

Möglichkeiten zur Einengung der Teilgebiete im kristallinen Wirtsgestein



Diskussionsbeitrag zum BGE-Vorschlag
„Erweiterung der Mindestteufe“

Bernhard Schuck

Lisa Richter

Nicole Schubarth-Engelschall

Lukas Pollok

18.04.2023

www.bgr.bund.de

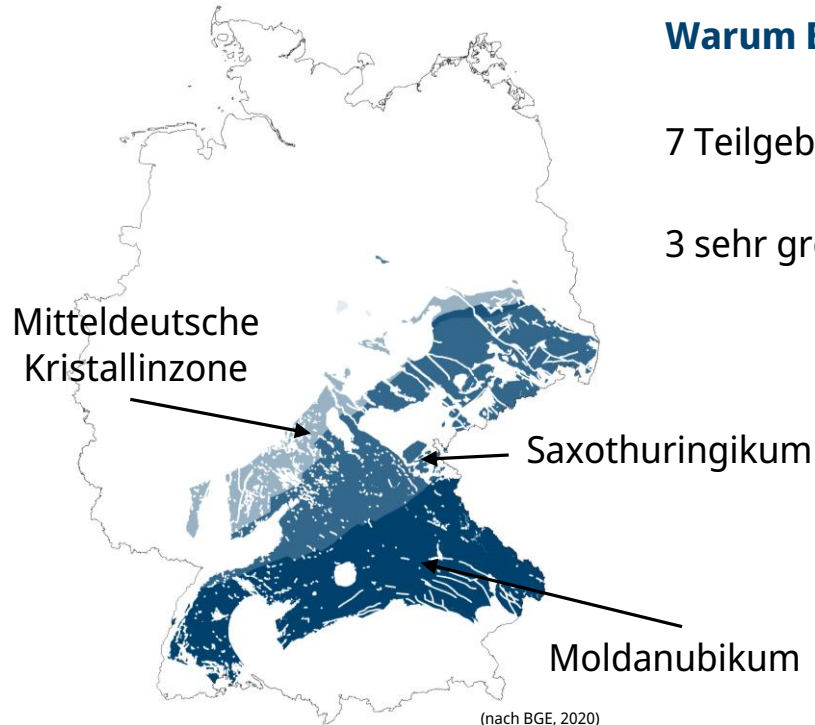
Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

Möglichkeiten zur Einengung der Teilgebiete im kristallinen Wirtsgestein

Warum Einengung?

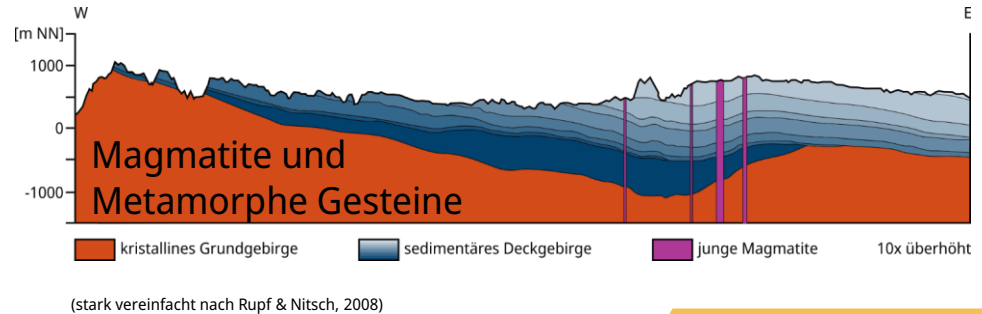
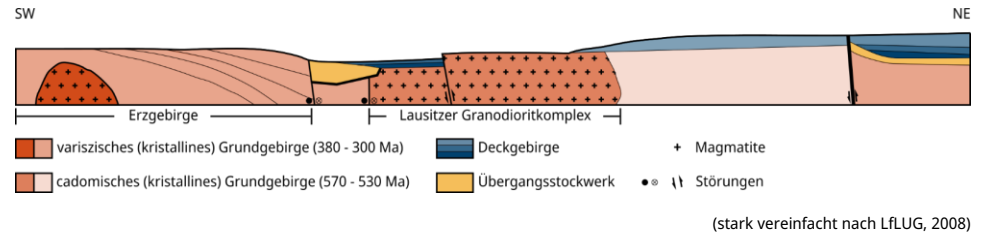
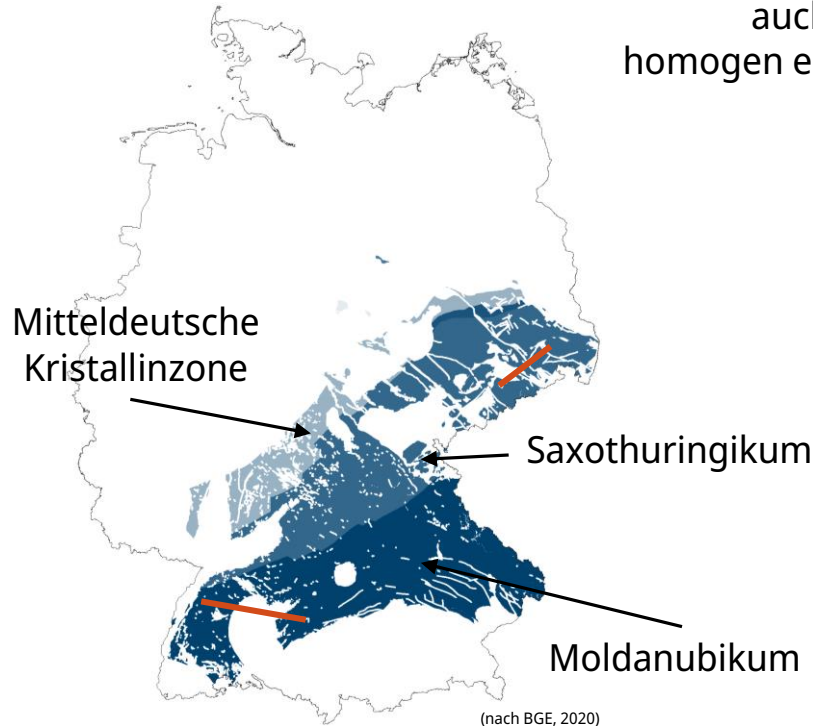
7 Teilgebiete im kristallinen Wirtsgestein ($\approx 23\%$ der Bundesfläche)

3 sehr große Teilgebiete: $\approx 98\%$ der Teilgebiete im kristallinen WG
 $\approx 22\%$ der Bundesfläche



Möglichkeiten zur Einengung der Teilgebiete im kristallinen Wirtsgestein

auch wenn die Teilgebiete aufgrund der Namensgebung homogen erscheinen, kann der **geologische Rahmen erheblich variieren**



Möglichkeiten zur Einengung der Teilgebiete im kristallinen Wirtsgestein



(1) Überarbeitung der Definition des kristallinen Wirtsgesteins

69. NBG-Sitzung (09.12.2022) – Gutachten von Jan Behrmann

(2) Anpassung der Mindestteufe

Relevante Einengung möglich?

Falls ja, wie ist die Datenlage, um die Anpassung belastbar zu begründen?

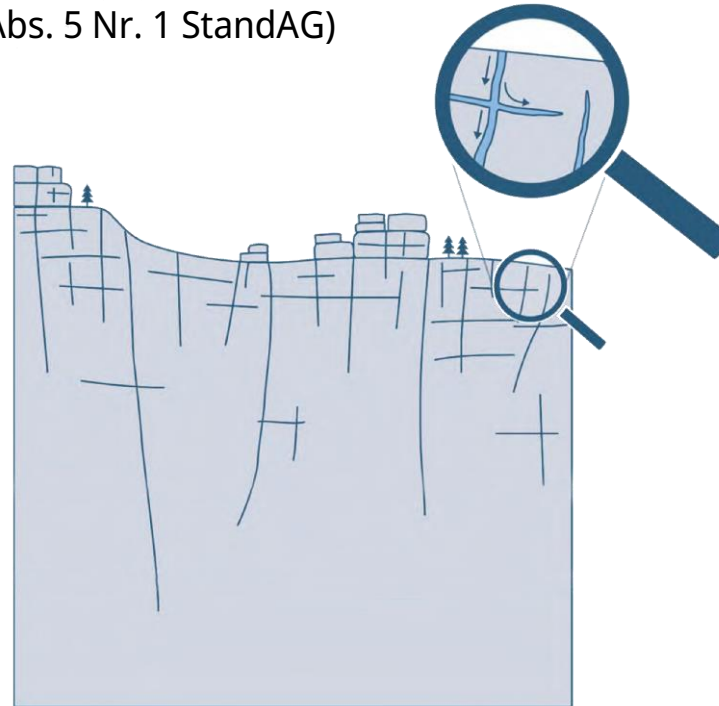
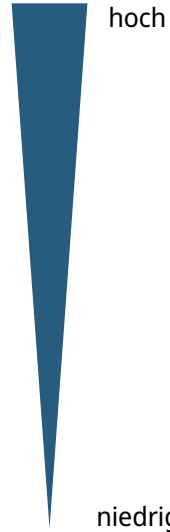
Anpassung der Mindestteufe – Ausgangslage

Gebirgsdurchlässigkeit $k_f < 10^{-10} \text{ ms}^{-1}$ (§23 Abs. 5 Nr. 1 StandAG)

**Kluft- und
Störungsdichte**



**Gebirgs-
durchlässigkeit**



(nach BGE, 2023)

Anpassung der Mindesttiefe – Ausgangslage



Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

Stand 28.03.2022

Youtube, 70. NBG-Sitzung (10.01.2023)

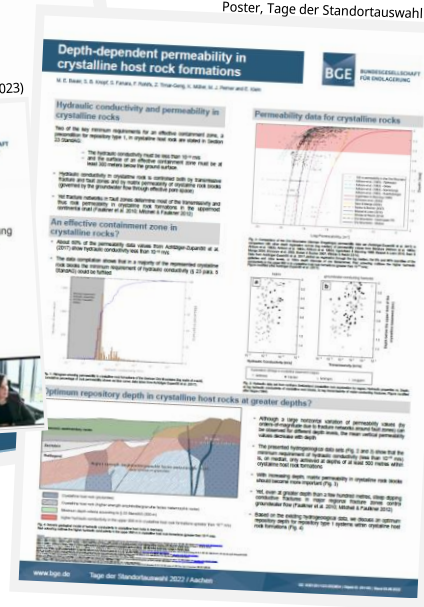


ARBEITSHYPOTHESE Mindesttiefe innerhalb kristalliner Wirtgesteinsformationen

- Abstimmungsinhalt**
Der Vorschlag sieht vor, eine pauschale Mindesttiefe von 500 m direkt bezogen auf die obere Begrenzung von kristallinen Wirtgesteinsformationen anzuwenden. Der Entscheidungsvorschlag wird zunächst als Arbeitshypothese eingestuft und wird nach erfolgreichem externen Review neu hinterfragt.
- Entscheidung**
28.09.2022 unverändert beschlossen als Arbeitshypothese
- Wiedervorlage**
Zu März 2023



Poster, Tage der Standortwahl 2022



Standortauswahl

9S2016010000

Stellungnahme der BGR zur Methodenentwicklung für die repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen der BGE



Stellungnahme

Hannover, Juni 2022



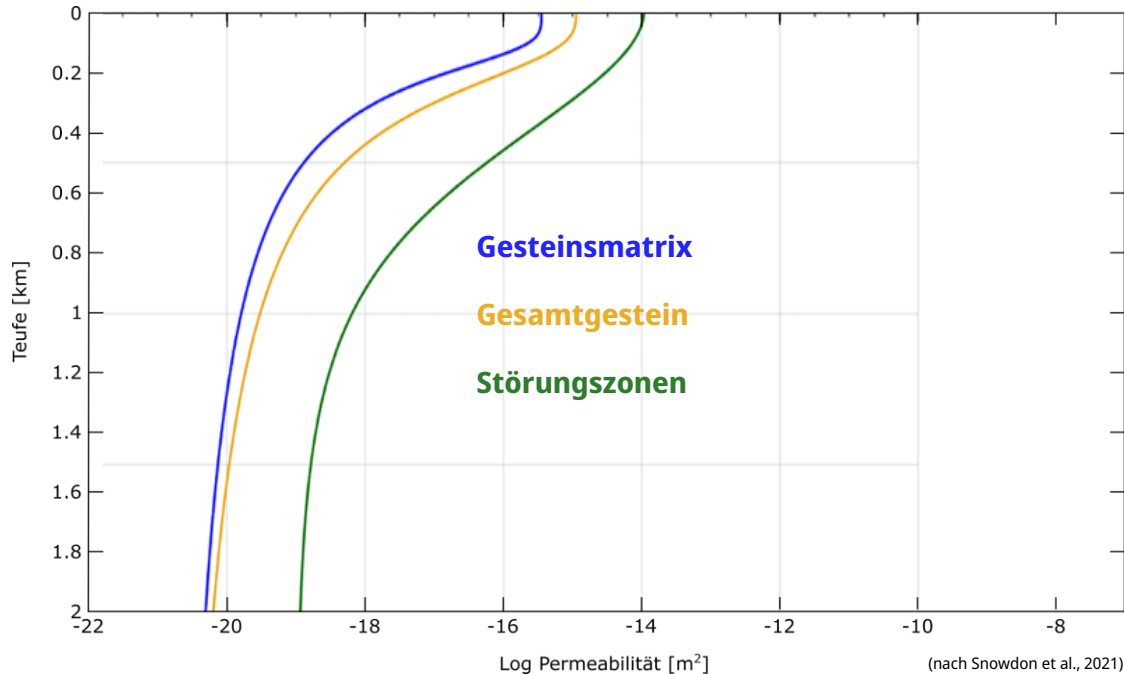
Fachliche Einordnung zur „Stellungnahme der BGR zur Methodenentwicklung für die repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen der BGE“ vom 01.07.2022

Stand 19.01.2023

Geschäftszeichen: 9GG10116-69-302263-01grhl ID: 8474601 - Revision: 00

Anpassung der Mindestteufe – Ausgangslage

Gebirgsdurchlässigkeit $k_f = 10^{-10} \text{ ms}^{-1} \triangleq$ Permeabilität $K \approx 10^{-17} \text{ m}^2$



Grundsätzliche Zusammenhänge, für den (kristallinen) **kanadischen Schild**

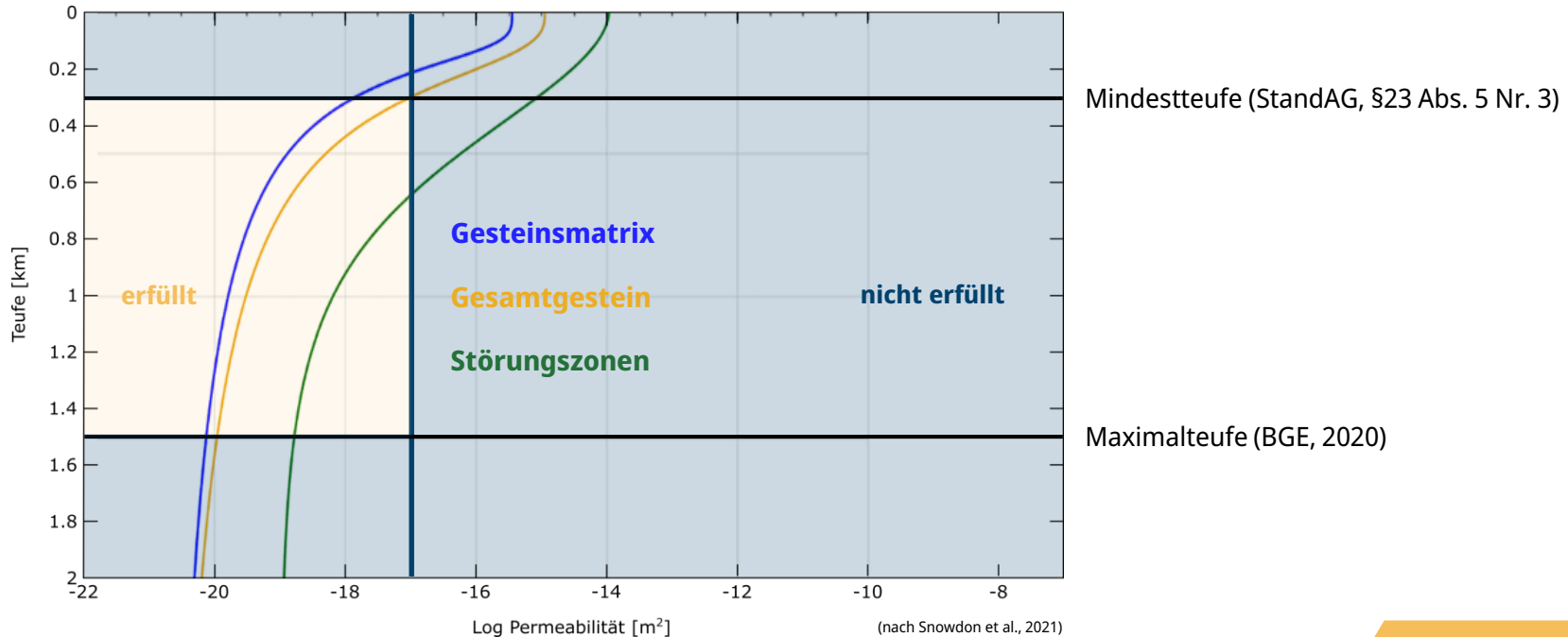
Rutqvist & Stephansson (2003) und Rutqvist (2015) zu **geklüftetem Gestein**

Die am deutlichsten ausgeprägte Tiefenabhängigkeit ist für die obersten **100 bis 300m** gegeben.

In größerer Tiefe sind Störungen bis auf eine Restpermeabilität verschlossen.

Anpassung der Mindestteufe – Ausgangslage

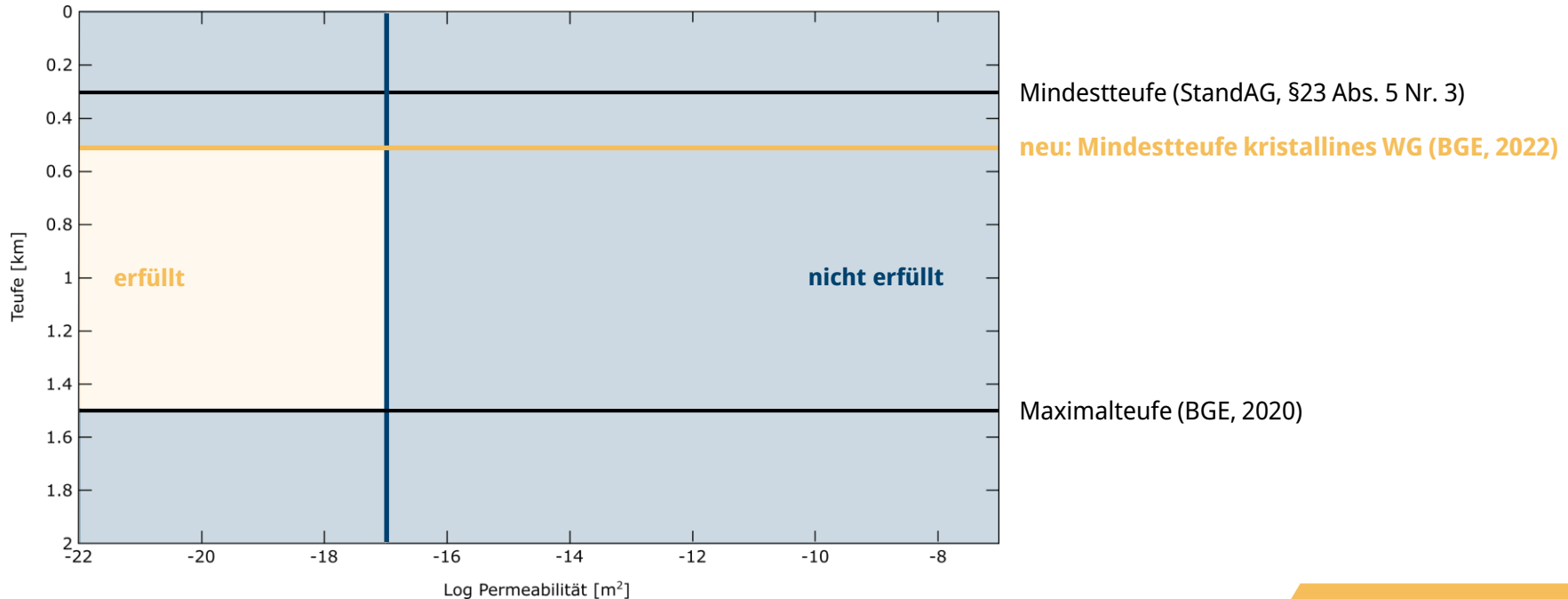
Gebirgsdurchlässigkeit $k_f = 10^{-10} \text{ ms}^{-1} \triangleq$ Permeabilität $K \approx 10^{-17} \text{ m}^2$



Anpassung der Mindestteufe – Ausgangslage

BGE: 500m Mindestteufe für Kristallin

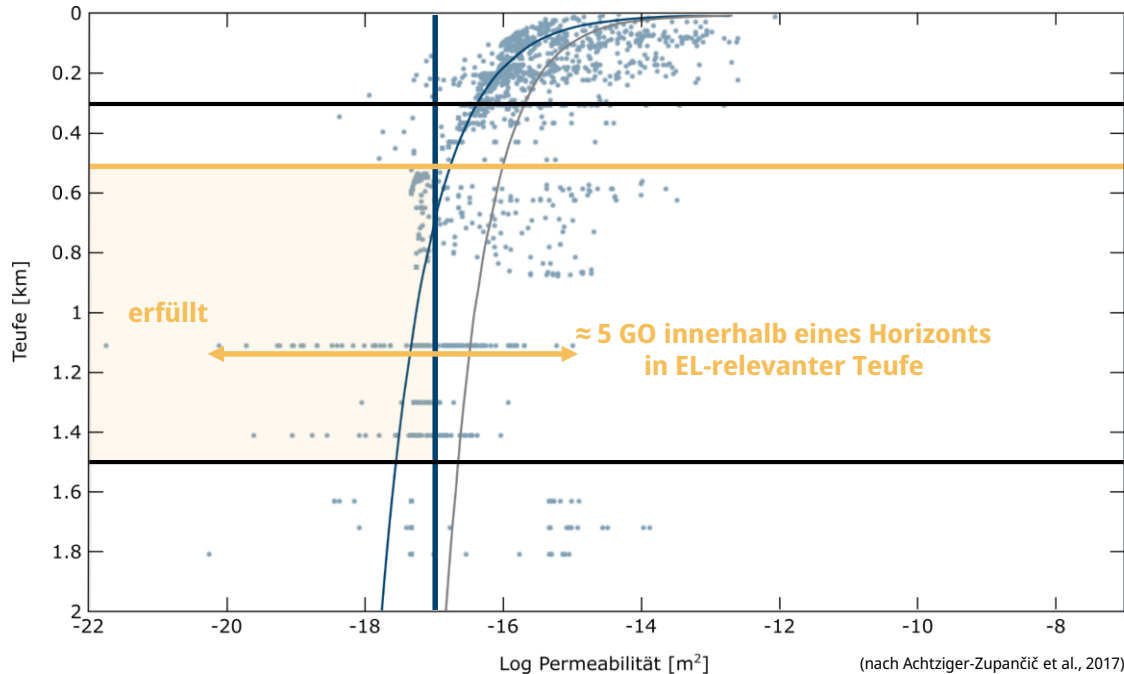
Gebirgsdurchlässigkeit $k_f = 10^{-10} \text{ ms}^{-1} \triangleq$ Permeabilität $K \approx 10^{-17} \text{ m}^2$



Anpassung der Mindestteufe – die Datenlage

im Erzgebirge

BGE: ~~in Deutschland~~ wird Mindestanforderung $K < \approx 10^{-17} \text{ m}^2$ im Median erst für $z \geq 500\text{m}$ u. GOK erfüllt



Schwarzwald (Stober & Bucher, 2007)

kristallines Grundgebirge
(Geothermie, geklüftete Aquifere)

Erzgebirge (Achtziger-Zupančič et al., 2017)

kristallines Grundgebirge
(Bergbau, geklüftet)

● Messwerte

— Median

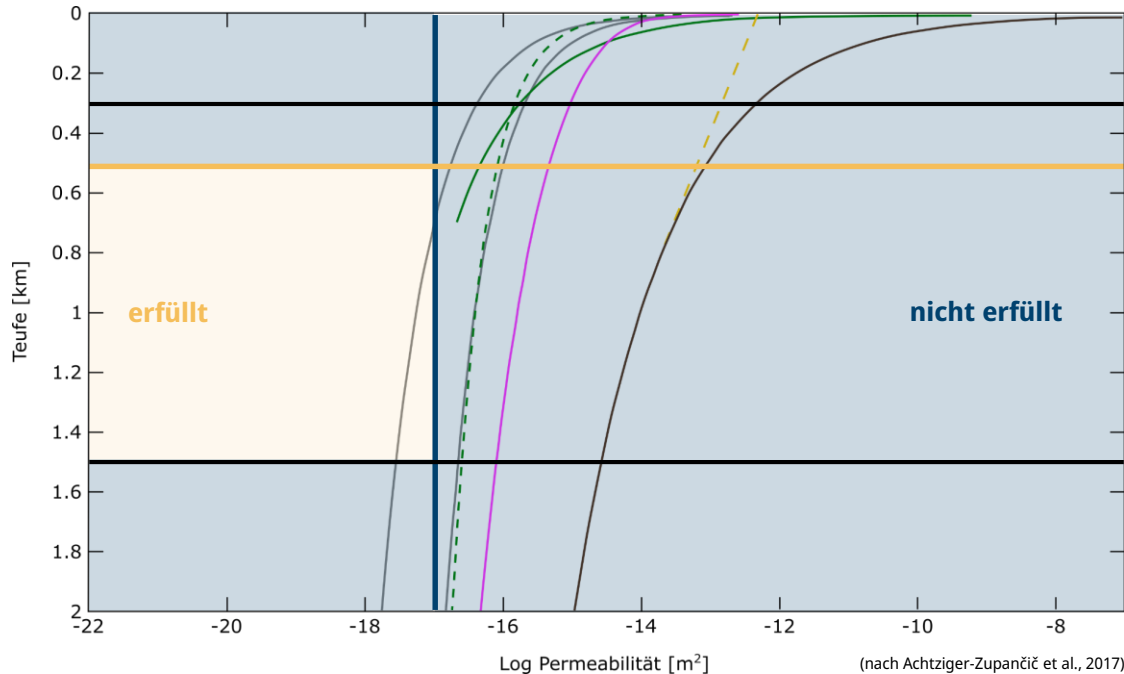
Schlussfolgerungen



- (1) Der **verwendete Datensatz** ist **nicht geeignet**, um **pauschale Aussagen** zu Durchlässigkeiten in Endlager-geeigneten kristallinen Wirtsgesteinen zu tätigen

Anpassung der Mindestteufe – die Datenlage

Und anderswo?



Alpen (intensive tektonische Überprägung)

--- Masset & Loew (2010)

— Winkler & Reichl (2014)

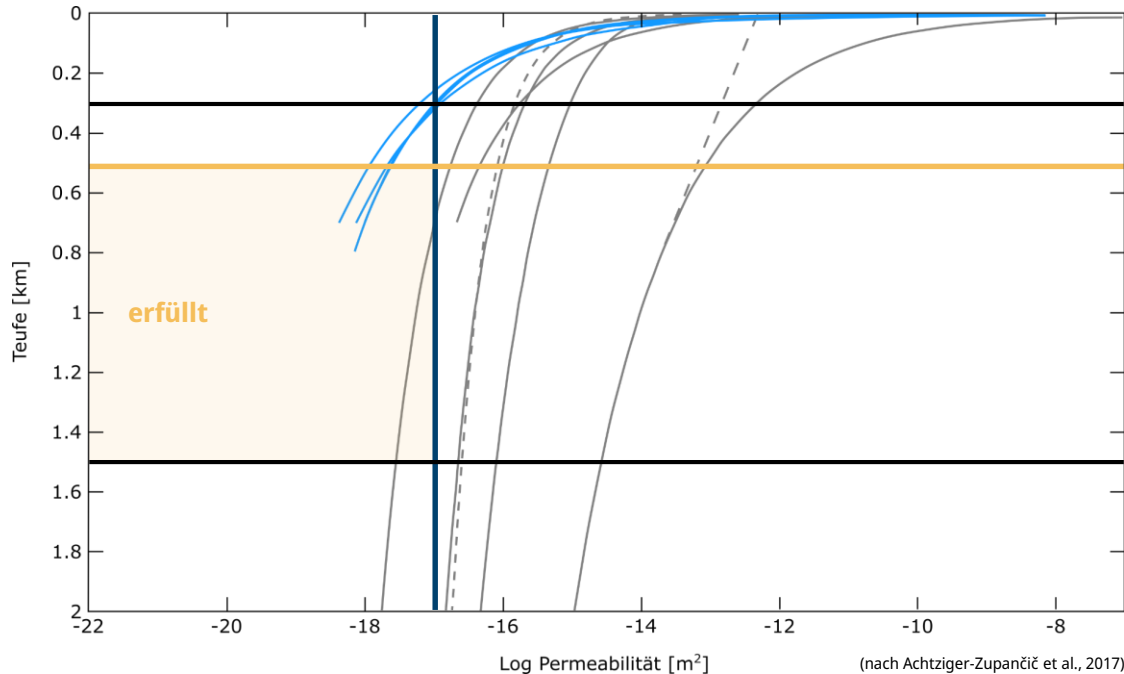
Labormessungen (Shmonov et al., 2003)

vulkanischer Inselbogen (Saar & Manga, 2004)

Sedimentbecken und Labormessungen
(Ingebritsen & Manning, 1999)

Anpassung der Mindestteufe – die Datenlage

Und anderswo? Wird die Mindestanforderung überhaupt irgendwo erfüllt?



Baltischer Schild (Ahlbom et al., 1983a - d)
kristallines Grundgebirge (Granite & Gneise, zu unterschiedlichen Anteilen partiell aufgeschmolzen, d.h. migmatisiert)

- (1) Der **verwendete Datensatz** ist **nicht geeignet**, um **pauschale Aussagen** zu Durchlässigkeiten in Endlager-geeigneten kristallinen Wirtsgesteinen zu tätigen
- (2) Uns ist **kein Datensatz bekannt**, der **pauschale Aussagen** zur Gebirgsdurchlässigkeit zulässt
- (3) Möglicherweise kann die Mindestteufe **in Abhängigkeit** des jeweiligen **geologischen Rahmens** (und ggf. der Gesteinsart) angepasst werden (Analogieschlüsse, falls Übertragbarkeit gegeben)

Möglichkeiten zur Einengung der Teilgebiete im kristallinen Wirtsgestein



(1) Überarbeitung der Definition des kristallinen Wirtsgesteins

69. NBG-Sitzung (09.12.2022) – Gutachten von Jan Behrmann

(2) Anpassung der Mindestteufe

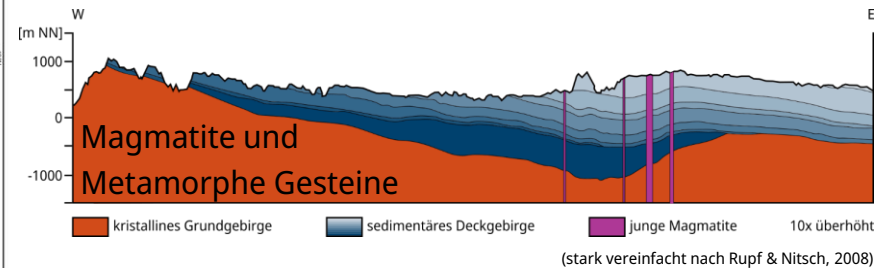
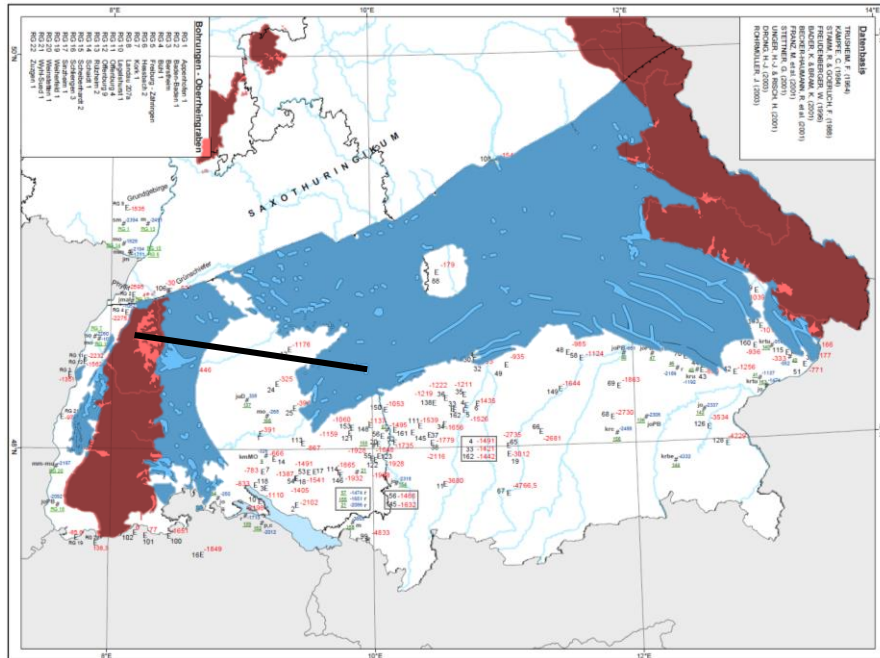
Relevante Einengung möglich?

Falls ja, wie ist die Datenlage, um die Anpassung belastbar zu begründen?

(3) Umgang mit überdecktem kristallinen Wirtsgestein?

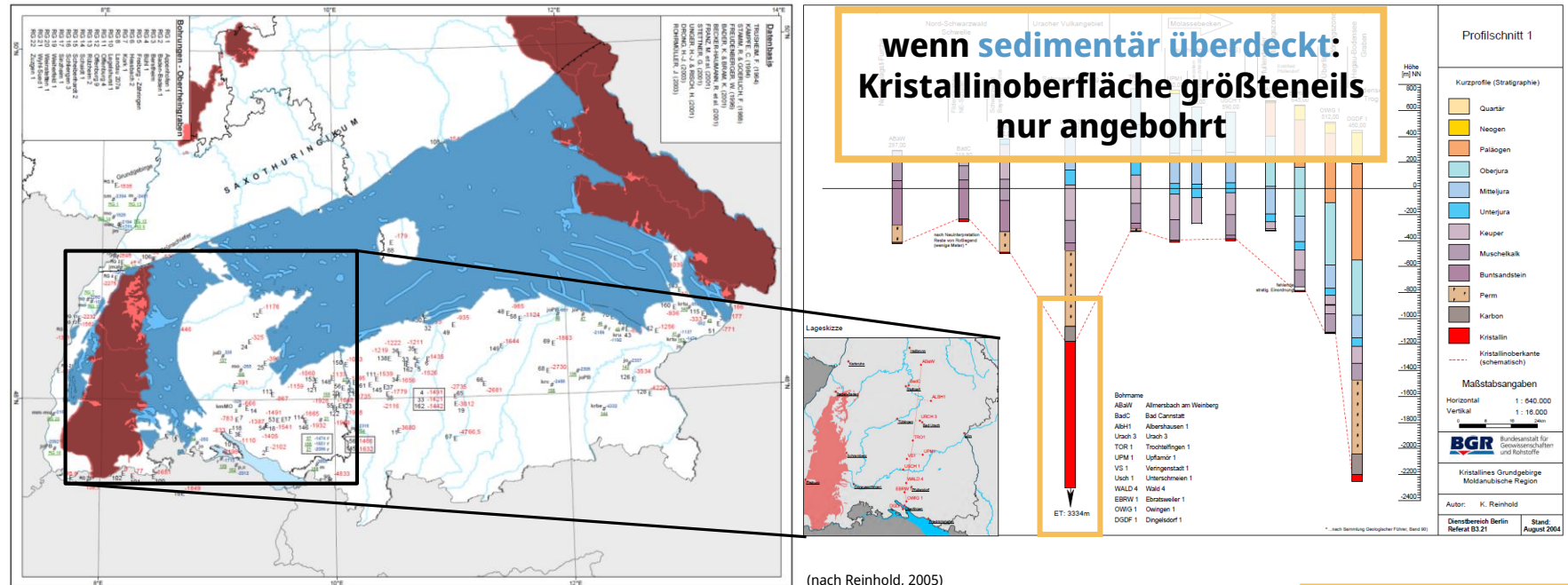
Umgang mit überdecktem kristallinen Wirtsgestein?

Beispiel Moldanubikum: überdecktes und anstehendes kristallines Wirtsgestein



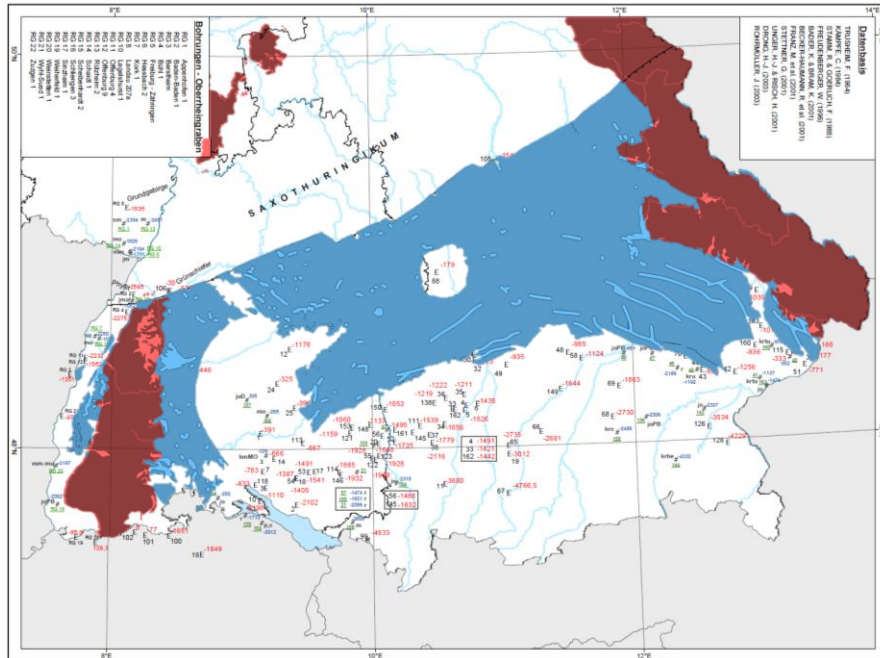
Umgang mit überdecktem kristallinen Wirtsgestein?

Beispiel Moldanubikum: überdecktes und anstehendes kristallines Wirtsgestein



Umgang mit überdecktem kristallinen Wirtsgestein?

Beispiel Moldanubikum: **anstehendes** und **überdecktes** kristallines Wirtsgestein



Welche Erfahrungen mit überdecktem kristallines Wirtsgestein gibt es in anderswo?

Schweiz, nach langjähriger Erkundung (HSK, 2004):

Übertragbarkeit der Daten aus Kristallin **unter mächtiger sedimentärer Überdeckung** kaum möglich

Im Rahmen der Erkundung konnte die Gebirgsdurchlässigkeit nicht quantitativ bewertet werden

(nach Reinhold, 2005)

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!**

Achtziger-Zupančič et al., 2017: Factors controlling the permeability distribution in fault vein zones surrounding granitic intrusions (Ore Mountains/Germany), doi: 10.1002/2016JB013619

Ahlbom et al., 1983c: Evaluation of the Geological, Geophysical and Hydrogeological Conditions at Fjällveden, 76 pp., SKBF/KBS, Stockholm

Ahlbom et al., 1983b: Evaluation of the Geological, Geophysical and Hydrogeological Conditions at Gideå, 70 pp., SKBF/KBS, Stockholm

Ahlbom et al., 1983a: Evaluation of the Geological, Geophysical and Hydrogeological Conditions at Kamlunge, 66 pp., SKBF/KBS, Stockholm

Ahlbom et al., 1983d: Evaluation of the Geological, Geophysical and Hydrogeological Conditions at Svartboberget, 69 pp., SKBF/KBS, Stockholm

BGE – Bundesgesellschaft für Endlagerung, 2020: Zwischenbericht Teilgebiete gem. §13 StandAG

BGE – Bundesgesellschaft für Endlagerung, 2023: Aktuelles aus dem Entscheidungsmanagement der letzten 6 Monate, Vortrag bei der 70. NBG-Sitzung

Hann et al., 2014: Kristallines Grundgebirge der Geothermiebohrungen Urach 3 und Urach 4; in: Geologische Ergebnisse der Geothermiebohrungen Urach 1, Urach 3 und Urach 4. LGRB-Informationen 29, 113 – 152

HSK – Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlage, 2004: Stellungnahme zur Sicherheitsanalyse Kristallin-I der NAGRA, Würenlingen, 110 S.

Ingebritsen & Manning, 1999: Geological implications of a permeability-depth curve for the continental crust. *Geology* 27, 1107 – 1110

LfULG – Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie: Webseite „Der geologische Aufbau Sachsens im Überblick“, aufgerufen am 6. April 2023



- Masset & Loew, 2010: Hydraulic conductivity distribution in crystalline rocks, derived from inflows to tunnels and galleries in the Central Alps, Switzerland, doi: 10.1007/s10040-009-0569-1
- Reinhold, 2005: Tiefenlage der Kristallin-Oberfläche in Deutschland, Abschlussbericht, BGR, Hannover
- Rupf & Nitsch, 2008: Das Geologische Landesmodell von Baden-Württemberg: Datengrundlagen, technische Umsetzung und erste geologische Ergebnisse. LGRB-Informationen 21, 82 S.
- Rutqvist & Stephansson, 2003: The role of hydromechanical coupling in fractured rock engineering, doi: 10.1007/s10040-002-0241-5
- Rutqvist, 2015: Fractured rock stress-permeability relationships from in situ data and effects of temperature and chemical-mechanical couplings, doi: 10.1111/gfl.12089
- Saar & Manga, 2004: Depth dependence of permeability in the Oregon Cascades inferred from hydrogeologic, thermal, seismic, and magmatic modeling constraints, doi: 10.1029/2003JB002855

Shmonov et al., 2003: Permeability of the continental crust: implications of experimental data, doi: 10.1016/S0375-6742(03)00129-8

Snowdon et al., 2021: Analysis of Crystalline Rock Permeability Versus Depth in a Canadian Precambrian Rock Setting, doi: 10.1029/2020JB020998

Stober & Bucher, 2007: Hydraulic properties of the crystalline basement, doi: 10.1007/s10040-006-0094-4

Winkler & Reichl, 2014: Scale dependent hydraulic investigations of faulted crystalline rocks—Examples from the Eastern Alps, Austria, *Fractured Rock Hydrogeology* 20, 181–196