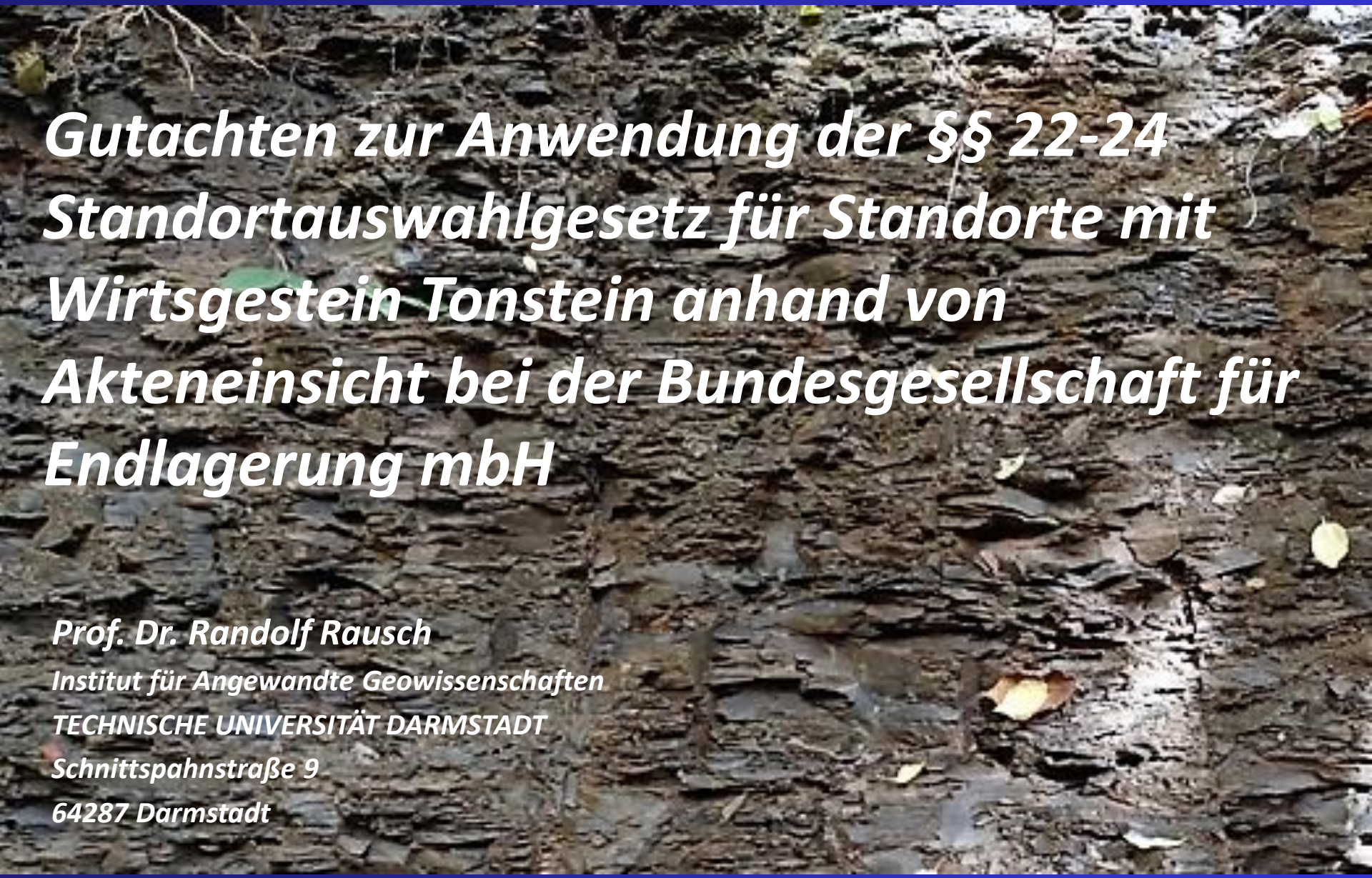


Gutachten zur Anwendung der §§ 22-24 Standortauswahlgesetz für Standorte mit Wirtsgestein Tonstein anhand von Akteneinsicht bei der Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH

Prof. Dr. Randolf Rausch
Institut für Angewandte Geowissenschaften
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
Schnittspahnstraße 9
64287 Darmstadt

Vorbemerkungen

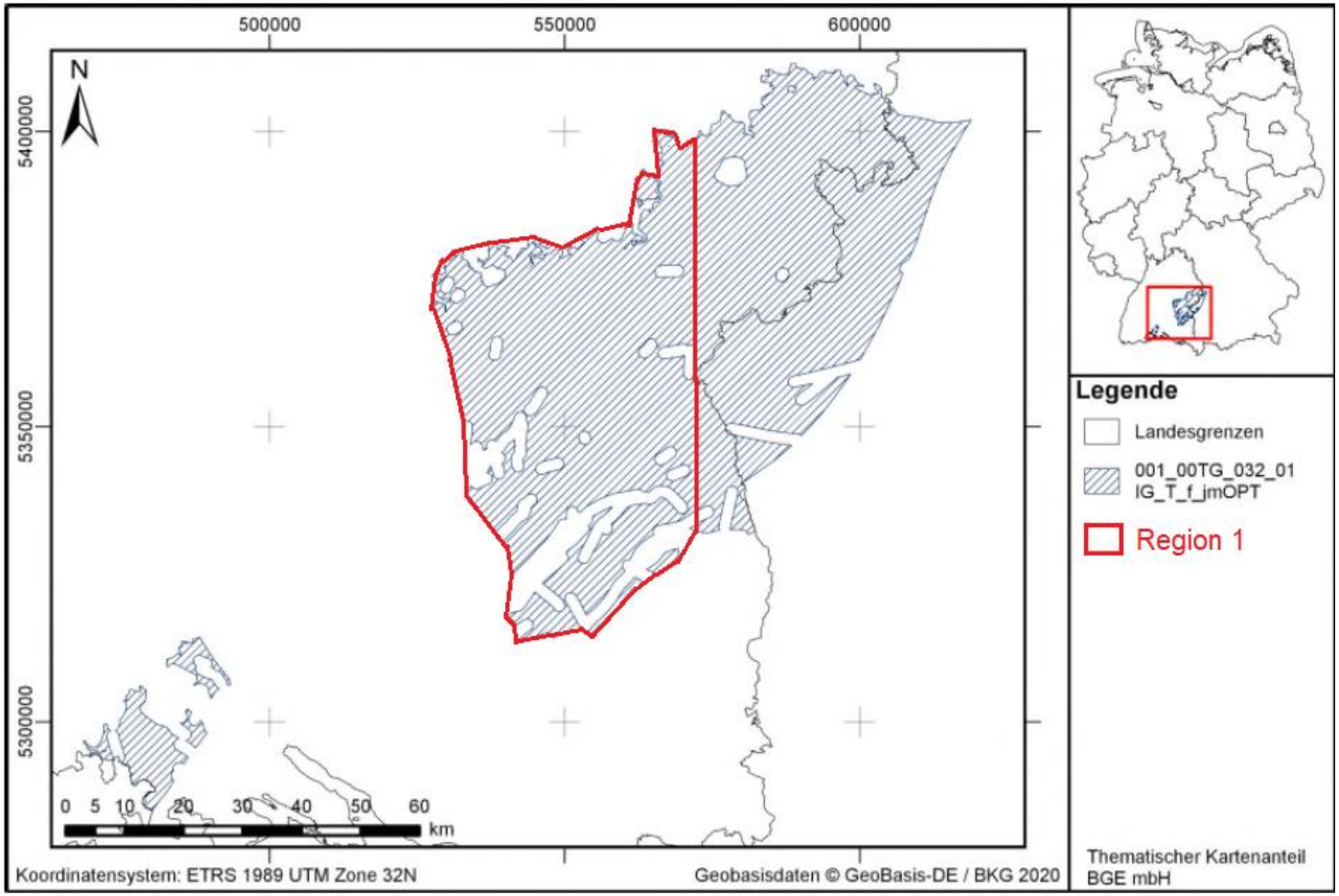
- *Begutachtung der Anwendung der §§ 22-24 Standortauswahlgesetz anhand von Akteneinsicht bei der BGE*
- *Ergebnis der Akteneinsicht*
- *Bewertung*
- *Empfehlungen*

Vorbemerkungen

Tongestein

Gesteinsprobe aus dem Opalinuston

Lage Region 1



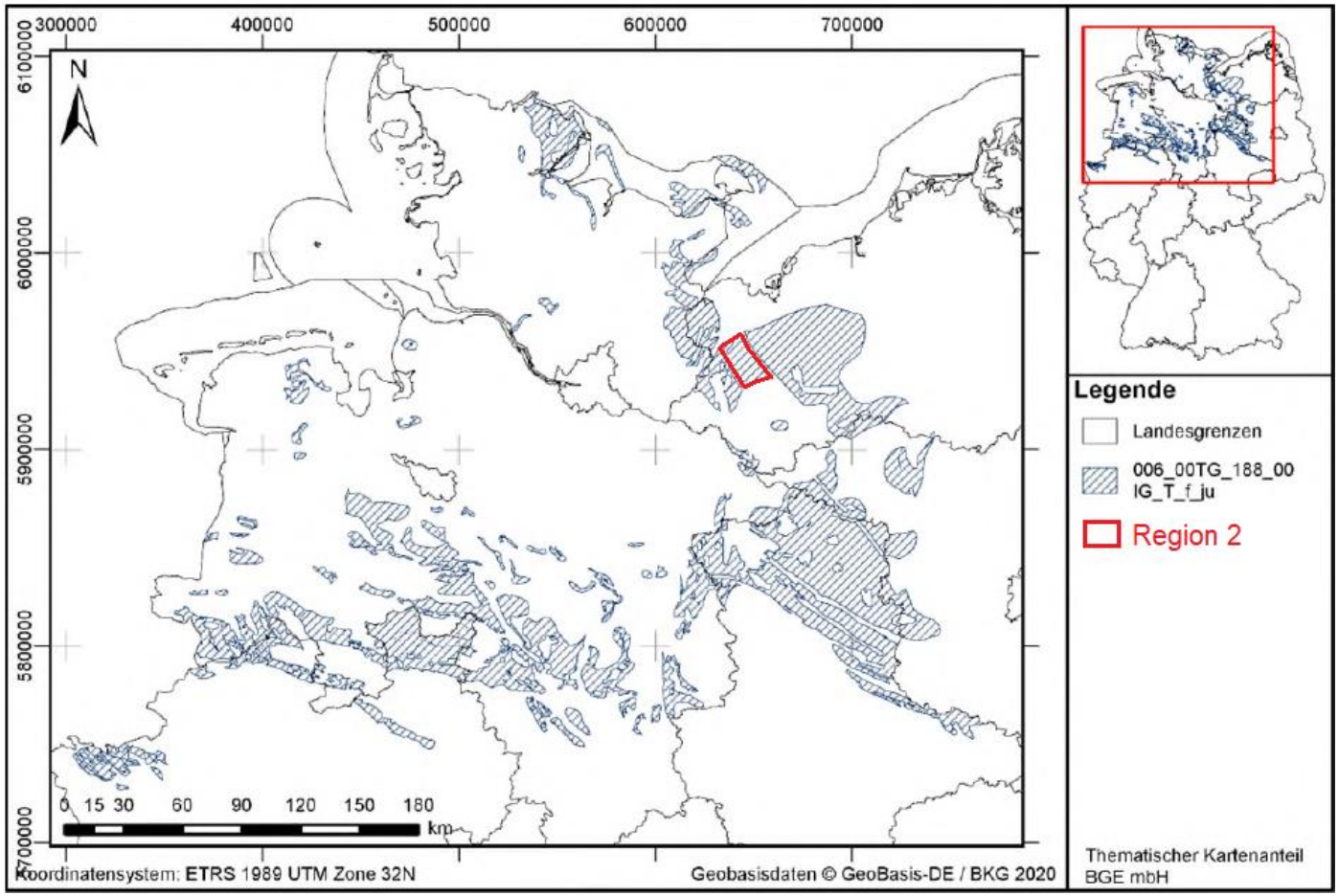
Mitteljura

(Brauner Jura, Dogger)

Mächtigkeit etwa 300 m

***Region 1:** „Baden-Württemberg/ Schwäbische Alb → Region westlich Ulm“ innerhalb des Teilgebietes 001_00TG_032_01IG_T_f_jmOPT. Abbildung ergänzt (Quelle: BGE, 2020).*

Lage Region 2



Unterjura

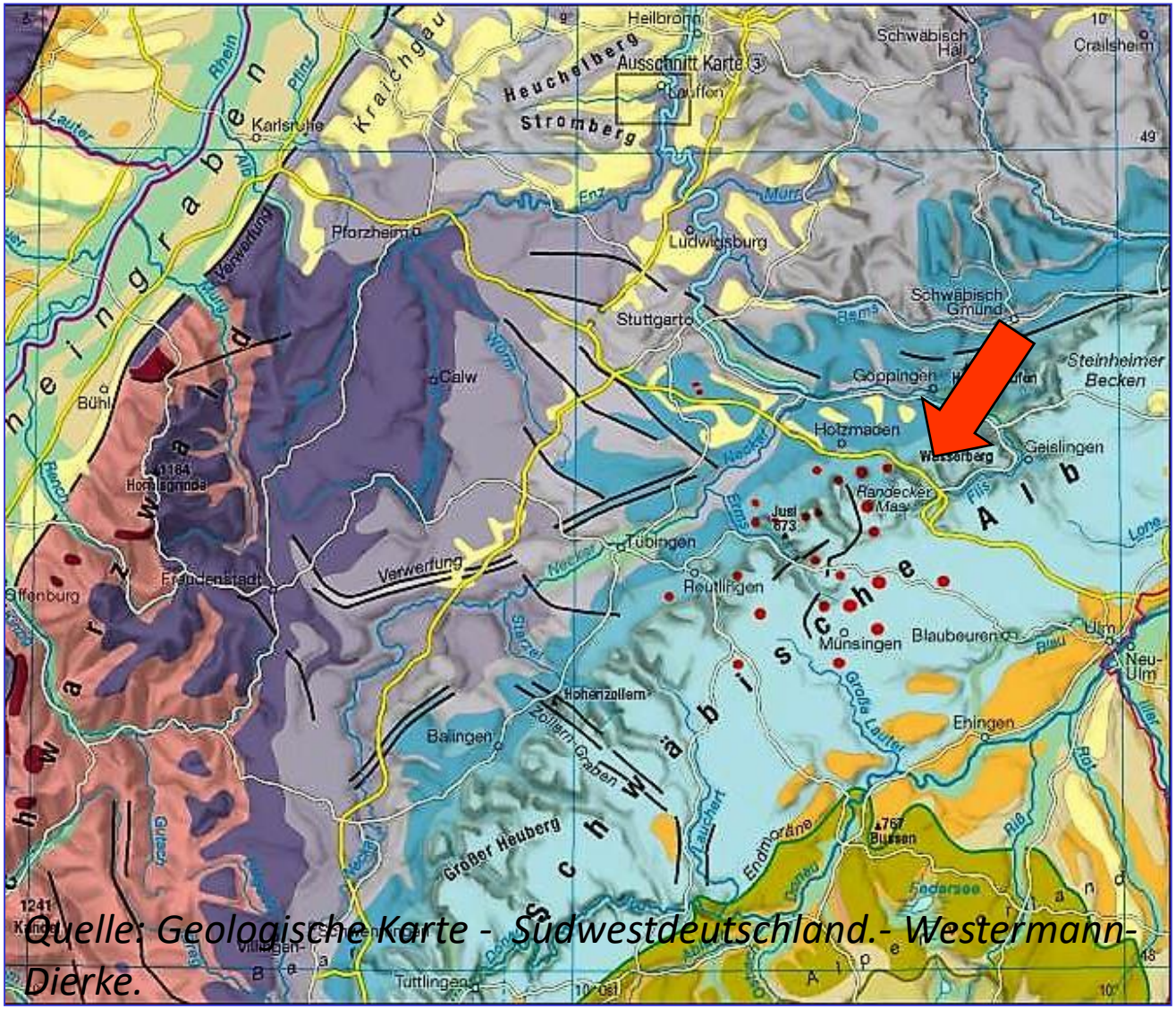
(Weißer Jura, Lias)

Maximale Mächtigkeit bis zu 1200 m

In Region 2 350 - 550 m mächtig

***Region 2:** „Mecklenburg-Vorpommern: Norddeutsches Becken → Westmecklenburg → Raum Schwerin → Region zwischen Schwerin und Gadebusch“ innerhalb des Teilgebietes 006_00TG_188_00IG_T_f_ju. Abbildung ergänzt (Quelle: BGE, 2020).*

Geologische und geographische Lage „Teufelsloch“

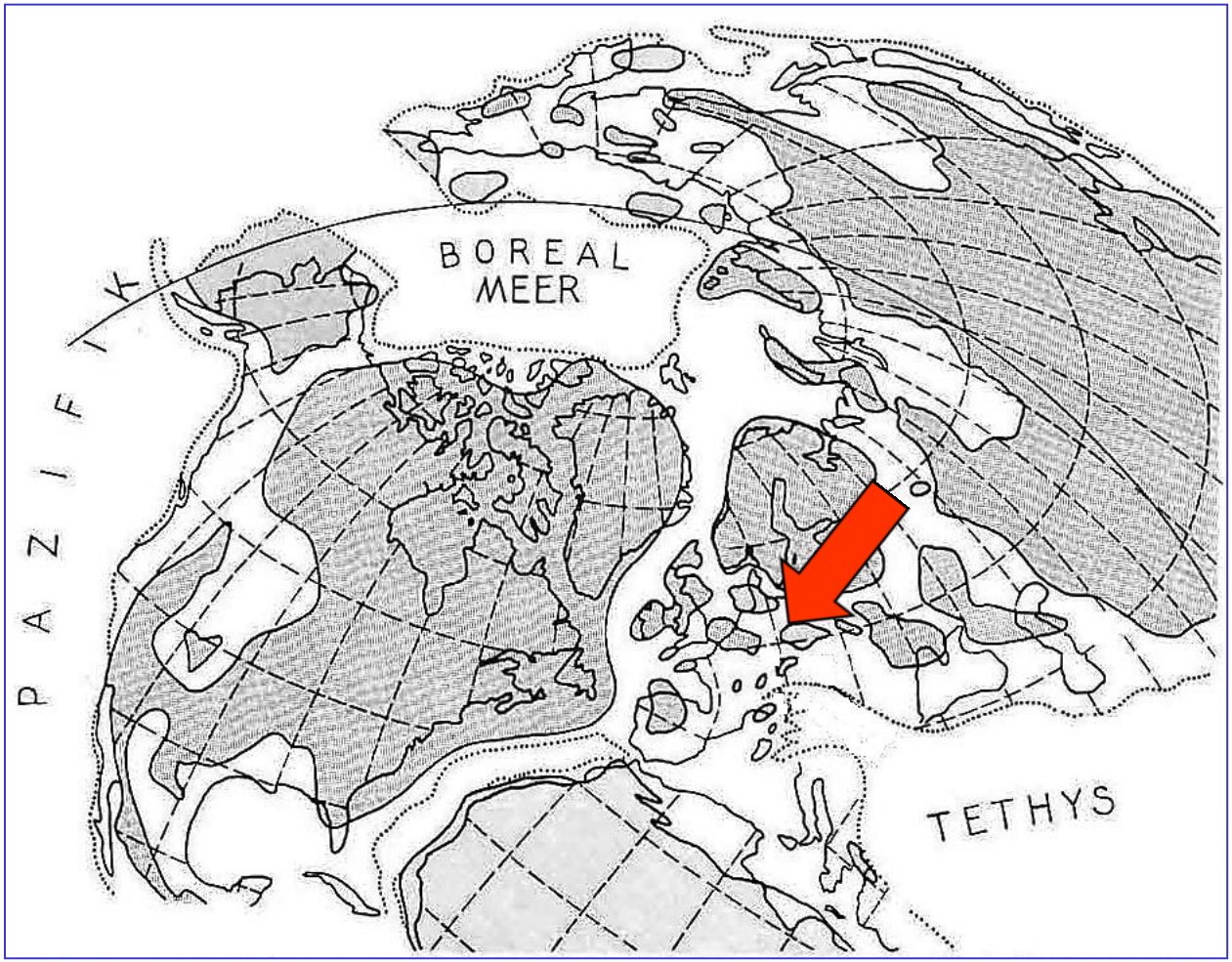


Quelle: Geologische Karte - Südwestdeutschland.- Westermann-Dierke.

Typlokalität der „Teufelsloch Subformation“

Teufelsklinge oberhalb der Ortschaft Eckwälden - Bad Boll in Baden-Württemberg

Paläogeographie zu Beginn des Mitteljuras



Klimatische Rand-bedingungen:

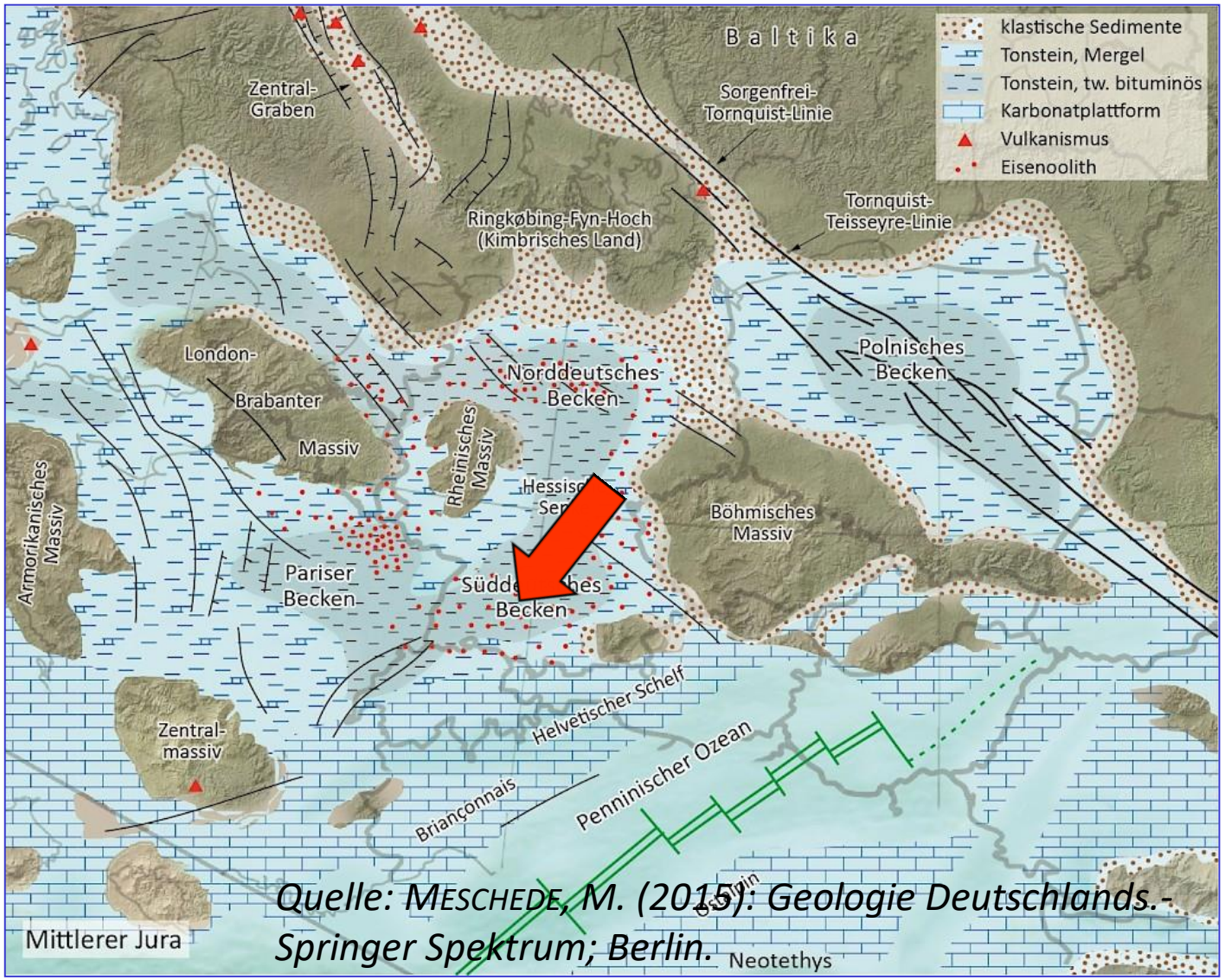
O_2-Anteil: ca. 26 Vol.-% (130% des heutigen Niveaus)

CO_2-Anteil: ca. 1950 ppm (4-fache des heutigen Niveaus)

Temperatur: ca. 16,5 °C (ca. 2 °C über heutigem Niveau)

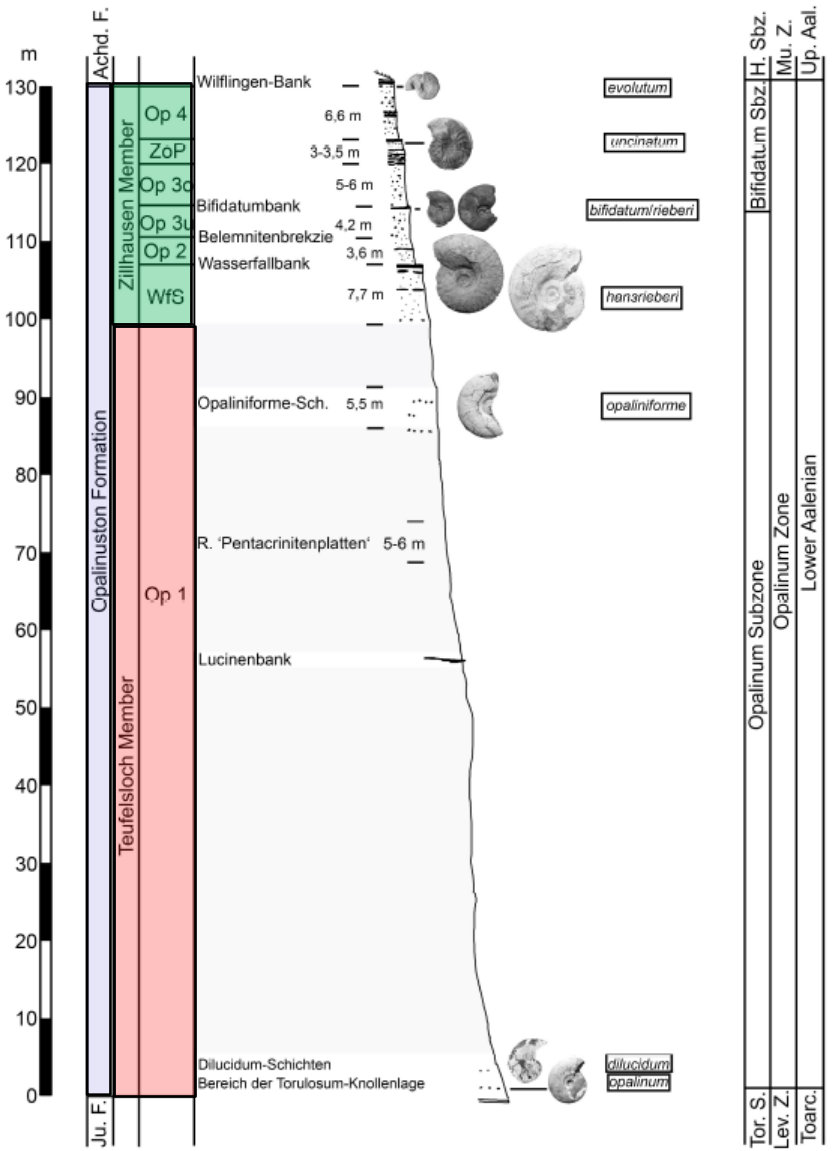
Quelle: Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1996): Informationen 8 - Die Grenzziehung Unter-/Mitteljura (Toarcium/Aalenium).- GLA; Freiburg i. Br.

Paläogeographie zur Zeit des Mitteljuras (174 – 164 Mio. a)



Quelle: MESCHEDE, M. (2015): Geologie Deutschlands.- Springer Spektrum; Berlin.

Geologisches Profil Typlokalität Teufelsloch



Opalinuston-Formation:

- **Zillhausen Subformation**
- **Teufelsloch Subformation**

Quellen:

FRANZ, M. & NITSCH, E. (2009). Zur lithostratigraphischen Gliederung des Aalenium in Baden-Württemberg.- LGRB-Informationen, 22, S. 124-146.

DIETZE, V., GRÄBENSTEIN, S., FRANZ, M., SCHWEIGERT, G., WETZEL, A. (2021): The Middle Jurassic Opalinuston Formation (Opalinum Zone, Aalenian) at its type locality near Bad Boll and adjacent outcrops (Swabian Alb, SW Germany).- In review.

Stichworte zum Opalinuston

- Die Tonstein-Fazies der Opalinuston-Formation, die sog. Teufelsloch-Subformation, streicht im Vorland der Schwäbischen Alb aus. Die Ausstrichbreite beträgt 1 bis 5 km. Der im Mittel etwa 100 m mächtige, schichtig aufgebaute Gesteinskörper fällt mit wenigen Grad nach Süden bzw. Südosten ein.

- **Gestein**: Die schwach sandigen und stark tonigen Schluffsteine und schluffigen, z. T. kalkigen Tonsteine sind dunkelgrauschwarz. Die dunkle Färbung der Gesteine ist auf ihre Feinkörnigkeit und feinkörnigen Pyrit zurückzuführen.

- **Petrographie**: Kaolinit 26%, Quarz 26%, Illit/Serizit 20%, mixed layer Tonminerale 7%, Chlorit 4%, Feldspat 3,4%, Calcit 4%, Siderit 2%, Pyrit < 2%.

Quelle: LGRBwissen 2020

Impressionen aus dem Teufelsloch

Impressionen aus dem Teufelsloch

Impressionen aus dem Teufelsloch

Opalinuston

Tonsteine der Opalinuston-Formation

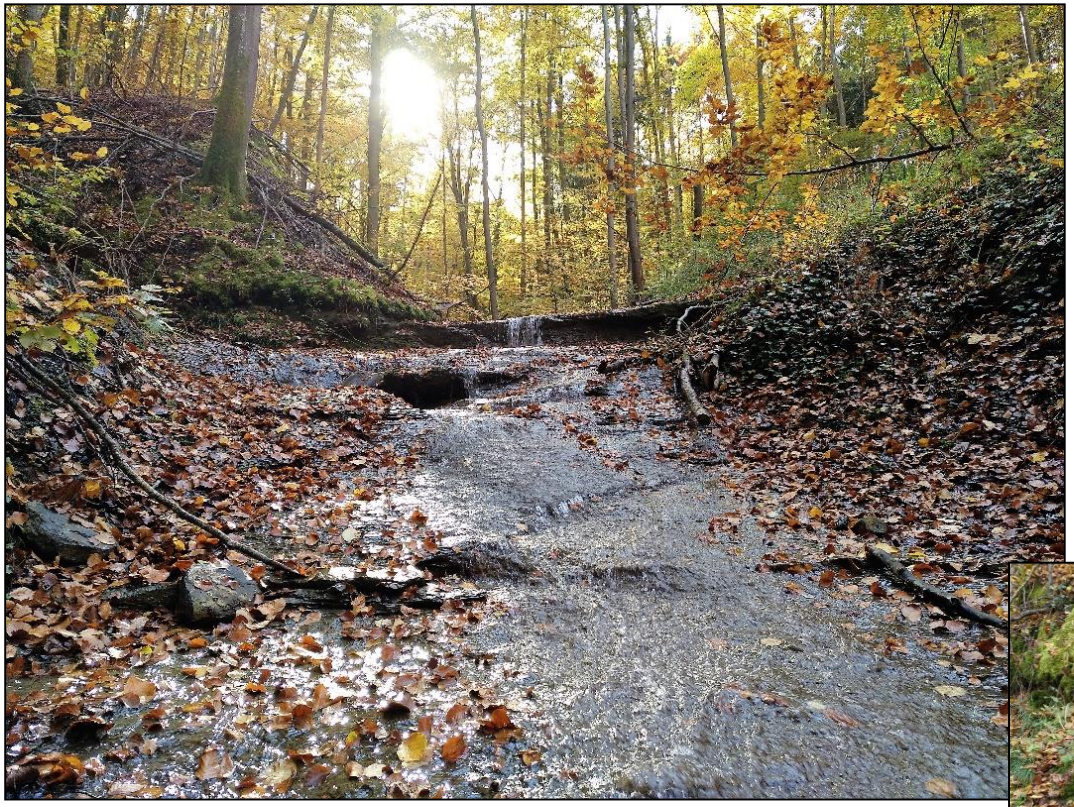
Opalinuston

Opalinuston: Fossilien

Konkretionen im Tonstein

Klüftung im Opalinuston

Wasserfallschichten und Wasserfallbank



Zillhausen Subformation

Erfassung aller relevanten Daten durch die BGE

- *Bohrungsinformationen*
- *Geologische Karten*
- *Fachliteratur/ Gutachten/ Stellungnahmen etc.*
- *Information der Bundes- und Landesbehörden insbesondere Unterlagen der Staatlichen Geologischen Dienste (Bund und Länder)*
- *Insbesondere Daten der Staatlichen Geologischen Dienste von Baden-Württemberg und Mecklenburg-Vorpommern*

§ 22 Ausschlusskriterien

§ 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 / **Einflüsse alter Bohrungen***
4. *seismische Aktivität*
5. ***vulkanische Aktivität***
6. *Grundwasseralter*

§ 22 (3b) Einflüsse alter Bohrungen

Bohrung Rub' Al Khali Wüste (Quelle: R. RAUSCH, 2010)

§ 22 (2) 3b

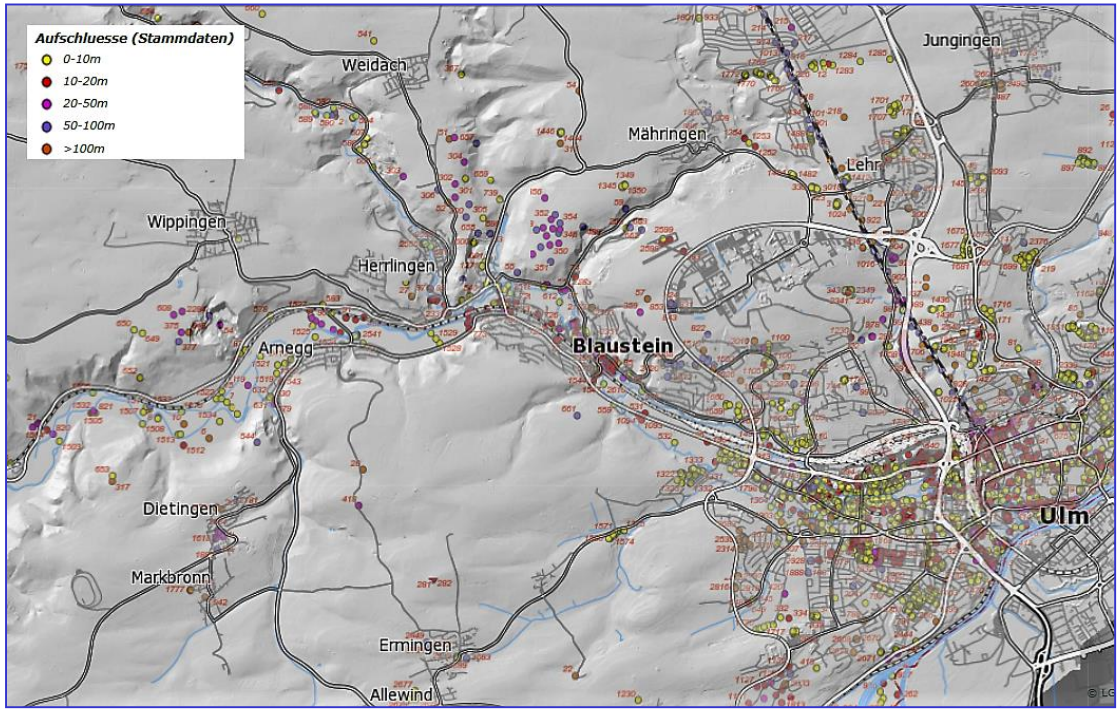
… vorhandene alte Bohrungen dürfen die Barrieren eines Endlagers, die den sicheren Einschluss gewährleisten, in ihrer Einschlussfunktion nachweislich nicht beeinträchtigen; …

Ausschlussmethodik

Zur Ermittlung von ausgeschlossenen Gebieten werden Bohrungen verwendet, deren Einwirkungsbereich den endlagerrelevanten Bereich von 300 bis 1500 m unter GOK erreicht. Die ausgeschlossenen Gebiete werden durch Erzeugung von Sicherheitsabständen mit einem Radius von 25 m um die Bohrpfade generiert, sowohl radial um die Bohrpfade als auch in Richtung des jeweiligen Bohrverlaufs (kuppelartig um die Bohrendpunkte).

§ 22 (3b) Einflüsse alter Bohrungen - Akteneinsicht

- *Bohrdaten liegen der BGE digital vor und wurden für beide Regionen eingesehen.*
- ***Region 1**: Es liegen 11 Bohrungen vor, die den Braunen Jura erschließen. Von den 11 Bohrungen ist nur eine Bohrung nicht öffentlich einsehbar.*
- ***Region 2**: Es liegen 14 Bohrungen vor, die den Lias erschließen, wobei 10 Bohrungen als „vertraulich“ klassifiziert sind.*



Bohrungen im Bereich Ulm (Quelle: LGRB Kartenviewer)

§ 22 (5) Vulkanische Aktivität

§ 22 (2) 5

… es liegt quartärer Vulkanismus vor oder es ist zukünftig vulkanische Aktivität zu erwarten

Aktuelle Ausschlussmethodik

- *Ausschluss quartärer Eruptionszentren inkl. 10 km Sicherheitssaum bis in sämtliche endlagerrelevanten Tiefen*

Datengrundlage

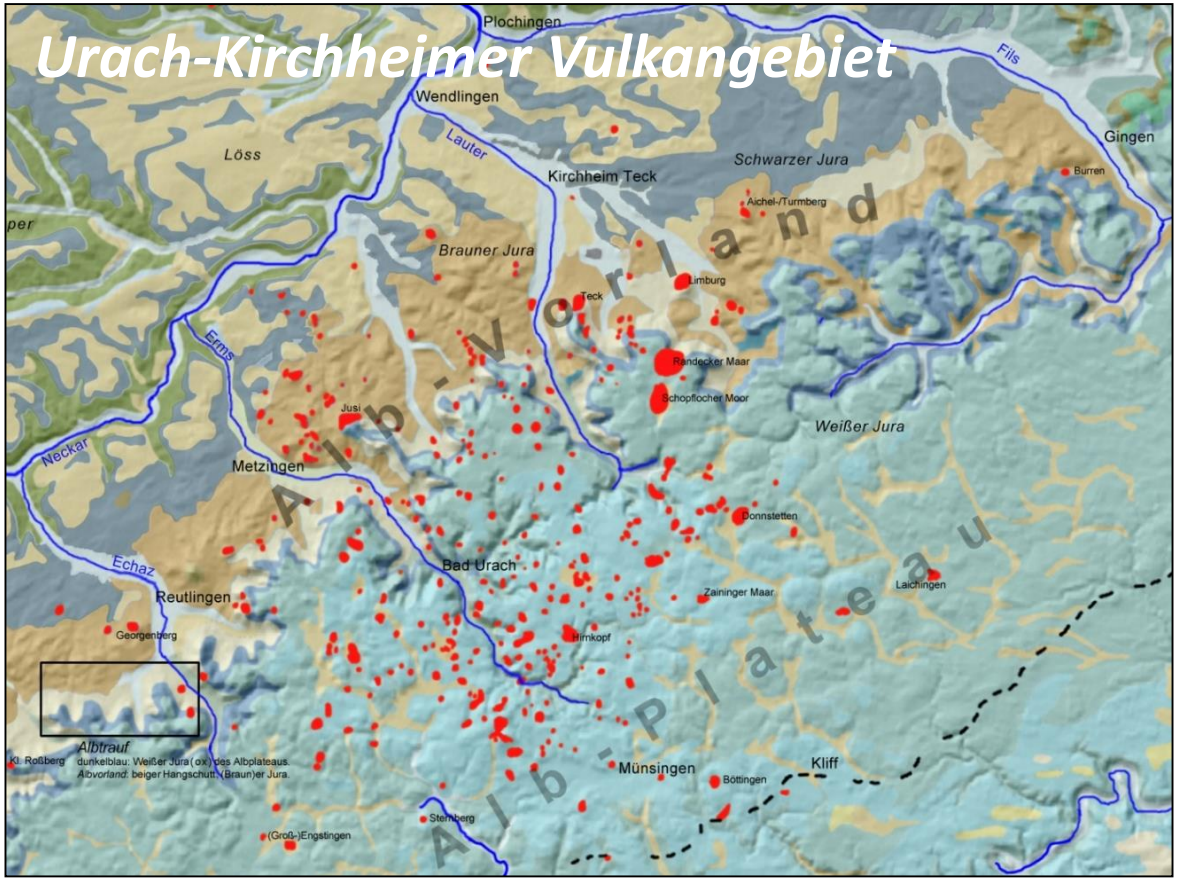
Heterogene Datenbasis, vereinzelt Angaben zu quartärem Vulkanismus

Keine Angaben zur Prognose zukünftiger vulkanischer Aktivität

Prognosemöglichkeiten (MAY 2019, BGR)

- *Erwartete Aktivität in Eifel und Vogtland*
- *Mögliche Aktivität in einigen tertiären Vulkanfeldern*
- *Vulkanische Aktivität in weiteren Gebieten nicht ausgeschlossen*

§ 22 (5) Vulkanische Aktivität



In der Region um Bad Urach finden sich 356 Zeugnisse vulkanischer Aktivität (in Rot dargestellt). Der Vulkanismus ist miozänen Alters (17-11 Mio. Jahre). Quellen: Wikipedia (2020) und LGRBwissen (2020).

§ 22 (5) Vulkanische Aktivität

Von der BGE zu prüfen:

- *Erhöhte vertikale Durchlässigkeit im Bereich der Vulkanschlote. Hydraulischer Kurzschluss? Ausschluss der Vulkanschlote?*

- *Bis heute vulkanische CO_2-Exhalationen im Bereich des Urach-Kircheimer Vulkangebietes.*
  Vulkanismus erloschen? Ausschluss dieses Gebietes?

- *Nachweis von magmatogenen CO_2 oberhalb des Opalinuston. Hydraulische Durchlässigkeit des Opalinustons?*

§ 23 Mindestanforderungen

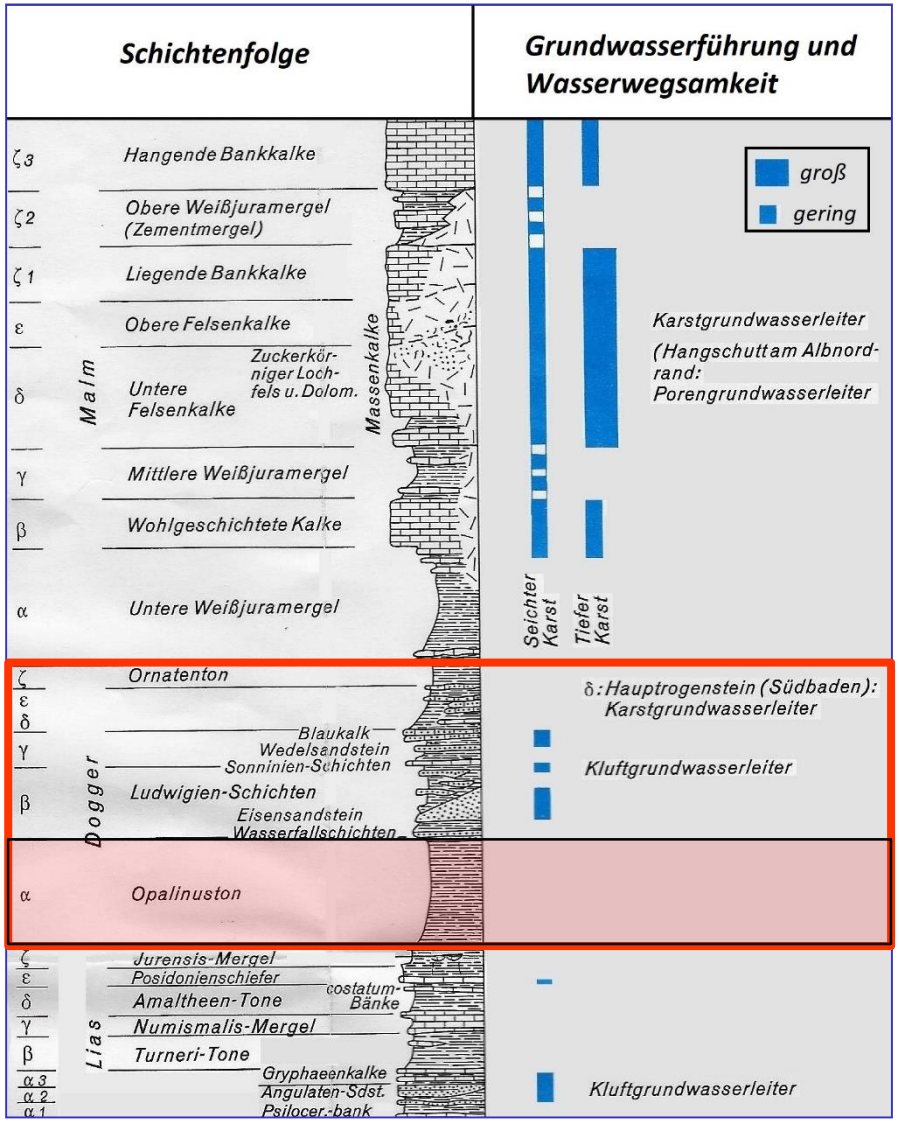
§ 23 (1) Mindestanforderungen

§ 23 (1)
Für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle kommen die Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein in Betracht…

→ *Mindestanforderung nach §23 (1) ist für die Regionen erfüllt. In beiden Fällen ist das Wirtsgestein Tongestein.*

Anmerkung:
BGE betrachtet Tongesteinsformationen und Tongesteinsabfolgen

§ 23 (1) Mindestanforderungen



Schichtenfolge, Grundwasserführung und Wasserwegsamkeit des Juras in Baden-Württemberg

Quelle: KÖHLER ET AL. (1985).

§ 23 (1) Mindestanforderungen

Anmerkung: Tongesteinsformationen

Im § 23 Abs. 3 StandAG heißt es:

Sofern für die Bewertung der Erfüllung einer Mindestanforderung notwendige Daten für ein Gebiet erst in einer späteren Phase des Standortauswahlverfahrens erhoben werden können, gilt die jeweilige Mindestanforderung bis zur Erhebung dieser Daten als erfüllt, soweit dies aufgrund der vorhandenen Datenlage zu erwarten ist. Spätestens in der Begründung für den Vorschlag nach § 18 Absatz 3 ist die Erfüllung aller Mindestanforderungen standortspezifisch nachzuweisen.

§ 23 (2) Mindestanforderungen

§ 23 (2)

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

1. Gebirgsdurchlässigkeit: *$k_f < 1x10^{-10}$ m/s*

2. Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs: *> 100 m*

3. minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs: *> 300 m*

4. Fläche des Endlagers: *Flächenbedarf Tongestein beträgt minimal 10 km^2*

5. Erhalt der Barrierewirkung: *Gewährleistung der Integrität des Gebirgsbereichs für 1 Mio. Jahre*

§ 23 Mindestanforderungen - Datengrundlage

Datengrundlage Region 1

Geologisches 3D-Modell von Baden-Württemberg.

Quelle: LGRB (2020)

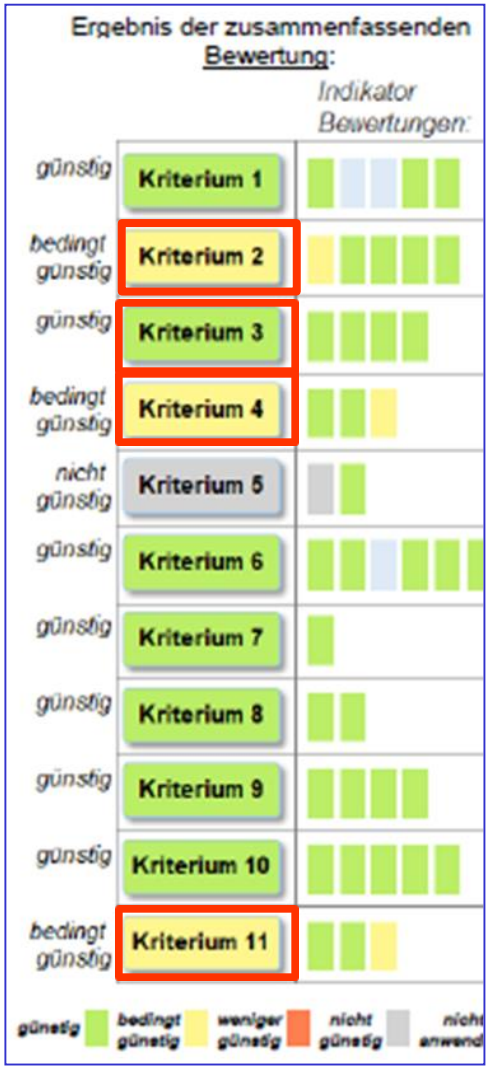
Datengrundlage Region 2

Die Erzeugung der Niveauschnitte und Shape-Dateien für die Erstellung des geologischen 3D-Modells erfolgte von der BGE auf der Grundlage von Daten und Karten.

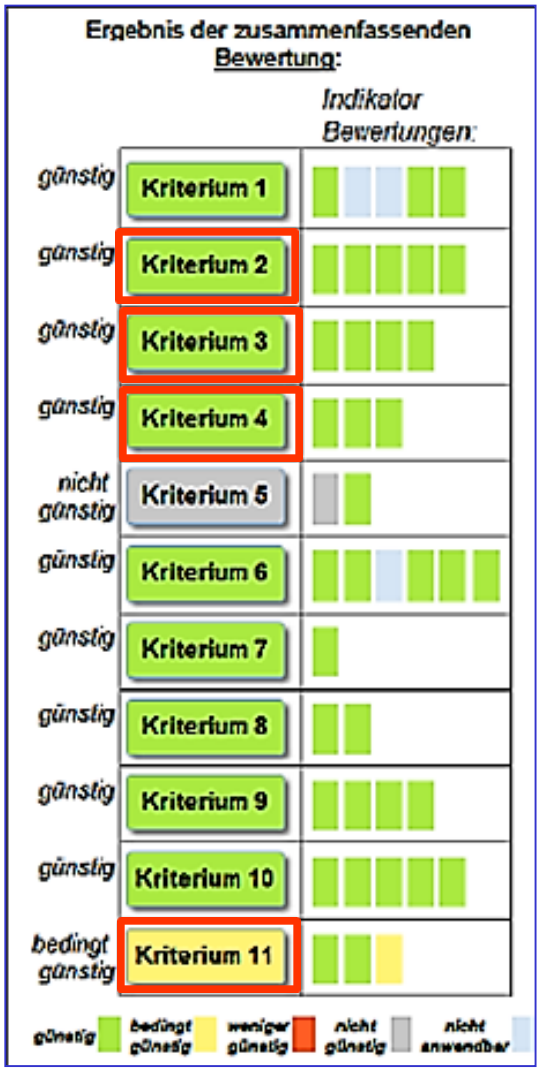
§ 24 Geologische Abwägungskriterien

§ 24 Geologische Abwägungskriterien

Region 1



Region 2



Kriterium 1: Bewertung des Transportes radioaktiver Stoffe durch Grundwasserbewegungen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich (Anlage 1 (zu § 24) StandAG)

Kriterium 2: Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper (Anlage 2 (zu § 24) StandAG)

Kriterium 3: Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit (Anlage 3 (zu § 24) StandAG)

Kriterium 4: Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse (Anlage 4 (zu § 24) StandAG)

Kriterium 5: Bewertung der günstigen gebirgsmechanischen Eigenschaften (Anlage 5 (zu § 24) StandAG)

Kriterium 6: Bewertung der Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten (Anlage 6 (zu § 24) StandAG)

Kriterium 7: Bewertung der Gasbildung (Anlage 7 (zu § 24) StandAG)

Kriterium 8: Bewertung der Temperaturverträglichkeit (Anlage 8 (zu § 24) StandAG)

Kriterium 9: Bewertung des Rückhaltevermögens im einschlusswirksamen Gebirgsbereich (Anlage 9 (zu § 24) StandAG)

Kriterium 10: Bewertung der hydrochemischen Verhältnisse (Anlage 10 (zu § 24) StandAG)

Kriterium 11: Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge (Anlage 11 (zu § 24) StandAG)

Zusammenfassende Bewertung: Anwendung §§ 22-24

- *Die aus den §§ 22-24 entwickelte Methodik der BGE ist nachvollziehbar und praktikabel.*
- *Die vorliegenden Daten und Unterlagen sind für die betrachteten Regionen ausreichend, um die in den §§ 22-24 StandAG festgelegten geowissenschaftlichen Anforderungen und Kriterien zu beurteilen.*
- *Die Anwendung der §§ 22-24 StandAG und die daraus resultierenden Ergebnisse für die betrachteten Regionen sind nachvollziehbar und formal korrekt.*
- *Im derzeitigen Bearbeitungsstadium sind nicht alle verfügbaren Informationen zu den jeweiligen Regionen miteinander abgeglichen und bei der Ausweisung der Teilgebiete berücksichtigt*

Zusammenfassende Bewertung: Anwendung §§ 22-24

- *Im derzeitigen Bearbeitungsstadium wurden sogenannte „Tonsteinformationen“ betrachtet. Sinnvoller wäre es gewesen, schon jetzt innerhalb der betrachteten Tonsteinformationen homogene Tongesteine zu identifizieren und nur für diese die Teilgebiete auszuweisen.*

Empfehlungen

- *Peer-Review für ausgewählte Teilgebiete in Ergänzung der bisherigen stichprobenartigen Akteneinsicht des NBG. Durchführung von Geologen*innen mit regionale Expertise.*
- *Publikation aller Daten und Unterlagen.*
- *Ranking und Beurteilung der Daten. Unterscheidung in zugänglichen/ unzugänglichen Daten.*
- *Expertise der Staatlichen Geologischen Dienste miteinbeziehen.*
- *Expertise der vielen Geologen*innen in den Umweltbehörden der Kommunen, Landratsämtern etc. miteinbeziehen.*
- *Expertise der Universitäten miteinbeziehen.*

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dank an meine Kollegen:

- *Volker Dietze*
- *Christian Kiffer*
- *Matthias Franz*
- *Erich Schneider*