Gutachten über die Ergebnisse der Akteneinsicht bei der BGE zur Anwendung der §§ 22-24 Standortauswahlgesetz für Standorte mit Wirtsgestein Kristallin

Dr. Florian Fusseis
School of Geosciences

EDINBURGH INNOVATIONS

THE UNIVERSITY of EDINBURGH

Kurzbiographie

Diplom in Geologie (Universität Wien)
Doktorat (Freie Universität Berlin)
Postdoc (University of Western Australia)
Juniorprofessor in Endogener Geologie (Ruhr-Universität Bochum)
Lecturer/Senior Lecturer Structural Geology (The University of Edinburgh)

Spezialisiert in Gesteinsdeformation und Fluid-Gesteinswechselwirkung

Prozessorientierte Forschung im Gelände und Labor zu Porositätsentwicklung in deformierenden metamorphen Gesteinen, Drucklösung in Evaporiten, Karbonatisierung von CO_2 in mafischen Gesteinen und Verformungslokalisierung in der mittleren Kruste.

Unterrichte *Strukturgeologie und Tektonik*, *geologische Geländemethoden* und *Management nuklearen Abfalls*.

EDINBURGH INNOVATIONS THE UNIVERSITY of EDINBURGH

Aufgabenstellung

- stichprobenartige Einsicht in die Akten, Unterlagen und geologischen Daten zu den Regionen Bayern/Fichtelgebirge/Region NW Marktredwitz und Sachsen/Erzgebirge/Region Freiberg (beide Teil von Teilgebietes 009_00TG_194_00IG_K_g_SO) um
- eine fachliche Bewertung der Anwendung der §§ 22-24 StandAG durch die BGE vorzunehmen und
- Schlussfolgerungen zu erstellen, ob die Kriterien nach StandAG für die beiden Lokationen von der BGE nachvollziehbar angewendet wurden.

Unmittelbarer Vergleich der beiden Gebiete nicht für alle Aspekte des Bewertungsprozesses sinnvoll (z.B. wo Daten zu den Ausschlusskriterien keines der beiden Gebiete betrafen, und wo die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien nach Referenzdatensätzen angewandt wurden).

An diesen Stellen habe ich mich mit den zugrunde liegenden Dokumenten und dem breiteren Kontext der Bewertung auseinandergesetzt.

Akteneinsicht via Zoom/Skype for Business.

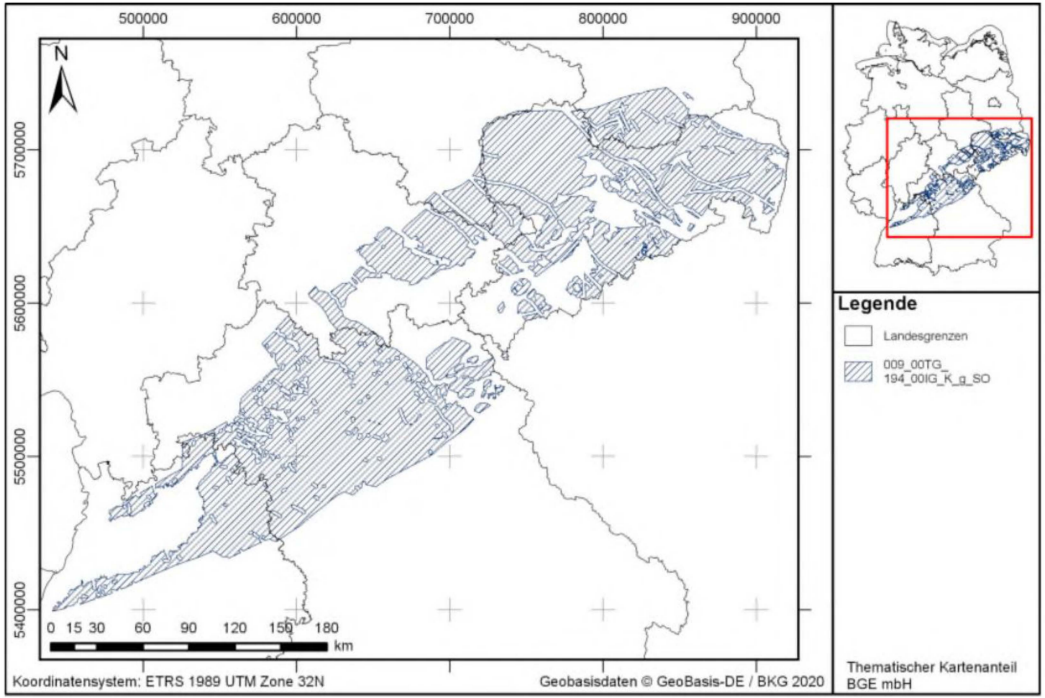
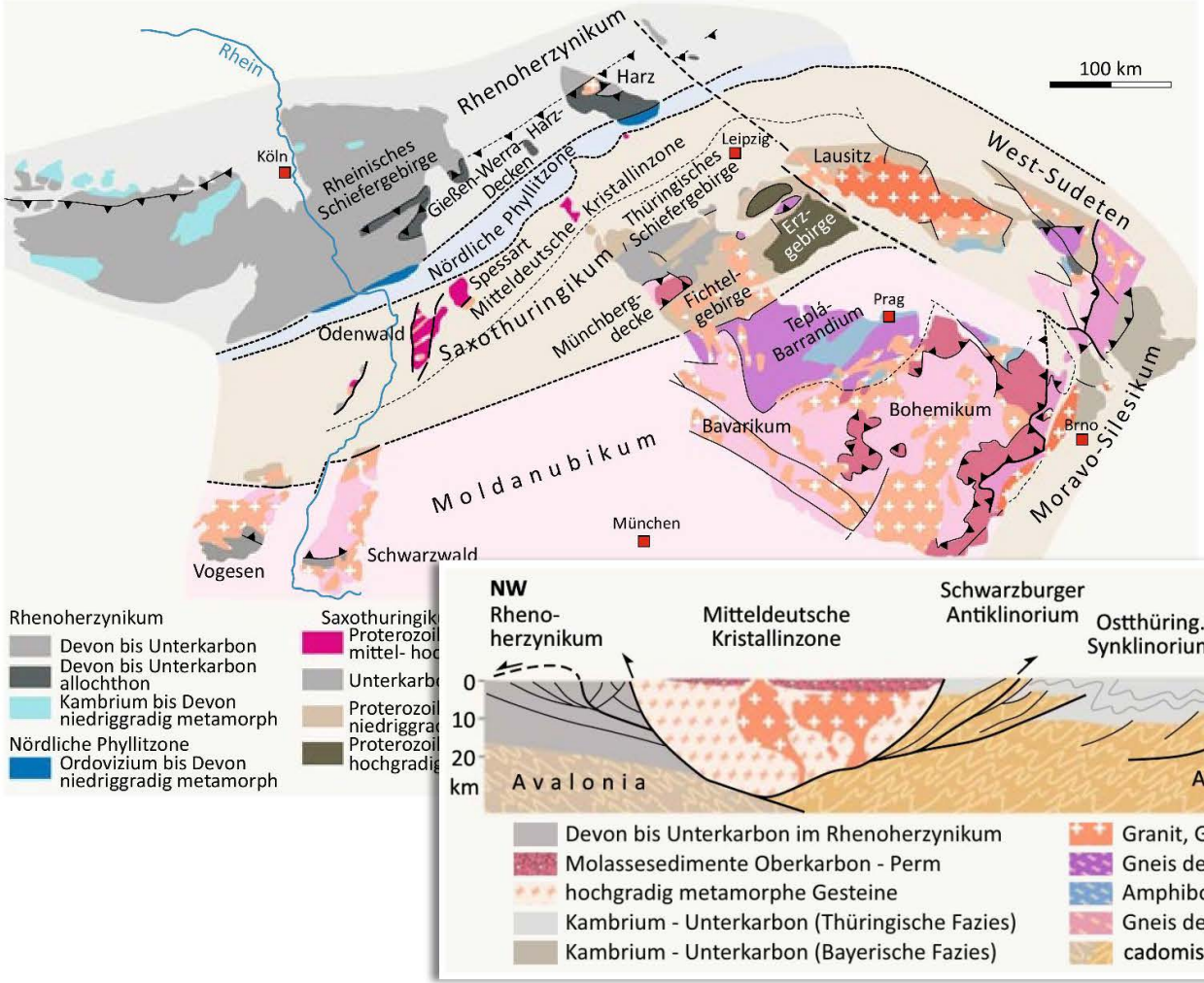


Abbildung 1: Übersichtskarte des Teilgebiets 009_00TG_194_00IG_K_g_SO

Meschede (2018) Geologie Deutschlands



Bewertung der Anwendung von §§ 22-24 durch die BGE

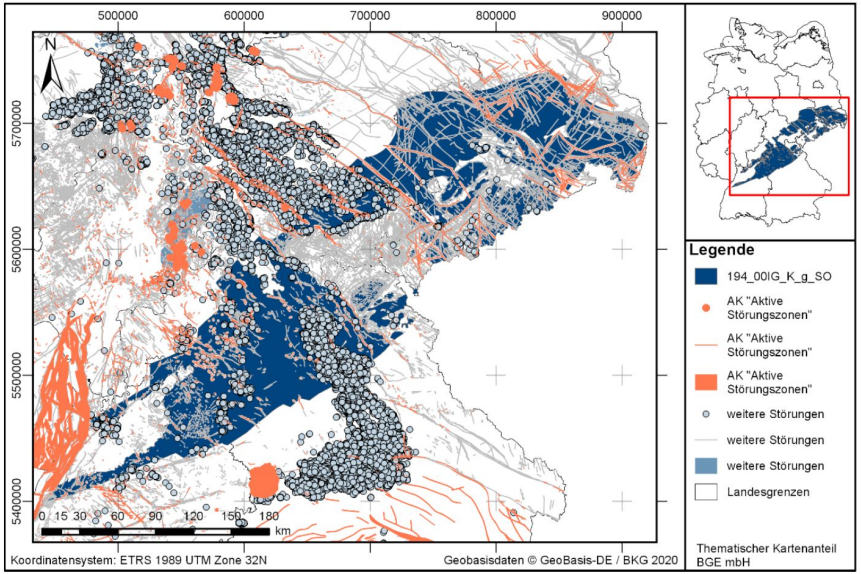


Abbildung 50: Kartendarstellung des identifizierten Gebietes 194_00IG_K_g_SO (kristallines Wirtsgestein) mit Illustration bekannter Störungen

- Die von den verschiedenen Behörden erhaltenen Daten bilden die Grundlage für die Ausweisung der Teilgebiete.
- Die Schlüsselaufgabe bestand in der Aufbereitung und Zusammenfassung dieser Daten in einer Datenbank die hundertausende Einträge umfasst.
- Die Datendichte variiert über die Bundesrepublik (und auch zwischen den beiden evaluierten Gebieten) signifikant, mit Konsequenzen für die Belastbarkeit der lokalen Bewertungen.

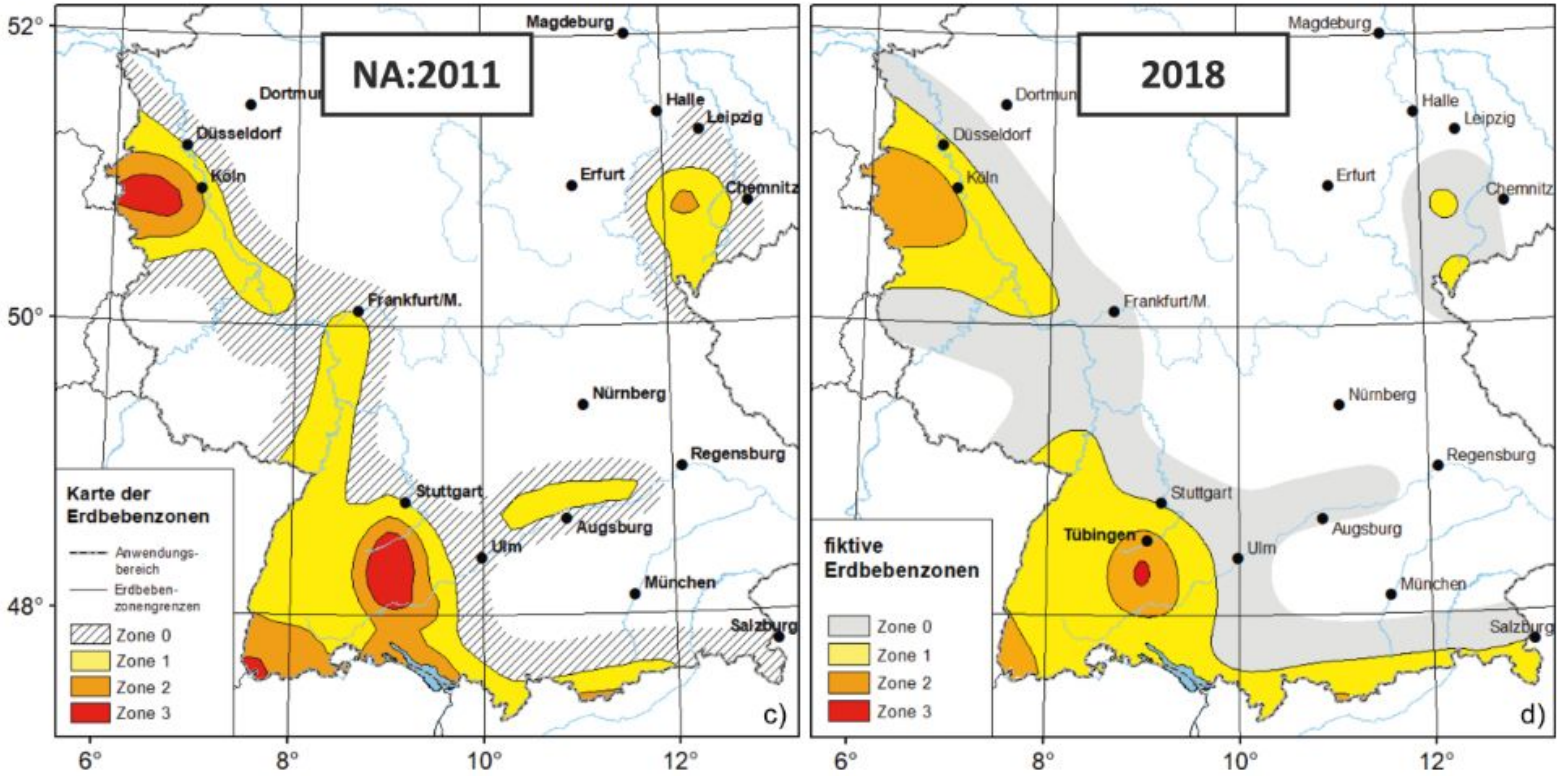
Ein gewisser Pragmatismus ist daher nötig, aber auch gerechtfertigt, weil durch das Vier-Augen-Prinzip, die externe Qualitätssicherung und die wiederholte Anwendung der Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien in den nächsten Stadien abgesichert.

§ 22 Ausschlusskriterien

(1) Ein Gebiet ist nicht als Endlagerstandort geeignet, wenn mindestens eines der Ausschlusskriterien nach Absatz 2 in diesem Gebiet erfüllt ist.

(2) Die Ausschlusskriterien sind:

1. *großräumige Vertikalbewegungen*
2. *aktive Störungszonen*
3. *Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit*
   - Risswerken werden noch weiter digitalisiert
4. *seismische Aktivität*
   - Potentielle Neubewertung des Erdbebenrisikos (sh. Grünthal & Bosse, 2020)
5. *vulkanische Aktivität*
   - Egergraben/Vogtland Teil einer größeren tektonischen Struktur
6. *Grundwasseralter*
   - Sehr dünne Datenbasis, starke (lokale) Veränderungen zu erwarten



Gegenüberstellung der Erdbebenrisikokarte, die für den Zwischenbericht digitalisiert wurde (links) und einer überarbeiteten Version (aus Grünthal & Bosse, 2021). Zu beachten sind die signifikanten Reduktionen in der Ausdehnung der Erdbebenzonen 2 und 3 in der neueren Karte.

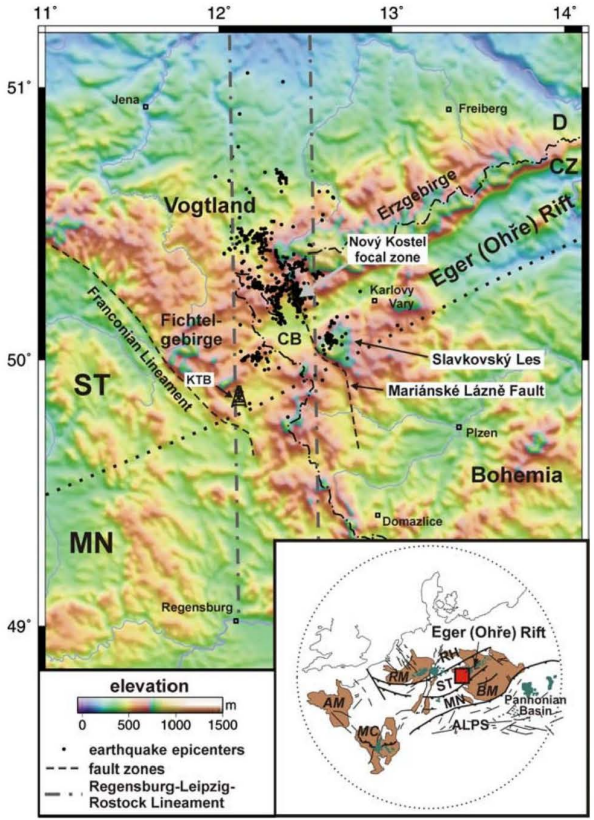


Figure 1. Topographic map (GTOPO30 from U.S. Geological Survey EROS Data Center) of the northwestern part of the Bohemian Massif with earthquake epicenters (black dots). Main earthquake swarm activity is concentrated in the Nový Kostel focal zone. The inset shows the location of the study area within the western and central European volcanic provinces (red square, study area; green, Cenozoic volcanics; brown, crystalline massifs (modified after *Wilson and Downes* [1991])). Abbreviations are as follows: KTB, location of the German Continental Deep Drilling Boreholes (KTB); CB, Cheb Basin; MC, Massif Central; AM, Armorican Massif; BM, Bohemian Massif; MN, Moldanubian; RH, Rhenohercynian; and ST, Saxothuringian.

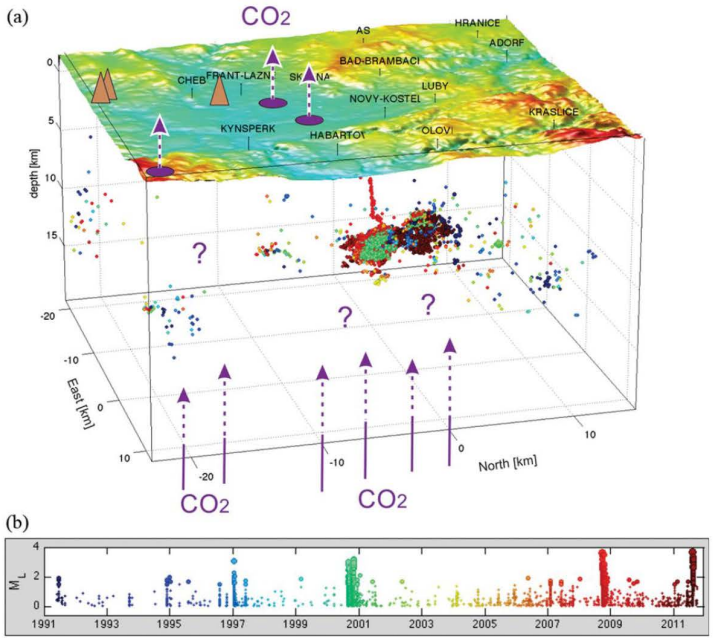


Figure 1. **(a)** Perspective 3-D view of the central earthquake swarm region in West Bohemia–Vogtland. Hypocenters are indicated by filled circles, the magnitudes and time of occurrence is plotted in **(b)** Topography is indicated as coloured map and ranges between 400 and 800 m. Violet arrows sketch the possible CO_2 migration paths (diffuse or in channels). Mofettes indicated by violet ellipses; brown triangles mark known Quaternary volcanoes. See Fig. 3 for location in Central Europe.

Geissler et al. (2005) Tectonics
Dahm et al. (2013), Scientific Drilling

§ 23 Mindestanforderungen

(1) Für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle kommen die Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein in Betracht. Für das Wirtsgestein Kristallingestein ist [...] ein alternatives Konzept zu einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich möglich, das deutlich höhere Anforderungen an die Langzeitintegrität des Behälters stellt.

Definition des kristallinen Wirtsgesteins

(2) Gebiete, die kein Ausschlusskriterium nach § 22 erfüllen, sind nur als Endlagerstandort geeignet, wenn sämtliche in Absatz 5 genannten Mindestanforderungen erfüllt sind.

(5) Die Mindestanforderungen sind:

1. Gebirgsdurchlässigkeit

Zuschnitt der Teilgebiete

2. Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Mächtigkeit der Münchberger Gneismasse (Stauchfalten, Überschiebung)

3. minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

4. Fläche des Endlagers

5. Erhalt der Barrierewirkung

Geotechnische Unterstützung (Schweden)

§ 24 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

(1) Anhand geowissenschaftlicher Abwägungskriterien wird jeweils bewertet, ob in einem Gebiet eine günstige geologische Gesamtsituation vorliegt. Die günstige geologische Gesamtsituation ergibt sich nach einer sicherheitsgerichteten Abwägung der Ergebnisse zu allen Abwägungskriterien.

Die BGE hat für die Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien ein Verfahren entwickelt, welches auf einem normierten, softwaregestützten Bewertungsvorgang basiert. Dieses Verfahren stellt die Objektivität und Nachvollziehbarkeit der Bewertung sicher.

In Abwesenheit von detaillierten Daten wird auf die Referenzdatensätze zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von §13 StandAG zurückgegriffen.
Die Referenzdaten werden so gewählt, dass sie im oberen Bereich der physikalisch möglichen Bandbreite des Wirtsgesteins liegen. Mit oberer Bereich ist gemeint, dass bekannte sehr günstige Eigenschaften für das jeweilige Wirtsgestein zugrunde gelegt werden.

Wissenschaftliche Qualität der Referenzdatensätze inhomogen. Einzelne Abschnitte mit signifikantem Potential zur Verbesserung.

§ 24 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Kriterium zur Bewertung des

- Transportes radioaktiver Stoffe durch Grundwasserbewegungen im ewG - aus Referenzdaten
- Konfiguration der Gesteinskörper - Individuelle Bewertung
- räumlichen Charakterisierbarkeit - aus Referenzdaten
  - Indikator Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich
  - Indikator Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)
- langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse - aus Referenzdaten
  - Indikator Zeitspanne, über die sich die Gebirgsdurchlässigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht wesentlich verändert hat
- günstigen gebirgsmechanischen Eigenschaften - aus Referenzdaten
- Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten - aus Referenzdaten
- Gasbildung - aus Referenzdaten
- Temperaturverträglichkeit - aus Referenzdaten
  - Indikator Neigung zur Bildung wärmeinduzierter Sekundärpermeabilitäten
- Rückhaltevermögens im ewG - aus Referenzdaten
- der hydrochemischen Verhältnisse - aus Referenzdaten
- des Schutzes des ewG durch das Deckgebirge - Individuelle Bewertung

§ 24 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Kriterium zur Bewertung des

-
-
- räumlichen Charakterisierbarkeit - aus Referenzdaten
  - Indikator Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich
  - Indikator Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)
- langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse - aus Referenzdaten
  - Indikator Zeitspanne, über die sich die Gebirgsdurchlässigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht wesentlich verändert hat
-
-
-
- Temperaturverträglichkeit - aus Referenzdaten
  - Indikator Neigung zur Bildung wärmeinduzierter Sekundärpermeabilitäten
-
-

Empfehlungen

1. Zuschnitt der Teilgebiete nach lithotektonischen Erwägungen
2. Einbindung der Bundes- und Landesämter in die Datenaufbereitung.
3. Optimierung des GIS (z.B. Abrufbarkeit der Daten)
4. Ausreichend Zeit für wichtige Projektabschnitte und fachlichen Austausch innerhalb der BGE
5. Vereinheitlichung des wissenschaftlichen Standards der Referenzdatensätze.
   Qualitätssicherung durch unabhängige wissenschaftliche Experten.
6. Einrichtung eines wissenschaftlichen Beirats empfehlen, welcher die Arbeit der BGE laufend begleitet, und als Schaltstelle zur wissenschaftlichen Fachgemeinschaft dient.

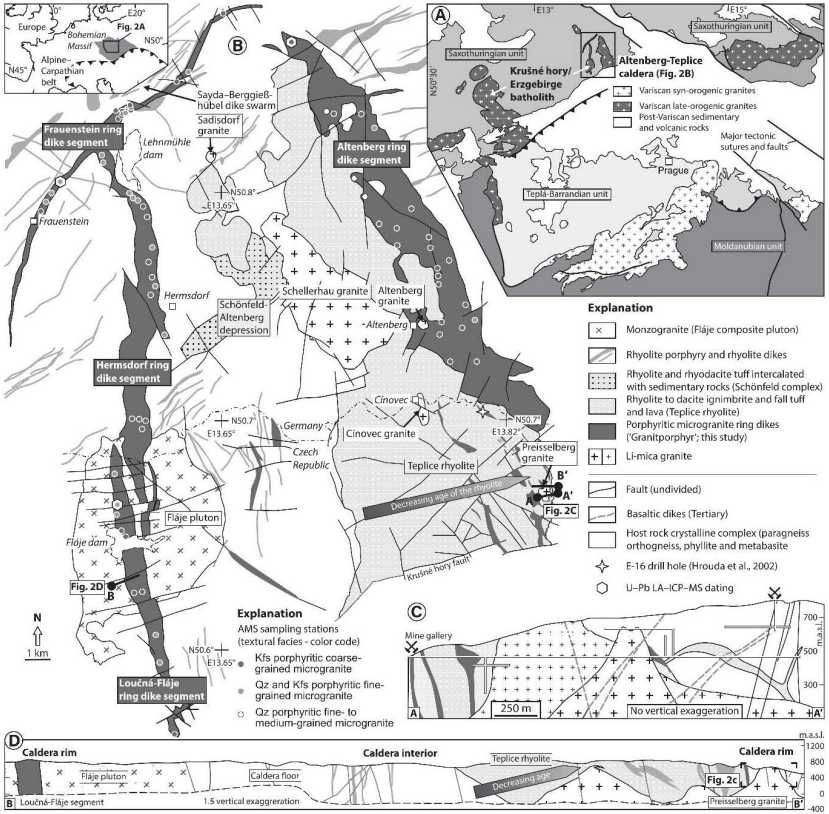
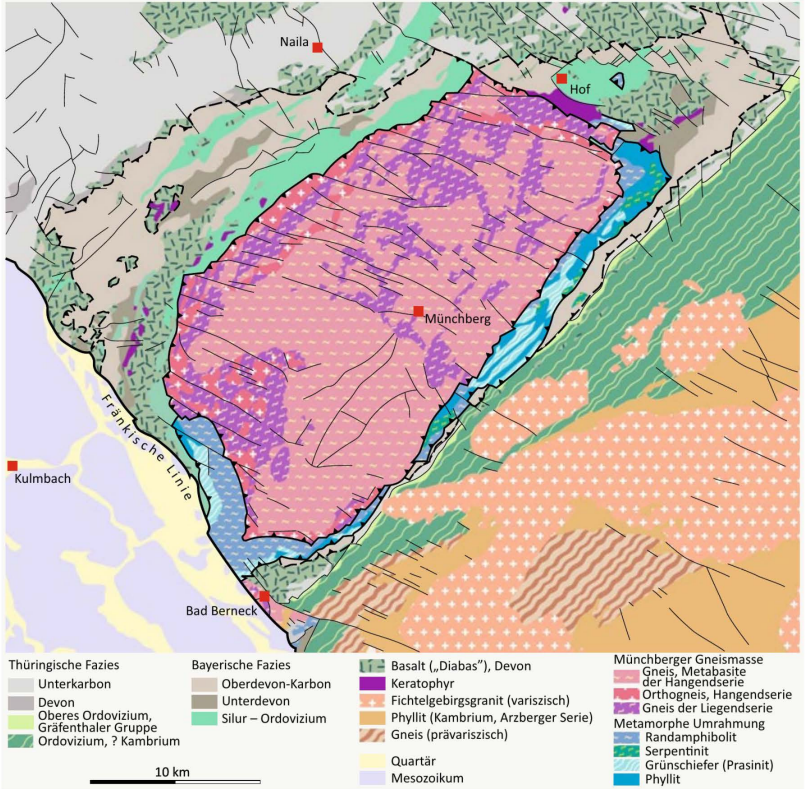


Figure 2. (A) Simplified tectonic sketch of the central and northwestern Bohemian Massif, redrafted and simplified after Žák et al. (2014). (B) Geologic sketch map of the Altenberg-Teplice caldera compiled after (1) 1:25,000 maps of Beck and Müller (1886), Gäbert and Beck (1902), Schalch et al. (1915, 1916), Dalmer (1906), Mlčoch (1989), Schovánek (2001a, 2001b), and Jiránek (1989, 1991); (2) 1:50,000 maps of Domas (1992), Schovánek (1986), and Mlčoch (1990); (3) 1:50,000 maps of the Saxony State Office for the Environment Agriculture and Geology, sheets L5146 Freiberg, L5346 Olbernhau, L5148 Pirna, L5348 Altenberg, L5146 Freiberg and Frauenstein (authorship not specified); and (4) 1:100,000 map of Hoth et al. (1995). World Geodetic System (WGS) 84 coordinates for E-16 drill hole: N50.729468°, E13.806888° (Hrouda et al., 2002). AMS—anisotropy of magnetic susceptibility. Mineral abbreviations after Whitney and Evans (2010): Kfs—potassium feldspar; Qz—quartz. (C) Cross-section through the Preisselberg granite adjacent host rocks. Simplified and modified after Eisenreich and Breiter (1993). LA-ICP-MS—laser ablation–inductively coupled–mass spectrometry. (D) Cross-section simplified and adapted from Jiránek (1989) and Schovánek (2001a). m.a.s.l.—meters above sea level.

Tomek et al. (2019) GSA Bulletin



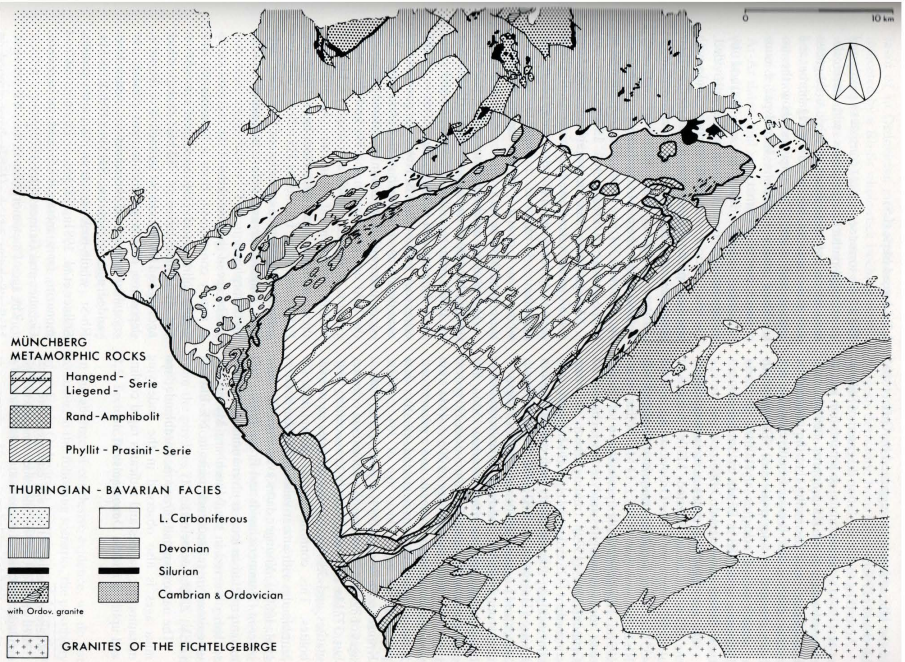


Fig. 2. Geological map of the Münchberg nappe pile and the surrounding parautochthon. (After Behr et al. 1982)

Meschede (2018) Geologie Deutschlands

Franke et al. (1995), in: Pre-Permian Geology of Central and Eastern Europe