



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

# 3. FORUM ENDLAGERSUCHE – AG1

Einengung im Rahmen der rvSU im kristallinen Wirtsgestein

DR. MATTHIAS BAUER, DR. KAY BIERBRAUER

Würzburg, 22.11.2024

# AGENDA

Einengung im Rahmen der  
rvSU im kristallinen  
Wirtsgestein

01

DER WEG ZU DEN STANDORTREGIONEN

02

rvSU-KRITERIUM „MÄCHTIGKEIT“

03

rvSU-KRITERIUM „VULKANISCHE AKTIVITÄT“

04

AUSBLICK PRÜFSCHRITT 2



# DER WEG ZU DEN STANDORTREGIONEN

# 01

# DER WEG ZU DEN STANDORTREGIONEN

Räumlich differenzierte Bewertung in den repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU)



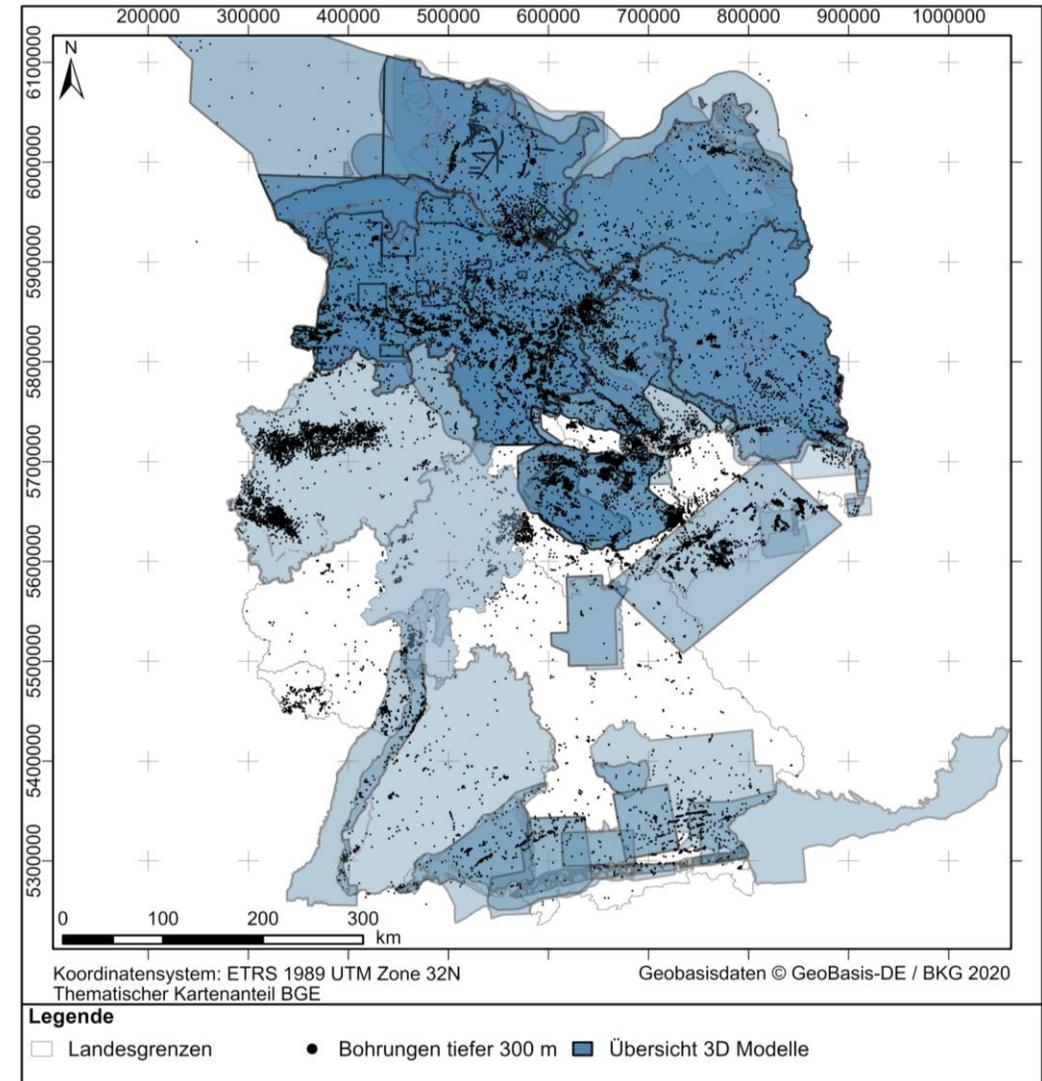
Einführen von Prüfschritten mit  
zunehmender **Detailierung**

„die Hürde wird höher“

# DER WEG ZU DEN STANDORTREGIONEN

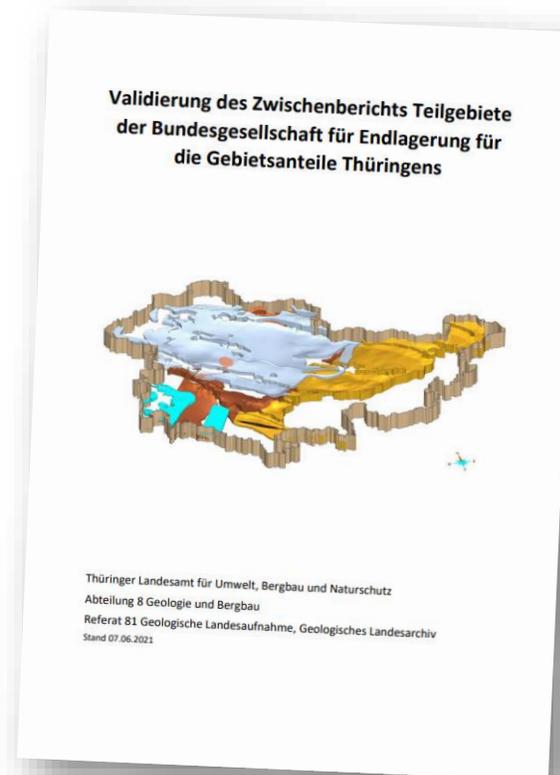
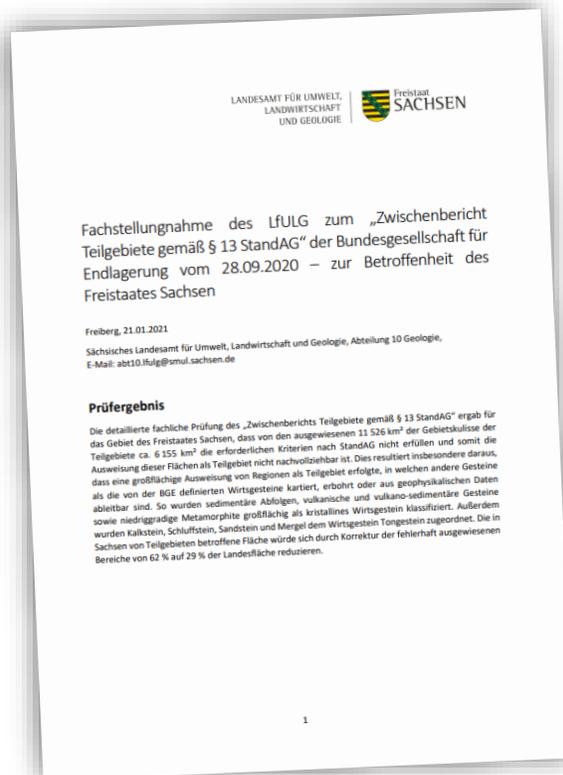
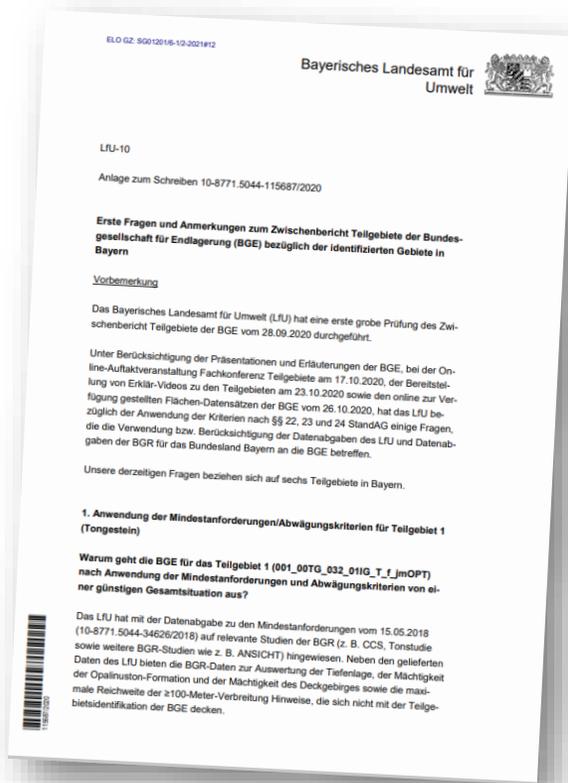
## Datengrundlage

- Bohrungsdaten (tiefer 300 m) und 3D-Modelle in Teilgebieten mit kristallinen Wirtsgesteinen sehr spärlich, die zur Einengung von Gebieten verwendet werden können
- Tiefbohrungs-Cluster v. a. in kristallinen Einheiten, die zum Zwecke der Rohstofferkundung (Buntmetalle und Uran)
- BGE verwendet im Rahmen der rvSU v. a. auch geologische Karten, Potentialfelddaten (Gravimetrie und Magnetik) und geologische Fachliteratur, die in dieser Kartendarstellung nicht enthalten sind



# STELLUNGNAHMEN DER LÄNDER (1/2)

## Berücksichtigung der Hinweise und Anmerkungen





# DER WEG ZU DEN STANDORTREGIONEN

## Veröffentlichung Arbeitsstände 2024

### BGE Endlagersuche Navigator

Teilgebiete kristallines Wirtsgestein (von Norden nach Süden)

- Rhenoharzynikum (TG 012\_01 und TG 012\_02)
- Mitteldeutsche Kristallinzone (TG 010)
- Nördliche und Südliche Phyllitzzone (TG 014 und TG 011)
- Saxothuringikum (TG 009)
- Moldanubikum (TG 013)

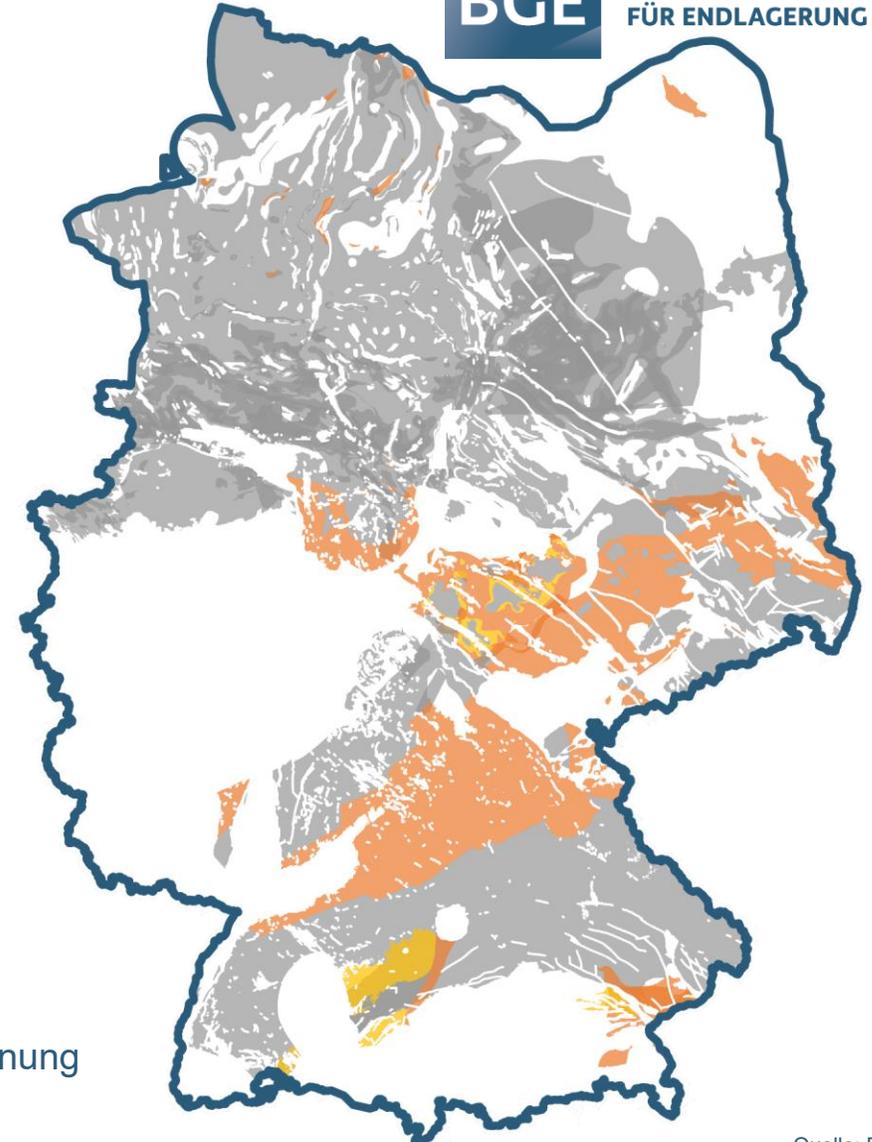
**Kat. D-Gebiete = 37 % der Gesamtfläche** aller  
kristalliner Teilgebiete

#### Prüfschritt 1

**Kategorie D** = ungeeignet

#### Prüfschritt 2

**Kategorie C** = geringe Eignung





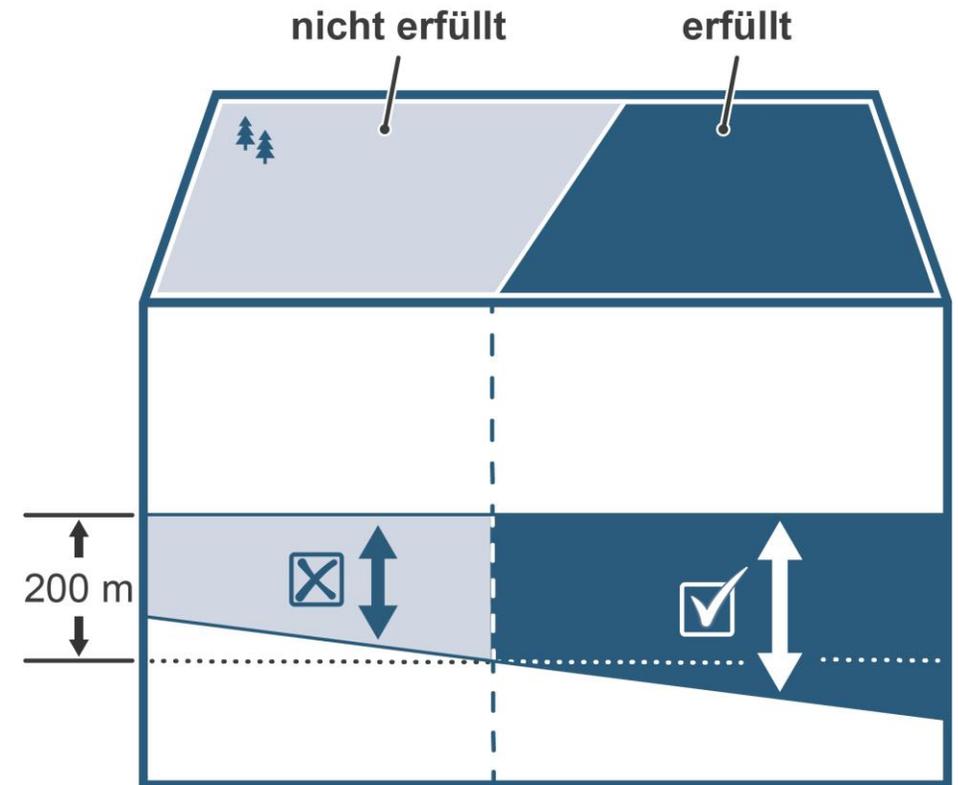
# rvSU-KRITERIUM „MÄCHTIGKEIT“

# 02

# rvSU-KRITERIUM „MÄCHTIGKEIT“

## rvSU-Kriterium „Mächtigkeit des Wirtsgesteinsbereichs mit Barrierefunktion“

- Mächtigkeit des Wirtsgesteinsbereichs mit Barrierefunktion (WbB) im kristallinen Wirtsgestein muss mindestens 200 m betragen
- Bewertung anhand von geologischen Karten, geologischen Schnitten, Mächtigkeitskarten, geologischen 3D-Strukturmodellen, Bohrungsdaten (Schichtenverzeichnisse, bohrlochgeophysikalische Messungen) und geow. Literatur
- WbB nicht gleich ewG, ewG Teilmenge von WbB, d. h. § 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG hat weiterhin bestand; und ein Endlagersystem «multipler ewG» möglich



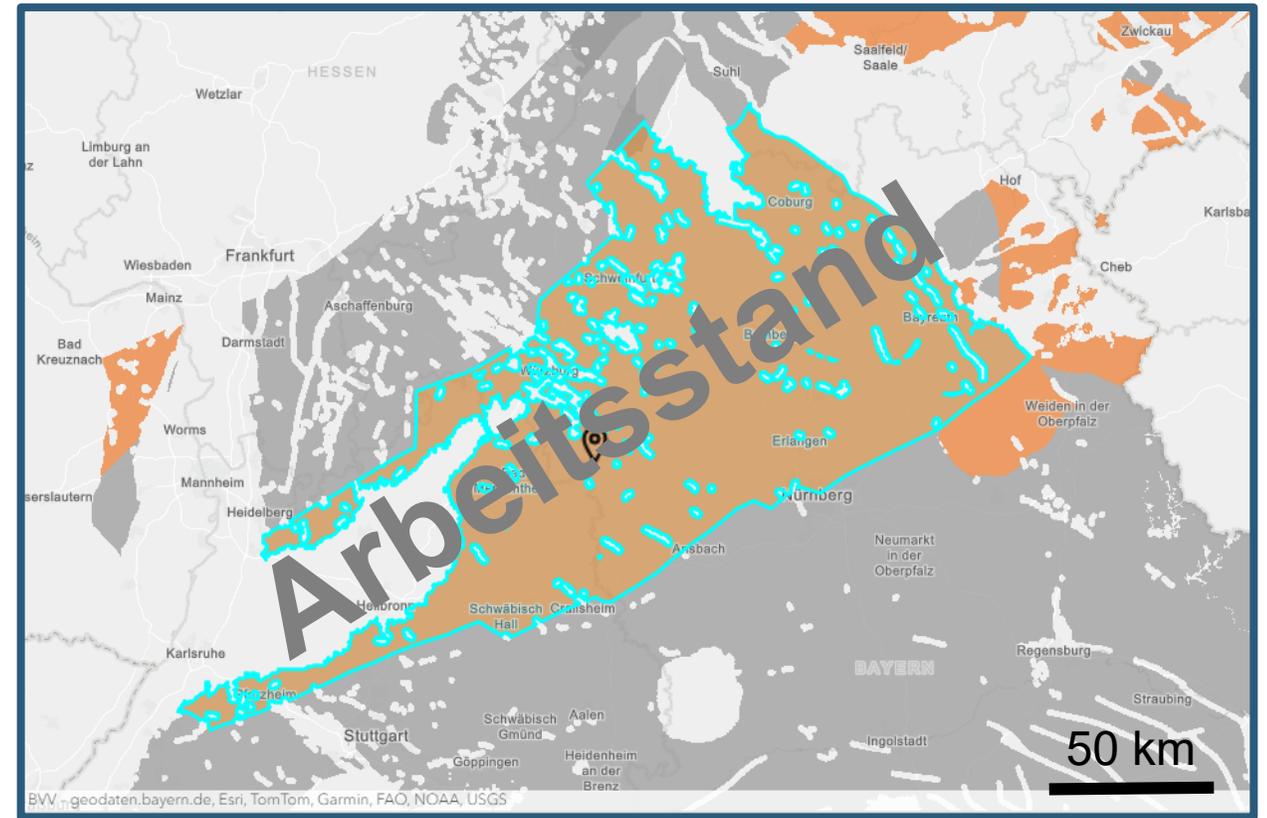
# BADISCH-FRÄNKISCHES SCHIEFERGEBIRGE (1/4)

## rvSU-Kriterium „Mächtigkeit“

Bewertung: **nicht erfüllt**

Begründung:

- Die Oberfläche der kristallinen Wirtsgesteine weist eine Tiefe von mehr als 1300 m auf
- D. h., dass die Mächtigkeit der kristallinen Wirtsgesteine oberhalb des Suchraums von 1500 m geringer als 200 m ist
- Bewertungsgrundlage in diesem Bereich des Badisch-Fränkischen Schiefergebirges sind Bohrungsdaten sowie Fachliteratur
- Kurzsichtenverzeichnisse (maximale Tiefe von 1600 m) zeigen keine kristallinen Wirtsgesteine in Teufen oberhalb 1300 m



 Kategorie D (ungeeignet)

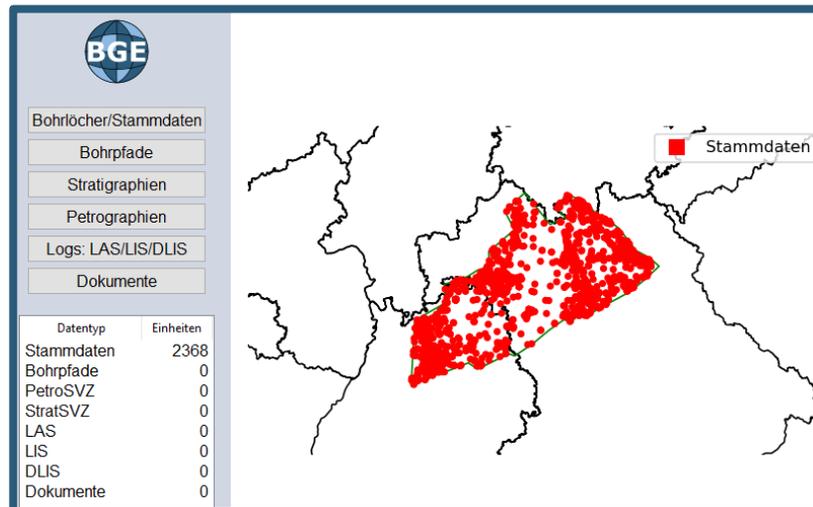
Quelle: BGE

# BADISCH-FRÄNKISCHES SCHIEFERGEBIRGE (2/4)

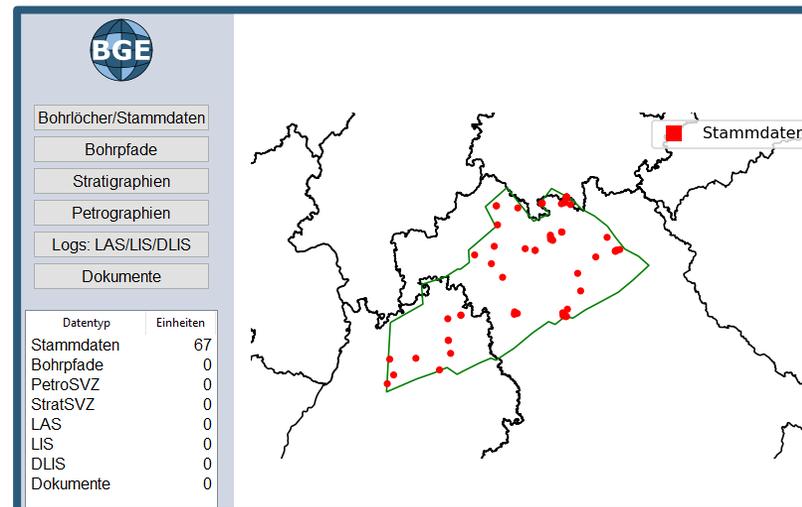
## rvSU-Kriterium „Mächtigkeit“

### Datengrundlage / Bearbeitung

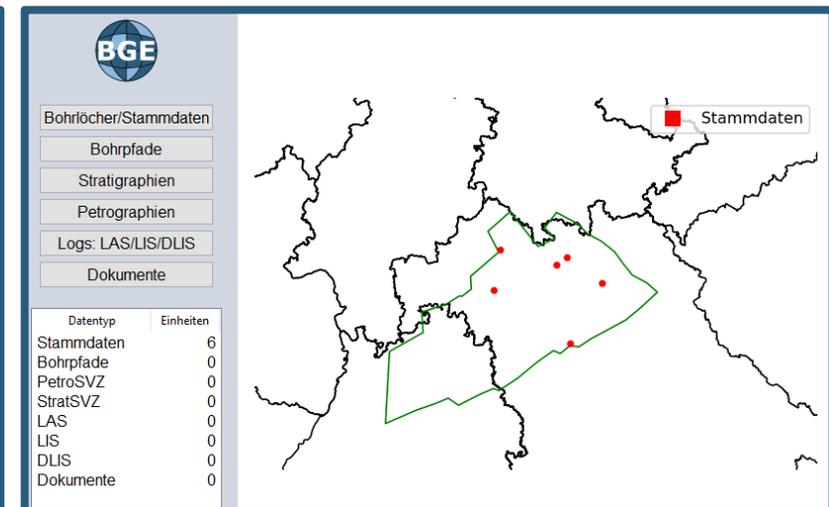
Darstellung verfügbarer Bohrungsdaten in den Teufenbereichen: > 100 m, > 300 m und > 1300 m innerhalb der ungefähren Ausdehnung des Badisch-Fränkischen Schiefergebirges



mehr als 2300 Bohrungen (tiefer 100 m)



67 Bohrungen (tiefer 300 m)



6 Bohrungen (tiefer 1300 m)



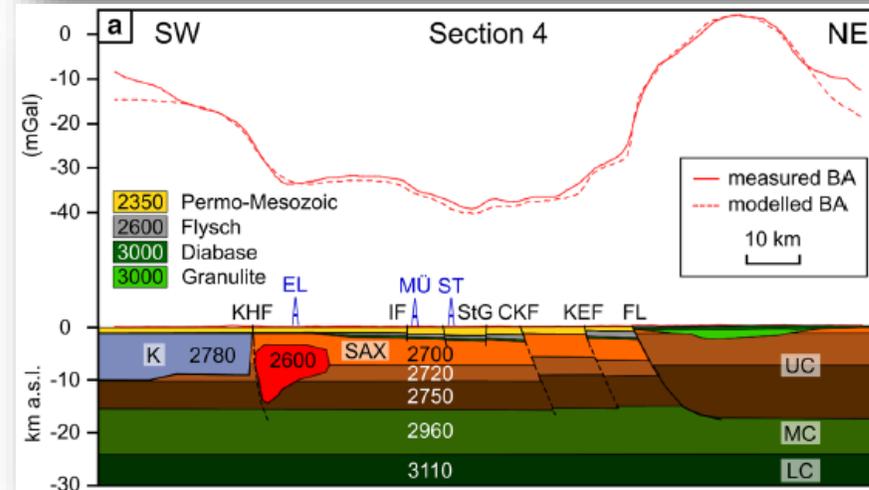
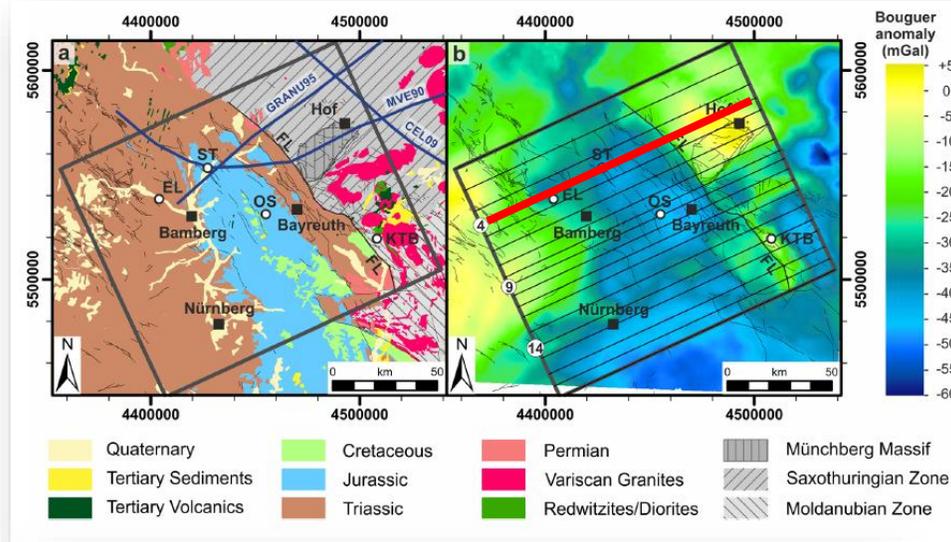
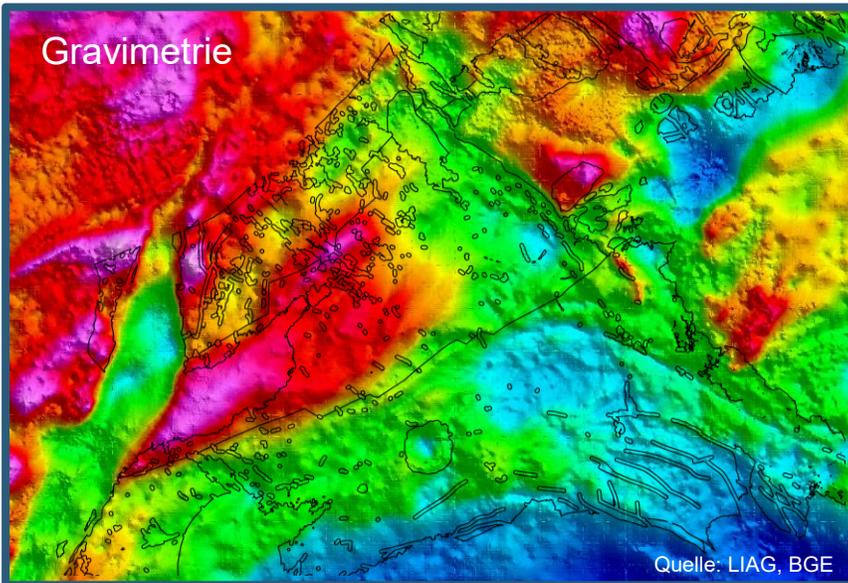
# BADISCH-FRÄNKISCHES SCHIEFERGEBIRGE (4/4)

## rvSU-Kriterium „Mächtigkeit“

### Datengrundlage / Bearbeitung

Schaffung einer belastbaren Bewertungsgrundlage durch Auswertung aller Tiefbohrungen, geophysikalischer Daten und Informationen aus der geowissenschaftlichen Literatur

### Interpretationen



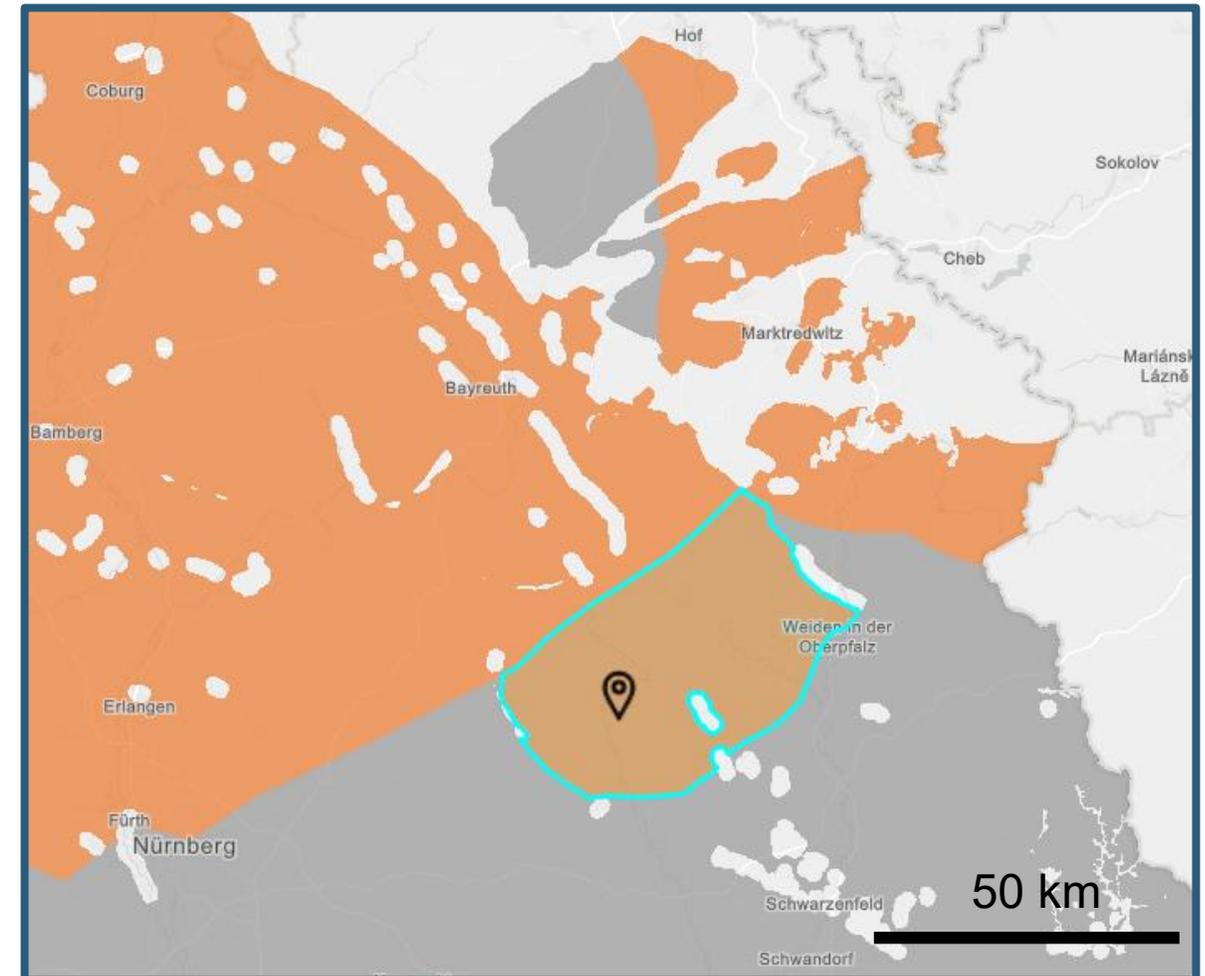
# WEIDEN-BECKEN (1/2)

## rvSU-Kriterium „Mächtigkeit“

Bewertung: **nicht erfüllt**

Begründung:

- Die Oberfläche der kristallinen Wirtsgesteine weist eine Teufe von mehr als 1300 m auf
- D. h., dass die Mächtigkeit der kristallinen Wirtsgesteine oberhalb des Suchraums von 1500 m geringer als 200 m ist
- Bewertungsgrundlage im Gebiet des Weiden-Beckens: Bohrungsdaten, und geologische Tiefenkarten des kristallinen Grundgebirges



■ Kategorie D (ungeeignet)

Quelle: BGE

# WEIDEN-BECKEN (2/2)

## rvSU-Kriterium „Mächtigkeit“

### Datengrundlage / Bearbeitung

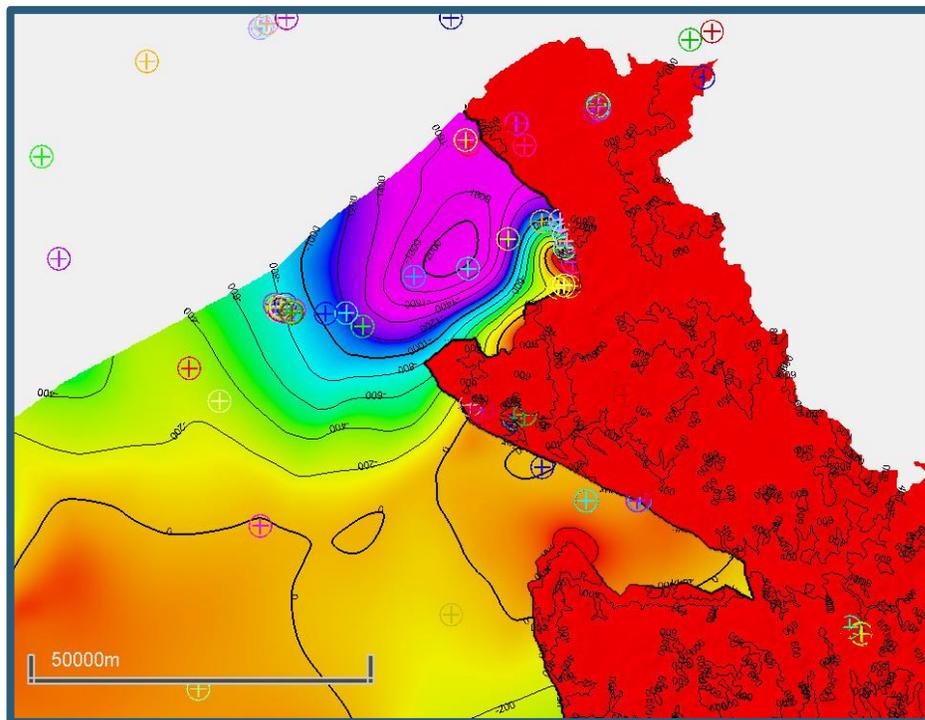
Integration aller Tiefbohrungen, Oberflächenmodelle des kristallinen Grundgebirges, vorhandene 3D-Modelle und DGMs in Petrel

### Auswertung

Tiefenkarte des kristallinen Grundgebirges

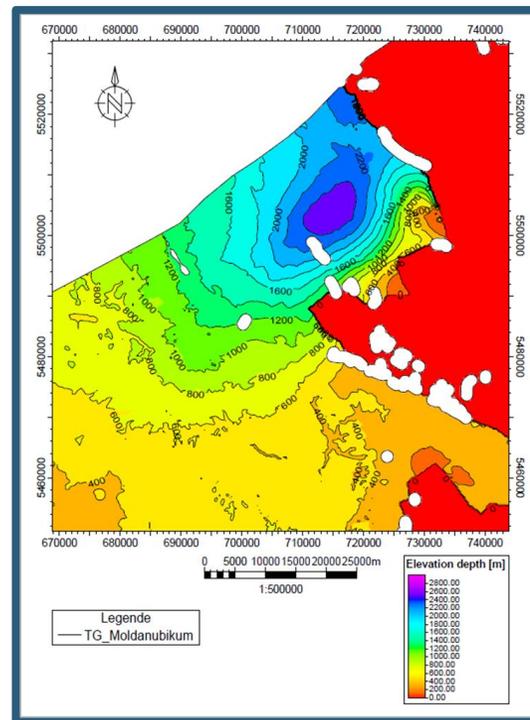
### Bewertung

In Prüfschritt 1 im Rahmen der rvSU

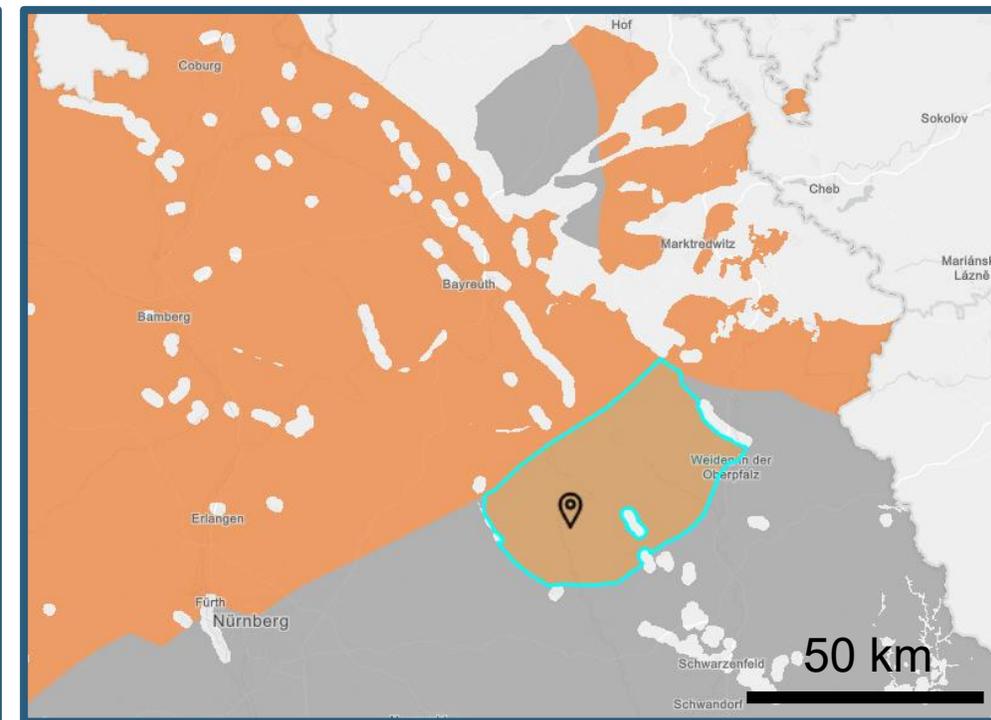


Quelle: Bader (2001)

Quelle: BGE



Quelle: BGE



Quelle: BGE

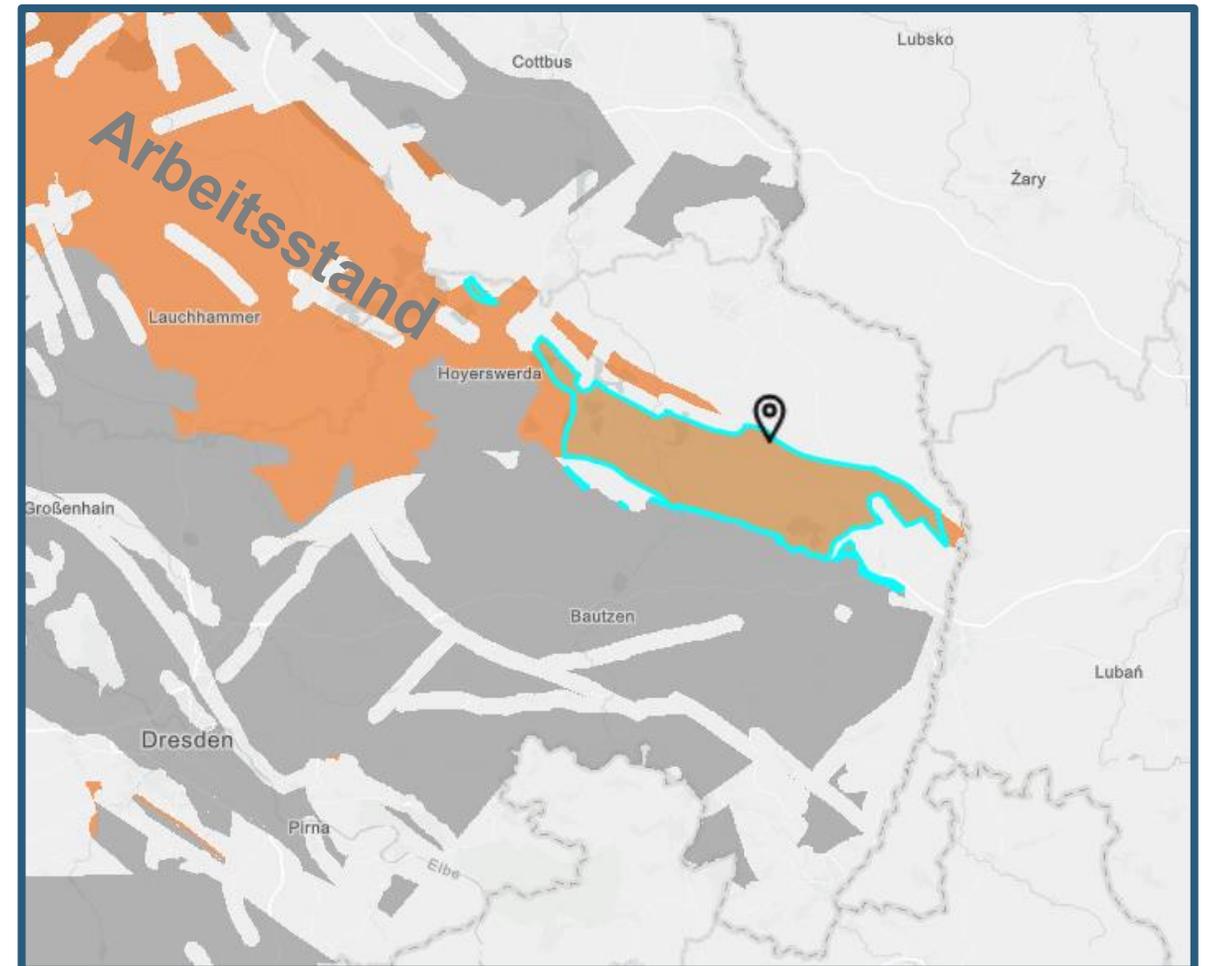
# GÖRLITZER SCHIEFERGEBIRGE (1/2)

## rvSU-Kriterium „Mächtigkeit“

Bewertung: **nicht erfüllt**

Begründung:

- keine kristallinen Wirtsgesteine in diesem Gebiet, sondern paläozoische Sedimentgesteine
- Bewertungsgrundlage im Görlitzer Schiefergebirge sind Bohrungsdaten und Fachliteratur (Göthel 2001 und Göthel 2016)
- Kurzschichtenverzeichnisse (maximale Tiefe von 820 m) zeigen keine kristallinen Wirtsgesteine
- Strukturgeologische Interpretation: Gebiet wird als allochthones Element des Lausitzer Blocks interpretiert, der aus tektonisch aufgeschuppten paläozoischen Sedimentgesteinen und Vulkaniten besteht



 Kategorie D (ungeeignet)

Quelle: BGE





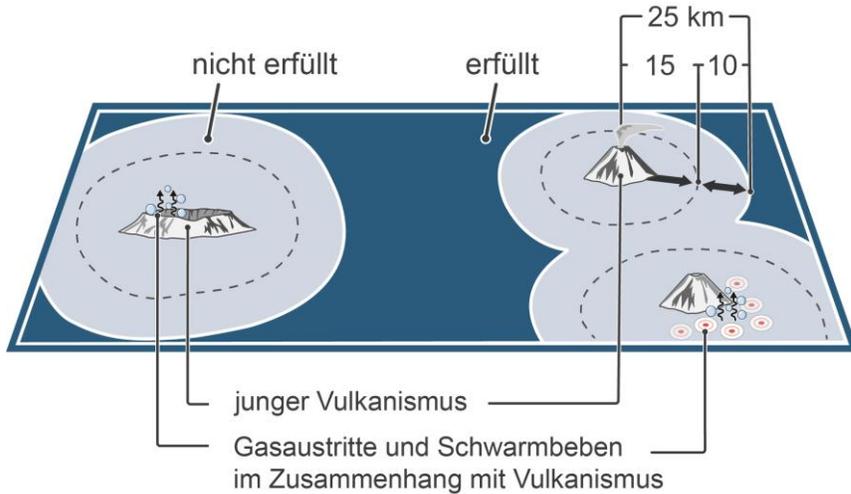
# rvSU-KRITERIUM „VULKANISCHE AKTIVITÄT“

# 03

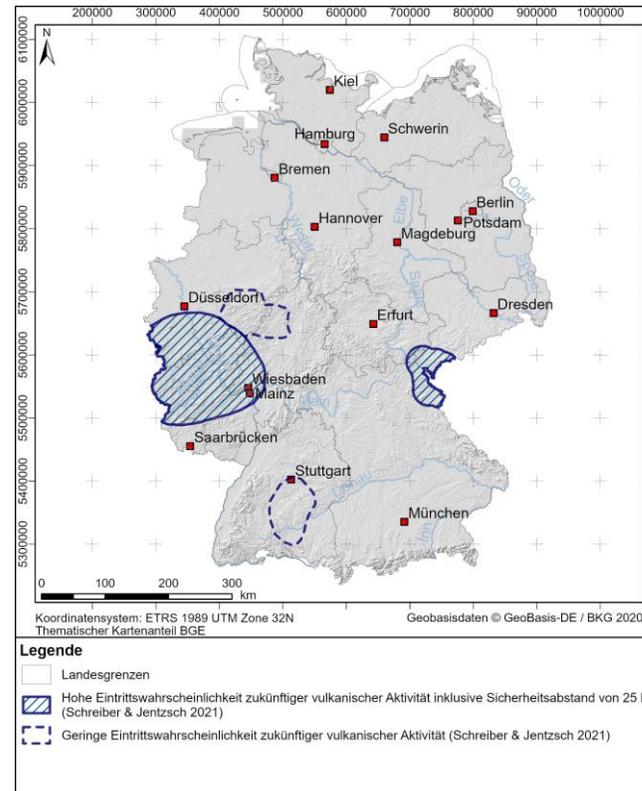
# VOGTLAND / WESTERZGEBIRGE (1/5)

## rvSU-Kriterium „Vulkanische Aktivität“

Kriterium



Bewertungsgrundlage



Bewertungsergebnis



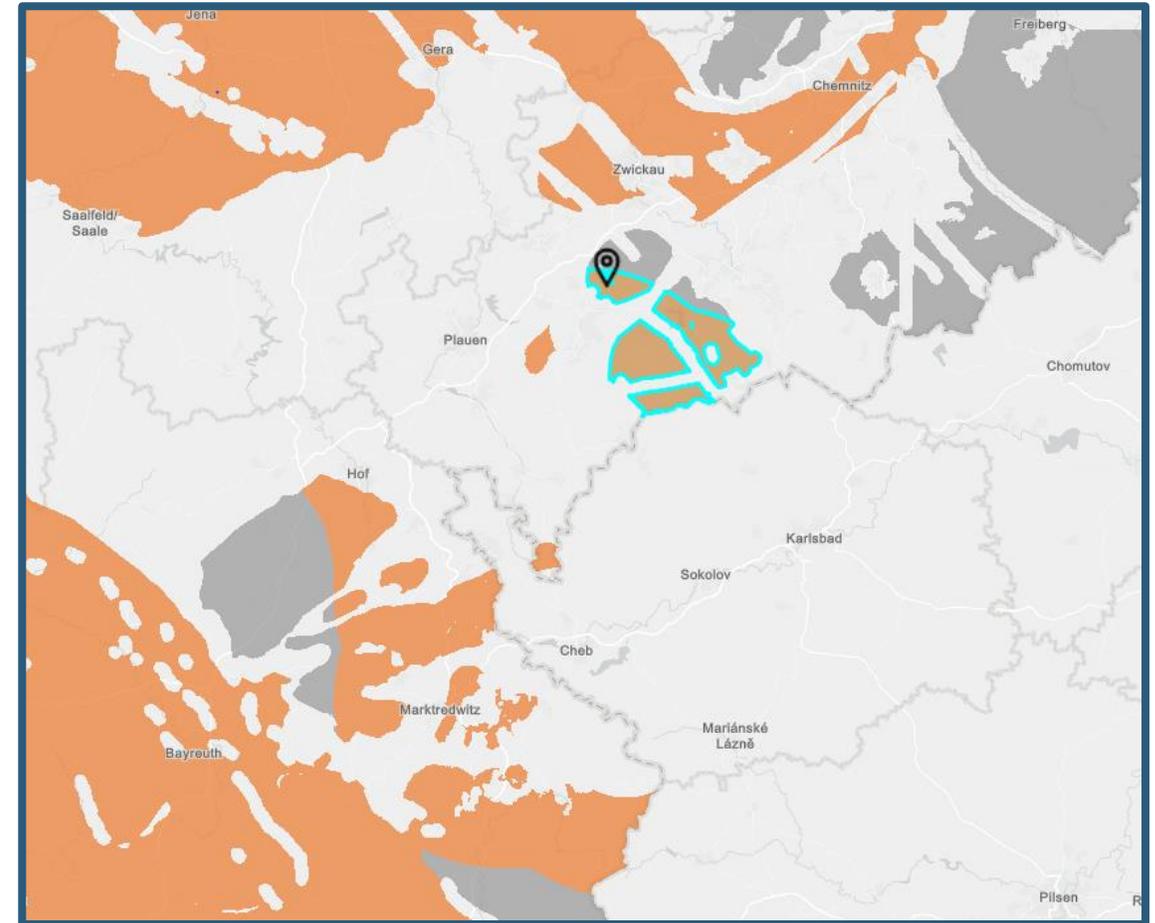
Quelle: BGE

Quelle: BGE, Schreiber & Jentzsch (2021)

# VOGTLAND / WESTERZGEBIRGE (2/5)

## rvSU-Kriterium „Vulkanische Aktivität“

- Die BGE hat die zu erwartende vulkanische Aktivität anhand der Studie von Schreiber & Jentzsch (2021) in Deutschland bewertet
- Bewertungsergebnis: in Südwestsachsen, Südthüringen und Nordostbayern ist eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit vulkanischer Aktivität in den nächsten eine Million Jahren zu erwarten
- Quartärer Vulkanismus im westlichsten Egergraben
- Eine hohe Seismizität mit Schwarmbeben, aufsteigende Fluide sowie deren isotopische Eigenschaften sind zusätzliche Anzeichen, die die Wahrscheinlichkeit für zukünftige vulkanische Aktivität erhöhen.



Kategorie D (ungeeignet)

Quelle: BGE

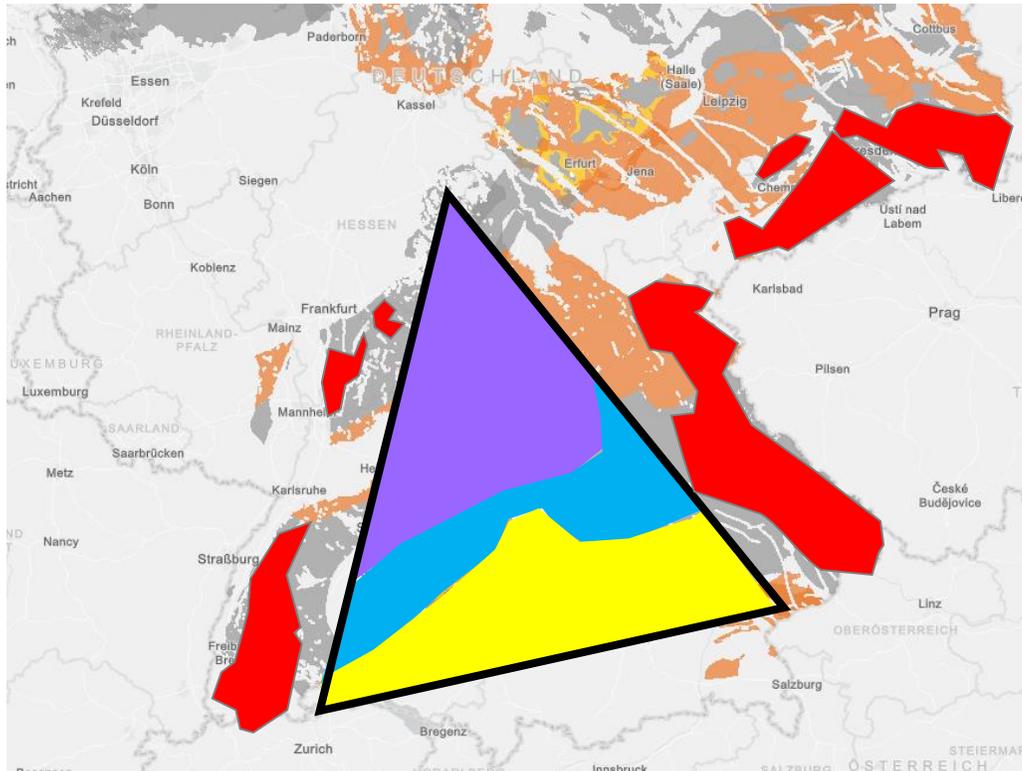
The background of the slide features three large, dark, crystalline mineral specimens resting on a reflective surface. The specimens have various faceted and angular shapes, characteristic of natural mineral growth. The lighting is soft, highlighting the textures and facets of the crystals. The overall color palette is a range of blues and greys, creating a professional and scientific atmosphere.

# AUSBLICK PRÜFSCHRITT 2

# 04

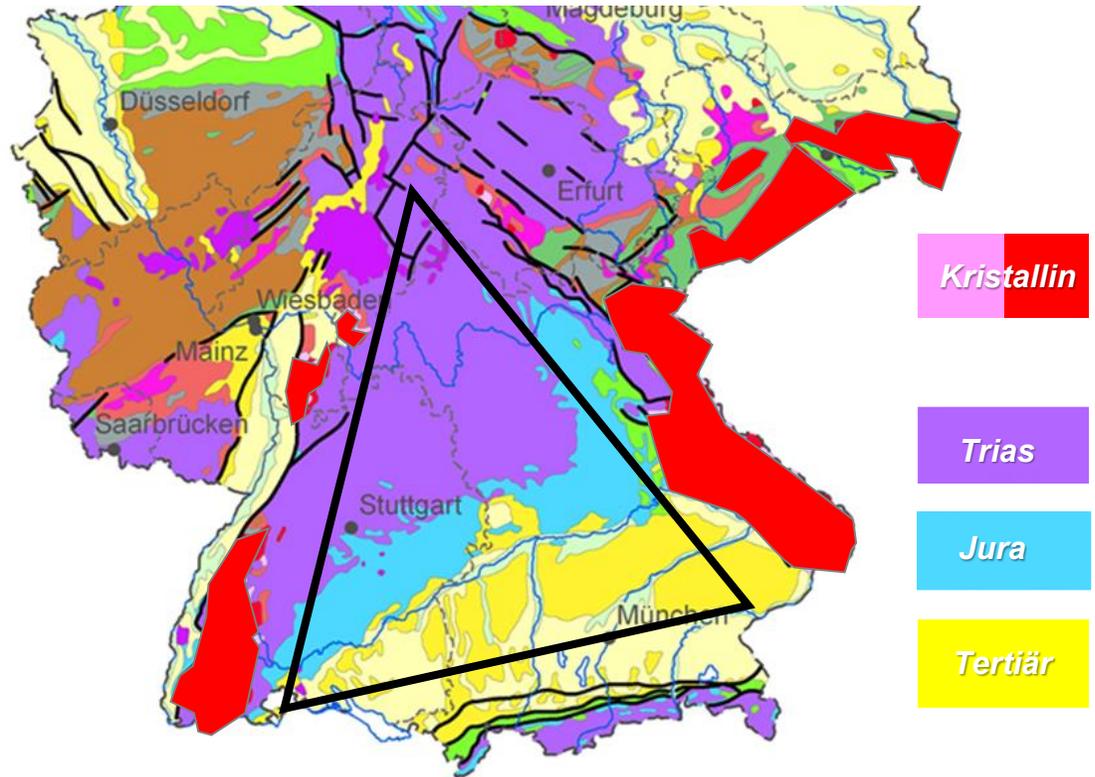
# STAND DER BEARBEITUNG

noch keine Einordnung erfolgt



Schwarzwald  
Bayerischer Wald mit Oberpfalz  
Odenwald/Spessart, Erzgebirge, Lausitz

Quelle: BGE

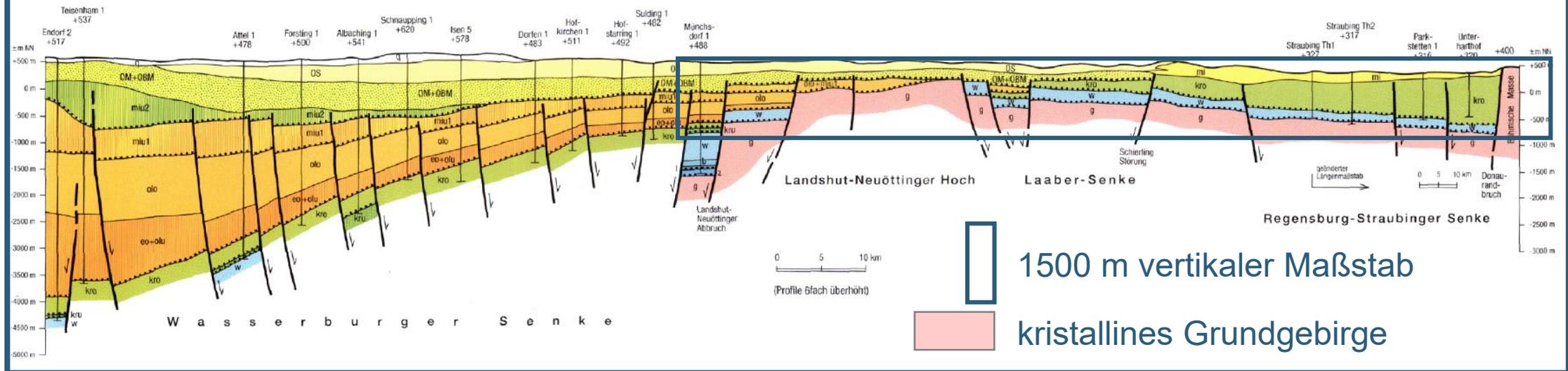


Quelle: <https://www.bgr.bund.de>

 Kristallin an der Oberfläche anstehend

# ANSÄTZE ZUR WEITEREN EINENGUNG

Quelle: LfU – Beilage 5a zur Geologischen Karte von Bayern 1:500.000



## 1. Tektonik

Wie stark ist das Gebirge zerbrochen? (nicht Thema dieses Vortrags)

## 2. Sedimentäre Überdeckung

Wie ist das kristalline Grundgebirge unter Bedeckung aufgebaut?

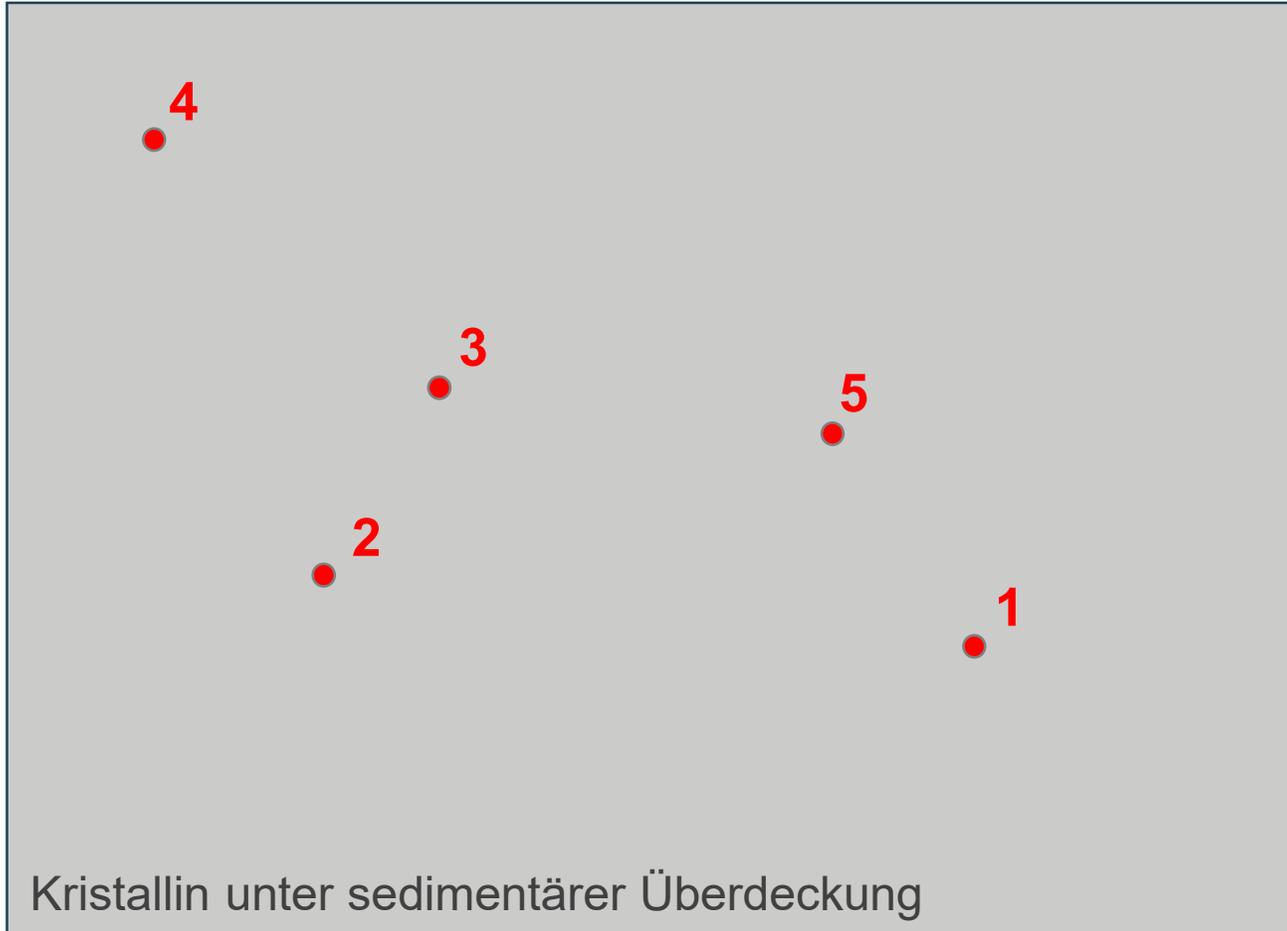
## 3. Gesteinseigenschaften

Welche Unterscheidungsmerkmale besitzen kristalline Gesteine?  
Sind ihre Eigenschaften vorhersagbar?

# KRISTALLIN UNTER SEDIMENTÄRER BEDECKUNG (1/2)

10 km

Beispiel: 5 Bohrungen



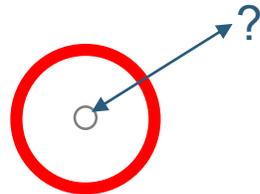
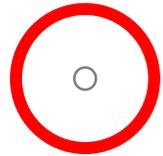
-  **1** *Amphibolit*
-  **2** *Gneis*
-  **3** *Mischgestein*
-  **4** *Granit*
-  **5** *Granit*

# KRISTALLIN UNTER SEDIMENTÄRER BEDECKUNG (2/2)

10 km

Beispiel: 5 Bohrungen

Wie repräsentativ sind diese Bohrungen?



*Amphibolit*



*Gneis*



*Mischgestein*



*Granit*

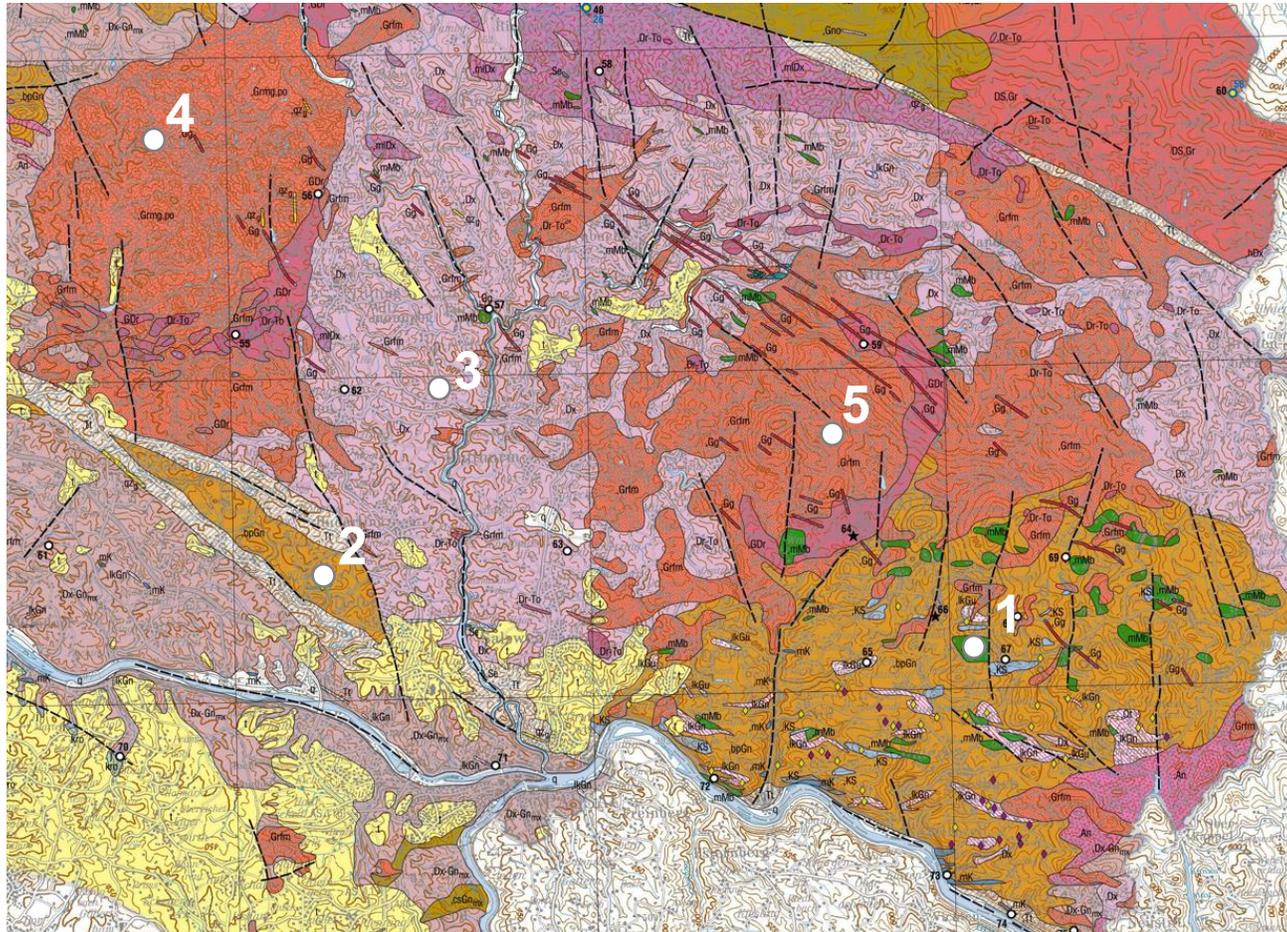


*Granit*

Kristallin unter sedimentärer Überdeckung

# GRUNDLAGE GEOLOGISCHE KARTE

Charakterisierung auch mit hoher Anzahl von Bohrungen nicht belastbar

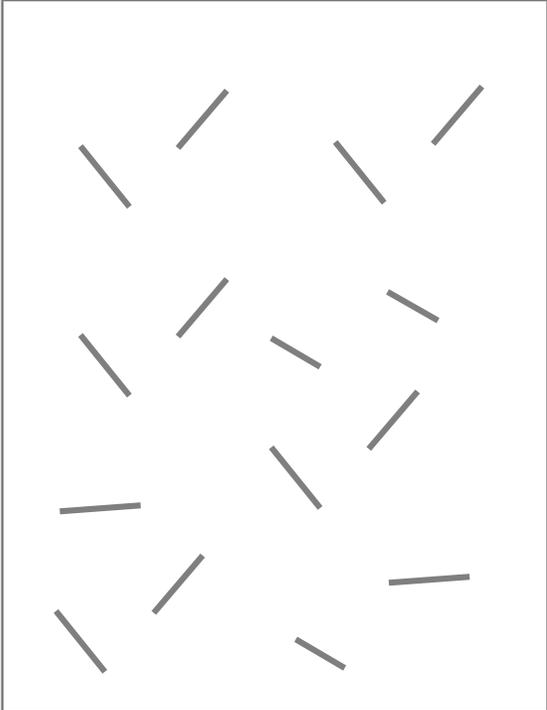
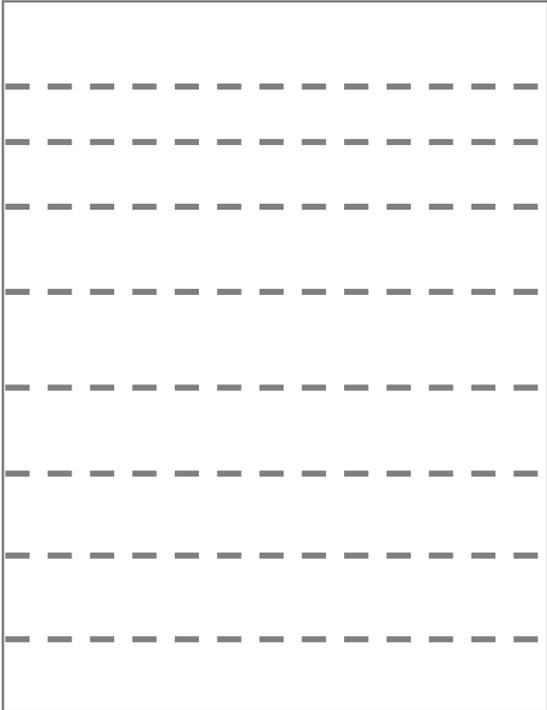


- 1** *Amphibolit (nicht relevant)*
- 2** *Gneis*
- 3** *Mischgestein*
- 4** *Granit*
- 5** *Granit*

Quelle: LfU – Geologische Karte des Bayerischen Waldes 1 : 150.000



# KRISTALLINE GESTEINSTYPEN – ENDGLIEDER BEZOGEN AUF DAS GEFÜGE

Granit		Gneis	
			
<b>Plutonit</b>			<b>Metamorphit</b>
Fein- mittelkörniger Granit	<b>regellos, homogen</b>	<b>orientiert, flächig</b>	Biotit-Sillimanit-Gneis

Quelle der Bilder: LfU – Geologische Karte des Bayerischen Waldes 1 : 150.000; Gesamtdarstellung BGE

# PRIMÄRE TRENNFLÄCHEN – GESTEINSANISOTROPIE



Quelle: alle Fotos Bierbrauer

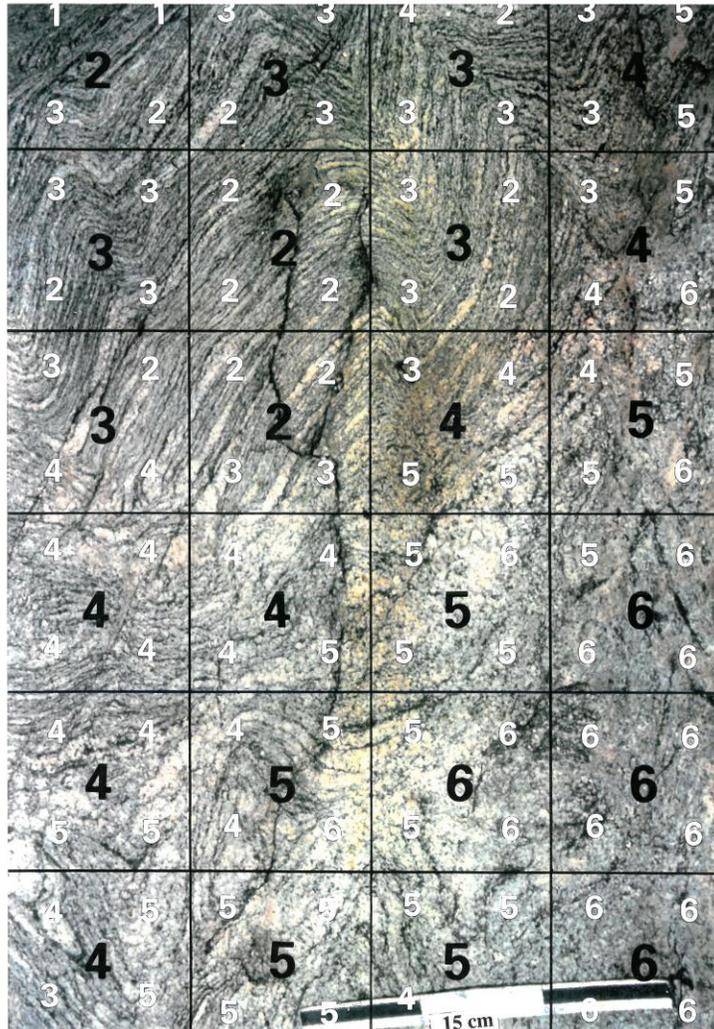
St. Bernard Pass und  
Argentera Massiv Westalpen,  
Schwarzwald

Kristallin in Deutschland

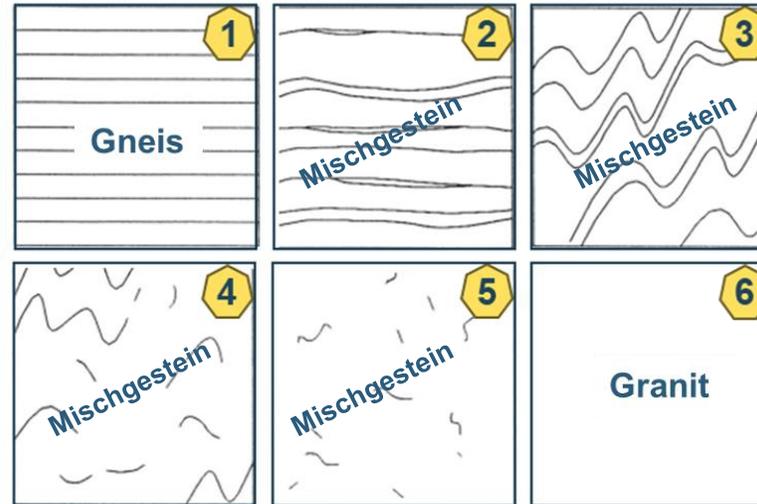


Trennflächengefüge bedingt ausgeprägte Festigkeitsanisotropie und erhöht Anfälligkeit für bruchhafte Deformation

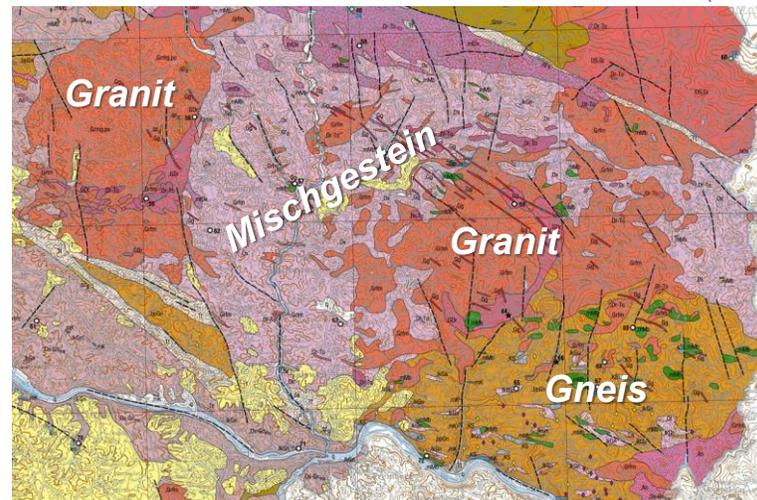
# MISCHGESTEINE ZEIGEN AUFLÖSUNG DER PRIMÄREN GNEISGEFÜGE



Quelle: Bierbrauer & Oncken (1996)



Quelle: Bierbrauer & Oncken (1996)



Quelle: LfU – Geologische Karte des Bayerischen Waldes 1 : 150.000

Verteilungsmuster sind räumlich nicht vorhersagbar

Reliktgefüge der Gneise bleiben erhalten

Gneis  
(hohe Anisotropie)

Mischgesteine  
(mittlere Anisotropie)

Granit  
(niedrige bis keine Anisotropie)

ungünstig

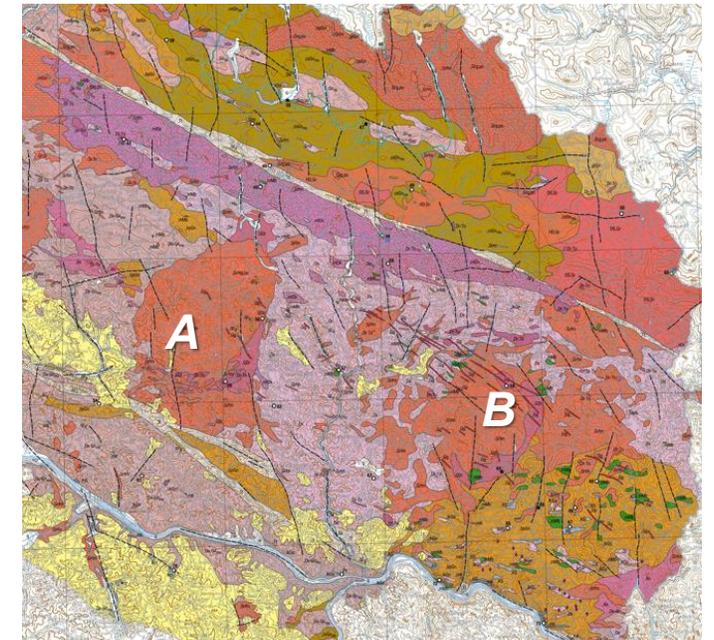
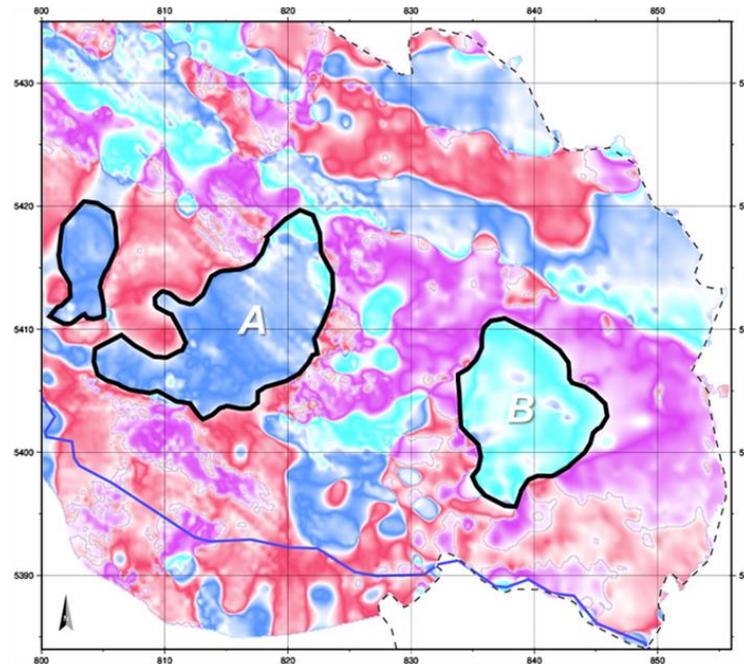
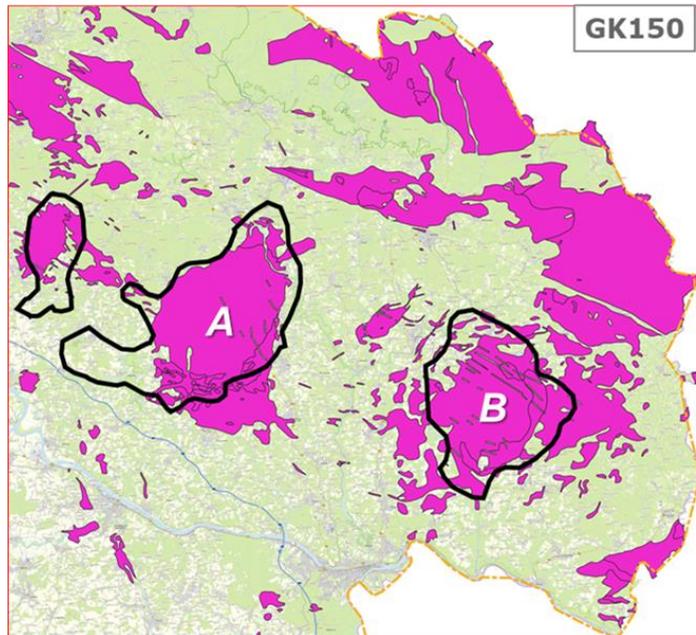


günstig

# INTEGRATION GEOPHYSIKALISCHER DATEN

Geologische Karten und Gravimetrie/Magnetik sind Daten mit Auflösungsgrenzen  
Tiefenerstreckung vs. Oberfläche (hier noch gute Übereinstimmung)  
unter sedimentärer Überdeckungen deutliche Verzerrungen und fehlende Kalibrierungsmöglichkeiten

Seismik weniger gut geeignet zur Erkundung von Kristallin wegen fehlender Impedanzkontraste und ungünstigen Lagerungsverhältnissen



Quelle: BGE – Auswertung gravimetrischer und magnetischer Daten durch Terrasys Geophysics

# AUSBLICK – LEITGEDANKEN ZU PRÜFSCHRITT 2



## ***Tektonik***

Wie stark ist das Gebirge zerbrochen?

Unabhängig von der Intensität einer Beanspruchung sind Gneise aufgrund ihrer primären Trennflächen geomechanisch anfälliger als Granite

## ***Sedimentäre Überdeckung***

Wie ist das kristalline Grundgebirge unter Bedeckung aufgebaut?

Gebiete unter sedimentärer Überdeckung sind nicht ausreichend gut erkundbar, um belastbare Aussagen über Gesteinstypen, Verteilungsmuster und Eigenschaften treffen zu können

## ***Gesteinseigenschaften***

Welche Unterscheidungsmerkmale besitzen kristalline Gesteine?  
Sind ihre Eigenschaften vorhersagbar?

Hauptunterscheidungsmerkmale sind das Gesteinsgefüge und primäre Trennflächen.

Gneise und Mischgesteine sind generell komplex und nur in Ausnahmefällen vorhersagbar. Großvolumige Plutone bzw. Granitintrusionen sind demgegenüber wesentlich einfacher räumlich vorhersagbar

# VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT! SIE WOLLEN NOCH EINMAL NACHLESEN?



[Zwischenbericht Teilgebiete mit allen Unterlagen und Anlagen](#)

[Interaktive Karte mit allen Teilgebieten und den ausgeschlossenen Gebieten](#)

[Interaktive Einführung zur Erstellung des Zwischenberichts](#)

[Steckbriefe für die Gebiete zur Methodenentwicklung](#)

[Arbeitsstand Methodik repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen](#)

[NBG-Gutachten zur Methodenentwicklung](#)

[Arbeitsstand Methodik Anwendung der planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien](#)

[Vorgehen zur Ermittlung von Standortregionen aus den Teilgebieten](#)



[Stellungnahmen und fachliche Einordnungen der BGE](#)

[Ihre Fragen und unsere Antworten](#)

[Datenbank Fachkonferenz Teilgebiete](#)

# ABKÜRZUNGEN

<b>BGE</b>	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
<b>BGR</b>	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
<b>DGM</b>	Digitales Geländemodell
<b>ewG</b>	Einschlusswirksamer Gebirgsbereich
<b>LfU</b>	Bayerisches Landesamt für Umwelt
<b>LfULG</b>	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
<b>LGRB</b>	Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (Baden-Württemberg)
<b>rvSU</b>	Repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen
<b>StandAG</b>	Standortauswahlgesetz
<b>TG</b>	Teilgebiet
<b>TLUBN</b>	Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz
<b>UR</b>	Untersuchungsraum
<b>WbB</b>	Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion

# LITERATUR (1/4)

- Bader, K. (2001): Der Grundgebirgsrücken in Mittelfranken (südlich von Nürnberg) nach refraktionsseismischen Messungen. In: K. Bram (Hrsg.), Der mittelfränkische Gebirgsrücken südlich Nürnberg. Geologisches Jahrbuch Reihe E, E58. S. 7 – 35. Hannover: Schweizerbart. ISBN 978-3-510-95873-3
- Bierbrauer, K., Oncken, O. (1996) Large-Scale Geometry of Migmatites — Implications for the Seismic Properties of Continental Crust. In: Oncken, O., Janssen, C. (eds) Basement Tectonics 11 Europe and Other Regions. Proceedings of the International Conferences on Basement Tectonics, vol 5. Springer, Dordrecht.  
[https://doi.org/10.1007/978-94-009-1598-5\\_9](https://doi.org/10.1007/978-94-009-1598-5_9)
- de Wall, Helga; Schaarschmidt, Anna; Kämmlin, Marion; Gabriel, Gerald; Bestmann, Michel; Scharfenberg, Lars (2019): Subsurface granites in the Franconian Basin as the source of enhanced geothermal gradients: a key study from gravity and thermal modeling of the Bayreuth Granite. In: Geol Rundsch 108 (6), S. 1913 – 1936.  
DOI: 10.1007/s00531-019-01740-8.
- Göthel, M. (2001): Das autochthone und allochthone Paläozoikum des „Görlitzer Schiefergebirges“ (Mitteleuropäische Varisziden, Deutschland). Zeitschrift für geologische Wissenschaften, Bd. 29 (1/2). S. 55 – 3. ISSN 0303-4534

## LITERATUR (2/4)

- Göthel, M. (2016): Lithologische Interpretation und stratigraphisches Niveau der reflexionsseismischen Horizonte im Untergrund Brandenburgs einschließlich Berlins. Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge, Bd. 23 (1). S. 85 – 90
- Heinicke, J.; Stephan, T.; Alexandrakis, C.; Gaupp, R.; Buske, S. (2019): Alteration as possible cause for transition from brittle failure to aseismic slip: the case of the NW-Bohemia / Vogtland earthquake swarm region. Journal of Geodynamics, Bd. 124. S. 79 – 92. ISSN 02643707. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jog.2019.01.010>
- Hiller, A. & Schuppan, W. (2008): Geologie und Uranbergbau im Revier Schlema-Alberoda. Bergbaumonographie - Bergbau in Sachsen Band 14. 1. Aufl. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Dresden. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/12174/documents/11794>
- LfU (2020): Erste Fragen und Anmerkungen zum Zwischenbericht Teilgebiete der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) bezüglich der identifizierten Gebiete in Bayern. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Augsburg
- LfULG (2021): Fachstellungnahme des LfULG zum „Zwischenbericht Teilgebiete gemäß § 13 StandAG“ der Bundesgesellschaft für Endlagerung vom 28.09.2020 – zur Betroffenheit des Freistaates Sachsen. Sächsisches Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie (LfULG). Freiberg

## LITERATUR (3/4)

- LfULG (2021): INSPIRE-Web-Dienste Geologische Karte Lausitz-Jizera-Karkonosze 1:100.000 (GK 100 LJK) [online] LfULG. [Zugriff am: 12.12.2023]. Verfügbar unter [https://geoportal.sachsen.de/cps/karte.html?showmap=true&service=https://geodienste.sachsen.de/iwms\\_gsz\\_geologie\\_gk100\\_ljk/guest?](https://geoportal.sachsen.de/cps/karte.html?showmap=true&service=https://geodienste.sachsen.de/iwms_gsz_geologie_gk100_ljk/guest?)
- LGRB (2021): Fachliche Stellungnahme des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau zum Zwischenbericht Teilgebiete. Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie Rohstoffe und Bergbau (LGRB). Freiburg i. Br.
- LIAG – Skiba, P.; Gabriel, G.; Scheibe, R.; Seidemann, O.; Vogel, D.; Krawczyk, C.; Vinnemann, C. (2010): Schwerekarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 [online] Hannover: LIAG - Institut für Angewandte Geophysik. [Zugriff am: 08.03.2021]. Verfügbar unter <https://www.leibniz-liag.de/forschung/methoden/gravimetrie-magnetik/bouguer-anomalien.html>
- Schreiber, U. & Jentzsch, G. (2021): Vulkanische Gefährdung in Deutschland. Bewertung möglicher vulkanischer Aktivitäten der nächsten 1 Million Jahre in Deutschland inklusive Festlegung der Gebiete mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit in diesem Zeitraum. BGE TECHNOLOGY GmbH. Bonn

## LITERATUR (4/4)

- 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
- TLUBN (2021): Validierung des Zwischenberichts „Teilgebiete“ für Thüringen. Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN). Thüringen



## **BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG**

**DR. MATTHIAS BAUER, DR. KAY BIERBRAUER**

Abteilung Standortsuche

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



Die Newsletter der BGE

