

Wirtsgesteine und geowissenschaftliche Kriterien in internationalen Endlagerkonzepten

Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)



Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

GEOZENTRUM HANNOVER

Betrachtete Wirtsgesteine international

Land	Wirtsgestein für hoch radioaktive Abfälle
Deutschland	Steinsalz, Tonstein, Kristallin
Frankreich	Tonstein
Belgien	Ton
Finnland	Kristallin
Großbritannien	Kristallin, Tonstein, derzeit offen
Schweden	Kristallin
Spanien	Kristallin, Ton, Salzgestein, derzeit 60 J. Zwischenlagerung
Niederlande	Steinsalz, Tonstein, derzeit 100 J. Zwischenlagerung
Kanada	Kalkstein überlagert von Tonstein, Kristallin
Russland	Kristallin
Tschechische Republik	Kristallin
Ungarn	Tonstein
Schweiz	Tonstein, Kristallin
China	Kristallin
USA	Tuff, Steinsalz, derzeit offen
Japan	Kristallin, Sedimentgesteine

Länder beispielhaft

Kristallin: magmatische oder hochmetamorphe Gesteine
(z. B. Granite, Gneise, Basalt)

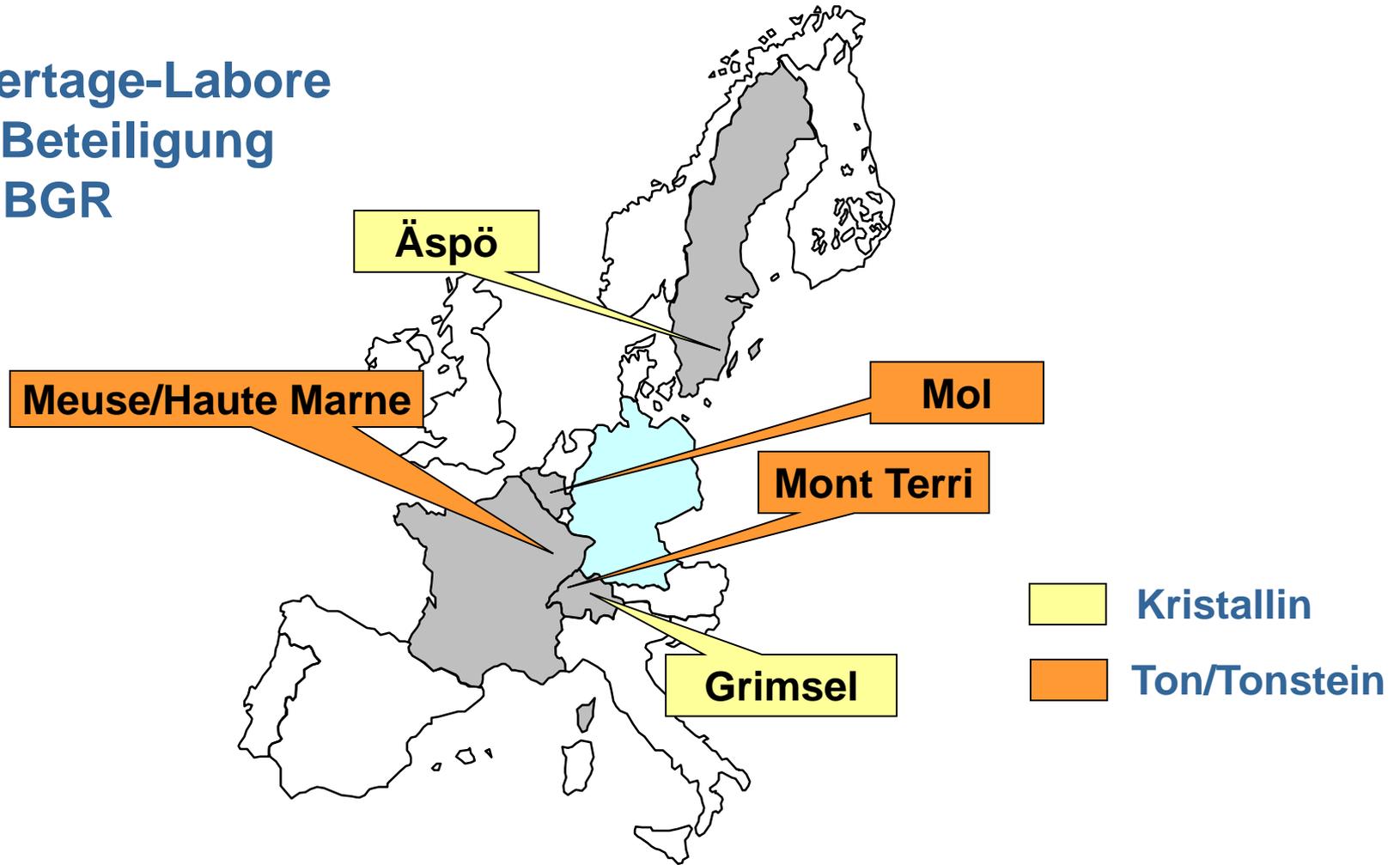


Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

GEOZENTRUM HANNOVER

Internationale Zusammenarbeit

Untertage-Labore
mit Beteiligung
der BGR



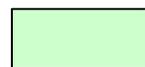


Warum Forschung in Felslabors?

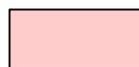
- In-situ-Messtechniken für Wirtsgesteine erproben und optimieren
- Internationalen Stand von Wissenschaft und Technik halten
- Daten erheben und Synergien nutzen
- Know-how-Transfer auf Gesteinsformationen in Deutschland
- Entscheidungsgrundlage für die Vorgehensweise in Deutschland

Eigenschaften der Wirtsgesteine

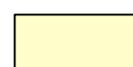
<i>Eigenschaft</i>	<i>Steinsalz</i>	<i>Ton/Tonstein</i>	<i>Kristallingestein (z. B. Granit)</i>
Temperaturleitfähigkeit	hoch	gering	mittel
Hydraul. Durchlässigkeit	praktisch undurchlässig	sehr gering bis gering	sehr gering (ungeklüftet) bis durchlässig (geklüftet)
Festigkeit	mittel	gering bis mittel	hoch
Verformungsverhalten	viskos (Kriechen)	plastisch bis spröde	spröde
Hohlraumstabilität	Eigenstabilität	Ausbau notwendig	hoch (ungeklüftet) bis gering (stark geklüftet)
In-situ Spannungen	lithostatisch isotrop	anisotrop	anisotrop
Löslichkeit (in Wasser)	hoch	sehr gering	sehr gering
Rückhaltevermögen	sehr gering	sehr hoch	mittel bis hoch
Temperaturbelastbarkeit	hoch	gering	hoch



günstig



ungünstig



mittel

Geowissenschaftliche Kriterien im StandAG

(§ 4, Absatz 2):

- geowissenschaftliche (...) **Ausschlusskriterien** und **Mindestanforderungen** im Hinblick auf die Eignung geologischer Formationen für die Endlagerung
- **wirtsgesteinsspezifische** **Ausschluss-** und **Auswahlkriterien** für die möglichen Wirtsgesteine Salz, Ton und Kristallin
- wirtsgesteinsunabhängige **Abwägungskriterien**

(§ 15, Absatz 1):

- standortbezogene **Prüfkriterien**

Geowissenschaftliche Kriterien nach AkEnd

(AkEnd 2002, Seite 70):

Auswahlkriterien sind:

- Geowissenschaftliche **Ausschlusskriterien** und **Mindestanforderungen** (Schritt 1)
- Geowissenschaftliche **Abwägungskriterien** (Schritt 2)

Sie dienen der Identifizierung und vergleichenden Beurteilung der „**günstigen geologischen Gesamtsituationen**“
ohne Vorfestlegung auf ein Wirtsgestein.

Geowissenschaftliche Auswahlkriterien in der Schweiz

Kriterien zur Standortevaluation hinsichtlich Sicherheit und technischer Machbarkeit

Kriteriengruppe	Kriterien
1. Eigenschaften des Wirtgesteins bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches	1.1 Räumliche Ausdehnung 1.2 Hydraulische Barrierenwirkung 1.3 Geochemische Bedingungen 1.4 Freisetzungspfade
2. Langzeitstabilität	2.1 Beständigkeit der Standort- und Gesteinseigenschaften 2.2 Erosion 2.3 Lagerbedingte Einflüsse 2.4 Nutzungskonflikte
3. Zuverlässigkeit der geologischen Aussagen	3.1 Charakterisierbarkeit der Gesteine 3.2 Explorierbarkeit der räumlichen Verhältnisse 3.3 Prognostizierbarkeit der Langzeitveränderungen
4. Bautechnische Eignung	4.1 Felsmechanische Eigenschaften und Bedingungen 4.2 Untertägige Erschliessung und Wasserhaltung

aus BFE (2008): Sachplan geologische Tiefenlager

Geowissenschaftliche Auswahlkriterien im Vergleich

Schweiz (Auszug aus Sachplan)

- 1 Eigenschaften des Wirtsgesteins bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs**
 - 1.1 Mächtigkeit, laterale Ausdehnung, Verbreitung, Tiefenlage, geol.-tekt. Verhältnisse (regionale Störungen, glaziale Rinnen, Fremdeinschlüsse), Platzbedarf
 - 1.2 Geringe hydraulische Durchlässigkeit
 - 1.3 Gutes Radionuklid-Rückhaltevermögen
 - 1.4 Art und Verteilung möglicher Transportpfade
- 2 Langzeitstabilität**
 - 2.1 Geringe Neigung zu Bildung neuer Wasserwegsamkeiten (durch Neotektonik, Erdbeben, Vulkanismus), bei Deformation Neigung zu Selbstabdichtung von Rissen/Klüften/Störungen
 - 2.2 Geringe Erosion und/oder große Tiefenlage
 - 2.3 Wenig wärmeempfindlich bezüglich hydraulischen, stofflichen und felsmechanischen Eigenschaften
 - 2.4 Nutzungskonflikte
- 3 Zuverlässigkeit der geologischen Aussagen**
 - 3.1 Gute Charakterisierbarkeit der Gesteine
 - 3.2 Einfache Lagerungsverhältnisse und Geometrie, räumlich gut inter- und extrapolierbar
 - 3.3 Genügend prognostizierbar über die erforderlichen Zeiträume, Einschluss alter Porenwässer
- 4 Bautechnische Eignung**

Deutschland (Auszug aus AkEnd)

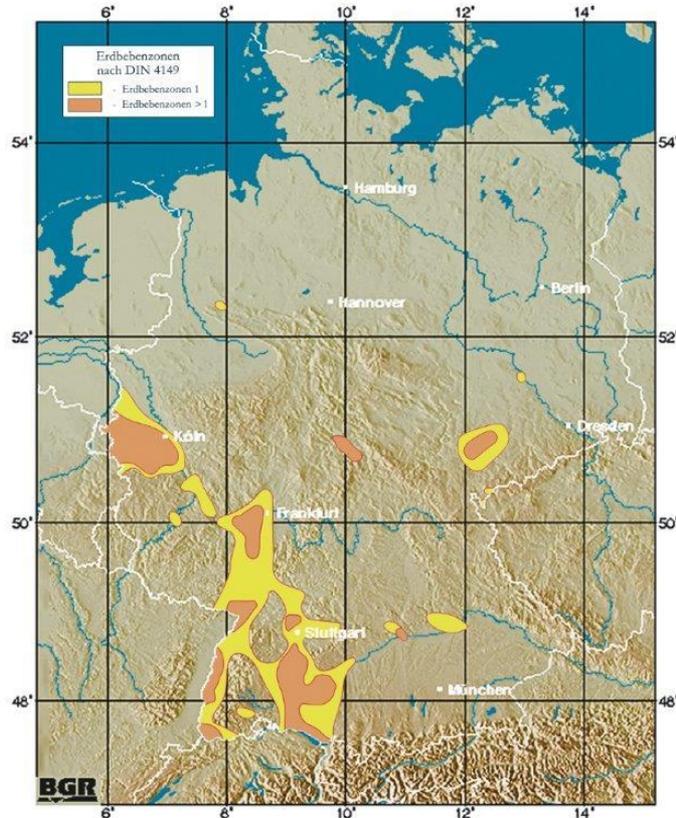
- 1.1 Ausschlusskriterien**
 - 1.1.1 Großräumige Vertikalbewegungen
 - 1.1.2 Aktive Störungszonen
 - 1.1.3 Seismische Aktivität
 - 1.1.4 Vulkanische Aktivität
 - 1.1.5 Grundwasseralter
- 1.2 Mindestanforderungen**
 - 1.2.1 Gebirgsdurchlässigkeit: $< 10^{-10}$ m/s
 - 1.2.2 Mindestmächtigkeit: 100 m,
 - 1.2.3 Mindestteufe: 300 m, Maximalteufe 1500 m
 - 1.2.4 Mindestausdehnung: Salz 3 km², Ton/Granit 10 km²
 - 1.2.5 Keine Gebirgsschlaggefährdung
 - 1.2.6 Einhaltung der Mindestmächtigkeit, -ausdehnung und Gebirgsdurchlässigkeit für 1 Million Jahre
- 2 Abwägungskriterien**
 - 2.1.1 kein oder nur langsamer GW-Transport
 - 2.1.2 günstige Konfiguration von Wirtsgestein und EWG
 - 2.1.3 Gute räumliche Charakterisierbarkeit
 - 2.1.4 gute Prognostizierbarkeit
 - 2.2.1 günstige gebirgsmechanische Voraussetzungen
 - 2.2.2 Geringe Neigung zur Bildung von Wasserwegsamkeiten
 - 2.3.1 gute Gasverträglichkeit
 - 2.3.2 gute Temperaturverträglichkeit
 - 2.3.3 hohes Rückhaltevermögen
 - 2.3.4 günstige hydrochemische Verhältnisse



Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

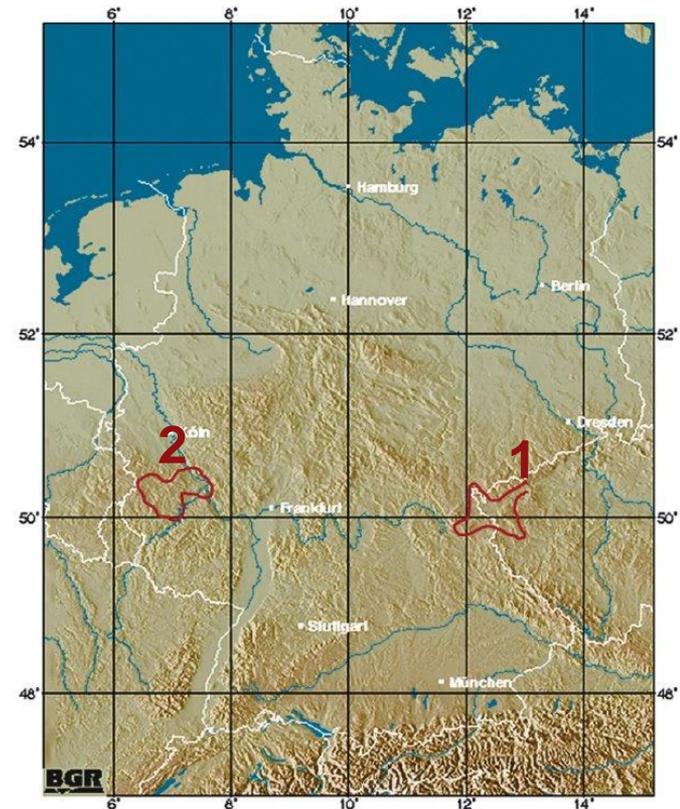
Ausschlusskriterien nach AkEnd

Seismische Aktivität



Karte der Erdbebenzonen Deutschlands nach DIN 4149

Vulkanische Aktivität



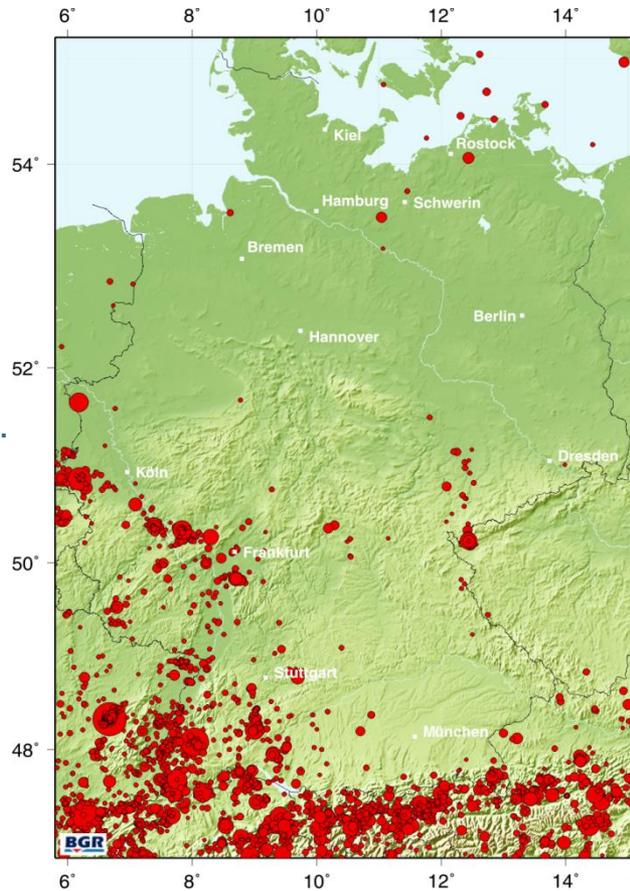
Karte der Gebiete in Deutschland mit einer vulkanischen Gefährdung (1: Vogtland, 2: Eifel)

Kriterien in der Praxis: Seismische Aktivität

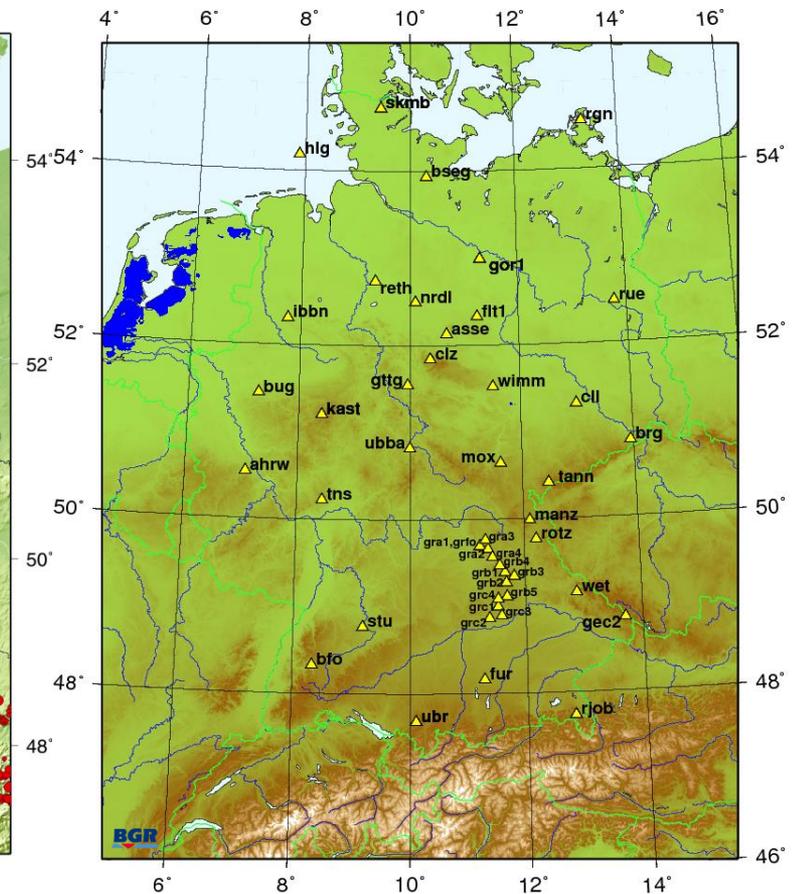
Daten für dieses Kriterium liegen für Deutschland vor.

Zentrale Sammelstelle und Datenarchiv der seismologischen Einrichtungen in Deutschland ist die BGR.

Der „Erdbebenkatalog für Deutschland“ enthält alle verzeichneten Erdbeben der Jahre 800 bis 2008. Er wird seither von der BGR erweitert.



Erdbebenkarte aller natürlichen Erdbeben seit 1995 ab Magnitude 2



Seismologische Breitbandstationen des Deutschen Regionalnetzes (GRSN)

Kriterien in der Praxis: Permeabilität



Permeabilitätsmessungen der BGR im Tonstein in Mont Terri (Schweiz)

Daten zu diesem Kriterium liegen für verschiedene Wirtsgesteine vor. Hierbei gilt es zu beachten, wo und wie das Kriterium ermittelt wurde.

Permeabilität (k)	Steinsalz	Opalinuston	Granit (ungeklüftet)
Labor:	$k < 10^{-21} \text{ m}^2$	$k < 10^{-19} \text{ m}^2$	ca. 10^{-20} m^2
In-situ: "unverritztes" Gebirge	$k < 10^{-20} \text{ m}^2$	$k < 10^{-19} \text{ m}^2$	$k < 10^{-18} \text{ m}^2$
Auflockerungsbereich	$k < 10^{-14} \text{ m}^2$	$k < 10^{-16} \text{ m}^2$ bis 10^{-13} m^2	$k < 10^{-15} \text{ m}^2$

Datenquelle: BGR

Fazit

- Es gibt kein ideales Wirtsgestein!
International werden Tonstein, Steinsalz und Kristallin als mögliche Wirtsgesteine untersucht.
Entscheidend ist die günstige geologische Gesamtsituation.
- Die geologischen Verhältnisse in Deutschland sind gut erschlossen (K-MAT11), die Wirtsgesteine Steinsalz, Tonstein, Kristallin sind regional vorhanden (K-MAT4-6).
- Gute Erkundungsmethoden sind vorhanden.
- Forschungsergebnisse zur Charakterisierung der Wirtsgesteine in internationaler Kooperation sind notwendig (Angabe der Ermittlungsmethode).
- Kriterienarten müssen einheitlich und klar definiert sein.