# Sichtung der Unterlagen zur Methodenentwicklung für die rvSU

# Akteneinsicht bei der BGE für nicht frei zugängliche Unterlagen

# Begleitung der öffentlichen Vorstellung und Konsultation der Methoden-entwicklung zur Beantwortung von Fragestellungen für GzM: „Salzstock Bahlburg“ im Wirtsgestein „Steinsalz (steile Lagerung)“

| | |
|---|---|
| **5. Mai 22** | **Skype Konferenz mit BGE** |
| **13.+14. April 22** | **BGE Besuch + Datenraum** |
| **13. Juni 22** | **Skype Konferenz mit BGE** |

**GzM -** Gebiet zur Methodenentwicklung
**BGE –** Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
**rvSU -** repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchung

**Michael Weber**

**64. Sitzung des NBGs, 19. Juli 2022**

# Themen und Fragen:

**1. Festlegung der Untersuchungsräume (UR) bzw. Aufteilung der TG in UR**

**2. Geologische Aspekte der Methodik der rvSU**

**3. rvSU und Geowissenschaftliche Abwägungskriterien (geoWK)**

**4. Anteil von Referenzdaten bei der Erstellung der Geosynthesen der UR**

**5. Begleitung von Vorstellungen und Konsultationen**
28. März + 29. März 2022 + Online-Konsultation + Tage der Standortauswahl

# Geologische Aspekte der Methodik der rvSU (Phase I, Schritt 2)

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

**EndlSiUntV**

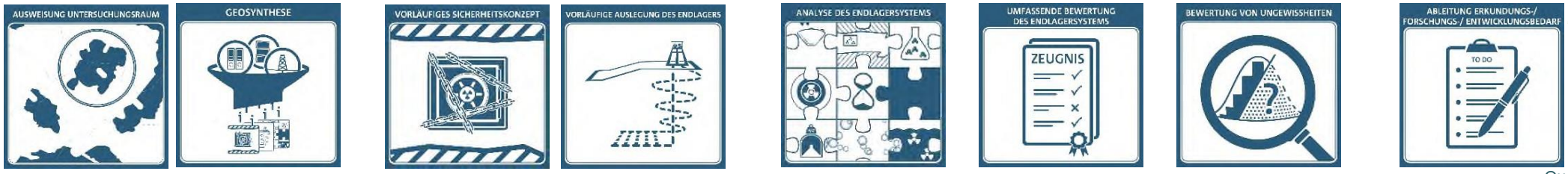
§5 | §6 | §7 | §§ 8+9+10 | §11 | §12

§§ 22+23 StandAG

**Je Untersuchungsraum**

- **Geosynthese**
- Vorläufiges **Sicherheitskonzept;** Vorläufige **Auslegung** des Endlagers; **Optimierung** des Endlagersystems
- **System-analyse**
- Umfassende **Bewertung** des Endlager-systems
- Bewertung von **Ungewiss-heiten**
- Ableitung des **Erkundungs-Forschungs-** und **Entwicklungs-**bedarfs

**Grundlagen** → **Nur Kategorie A**



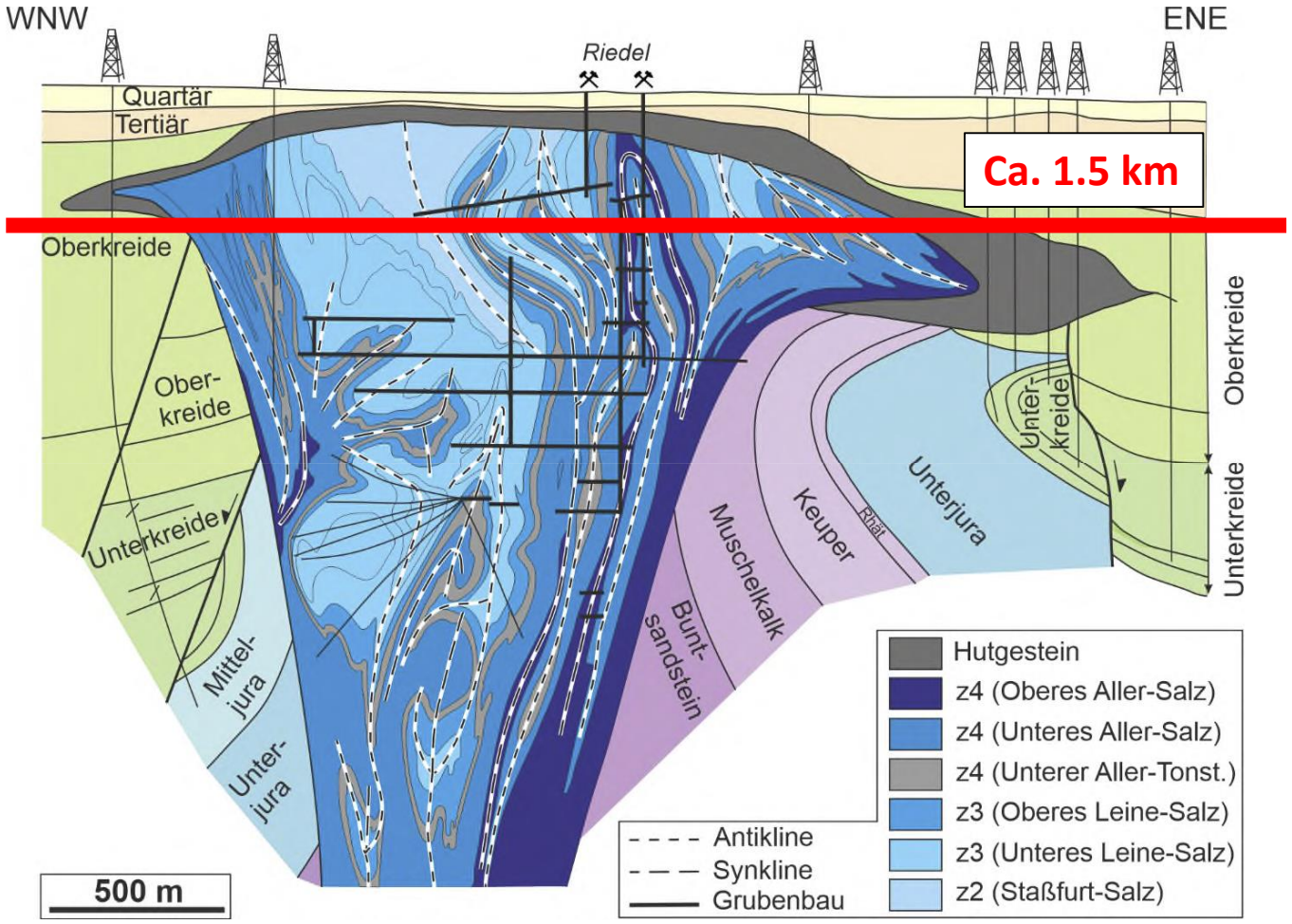

Quelle: BGE

rvSU - repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen
EndlSiUntV – Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung
StandAG - Standortauswahlgesetz



GZ: SG01201/3/61-2022#24 | Objekt-ID: 924755

# Bestimmung des Intern-Baus von Salzstöcken




Jackson & Hudec 2017; BGE Präsentation vom 28.3.2022
Infos aus Bergbau !

**Phase I, Schritt 2 –**
**keine Vorort-Untersuchungen**

**<u>Seismik Methoden:</u>**

1. **Tomographie**
2. **Reflexionsseismik**
   - **Stack**
   - **Migration (post-/pre-stack)**

**<u>Seismik Daten:</u>**

- **Rohdaten**
- **Stacks**
- **Prozessierte Daten**
- **Re-prozessierte Daten**
- **2D und 3D Seismik**

# Methoden

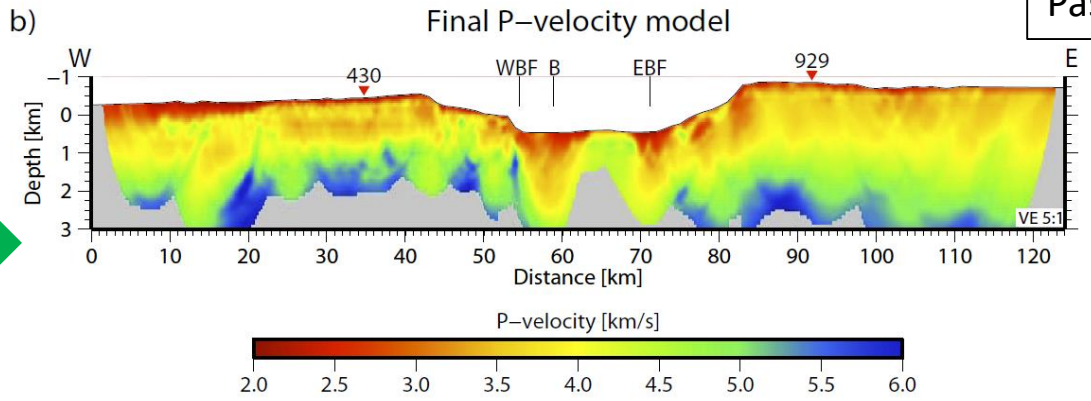
# Tomographie + Reflexionsseismik

**Medizin**

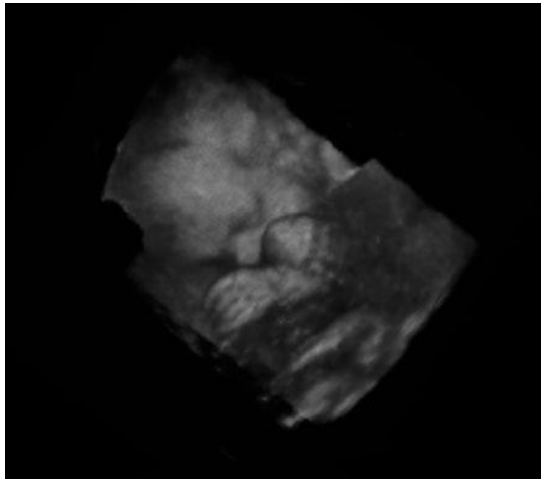
**Geophysik**

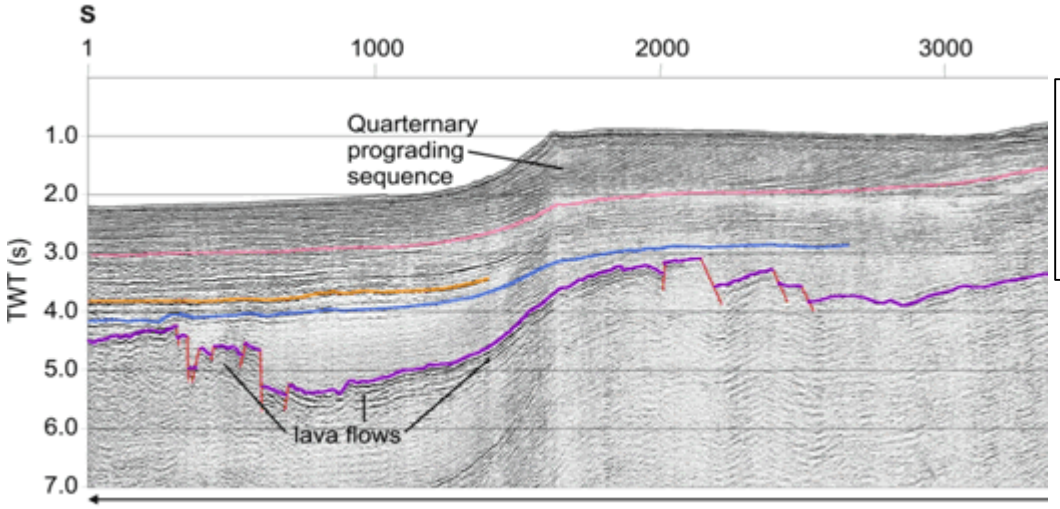
**Röntgen-Tomographie**
©Wikipedia

**Seismische Tomographie**
Paschke et al, 2012




**Ultraschall**
©Wikipedia



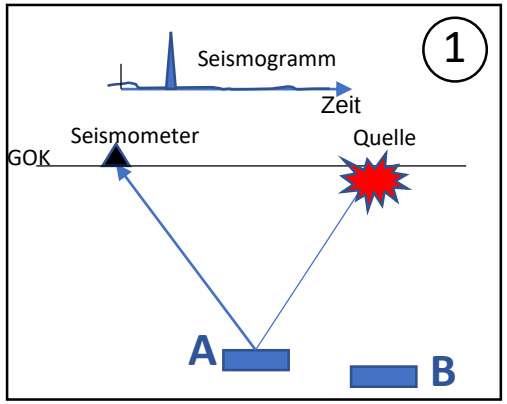



**Reflexions-Seismik**
©BGR

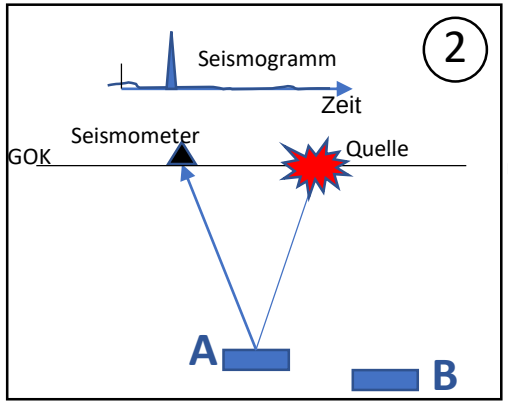
**Stack**

# Methoden

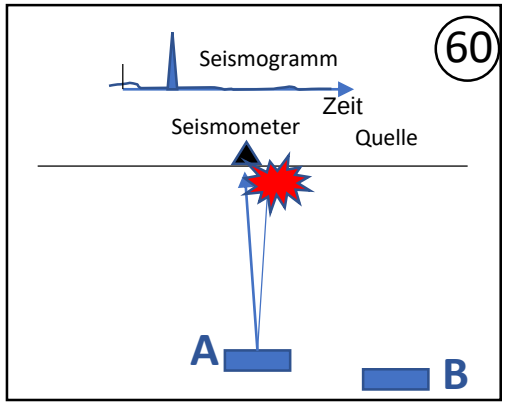
# Reflexionsseismik - Stack



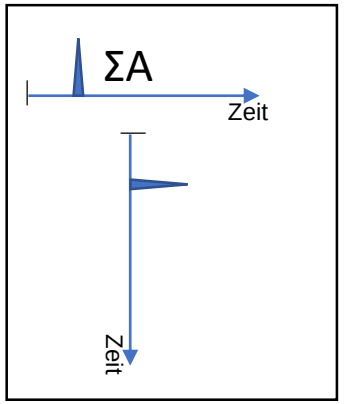

+



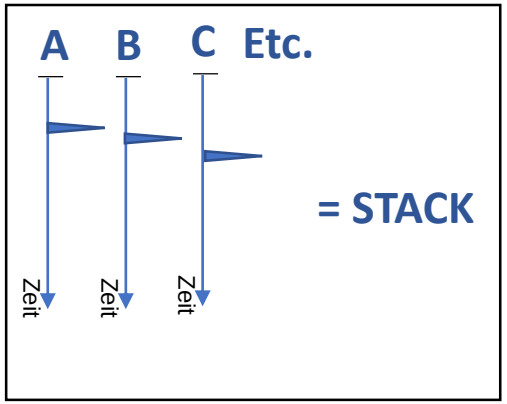

+ ...



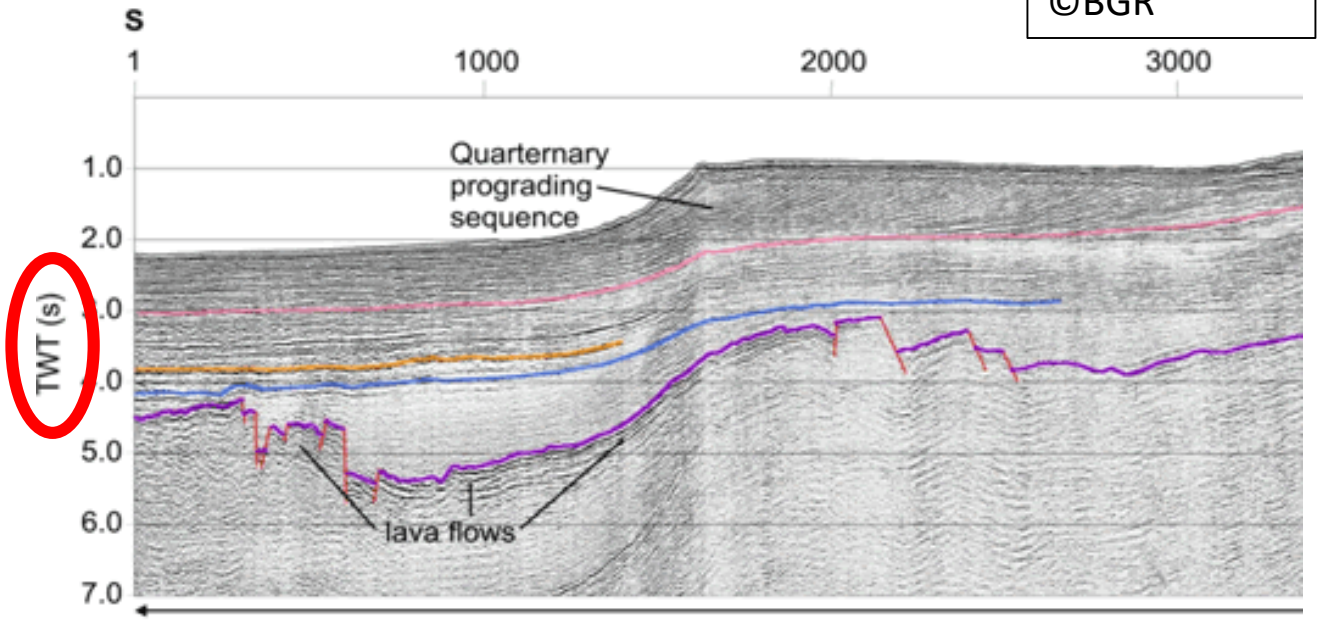

Summe aller 60 Seismogramme




Plot aller Summen

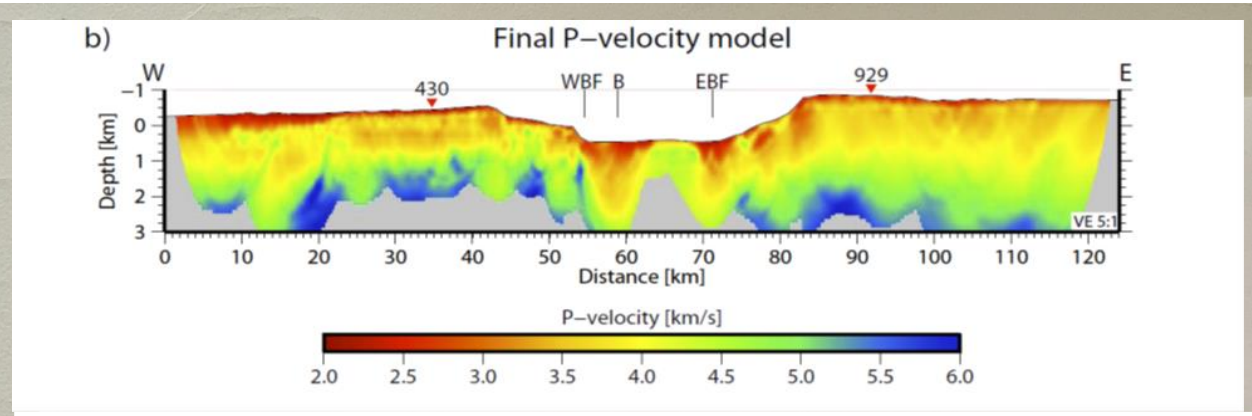


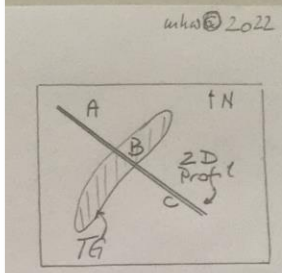

**Reflexions-Seismik**
©BGR




**Tiefe = Seismische Geschwindigkeiten * Laufzeit**

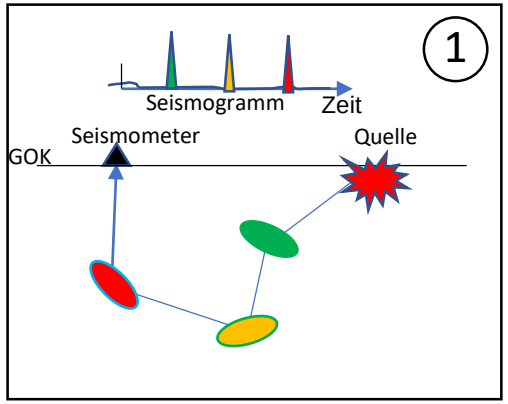
# Methoden




**Tiefe = Seismische Geschwindigkeiten * Laufzeit**

# Reflexionsseismik - Migration (post-/pre-stack)

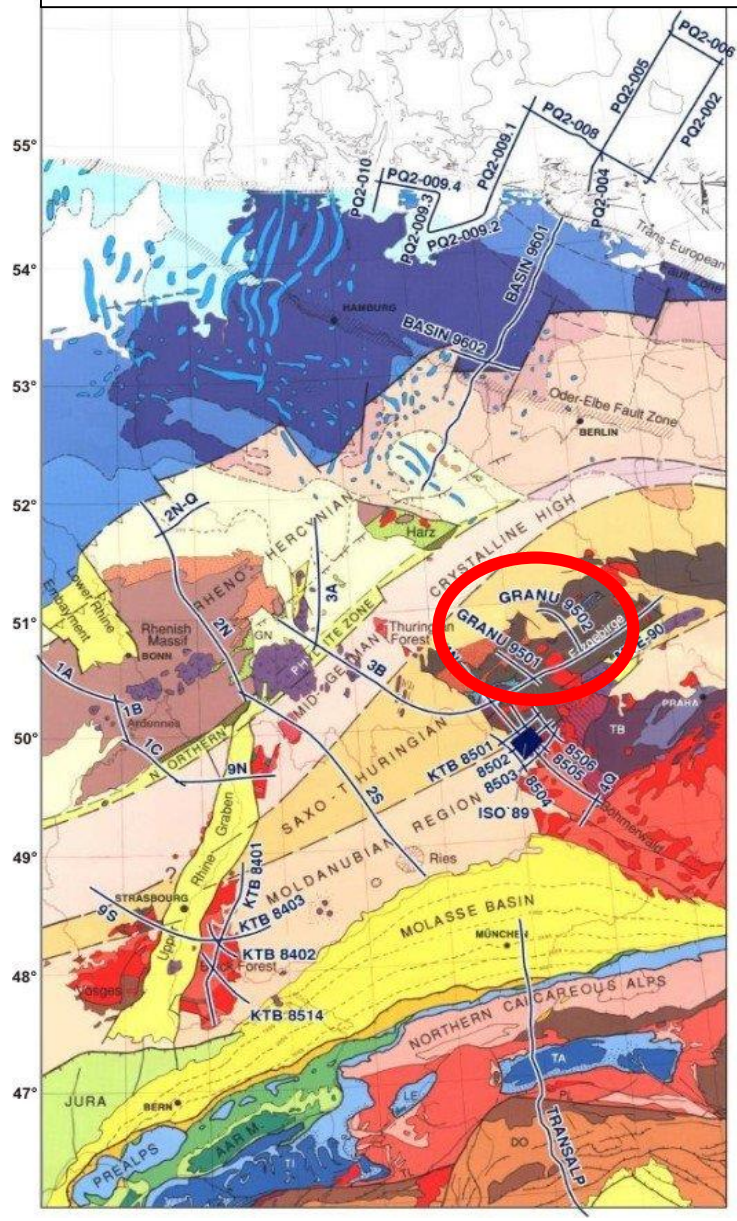



**Roh-Daten**
**State-of-Art Methoden**
**Fokus auf Top 1.5 km**

# Daten – Beispiel DEKORP – open access

## Deutsches Kontinentales Reflexions-seismisches Programm

https://www.gfz-potsdam.de/en/section/geophysical-imaging/projects/past-projects/dekorp/




**DEKORP** was carried out between 1984 - 1997 as the German national reflection seismic program funded by the BMFT, now BMBF. From 1983 to 19 it was administrated by LBEG. In 1994 the DEKORP management and archive (several tons of tapes + paper, ca. 60 m3) moved to the GFZ.

14 projects, over 5000 km 2D- lines, 1 x 3D survey.

**Archive Now** – description, related publications, acquisition parameters + **raw-data** (+doi) for each project.

**GRANU'95**
**Deep and high-resolution reflection seismic investigation of exhumed high-pressure rocks in the Central European Varicides**

# Kosten heute ?

# Über 100 M€ !

**DEKORP 1995-01 (GRANU) (Near-vertical reflection profiling)**

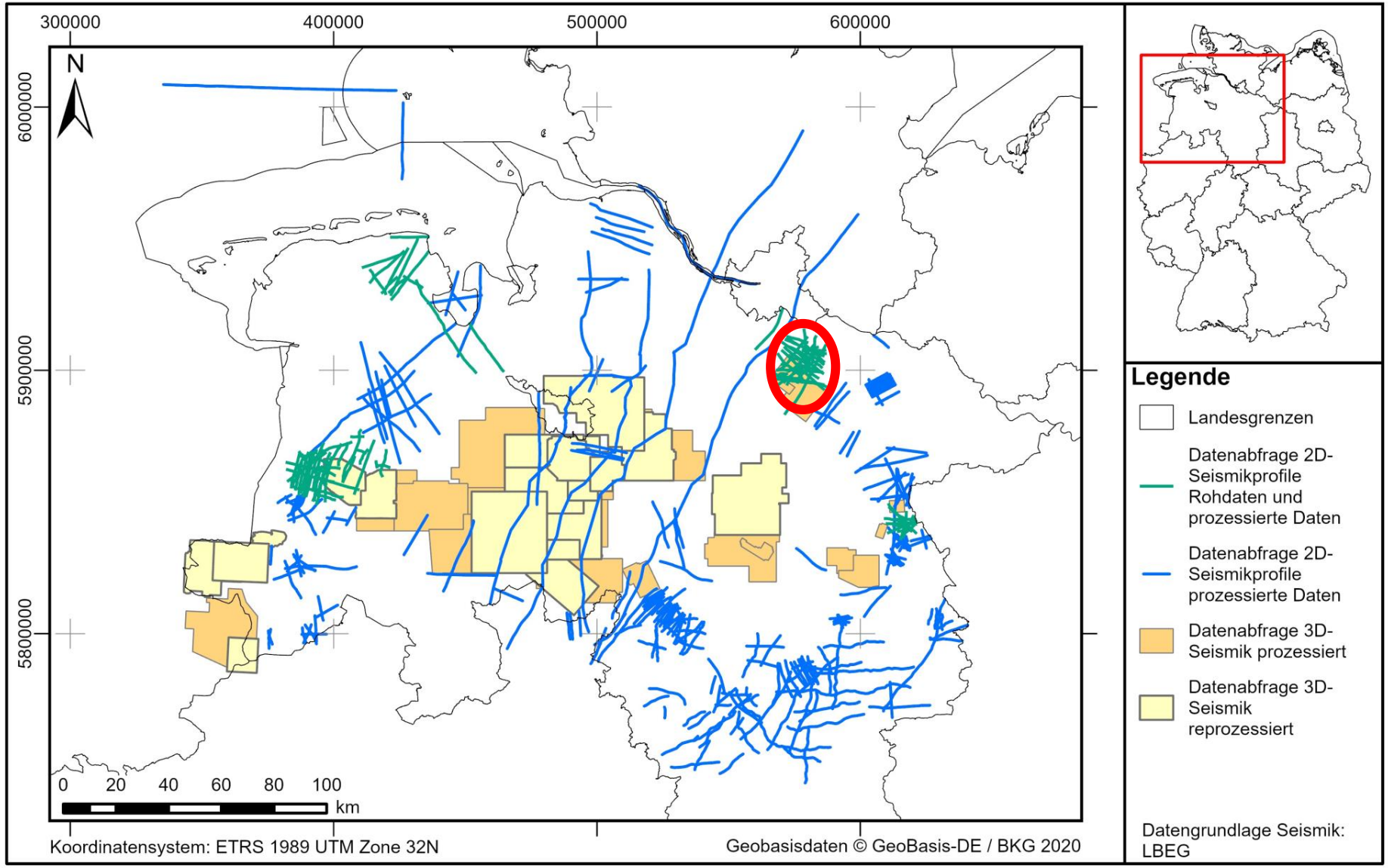
| | | |
|---|---|---|
| General information | Recorded | November 1995 |
| | by | Schlumberger Geco-Prakla, Hanover |
| | for | Helmholtz Centre Potsdam German Research Centre for Geosciences – GFZ, Potsdam |
| | Area | Saxony, Thuringia |
| | Profile length / direction / azimuth | 47.49 km / NW – SE / -41.28762 ° |
| | Total data amount | 7.45 GB |
| Recording | Recording system | Sercel 368 + LXU |
| | Sample interval | 2 ms |
| | No. of channels | 240 |
| | Field filter | Lo out<br>Hi 178 Hz / 72 dB |
| | Noise reduction | Off |
| | Correlation | before vertical stacking |
| | Recording format | SEG-D |
| | Sweep + listening time / recording time | 30 + 11 = 41 s (uncorrelated) / 11 s (correlated) |
| Receivers | Geophone type | SM 4 (10 Hz) |
| | Geophones per group | 12 |
| | Receiver array | In-line array |
| | Group spacing | 30 m |
| | Spread length | 7.2 km |
| | No. of geophone points | 1688 |
| Sources | Source type | Vibroseis (p-waves) |
| | No. of vibrators | 3 (2) * VVEA (each 19.4 tons, 125 kN peak-force) |
| | Sweep length / range | 30 s / 12 – 100 Hz, 300 ms taper |
| | Pattern length | 36 m (3 Vibs) / 22 m (2 Vibs) |
| | Vertical stacking rate | 4 – 5-fold |
| | Recording configuration | Symmetrical split-spread<br>(3645 – 75 – VP – 75 – 3645 m) |
| | Source point spacing | 60 m |
| | No. of source points | 767 |
| CDPs | Coverage (theor. / real) | 60-fold / 58-fold |
| | CDP-spacing | 15 m |
| | No. of CDPs | 3166 |
| | Final datum | 500 m a.s.l. |

**Geometry dimensions**

| | Record | Location | X coord. | Y coord. | Lon. | Lat. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Gauss-Krueger (Bessel, Pdm) | | Decimal degree (WGS84) | |
| Source | 1 | 330 | 4524413. | 5575637. | 12.34127762 | 50.31623737 |
| | 768 | 1896 | 4492148. | 5606576. | 11.88761810 | 50.59482008 |
| Receiver | 1 | 209 | 4526275. | 5572543. | 12.36720523 | 50.28834313 |
| | 1688 | 1896 | 4492300. | 5606631. | 11.88976361 | 50.59531654 |
| CDP | 1 | 270 | 4525344. | 5574090. | 12.35424521 | 50.30229098 |
| | 3166 | 1895 | 4492240. | 5606572. | 11.88891748 | 50.59478536 |
| Crossing with DEK'90-3B/MVE (East) | CDP 529 | 401 | 4520656. | 5580444. | 12.28879203 | 50.35959453 |

**Acknowledgments**
**M. Stiller, O. Oncken, Ch. Krawczyk**

# Daten – Abfrage der BGE bei LBEG zu KW-Daten



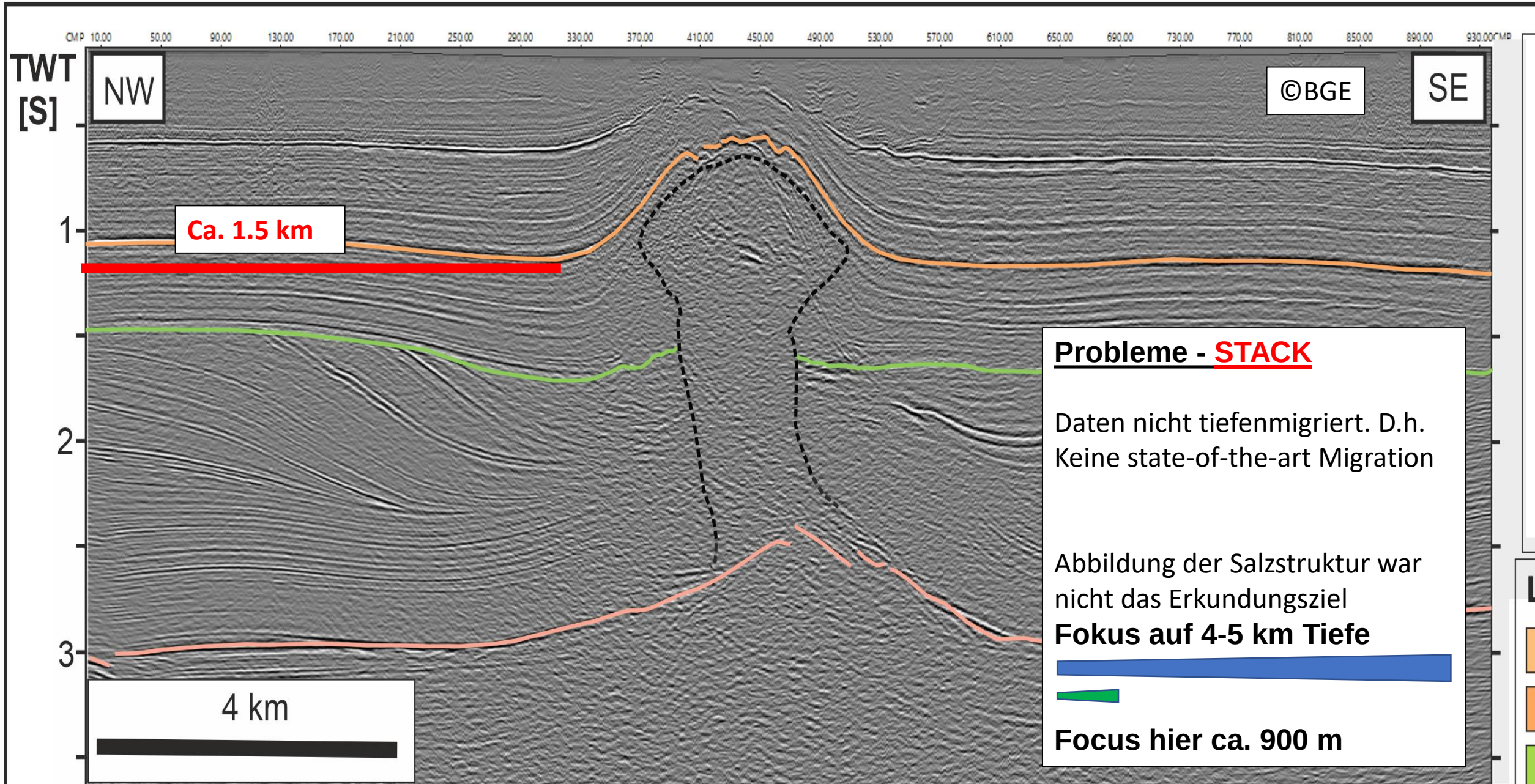

GZ: SG01102/8-12/4-2022#24 Objekt-ID: 929453

Stand 13.05.2022

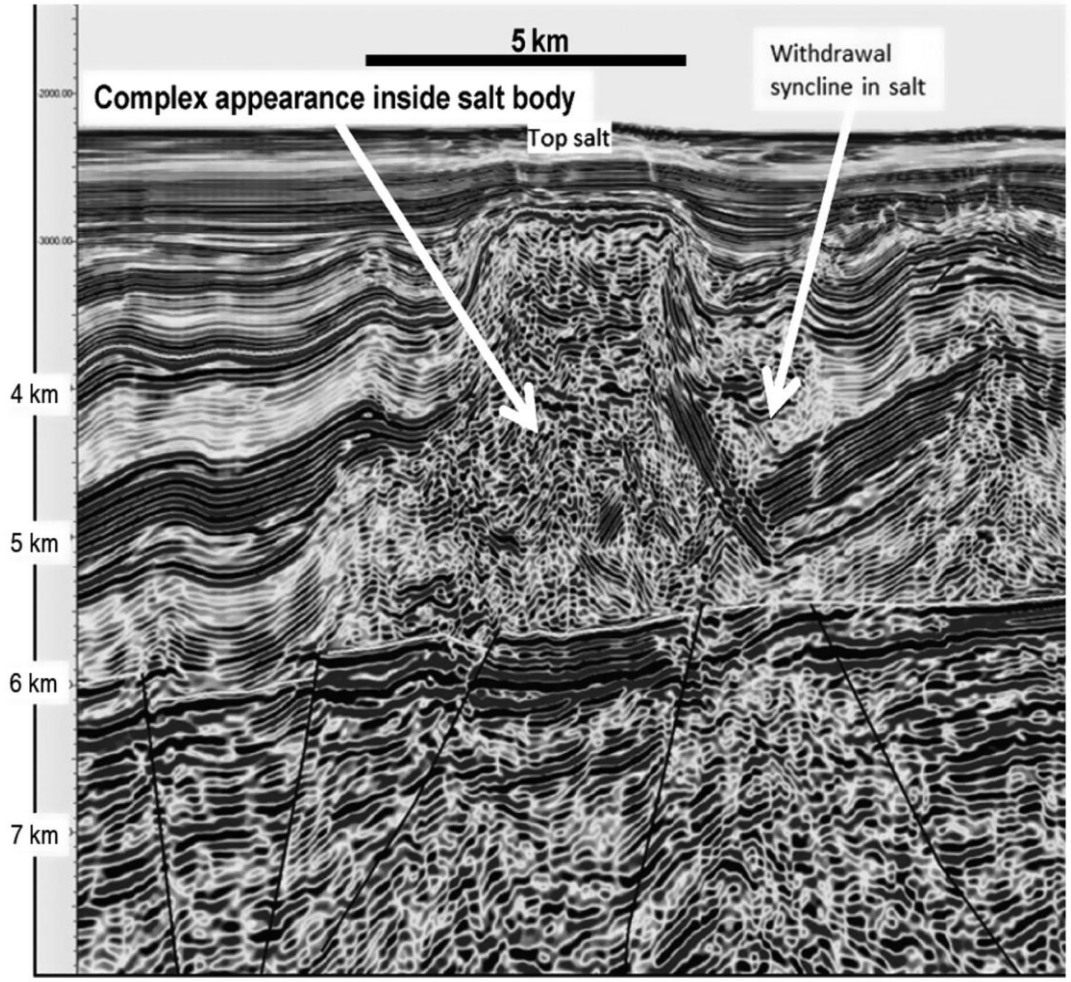
**Seismik Daten:**

- **Rohdaten**
- **Stacks**
- **Prozessierte Daten**
- **Re-prozessierte Daten**
- **2D und 3D Seismik**

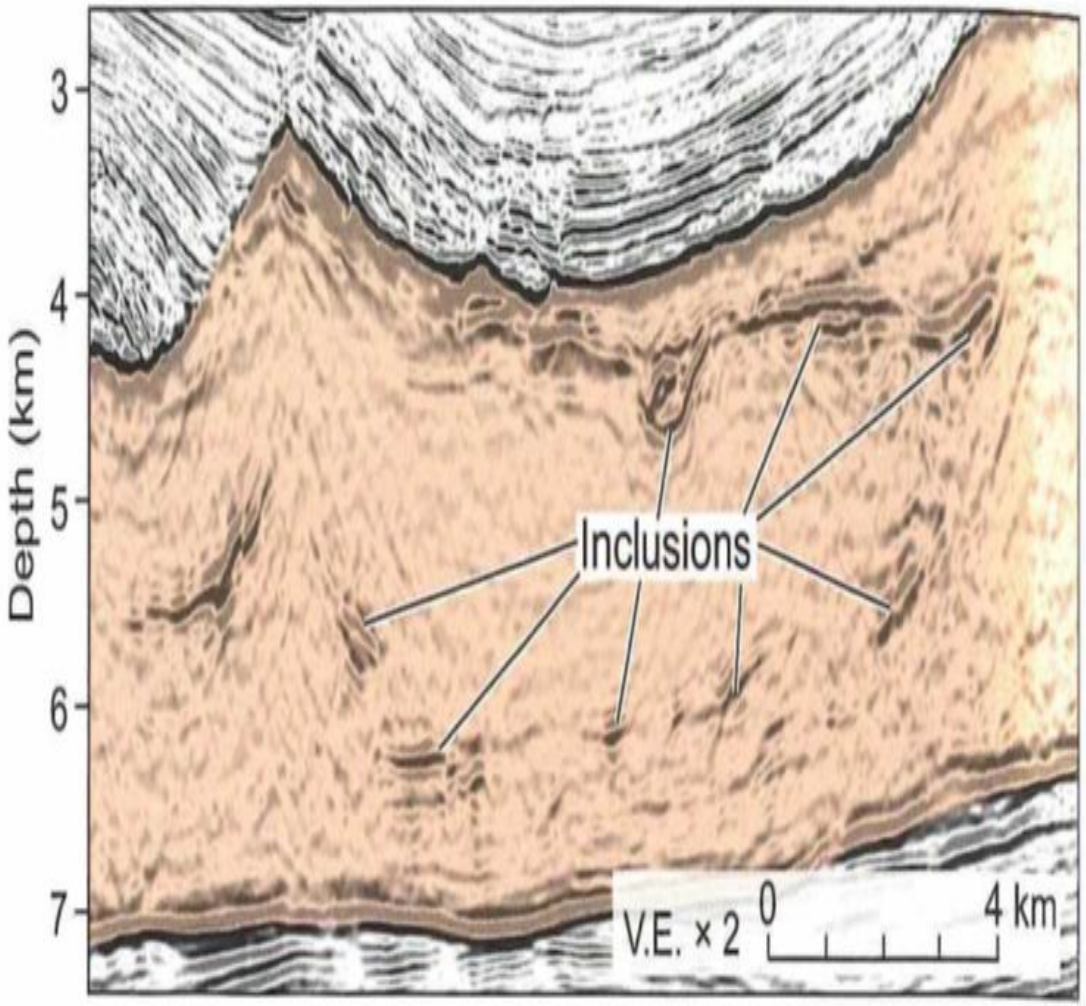
# Ist der Intern-Bau eines Salzstocks seismisch auflösbar? Beispiel Bahlburg



# Target Depth 6-7 km + State-of-the-Art Methoden (>10 y old)




The strong reflections within the evaporite body are due to large acoustic impedance contrasts between halite, carnallite and tachyhydrite (Jones & Davison, 2014)




Sediment inclusions in salt (pink).
(Lehrbuch: Jackson & Hudec, 2017, S. 388)
©Cambridge Univ. Press

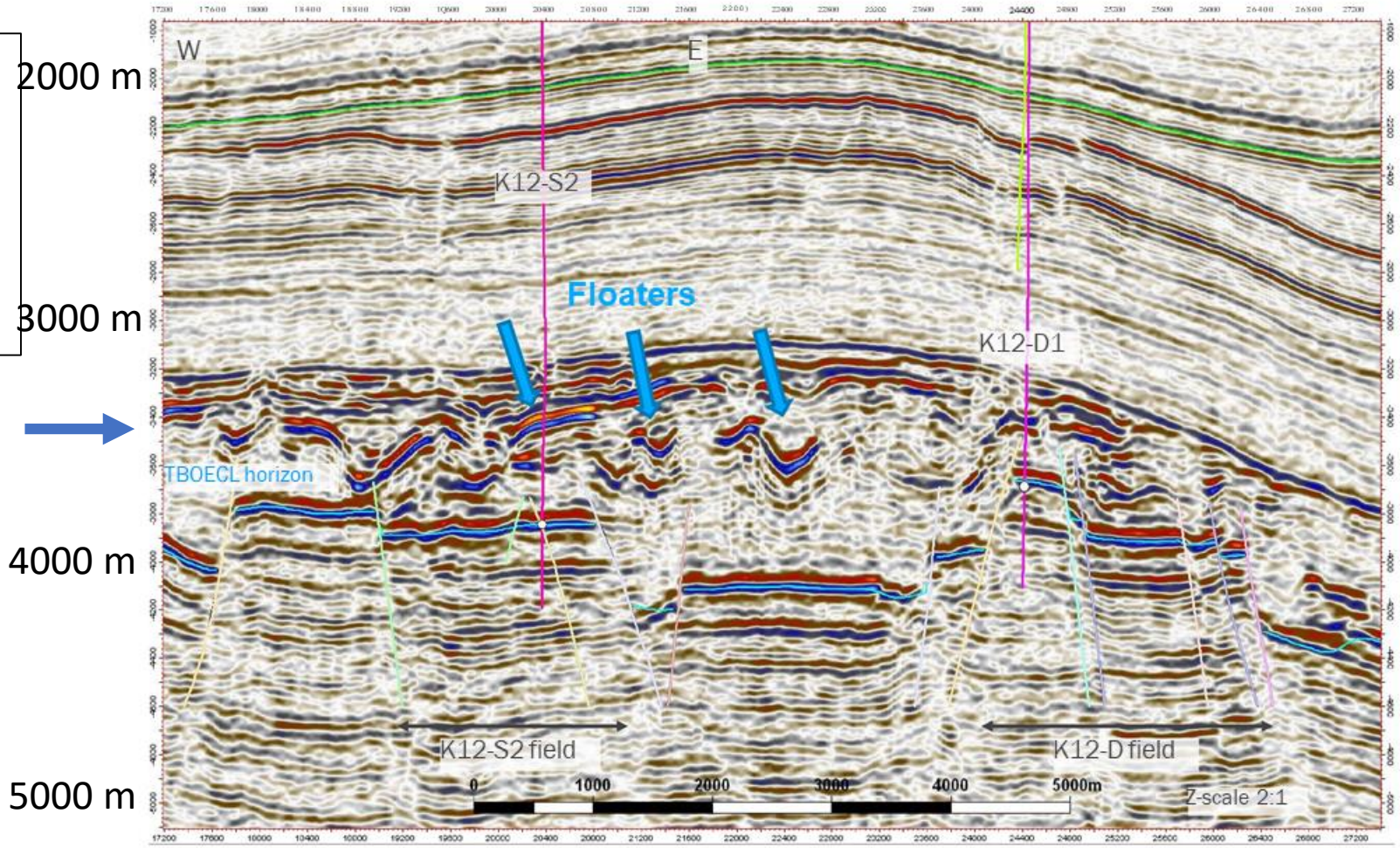
# Target Depth 4 km + State-of-the-Art Methoden (ca. 10 y old)

Floaters/stringers = Störungen im Salz*
z.B. clay–carbonate–anhydrite bodies
Siehe auch Ref. Liste - Floaters

blau/rot/blau – top Anhydrit (+)
rot/blau/rot – bottom Anhydrit (-)

Floaters found at 3435-3450 m depth

100 m




* Siehe extra Refs

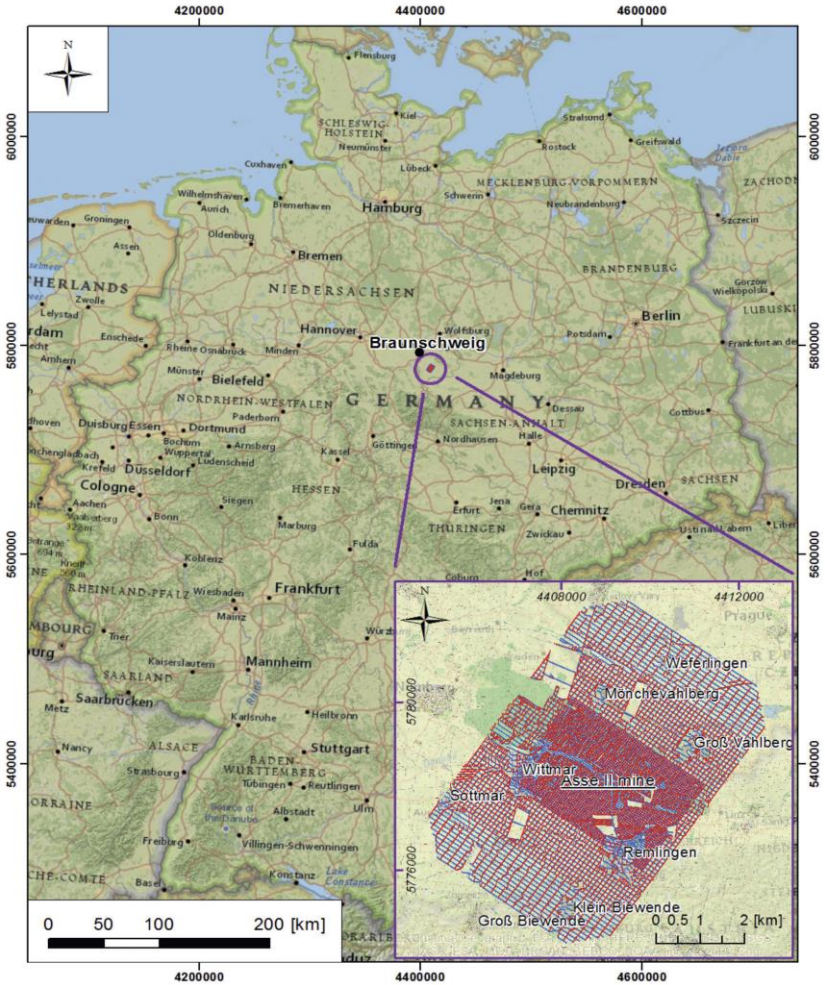
©P.Gerritsen, ENGIE E&P Nederland B.V. (2018)

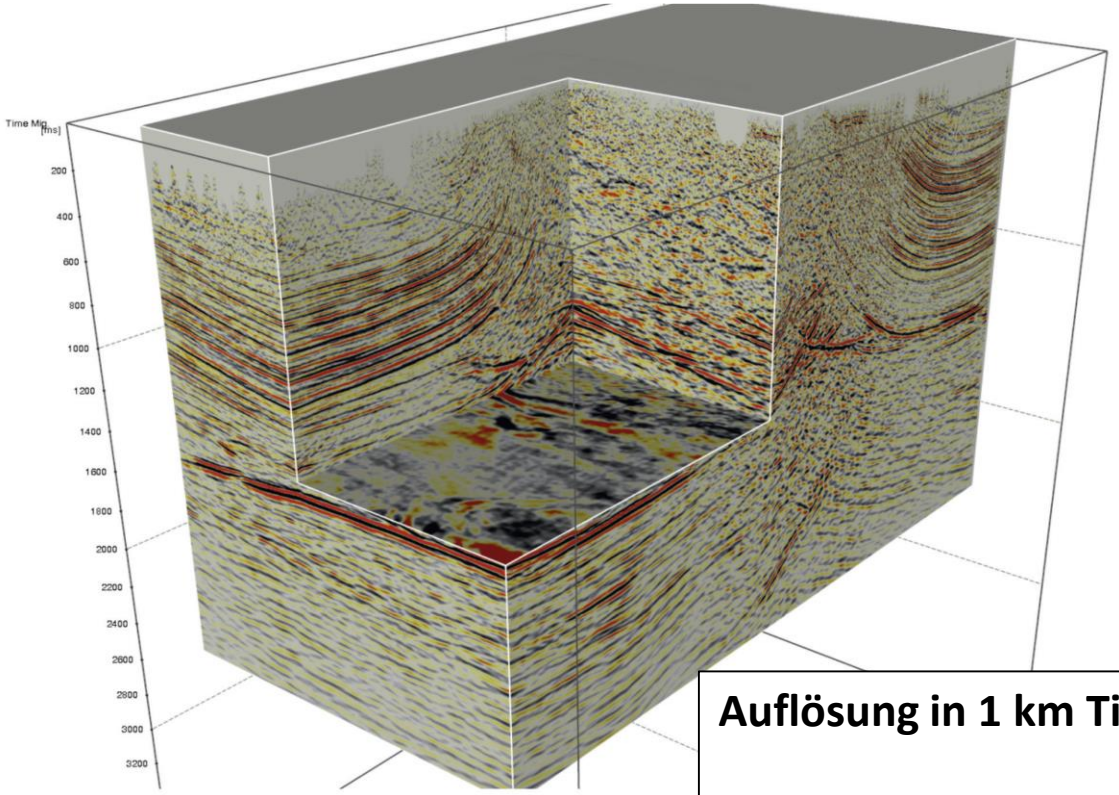
**Existierende (Roh)-Daten + State-of-the-Art Methoden könnten potentiell Intern-Bau-Strukturen bis in 1.5 km Tiefe auflösen**

# ASSE - 3D Seismik

# Neue Experimente + Methoden

siehe Trela et al, 2022




Stack

>40.000 Seismometer + >40.000 Quellen
Überdeckung >1.400
Roh-Daten ca. 1.000 Tbyte
Ca. 1 500 000 000 (sic!) Seismogramme

BGE - Post-Stack migr.
Kontraktoren – Pre-Stack

**Auflösung in 1 km Tiefe (ca. 100 Hz) ca.**:

Tiefenlage besser als 20 m bestimmbar

Eingelagerte Schichten mit Minimaldicke von
ca. 5 bis 10m Salzton (niedr. Geschw.)
ca. 3 bis 10m Anhydrit (hohe Geschw.)
nachweisbar

Horizontale Auflösung ca. 20 – 50 m

# BGE Aktivitäten – Stand 9.6.2022

Projekt-Aufträge vs Forschungsaufträge

## Seismische Daten

1. **Datenabfrage bei LBEG nach KW-Daten, 5/2022,** siehe Folie 9 (ca. 200 Profile, 1964-2008); ca. 40 Rohdatensätze
   Rohdaten + Meta-Daten in Datenbank (detaillierte Vorgabe für Aufbereitung bei Dienstleister in Arbeit)
2. **Scannen und digitalisieren solcher Daten, seit 2019 - 2025,** z.B. un-migrierte Stacks, durch zertifizierte Dienstleister
   Zwei 2D-Linien (Bahlburg 1985/86) liegen als un-migrierte Stacks vor, interne Strukturen vorhanden?

## Seismische Methoden

1. **Test/Entwicklung von optimierten Workflows seismischer Methoden mit Sy**
   BGE erstellt synth. Modelle **(seit Q4/2021)**, Kontraktor berech **Q4/2022 ?)** und bestimmt
   optimales Processing + Auflösungsgrenzen, incl. Diffr
2. **Anwendung von State-of-the-Art Pre-Stack Processi en Roh-Daten**
   CRS-Methode*, RTM-Methode*, Ki ersatzweise Post-Stack (**classic***) **(ab Q4/2022 ?)**

---

**Internbaustudie (aufbauend**
   Via bekannt logie, Größe, Alter des Salzstocks –> Prognose für gut erkundete Salzstöcke,
   dan engen- und Volumenabschätzungen, Verfaltungen?). **Seit 5/2022** mit BGR

**Forschungsproj t: Entwicklung neuer 3D Seismik Processing Methoden, seit 1/2022, mit 2 Universitäten**
   **Projekt DOSIS,** Tage der Standortauswahl 2022, Aachen, Tagungsband S. 72
   Asse 3D Daten von 2020 (Resultate in 2-3 J ). *** + Siehe Ref.**

**Forschungsprojekte oft nicht in Stichwortverzeichnis**

# Handlungsempfehlungen an BGE

- **Intern-Bau von Salzstöcken etc.**
  **Re-processing exist. Roh-Daten (falls vorhanden) mit unterschiedlichen (!) State-of-the-Art Methoden und Fokus <1.5 km Tiefe**
  **+ Kombination mit der Intern-Baustudie der BGR** **letzte Folie: z.T. geplant !**

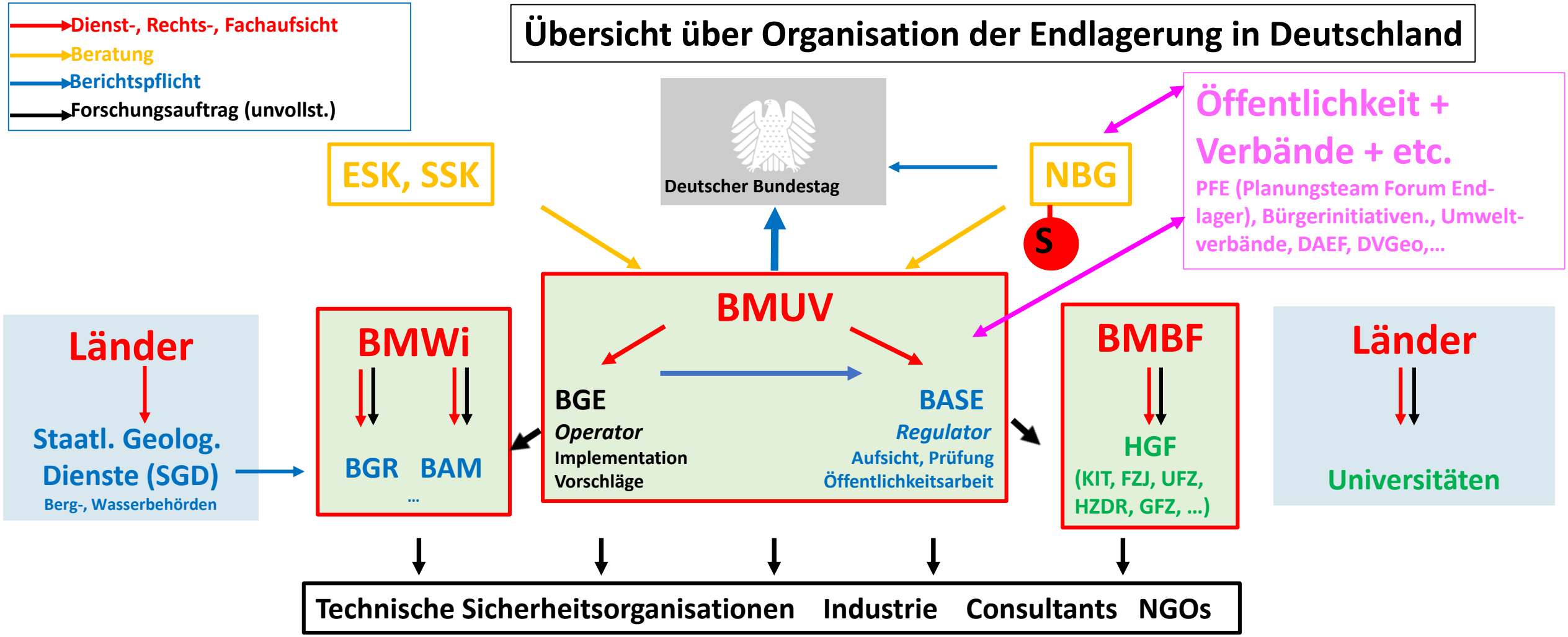
- **Zeitnahe (≤1 Monat) Doku auf BGE Web-Seiten inkl. Stichwortverzeichnis von Forschungsaufträgen und sonstiger Aufträgen (z.B. Datenaufbereitung)**

- **Check weitere Infos: z.B. DGMK, Kali + Salz, … – siehe Refs.**

**Das Problem der beschränkten Datenverfügbarkeit ist weiterhin nicht gelöst.**

**Dank an die KollegInnen der BGE für die kompetente & offene Kommunikation!**

# Übersicht über Organisation der Endlagerung in Deutschland




**Bundesministerien (BM)**
BMUV - BM Umwelt, Naturschutz, Nukl. Sich. + Verbraucherschutz
BMWi – BM Wirtschaft + Klimaschutz
BMBF – BM Bildung + Forschung

**BGE - Bundesgesell. f. Endlagerung**
GRS – Global Research + Safety, TÜV Rheinland, ISTec,
BGE TECHNOLOGY GmbH, IFG - Institut für Gebirgsmechanik GmbH Leipzig,
DMT GmbH,...,. Öko-Institut,

**HGF** Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren
KIT - Karlsruhe Inst. f. Technologie
FZJ - Forschungszentrum Jülich
HZDR - Helmholtzzentrum Dresden-Rossendorf
UFZ - Umweltforschungszentrum
GFZ – GeoForschungsZentrum

**Universitäten**
Aachen, Freiberg, Clausthal, Stuttgart ...

**Behörden (Bund + Länder)**
BASE – Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung
BGR - B Anstalt f. Geowissenschaften und Rohstoffe
BAM - B Anstalt f. Material-Forschung und -Prüfung

**Beratungsgremien**
NBG - Nationales Begleitgremium
ESK – Entsorgungskommission
SSK – Strahlenschutzkommission

S
Sachverständige

mhw©2022_05

mhw assumes no liability for completeness or accuracy of this page

# Referenzen:


**EndlSiUntV: Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094, 2103).**

**DEKORP https://www.gfz-potsdam.de/en/section/geophysical-imaging/projects/past-projects/dekorp/**

**Gerritsen, 2018, Floaters in the Zechstein: (un)predictable & (un)safe to drill? TNO Expert Meeting: "Stringers in Salt –a drilling hazard" ENGIE E&P Nederland B.V.**

**HLNUG_2022, Fachliche Stellungnahme des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, .. (HLNUG) zu dem Bericht der BGE .. vom 28.3.2022, vom 26.4.2022, S. 28**

**Jones, I.F., and Davison. I., 2014; Seismic imaging in and around salt bodies. Interpretation; 2 (4): SL1–SL20. doi: https://doi.org/10.1190/INT-2014-0033.1**

**Jackson, C:A:L, and Hudec, M.R., 2017, Salt Tectonics, Principles and Practice, Cambridge, Cambridge Univ. Press,**

**Paschke, et al. , 2011, The shallow P-velocity structure of the southern Dead Sea basin …, Int. Jour. Int. Geophys. Res., DOI: 10.1111/j.1365-246X.2011.05270.x**

**StandAG_2020: Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 7. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2760) geändert.**

**Trela, J., et al, 2022, Quantum nodal system – Asse 3D survey success story, First** Break, DOI: 10.3997/1365-2397.fb2021003

**Floaters:**
**https://www.nlog.nl/sites/default/files/04%20engie%20-%20salt%20stringers.pdf**
**https://www.nlog.nl/sites/default/files/02%20one%20-%20stringers%20in%20zechstein%20salt%20as%20a%20drilling%20risk.pdf**
**https://www.geologischedienst.nl/app/uploads/2021/11/tno_stringers_in_salt_versie_nlog.pdf**
**https://kennisbank.ebn.nl/wp-content/uploads/2019/12/MSc-Thesis-Predicting-ZE-Overpressures-and-their-Seismic-Expression.pdf**

**DGMK Publikationen (Auszug): Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für nachhaltige Energieträger, Mobilität und Kohlenstoffkreisläufe e.V.**
**DGMK 593-5: "Predicting stress re-orientations associated with major geological structures in sedimentary sequences"**
**DGMK 577-2/2: "Structure and Evolution of the Central European Basin System according to 3D Modeling."**
**DGMK 534: "Optimierung von Geschwindigkeitsparametern für die Zeit-/Tiefenkonversion - Untersuchungen über Geschwindigkeiten einschließl. Literaturrecherche"**

# Seismik Methoden

**Classic - Post-Stack**

*CMP-Stapelung*

*Post-Stack Migration*

**State-of-the-Art - Pre-Stack** **(Rechenzeit + Speicherplatzbedarf !)**

*Rückwärtsmodellierung des seismischen Wellenfeldes*

RTM – Reverse Time Migration

FWI – Full Waveform Inversion (braucht niedrige Frequenzen!)

*Projektion von Reflektorelementen vor dem Stapeln*

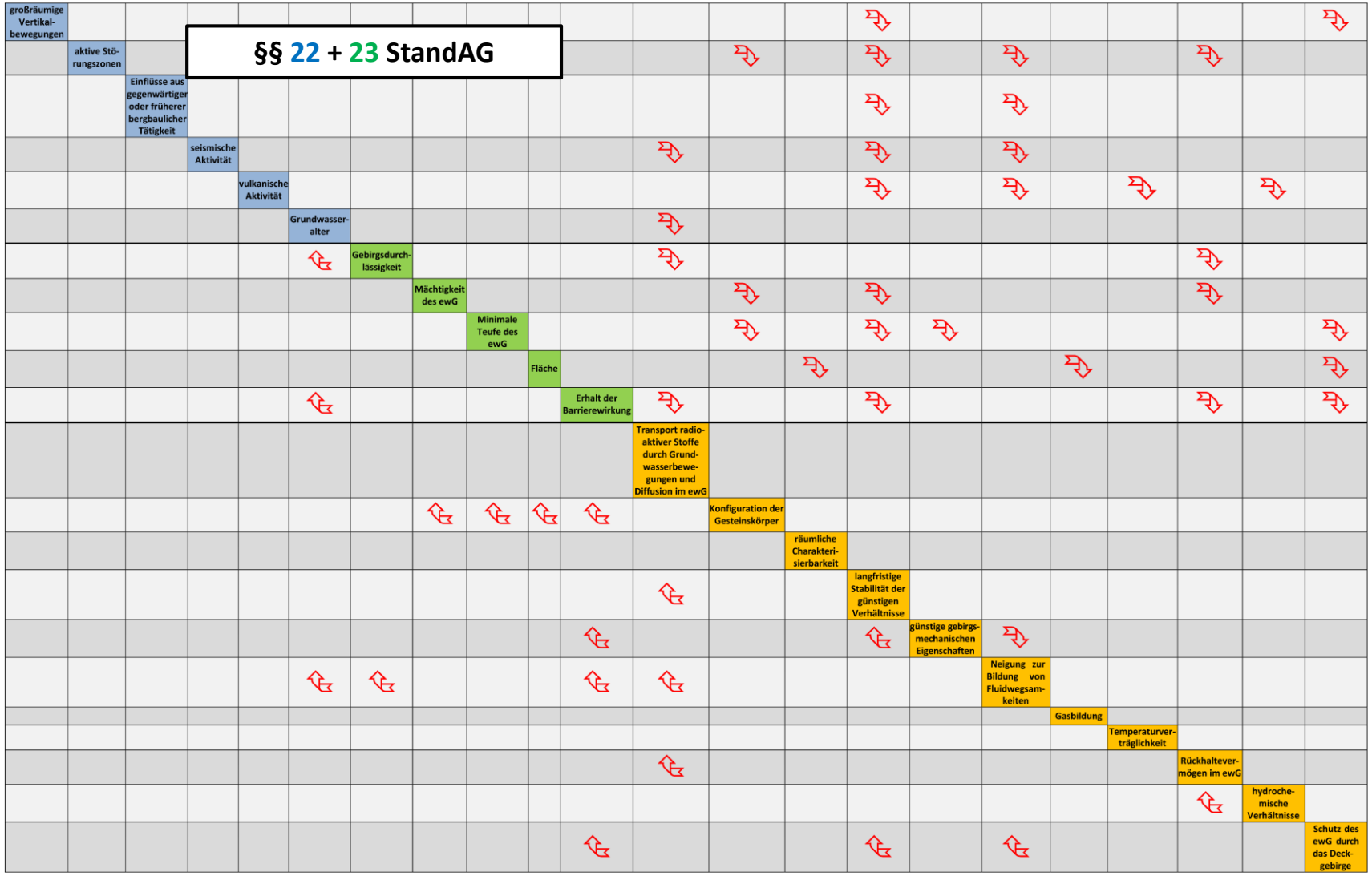
PSDM – Pre-Stack Depth Migration (Kirchhoff)

*Datengestützten Abbildung mit Mehrparameter-Analyse beliebig gelagerten Reflektoren*

CRS – Common Reflective Surface Stack


Baykulov, M., et al., 2009, Revisiting the structural setting of the Glueckstadt… , Tect. Ph., V 470, I 1–2,162-172, ISSN 0040-1951, https://doi.org/10.1016/j.tecto.2008.05.027.
Freitas et al. 2009: Seismic depth processing using the CRS technique …, Wit Report 2009, https://www.wit.unihamburg. de/import/documents/reports/2009/wit2009-freitas.pdf
Ian F. Jones, Ian Davison 2014; Seismic imaging in and around salt bodies. *Interpretation*; 2 (4): SL1–SL20. doi: https://doi.org/10.1190/INT-2014-0033.1
Littke, R., et al., 2008. Dynamics of Complex Intracontinental Basins: The Central European Basin System. Springer Verlag Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-540-85084-7.
Kalita M, et al., 2019; Regularized full-waveform inversion with automated salt-flooding. GEOPHYSICS: 1–74. Available: http://dx.doi.org/10.1190/geo2018-0146.1.
Villamizar, B.J.G., et al. (2022), Seismic imaging of crystalline structures…, G.J.I., ggac208, https://doi.org/10.1093/gji/ggac208
Wang, P. et al., 2019; Full-waveform inversion for salt: A coming of age. The Leading Edge 2019;; 38 (3): 204–213. doi: https://doi.org/10.1190/tle38030204.1
Zhen-Chun Li, Ying-Ming Qu, 2022; Research progress on seismic imaging…, Petroleum Science, V 19, I 1, 128-146, ISSN 1995-8226, https://doi.org/10.1016/j.petsci.2022.01.015.

# Wie ist die Interaktion der einzelnen Module der rvSU und was hat dies für Auswirkungen bei der Methodenentwicklung? Sind Rücksprünge möglich?




**Abhängigkeiten zw. Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und Abwägungskriterien.**

# Handlungsempfehlungen an BGE

- **Intern-Bau von Salzstöcken etc.**
  **Re-processing exist. Roh-Daten (falls vorhanden) mit unterschiedlichen (!) State-of-the-Art Methoden und Fokus <1.5 km Tiefe**
  **+ Kombination mit der Intern-Baustudie der BGR** **letzte Folie: z.T. geplant !**

- **Zeitnahe (≤1 Monat) Doku auf BGE Web-Seiten inkl. Stichwortverzeichnis von Forschungsaufträgen und sonstiger Aufträgen (z.B. Datenaufbereitung)**

- **Check weitere Infos: z.B. DGMK, Kali + Salz, … – siehe Refs.**

**Das Problem der beschränkten Datenverfügbarkeit ist weiterhin nicht gelöst.**

**Dank an die KollegInnen der BGE für die kompetente & offene Kommunikation!**