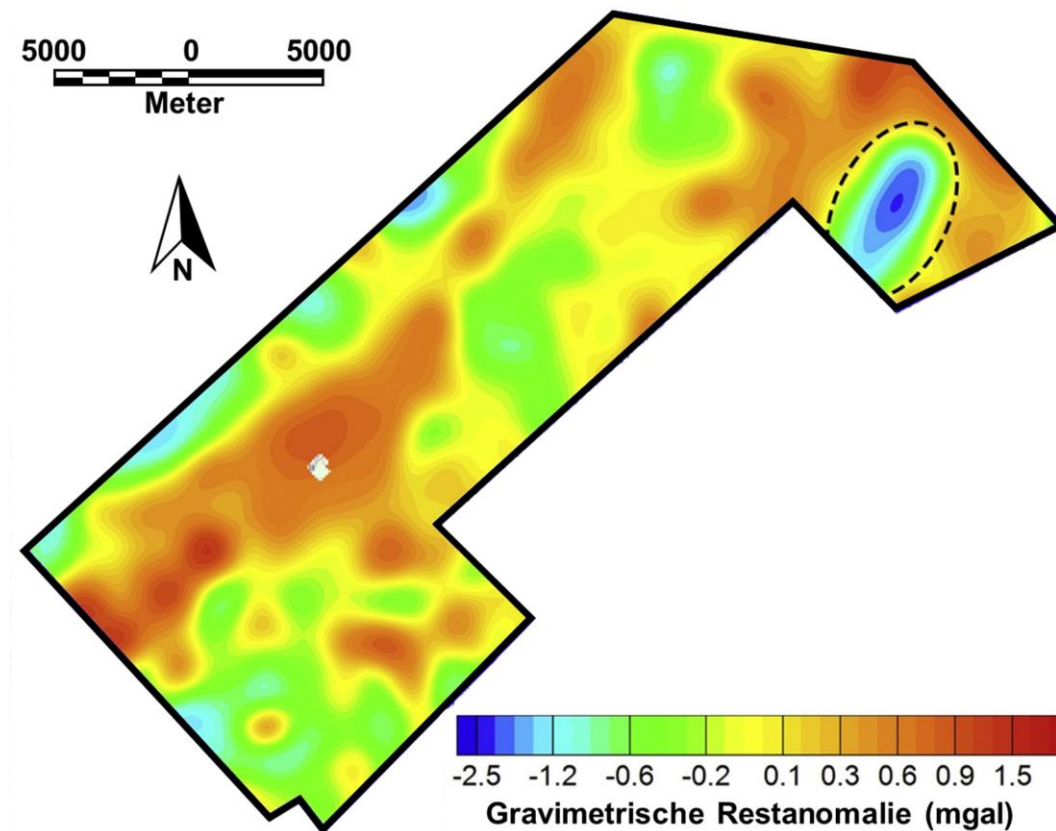
## Gravimetrie – Beispiele für Durchführung und Ergebnis



Quelle: Sandeep Vats / CC BY-SA 3.0



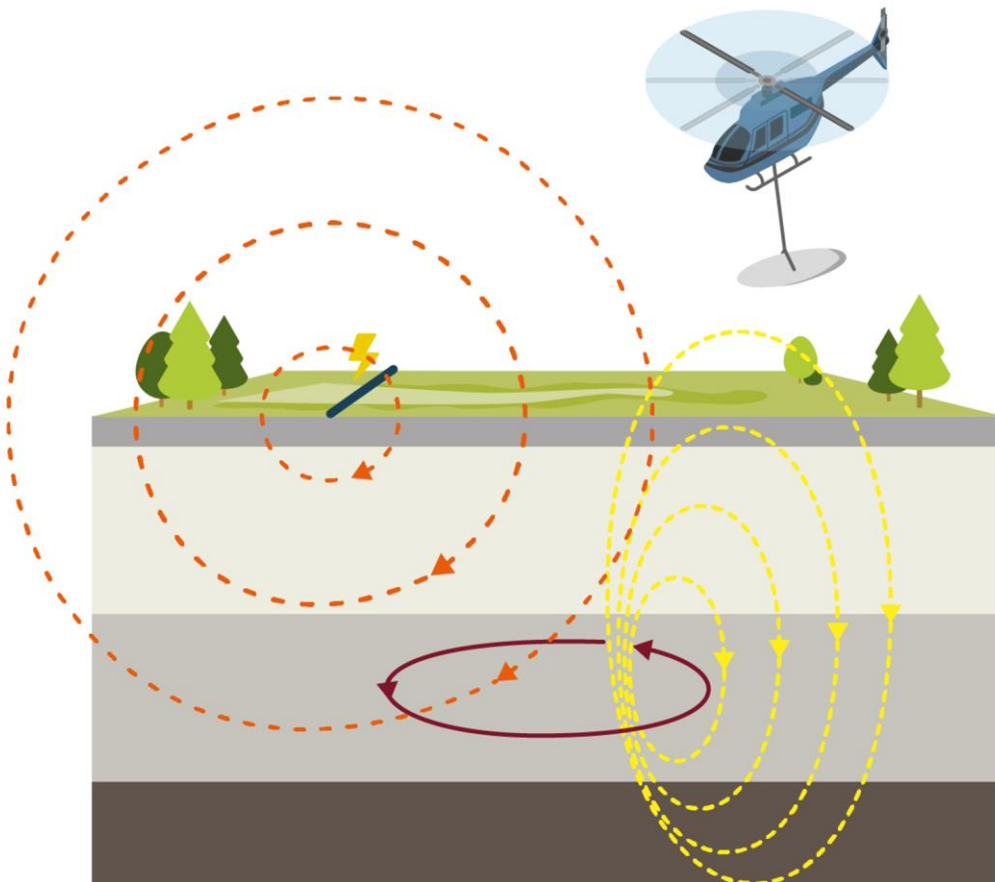
Quelle: Jensen et. Al. (2025), modifiziert / CC BY 4.0



Quelle: Steuer et al. (2020), modifiziert / CC BY 4.0

# POTENTIALGEOPHYSIK

## Elektromagnetik – Messprinzip





# POTENTIALGEOPHYSIK

## Elektromagnetik – Beispiel für Durchführung (1/2)





# POTENTIALGEOPHYSIK

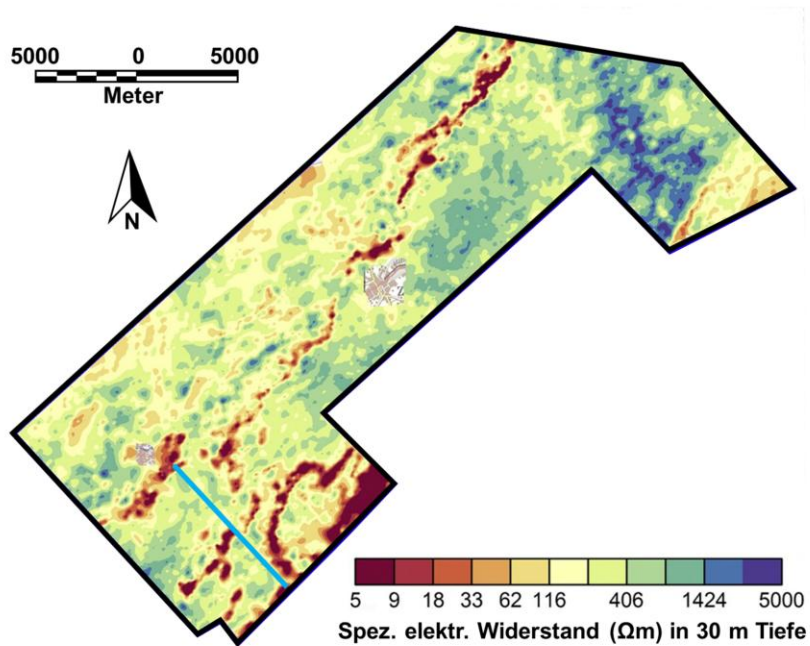
## Elektromagnetik – Beispiel für Durchführung (2/2)



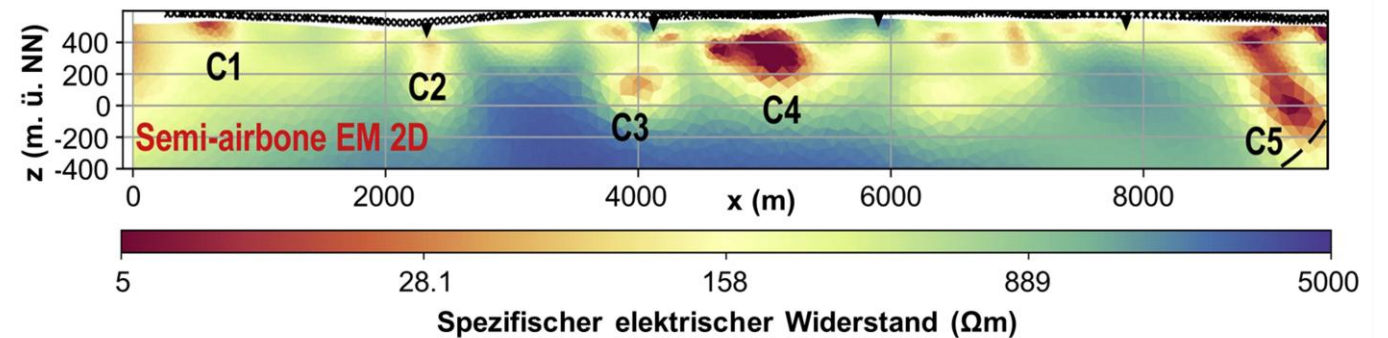


# POTENTIALGEOPHYSIK

## Elektromagnetik – Beispiel für Ergebnisse



Steuer et al. (2020), modifiziert / CC BY 4.0



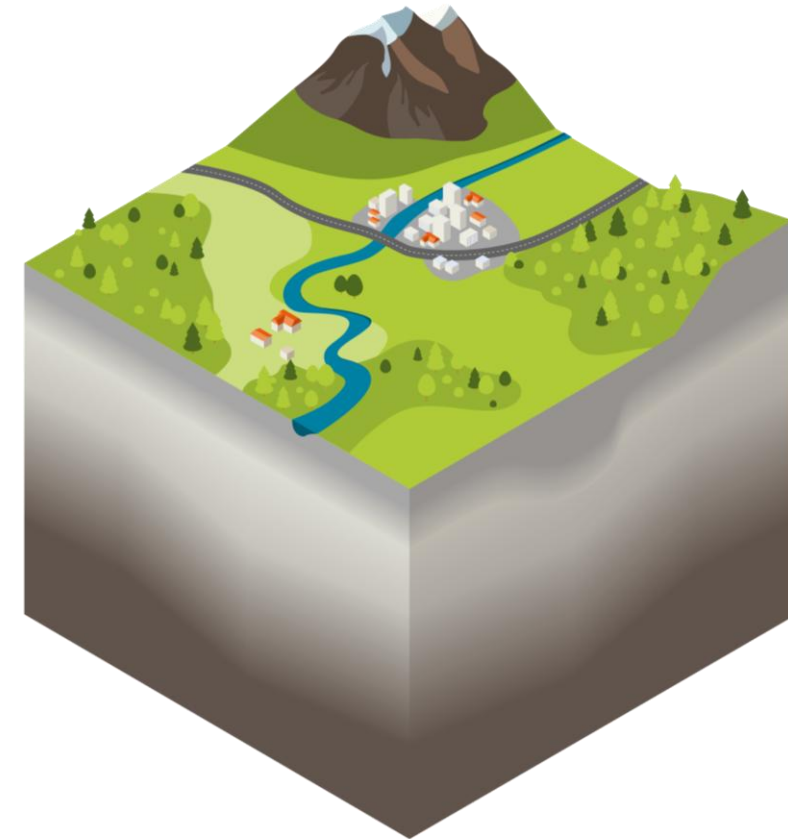
Quelle: Steuer et al. (2020), modifiziert / CC BY 4.0

# POTENTIALGEOPHYSIK

## Welche Erkenntnisse liefert die Potentialgeophysik?

### Gesamtbild

- Potentialgeophysik liefert räumliches petrophysikalisches Abbild des Untergrunds, u. a.
  - magnetische Eigenschaften
  - Gesteinsdichte
  - Leitfähigkeiten





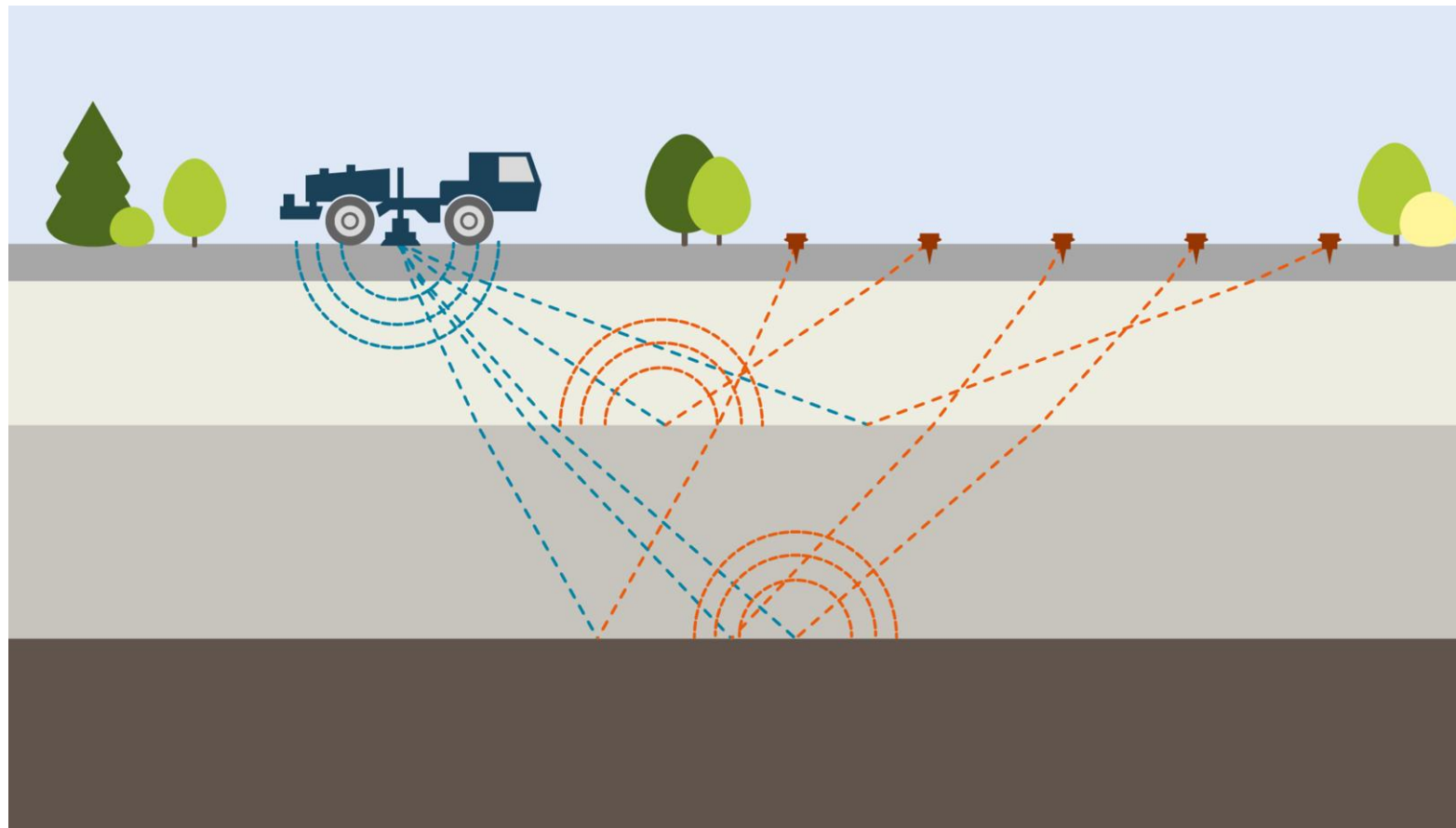


# REFLEXIONSSEISMIK

# 03

# REFLEXIONSSEISMIK

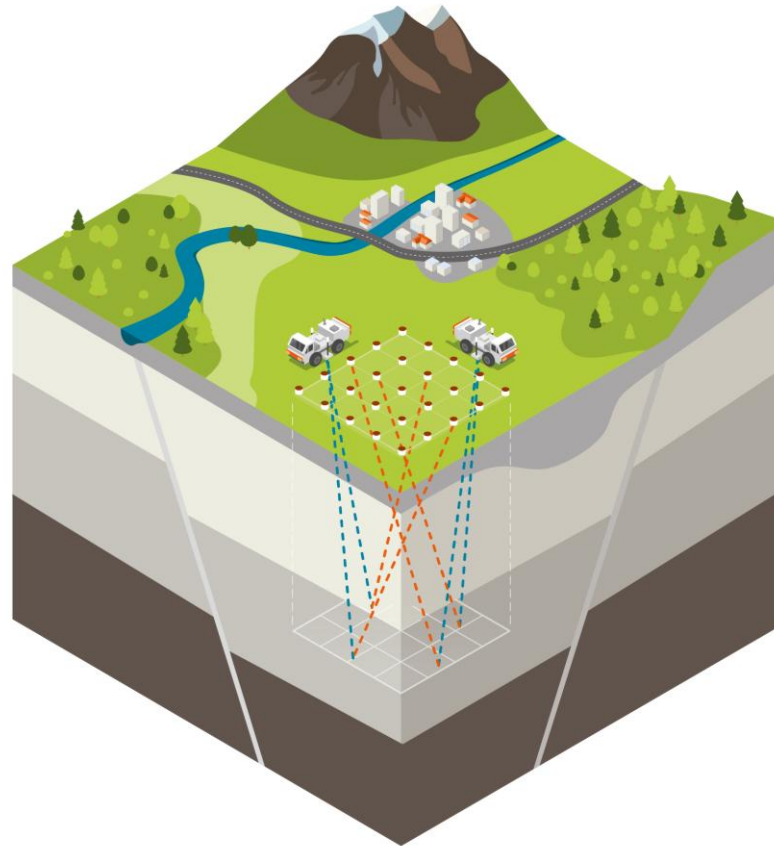
## Prinzip der 2D-seismischen Messungen





# REFLEXIONSSEISMIK

## Prinzip der 3D-seismischen Messungen



Quelle: BGE



# REFLEXIONSSEISMIK

## Messtechnik im Feldeinsatz – Geophone





# REFLEXIONSSEISMIK

## Messtechnik im Feldeinsatz – Anregungsquellen (1/2)





# REFLEXIONSSEISMIK

## Messtechnik im Feldeinsatz – Anregungsquellen (2/2)



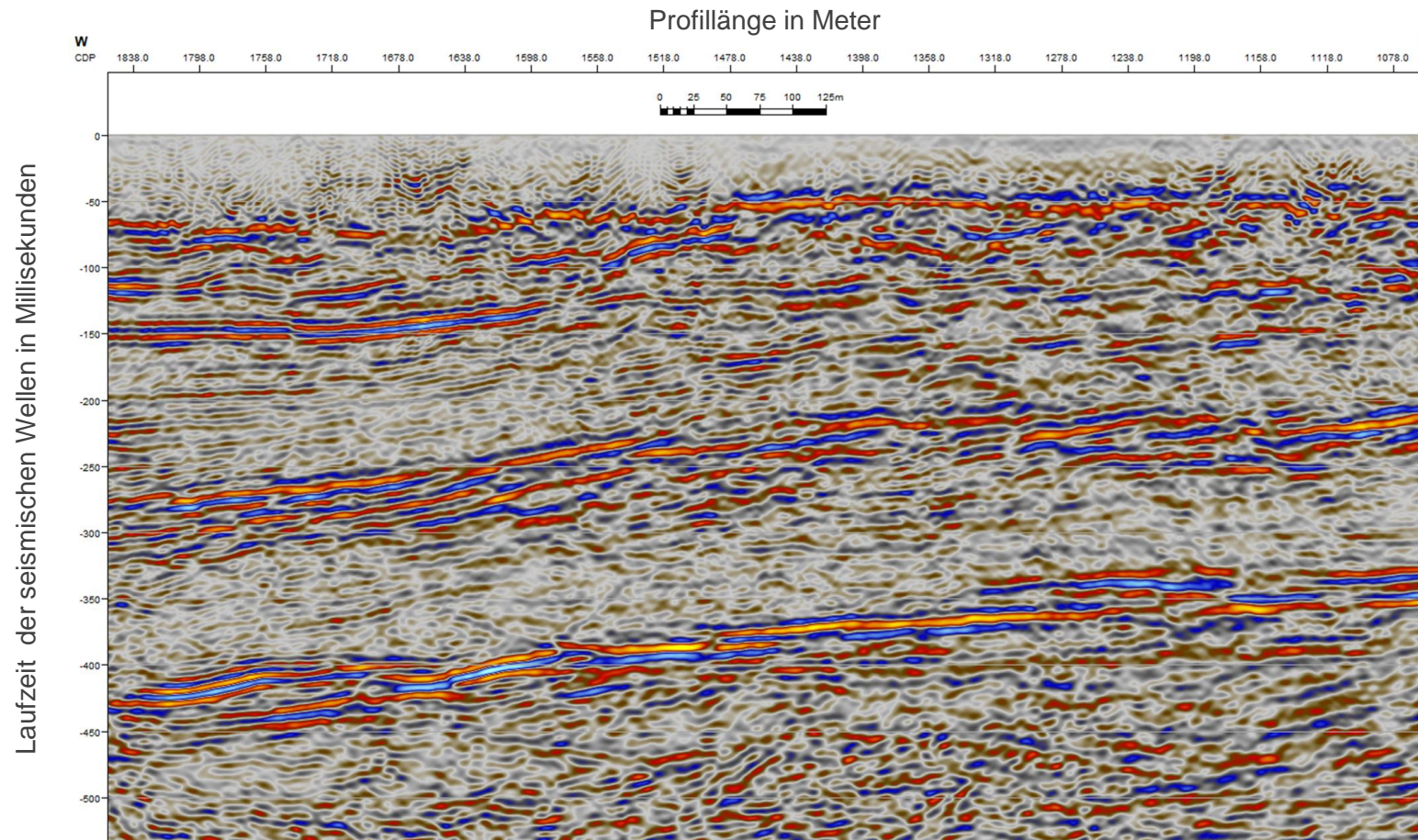


# REFLEXIONSSEISMIK

## Bearbeitete 2D-seismische Daten

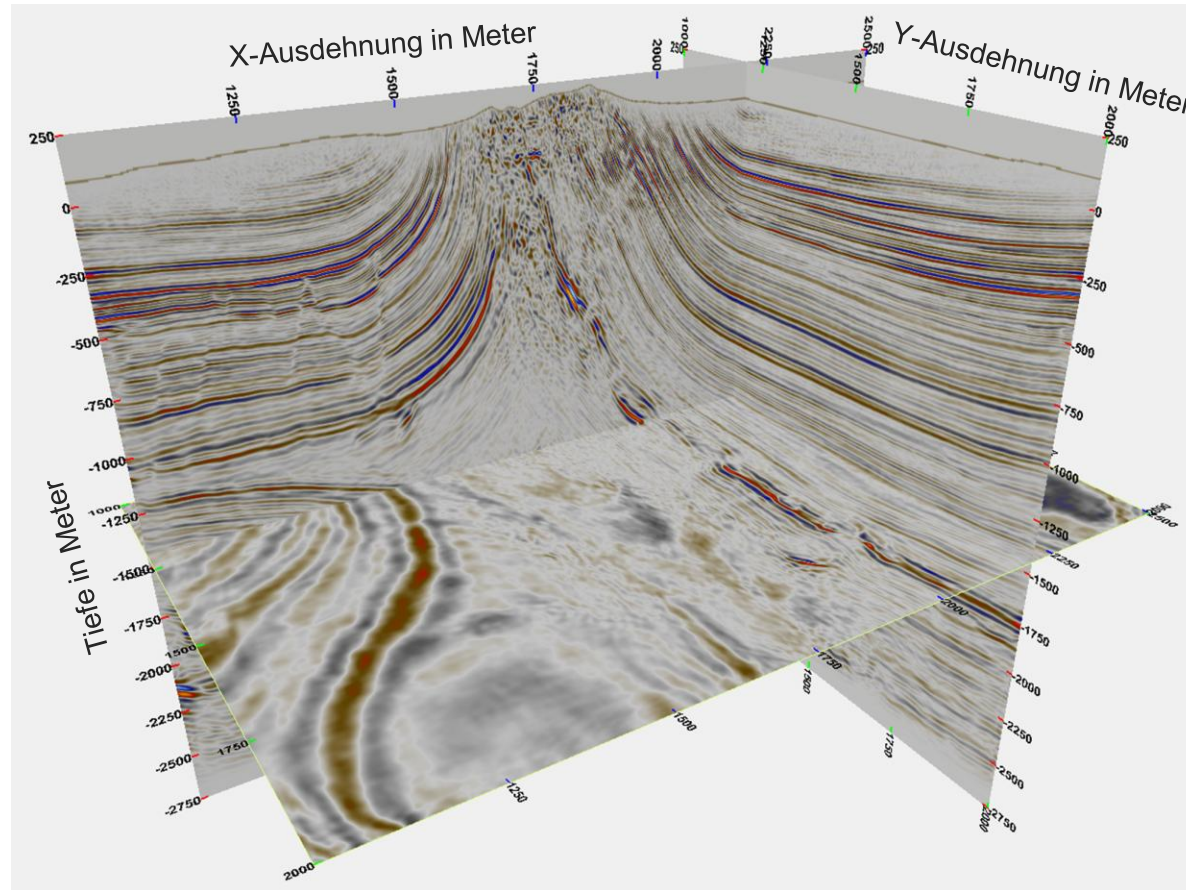


BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG



# REFLEXIONSSEISMIK

## Bearbeitete 3D-seismische Daten

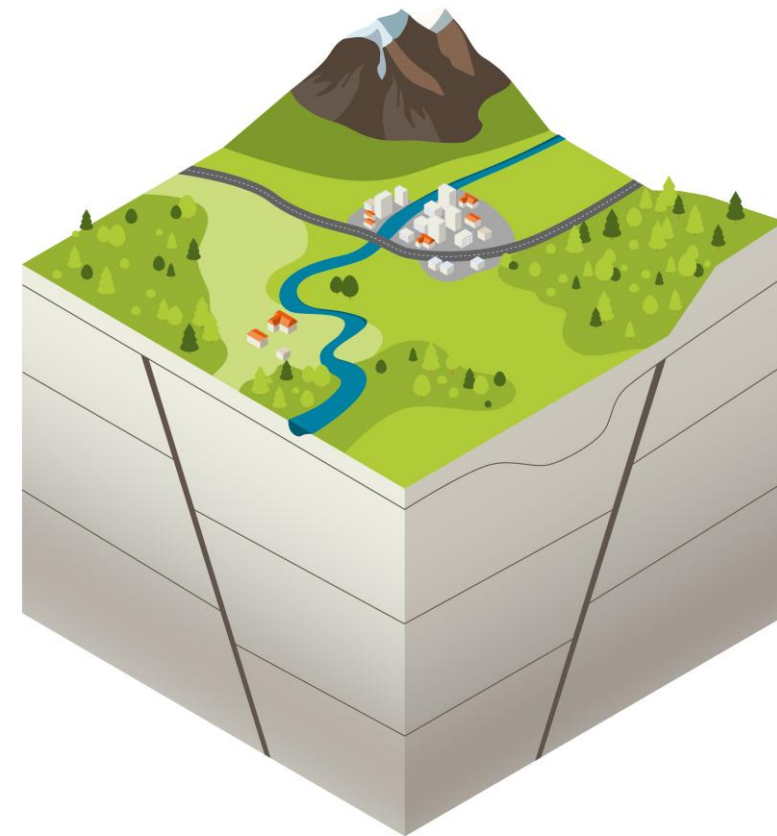


# REFLEXIONSSEISMIK

## Welche Erkenntnisse liefert eine Reflexionsseismik?

### Gesamtbild

- Reflexionsseismik liefert räumliches Strukturabbild des Untergrunds
  - Lage und Form von Schichtgrenzen
  - Position von Verwerfungen
- Reflexionsseismik liefert räumliche Gesteinseigenschaften
  - Seismische Geschwindigkeiten
  - Gesteinsdichte







# BOHRUNGEN

# 04



# BOHRUNGEN

## Bohrplatz und Bohranlage



Bohrplatz Bohrung Bachs-1 (CH), Quelle: NAGRA

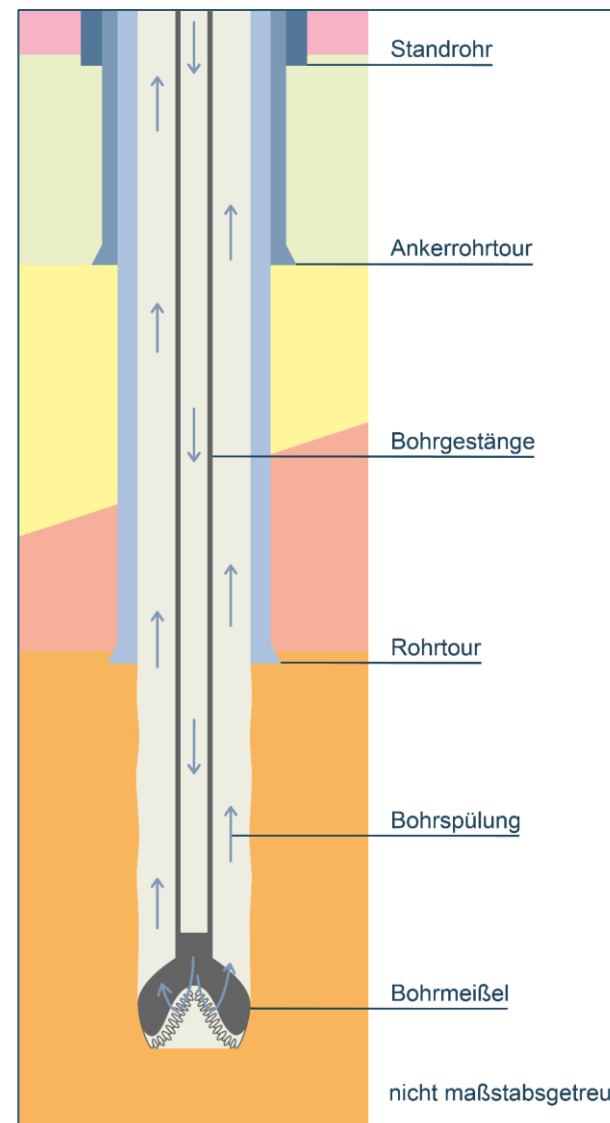


Tiefbohranlage, Quelle: D. Degen

# BOHRUNGEN

## Schema eines Bohrlochs

- Bohrstrang – Bindeglied Bohranlage und Bohrmeißel:
  - Kraftübertragung, Transport der Bohrspülung
- Rohrtour – Stabilität und Sicherheit:
  - Verankerung, Gebirgsstabilisierung, Grundwasserabdichtung
- Bohrmeißel – Schwerstarbeit im Bohrloch:
  - Gesteinszerstörung, Bohrlochgeometrie
- Bohrspülung – nicht nur Wasser:
  - Kühlung des Bohrmeißels, Transport von Bohrklein, Stabilisierung der geol. Formation





# BOHRUNGEN

## Bohrmeißeltypen

**Rollenmeißel**



Quelle: GeoLaB – Forschungsprojekt Geothermie

**Diamantmeißel**



Quelle: GeoLaB – Forschungsprojekt Geothermie

**Kernbohrmeißel**



Quelle: GeoLaB – Forschungsprojekt Geothermie



# BOHRUNGEN

## Welche Erkenntnisse liefert eine Bohrung? (1/3)

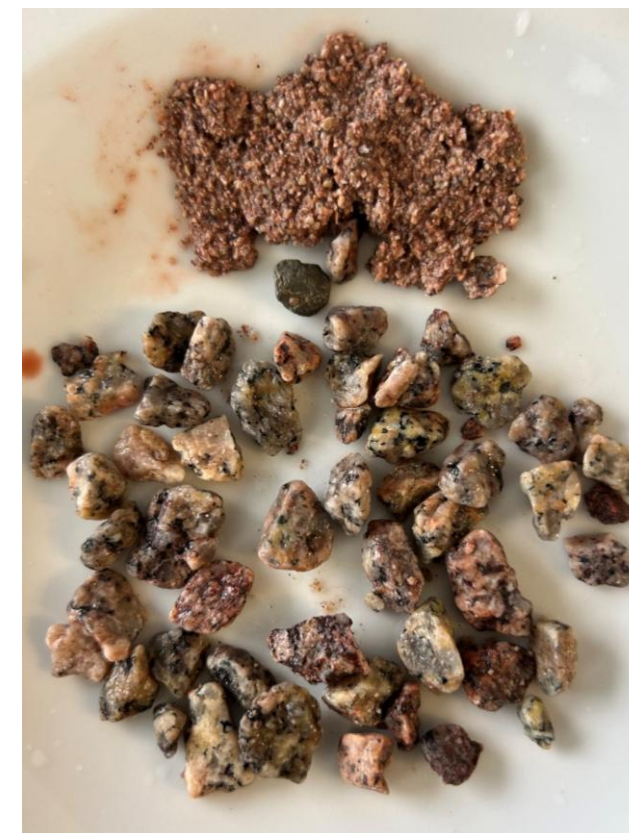
### Gesteinsuntersuchungen – zum Beispiel:

- Gesteinsproben
- Tiefenlage und Schichtgrenzen unterschiedlicher Gesteine
- Gesteinszusammensetzung
- Dichte
- Gesteinsfestigkeit
- Feinstratigrafie
- Struktur/Tektonik
- ...

**Bohrkern**



**Bohrklein**



Quelle: GeoLaB – Forschungsprojekt Geothermie

# BOHRUNGEN

## Welche Erkenntnisse liefert eine Bohrung? (2/3)

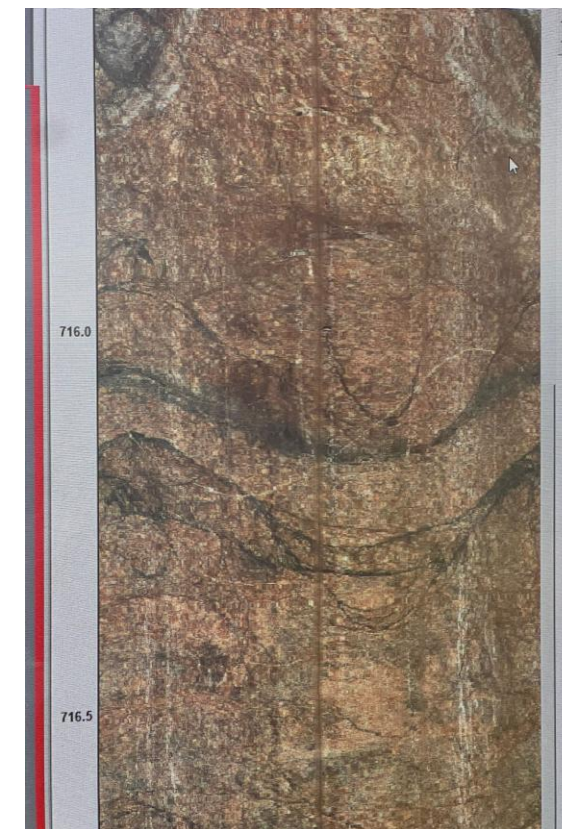
### Bohrlochuntersuchung – zum Beispiel:

- Temperatur
- Spannungen
- Durchlässigkeit
- Porosität
- Flüssigkeits-/Gasproben
- Fließraten
- ...

Messsonde



Bohrlochwandfoto



Quelle: GeoLaB – Forschungsprojekt Geothermie

# BOHRUNGEN

## Welche Erkenntnisse liefert eine Bohrung? (3/3)

### Gesamtbild

- Bohrungen liefern nur punktuelle Informationen
- Je nach Wirtsgestein besser oder schlechter extrapolierbar
- Methodenkombination liefert den Schlüssel für ein konsistentes Bild





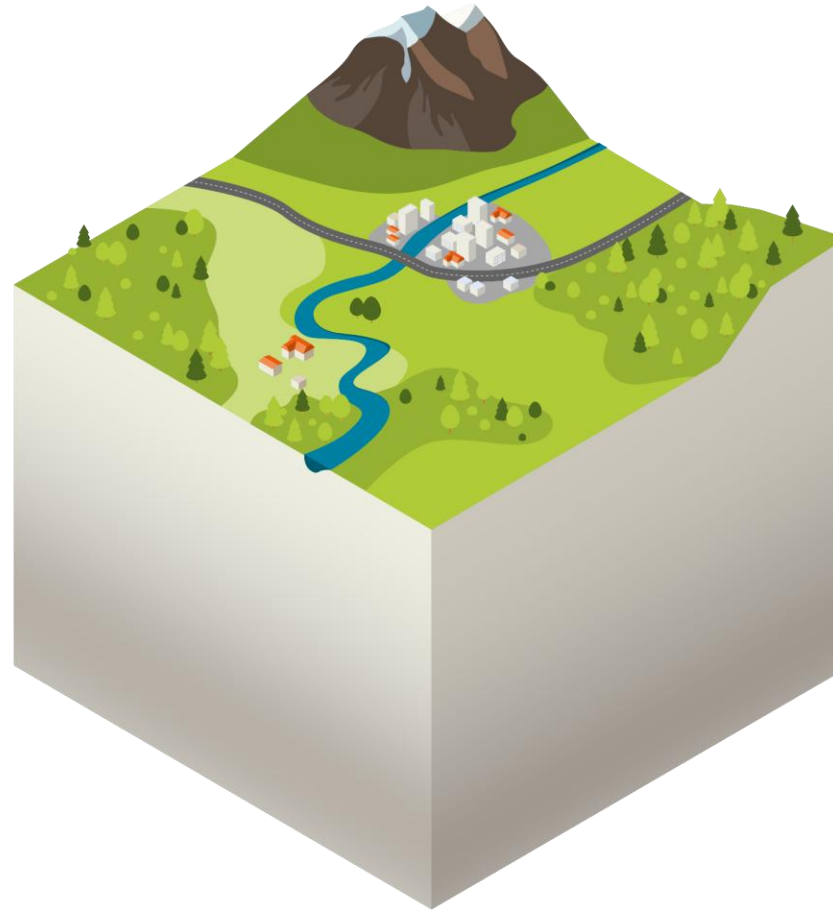


# VIELE TEILE ERGEBEN EIN BILD

# 05

# VIELE TEILE ERGEBEN EIN BILD

## Ausgangslage

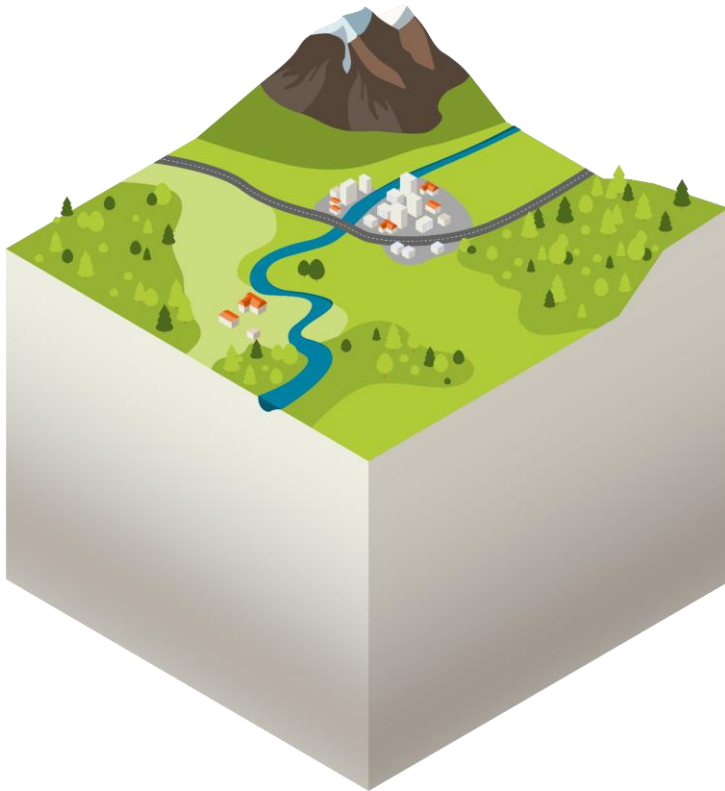


Wissensstand bei Start Phase II

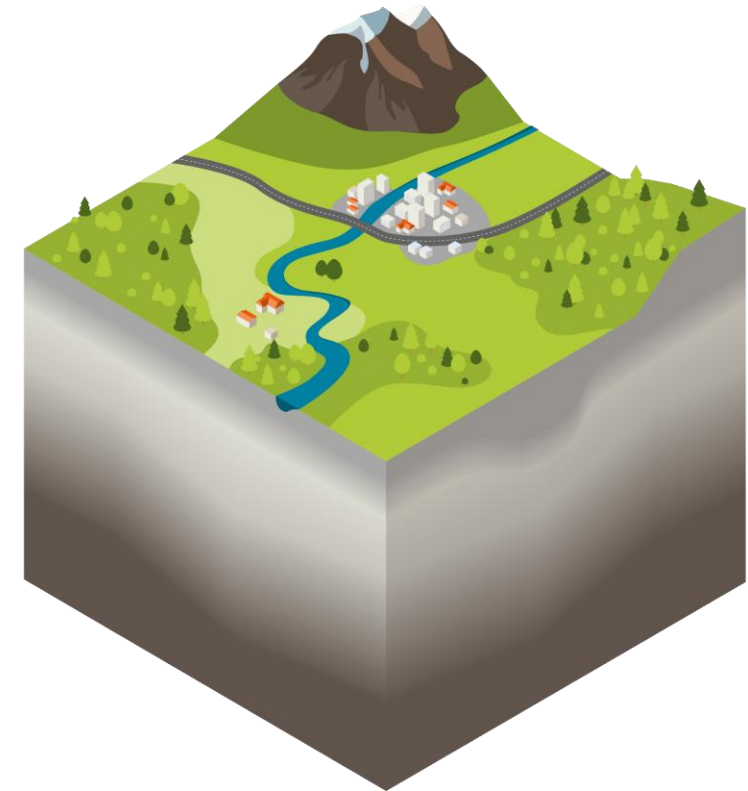
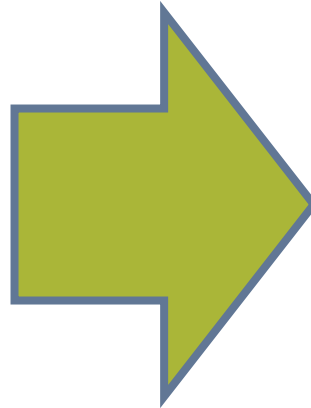


# VIELE TEILE ERGEBEN EIN BILD

Potentialgeophysik – Das Bild füllt sich mit Farbe



Wissensstand bei Start Phase II



mit Potentialgeophysik

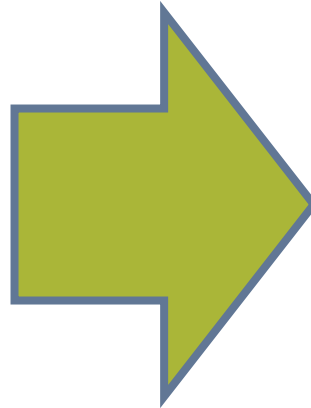


# VIELE TEILE ERGEBEN EIN BILD

Reflexionsseismik – Das Bild erhält großräumige Struktur



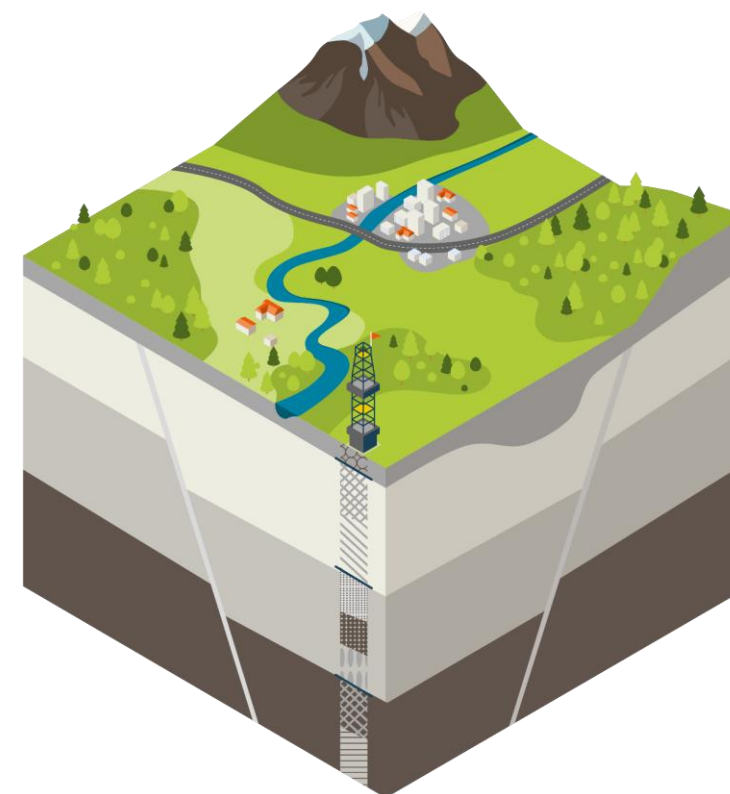
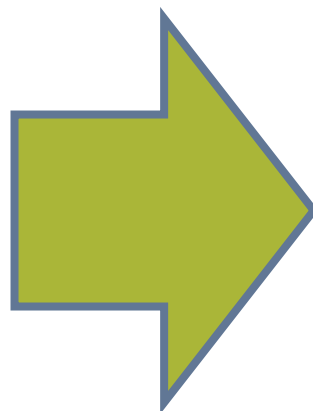
Potentialgeophysik



mit Reflexionsseismik

# VIELE TEILE ERGEBEN EIN BILD

Bohrungen – Das Bild erhält Gesteinstyp und Eigenschaften

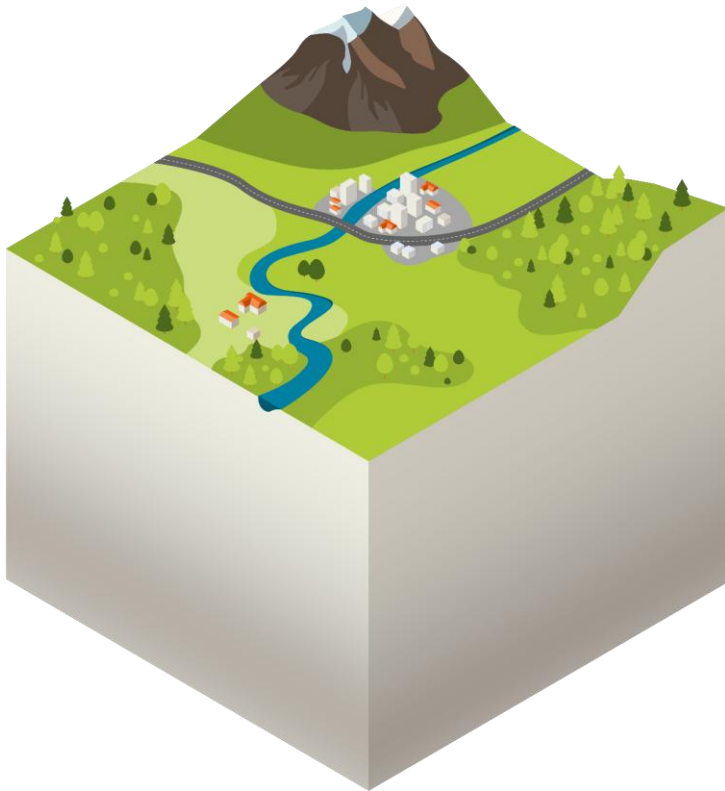


Potentialverfahren und Reflexionsseismik

mit Bohrungen

# VIELE TEILE ERGEBEN EIN BILD

Das Ziel ist erreicht



Wissensstand bei Start Phase II



Fertiges Bild nach Phase II



# LITERATUR/QUELENNACHWEISE (1/2)

- Hindemith, Axel (2019): Foto verfügbar unter <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=77997575> / CC BY-SA 3.0,
- Jensen, Tim Enzlberger; Dale, Bjornar; Stockholm, Andreas; Forsberg, René; Bresson, Alexandre; Zahzam, Nassim; Bonnin, Alexis; Bidet, Yannick (2025): Airborne gravimetry with quantum technology: observations from Iceland and Greenland. In: Earth System Science Data 17(4), 1667-1684. DOI: 10.5194/essd-17-1667-2025
- Monniaux, David (2011): Foto verfügbar unter <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=13298879> / CC BY-SA 3.0
- Mouge, Pascal (2016): Foto verfügbar unter <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=75243140> / CC BY-SA 4.0
- Nagra (2022): Tiefbohrung Bachs-1 [online] Wettingen: Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra). [Zugriff am: 27.10.2025]. Verfügbar unter <https://nagra.ch/wissensforum/tiefbohrung-bachs-1>

# LITERATUR/QUELENNACHWEISE (1/2)

- StandAG: Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 8 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 88) geändert worden ist
- Steuer, Annika; Smirnova, Maria; Becken, Michael; Schiffler, Markus; Günther, Thomas; Rochlitz, Raphael; Yogeshwar, Pritam; Mörbe, Wiebke; Siemon, Bernhard; Costabel, Stephan; Preugschat, Benedikt; Ibs-von Seht, Malte; Sante Zampa, Luigi; Müller, Franz (2020): Comparison of novel semi-airborne electromagnetic data with multi-scale geophysical, petrophysical and geological data from Schleiz, Germany. In: Journal of Applied Geophysics 182, 104172. DOI: 10.1016/j.jappgeo.2020.104172





## BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

BEREICH STANDORTAUSWAHL

Peine | Eschenstraße 55 | 31224 Peine

**[www.bge.de](http://www.bge.de)**  
[www.einblicke.de](http://www.einblicke.de)



BGE Endlagersuche  
Navigator



Die Newsletter  
der BGE





# BACKUP