



Landkreis
Bamberg



Landkreis
Bayreuth



Landkreis
Coburg



Landkreis
Forchheim



Landkreis
Hof



Landkreis
Kronach



Landkreis
Kulmbach



Landkreis
Lichtenfels



Landkreis
Wunsiedel
i. Fichtelgebirge



Stadt
Bamberg



Stadt
Bayreuth



Stadt
Coburg



Stadt
Hof

BGE
Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
Herrn [REDACTED]
Eschenstraße 55
31224 Peine

Landratsamt
Wunsiedel i. Fichtelgebirge
c/o [REDACTED]
Jean-Paul-Straße 9
95632 Wunsiedel
derlandrat@landkreis-wunsiedel.de

18. August 2021

Zwischenbericht Teilgebiete – Gemeinsame Stellungnahme der Gebietskörperschaften des Regierungsbezirks Oberfranken

Sehr geehrter [REDACTED], sehr geehrter Herr Stuth,
sehr geehrte Damen und Herren,

am 28. September 2020 veröffentlichte die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) ihre ersten Ergebnisse im laufenden Verfahren der Standortsuche in Form des „Zwischenberichts Teilgebiete“. Alle Landkreise und kreisfreien Städte des Regierungsbezirks Oberfranken in Bayern sind darin vom Teilgebiet „009_00TG_194_00 IG_K_g_SO“ betroffen, insgesamt mit mehr als drei Viertel der Gesamtfläche Oberfrankens.

Aufgrund der Komplexität des Verfahrens und der geologischen Verhältnisse Nordostbayerns haben sich die Landkreise und kreisfreien Städte Oberfrankens zusammengeschlossen und eine gemeinsame „Regionale Koordinierungsstelle Oberfranken für das Verfahren der Endlagersuche“ eingerichtet. Diese hat in unserem Auftrag und in Abstimmung mit jeweils an den einzelnen Landratsämtern und Rathäusern der kreisfreien Städte bestimmten Personen die nachfolgende gemeinsame Stellungnahme erarbeitet. Die Koordinierungsstelle dient weiter dazu, die Kommunikation zwischen der BGE und den oberfränkischen Landkreisen und kreisfreien Städte im Hinblick auf das Verfahren zu vereinfachen.

Die hier vorgelegte Stellungnahme will einerseits durch allgemeine Hinweise das Suchverfahren nach dem bestmöglichen Standort für ein atomares Endlager in Deutsch-

land methodisch unterstützen. Andererseits werden darin die Region Oberfrankens betreffende Unklarheiten und Diskrepanzen zwischen Ergebnissen des Zwischenberichts Teilgebiete zu den tatsächlichen geologischen Gegebenheiten dargestellt.

Auf Grundlage der in der Stellungnahme genannten Argumente stellen wir fest:

Oberfranken ist aufgrund seiner geologischen Eigenschaften als Standortregion für ein atomares Endlager auszuschließen.

Begründung:

Für den westlichen Teil Oberfrankens ist festzustellen, dass ein für ein Endlager geeignetes Wirtsgestein (im Teilgebiet 009 Kristallin) nicht existiert (vgl. Stellungnahme des Bayerischen Landesamtes für Umwelt LfU vom 18.11.2020), so dass die entsprechende Mindestanforderung nicht erfüllt ist und das Gebiet überhaupt nicht als Teilgebiet hätte ausgewiesen werden dürfen. Wir fordern daher die schnellstmögliche Streichung dieses Gebietes als Teilgebiet.

Der mittlere Teil Oberfrankens gehört der sogenannten „Bruchschollenzzone“ im Umfeld einer der bedeutendsten Störungszonen Mitteleuropas an („Fränkische Linie“). Diese mehr als 30 Kilometer breite Zone mit unzähligen Brüchen, davon mehrere durch die BGE als aktiv eingestuft, kann mit Sicherheit kein Zielgebiet für die weitere Suche sein. Wir fordern die Berücksichtigung dieser Tatsache im weiteren Verfahren.

Der östliche Teil Oberfrankens ist geprägt durch seine Lage im tektonisch aktiven Egergraben mit zahlreichen aktiven Störungen und einem aktiven Vulkanismus. Entsprechend der Studie von Schreiber & Jentzsch (2021) fordern wir die Berücksichtigung einer 25 Kilometer Sicherheitszone um die bekannten quartären Vulkane im bayerisch-tschechischen Grenzgebiet sowie um die durch Schwarmbeben-Tätigkeit und Gasauftiege charakterisierten Gebiete. Auf der Grundlage dieser Studie ist im Sinne des im StandAG geforderten lernenden Verfahrens, das sich stets auch an dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Forschung orientiert, das Ausschlusskriterium „Vulkanismus“ nochmals anzuwenden.

Die Vertreter der Landkreise und kreisfreien Städte Oberfrankens stellen darüber hinaus mit Nachdruck fest, dass Konzepte der Endlagerung, die wie im Kristallin durch das StandAG in Betracht gezogen im Wesentlichen auf technischen und geotechnischen Barrieren beruhen, nicht mit geologischen Barrieren gleichgesetzt werden können und daher als nachrangig zu behandeln sind.

Mit freundlichen Grüßen



Für den Landkreis Bamberg



Für den Landkreis Bayreuth



Für den Landkreis Coburg



Für den Landkreis Hof



Landkreis Forchheim



Für den Landkreis Kronach



Landkreis Kulmbach



Für den Landkreis Lichtenfels



Für den Landkreis Wunsiedel
i. Fichtelgebirge



Für die Stadt Bamberg



Für die Stadt Bayreuth



Für die Stadt Coburg





Für die Stadt Hof



Gemeinsame Stellungnahme der Landkreise und kreisfreien Städte des Regierungsbezirkes Oberfranken (Bayern) zum Zwischenbericht Teilgebiete vom 28. September 2020

Zusammengestellt von:

Regionale Koordinierungsstelle Oberfranken für das Verfahren der Endlagersuche (im Auftrag der Landkreise und kreisfreien Städte des Regierungsbezirkes Oberfranken/Bayern)

 (Dipl.-Geol.)
 (M.Sc. Geoökologie)

In Abstimmung mit den Vertreter*innen der Landkreise und kreisfreien Städte des Regierungsbezirkes Oberfranken:



Inhalt

Teil A – Einführung, Motivation

Teil B – Fachliche Stellungnahme

1 Vorbemerkung

2 Überregional gültige Anmerkungen

2.1 Ausschlusskriterium „Hebung größer 1 mm/Jahr“

2.2 Ausschlusskriterium „Aktive Störungszonen“

2.3 Tektonisch aktive Großstrukturen

2.4 Ausschlusskriterium „Aktive Störungen“ zu früh im Verfahren

2.5 Ausschlusskriterium „Vulkanismus“

2.6 Egerriфт („Egergraben“)

2.7 Fränkische Linie und Bruchschollenzone

2.8 Anwendung der „Mindestanforderungen“

2.9 Anwendung der „Geowissenschaftlichen Abwägungskriterien“

3 Regionale Anmerkungen und offene Fragen (regional gegliedert)

4 Literatur

Teil A – Einführung, Motivation

Seit dem Inkrafttreten der Novellierung des Standortauswahlgesetzes 2017 (StandAG) nimmt das Verfahren der Endlagersuche in Deutschland Fahrt auf. Das Vorgehen Deutschlands ist dabei einzigartig und vereint viele wichtige Aspekte, um am Ende im gesellschaftlichen Konsens den bestmöglichen und sichersten Ort für die hochradioaktiven Abfälle zu finden.

Mit der Veröffentlichung des Zwischenberichtes Teilgebiete durch die Bundesgesellschaft für Endlagerung GmbH (BGE) am 28. September 2020 wurde ein erster Meilenstein in dem Verfahren erreicht. Die Öffentlichkeit ist seither dazu aufgerufen, die bisherigen Ergebnisse bzw. den Zwischenbericht zu kommentieren.

Die politischen Vertreter Oberfrankens, die ihnen auf der Ebene der Landkreise zugeordneten Verwaltungsbehörden sowie die Vertreter der Kommunen sehen sich sowohl in der Verantwortung, das gesetzlich geregelte Verfahren mitzutragen als auch die bisherigen Ergebnisse insbesondere für die Region Oberfrankens zu prüfen. Um dies mit größter fachlicher Kompetenz und unter Schonung personeller Ressourcen in den eigenen Verwaltungen zu bewerkstelligen, haben sich die oberfränkischen Landkreise und kreisfreien Städte entschieden, eine gemeinsame „Regionale Koordinierungsstelle Oberfranken für das Verfahren der Endlagersuche“ einzurichten. Deren Aufgabe ist neben der Erarbeitung der vorliegenden Stellungnahme in Abstimmung

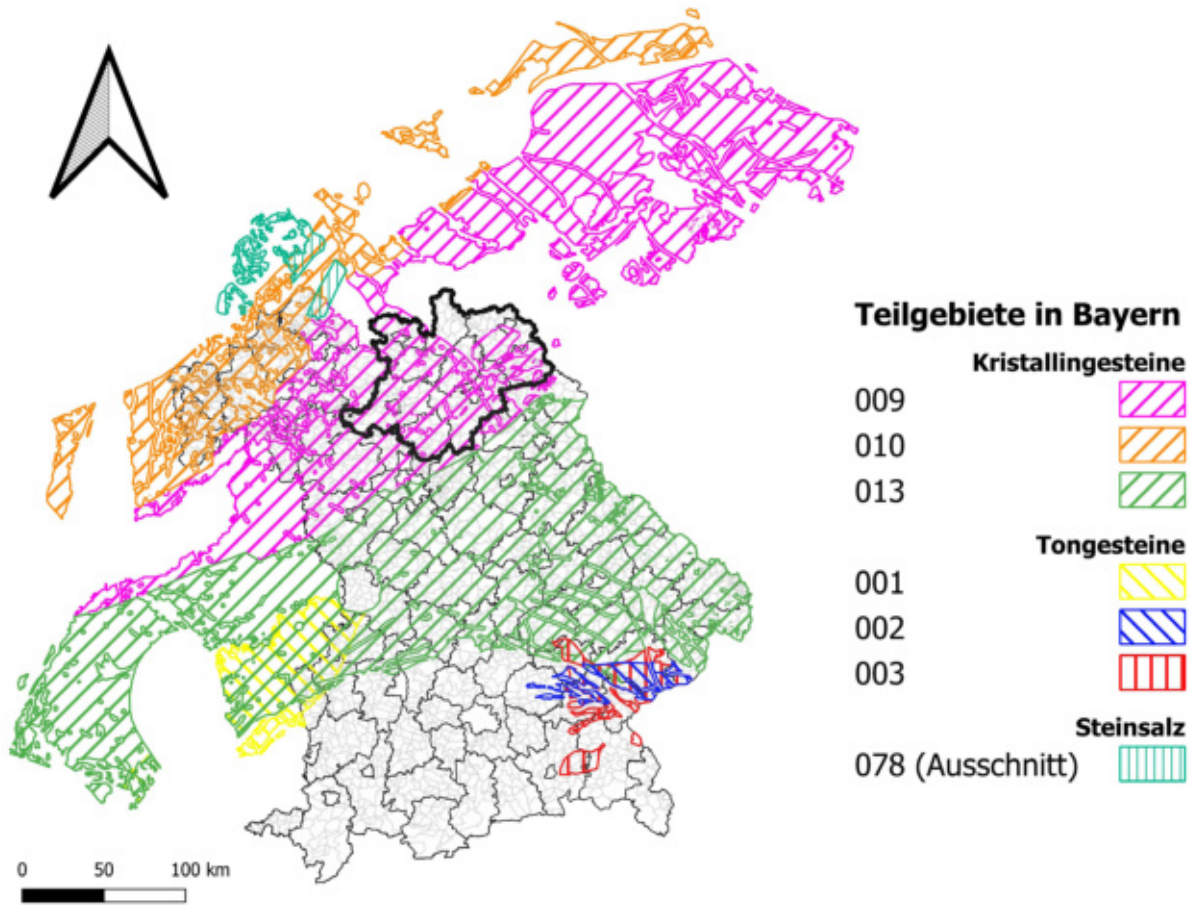


Abb. 1: Oberfranken (umrandet) und seine Lage im Teilgebiet 009_Kristallin.

mit den Verwaltungsbehörden auch die Beobachtung des laufenden Verfahrens und die konstruktive, aber auch kritische Mitwirkung an den öffentlichen Beteiligungsformaten, insbesondere im Hinblick auf die Fachkonferenz Teilgebiete.

Der Regierungsbezirk Oberfranken ist im Zwischenbericht mit mehr als 80 % seiner Fläche als Teilgebiet TG 009 („Kristallin des Saxothuringikums“) ausgewiesen (Abb. 1, 2). Bereits die erste Stellungnahme des Staatlichen Geologischen Dienstes Bayern (Landesamt für Umwelt LfU) vom November 2020 zeigte Widersprüche zwischen der Auffassung der BGE und den regional-geologischen Gegebenheiten. In der hier vorgelegten Stellungnahme finden sich einerseits vom Zwischenbericht abweichende Einschätzungen und Daten sowie allgemeinere, überregional gültige Hinweise für den weiteren Prozess der Standortsuche (insbesondere zu den Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen).

Es steht außer Frage, dass die BGE das bisherige Verfahren unter größtmöglichem personellem Einsatz mit hoher fachlicher Kompetenz durchgeführt hat. Es ist jedoch auch erkennbar, dass die kurze bisher zur Verfügung stehende Zeit, Schwächen im StandAG und in großer Menge fehlende Daten das Verfahren weit hinter den Erwartungen zu-

rück bleiben lässt. Insbesondere die pauschale Anwendung von Referenzdaten (mit den jeweils günstigsten Parametern) hat dazu geführt, dass z.B. für Kristallingebiete die „Geowissenschaftlichen Anwendungskriterien“ wirkungslos geblieben sind. Dies wird in ähnlicher Form von verschiedenen Seiten (u.a. von Gutachtern des Nationalen Begleitgremiums) kritisiert und ist auch Gegenstand mehrerer von der Fachkonferenz vorgebrachter Eingaben.

Oberfranken ist Teil des Saxothuringikums und damit einer geotektonischen Großeinheit, die im Verfahren der Endlagersuche wegen ihres partiell kristallinen Grundgebirges näher betrachtet wird. Damit ist Oberfranken Teil des mit 32 655 km² größten Teilgebietes (TG 009; Abb. 3). Es ist ein Manko des Zwischenberichtes, dass aufgrund der pauschalen Anwendung von Referenzdaten die außerordentlich große Heterogenität des Saxothuringikums vollständig unterdrückt wird. Besonders frappierend ist dies bei der Gleichbehandlung von Regionen mit und ohne Überlagerung durch mesozoisches Deckgebirge. Hier ist eine Differenzierung in unterschiedlich zu behandelnde Gebiete dringend erforderlich.

Auch wenn die Landkreise und kreisfreien Städte des Regierungsbezirkes Oberfranken das derzeit laufende und gesetzlich geregelte Suchverfahren uneingeschränkt und ergebnisoffen mittragen, sei hier auf die grundsätzliche Einschätzung des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt- und Verbraucherschutz hinsichtlich der Eignung von Kristallin als Wirtsgestein hingewiesen. Entsprechende Stellungnahmen wurden im



Abb. 2: Das Teilgebiet Kristallin 009 in Oberfranken. Braun = Teilgebiet; grün = Nicht identifiziertes Gebiet.

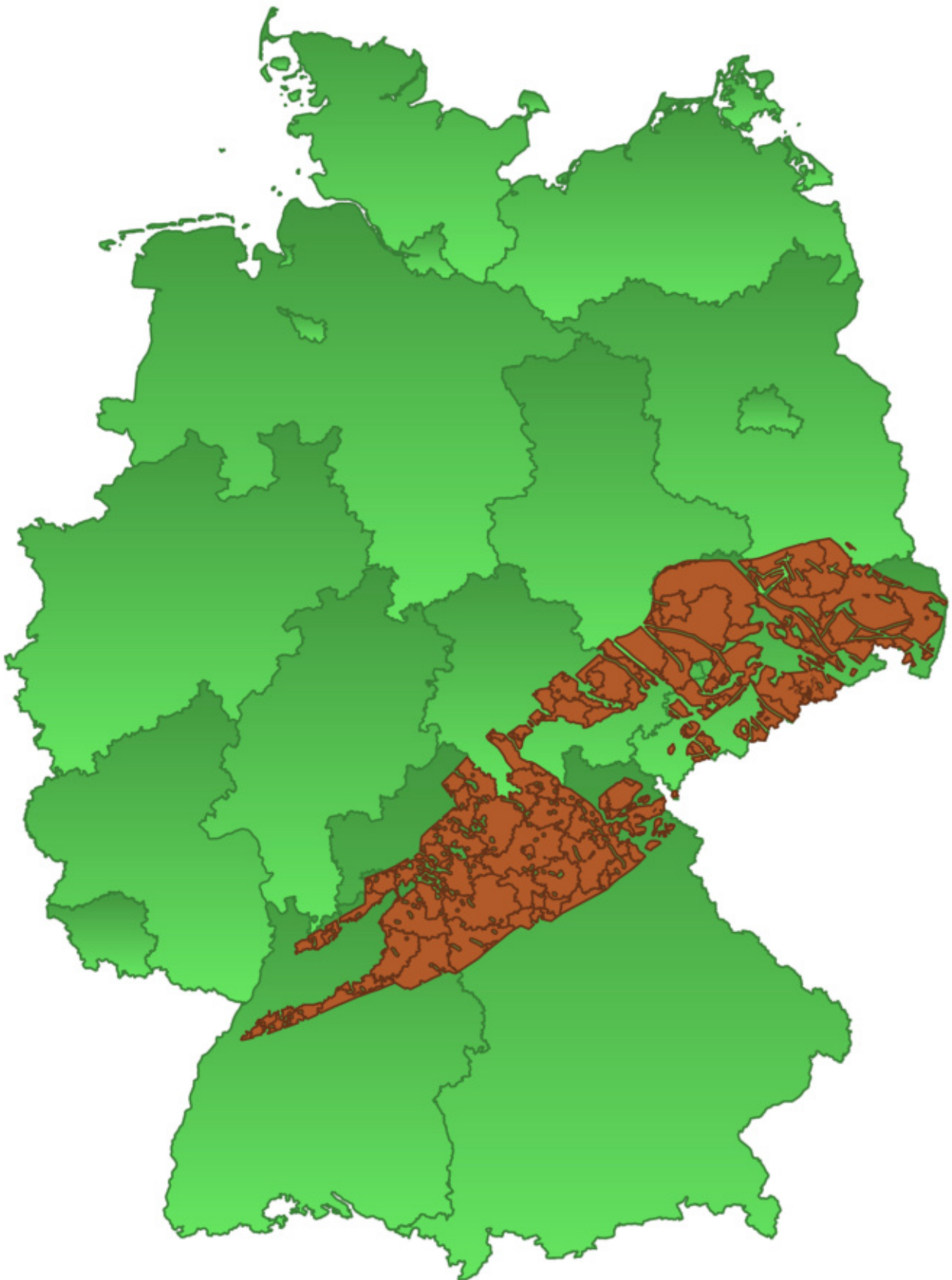


Abb. 3: Das Teilgebiet 009 Kristallin und seine Lage in Deutschland.

Juni 2016 zum Endbericht der Endlagerkommission (Scharf 2016) und im August 2019 zum Referentenentwurf zur „Verordnung über die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle“ vorgebracht. Darin wird u.a. ausgeführt, dass kristallines Wirtsgestein generell spröde Eigenschaften aufweist und u.a. deshalb in Spannungsfeldern zu irreversibler Kluft- und Rissbildung neigt. Die bestmögliche Sicherheit eines Endlagers ausschließlich mithilfe technischer und geotechnischer Barrieren wird für einen Zeitraum von einer Millionen Jahre nicht als gewährleistet betrachtet. Oberfranken schließt sich dieser Einschätzung an, insbesondere auch vor dem Hintergrund, dass sich z.B. die Schweiz bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt der Endlagersuche (1978!) und bereits in der ersten Phase gegen Kristallin als Wirtsgestein entschieden hat. Die gegen Kristallin vorgebrachten Argumente entsprechen genau denen des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz aus den Jahren 2016 und 2019.

Um die Sicherheit über einen derart langen Zeitraum gewährleisten zu können, kann die Entscheidung für einen Endlagerstandort nur über intensive wissenschaftliche Untersuchungen erfolgen. Diese müssen ständig dem aktuellen Stand von Forschung und Technik angepasst werden. Die Landkreise und kreisfreien Städte in Oberfranken vertrauen hier der BGE und den sie kontrollierenden Behörden und Gremien, unterstützen jedoch gleichzeitig die Forderung der laufenden Fachkonferenz auf kontinuierliche Transparenz und Beteiligung im weiteren Verlauf des Verfahrens.

TEIL B – Fachliche Stellungnahme

1 Vorbemerkung

Auf einen Teil der nachfolgenden Ausführungen wurde bereits an mehreren Stellen hingewiesen:

- Schriftliche Fragen zur Online-Sprechstunde der BGE im Nachgang der Veröffentlichung des Zwischenberichtes Teilgebiete
- Themen- und Beitragsvorschläge an die Arbeitsgruppe Vorbereitung im Vorfeld des 1. Beratungstermines (Call for Papers & Topics)
- Input-Beitrag Peterek auf dem 1. Beratungstermin (AG 2 – Ausschlusskriterien/ Seismische Aktivität & Vulkanismus) am 5. Februar 2021
- Input-Beitrag Peterek auf dem Workshop „Ausschlusskriterien“ am 17. April 2021
- Gespräch mit Mitarbeitern der BGE am 13. Juli 2021.

Die an diesen Stellen gestellten Fragen und kritischen Anmerkungen sollen hier nochmals in einem gemeinsamen Kontext vorgestellt und erläutert werden, da ihnen

- im Rahmen der bisherigen Fachkonferenz nicht der dafür notwendige zeitliche

Rahmen zur Verfügung gestellt werden konnte,

- die Zusammenhänge aus den Protokollen und Zusammenfassungen oft nicht deutlich werden oder adäquate Protokolle oder Beschlussfassungen nicht erstellt wurden (insbesondere bei dem Workshop „Ausschlusskriterien“ am 17. April 2021),
- für eine ausführliche Diskussion von Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und Geowissenschaftliche Abwägungskriterien keine eigenen Arbeitsgruppen (AGs) zwischen erstem und zweitem Beratungstermin eingerichtet wurden und
- die Inhalte an dieser Stelle mit entsprechenden Belegen versehen werden können.

Eine Reihe der hier gemachten Anmerkungen ist bereits in einem persönlichen Online-Gespräch zwischen der Koordinierungsstelle und Mitarbeitern der BGE diskutiert worden. Offene Fragen und Unklarheiten wurden dabei durch die BGE zufriedenstellend beantwortet bzw. erörtert. Sie werden der Vollständigkeit halber an dieser Stelle teils nochmals aufgeführt.

2 Überregional gültige Anmerkungen

2.1 Ausschlusskriterium „Hebung größer 1 mm/Jahr“

Ausgangssituation: Im StandAG wird in § 22 (Ausschlusskriterien) die Hebung einer Region in der Größenordnung von 1 mm/Jahr als Ausschlusskriterium gewertet. Grundlage dafür ist die Annahme, dass bei einer schritthaltenden Erosion und Abtragung ein Endlager selbst in einem Tiefenbereich über 1.300 Metern die erforderliche Überdeckung über 1 Mio. Jahre und damit das „Sicherstellen“ des Erhalts der Verhältnisse über diesen Zeitraum hinweg nicht gewährleistet, wenn der festgelegte Grenzwert überschritten wird.

In einer von der BGE in Auftrag gegebenen Studie kommen Jähne-Klingberg et al. (2019) zu dem Schluss, dass Hebungsraten größer 1 mm/Jahr für das Gebiet Deutschlands auszuschließen sind. Durch das Kriterium werden daher keine Gebiete aus dem weiteren Verfahren ausgeschlossen.

Einschätzung: Nicht berücksichtigt wird mit dem Kriterium „Hebung größer 1 mm/Jahr“, dass insbesondere in den Mittelgebirgen bis heute ein Gleichgewicht zwischen junger Hebung und Flusseintiefung (und der Erosion) nicht erreicht ist (vgl. „Prozess-Response-Systeme“, Burbank & Anderson 2012). D.h., die Erosion arbeitet der vorangegangenen (jungtertiären) Hebung und/oder den Veränderungen in den Vorflutersystemen zeitversetzt hinterher. Dies gilt v.a. in Gebieten mit hoher Reliefenergie.

Als Beispiel sei hier die Region des Nordostbayerns angeführt. Diese wird durch das Rhein-Main-Entwässerungssystem erst seit rund 1-2 Mio. Jahren angeschnitten, nachdem sie zuvor in das System der Donau entwässerte. Die Flussgeschichte Süddeutsch-

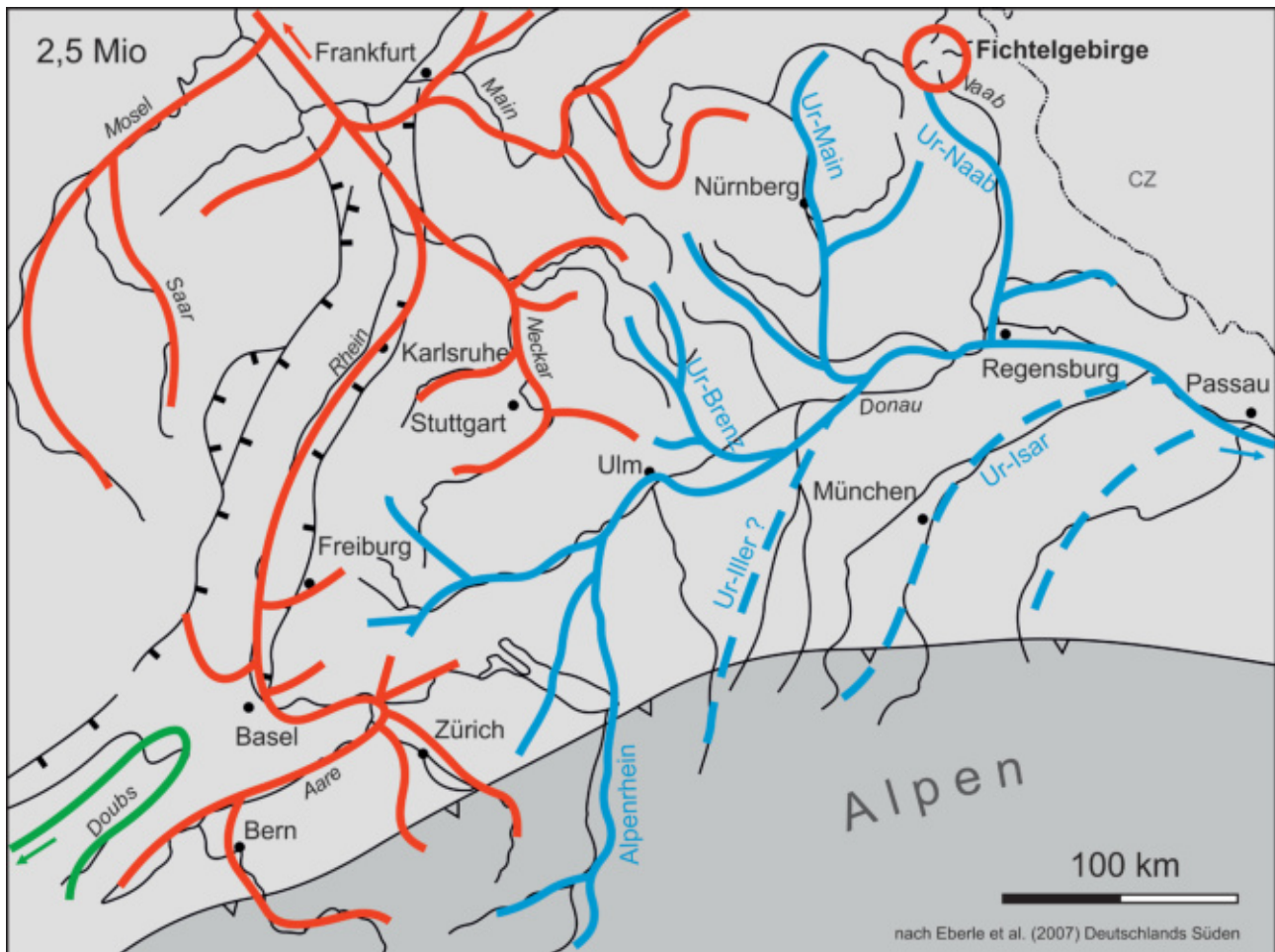


Abb. 4: Drainage-System zu Beginn des Quartärs, das in Nordostbayern noch zur Donau orientiert war. Erst später gewinnt das Rhein-System rückschreitend an Bedeutung (nach Eberle et al. 2010).

lands zeigt, wie sich der Eintiefungsimpuls des Rheins bzw. die tektonische Absenkung des Mainzer Beckens über mehrere 100.000 Jahre sukzessive nach Nordostbayern durchgearbeitet hat (Abb. 4; Lit. in Eberle et al. 2010). Geomorphologen bezeichnen dies als rückschreitende Erosion.

Die Landschaftsprägung zeigt in Nordostbayern deutlich, dass der Prozess anhält, d.h. Einschnitte ins Relief von mehreren 100 Metern verlagern sich in wenigen 100.000 Jahren weiter in das Mittelgebirge hinein – ohne dass es eines zusätzlichen Hebungsimpulses bedarf. Daraus ergeben sich folgende Konsequenzen:

- auch bei Werten unter 1 mm Hebung pro Jahr kann die Erosion das Endlager selbst in größeren Tiefen erreichen bzw. dessen erforderliche Überdeckung abtragen,
- durch die rückschreitende Erosion kann es zu Veränderungen des Entwässerungssystems infolge von Flussanzapfungen im Umfeld des Endlagers kommen. Das kann in verhältnismäßig kurzen Zeiträumen zu einem völlig neuem und erosionskräftigerem Abtragungsgeschehen führen,

- Vertiefung oder Verlagerung der Drainage verändert auch die unterirdischen Wasserwege (Grundwasserströme) und/oder die Chemie der Wässer.

Auf die Problematik von Flusslaufveränderungen in geologisch kurzen Zeiträumen wurde auch in einem Call-for-Papers-Beitrag zum 1. Beratungstermin der Fachkonferenz hingewiesen (Tofelde & Schwanghart 2021).

Empfehlung: Die geomorphologische Vorgeschichte – abgeleitet aus der Fluss- und Landschaftsgeschichte einer Region – und deren weitere potentielle Entwicklung – unter Berücksichtigung der derzeitigen geomorphologischen Situation – ist zumindest in die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (spätestens bei den repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen) einzubeziehen, wenn nicht sogar in die Ausschlusskriterien. Konsequenzen ergeben sich insbesondere in den Mittelgebirgsregionen, in denen Prozess-Response-Systeme infolge der kurz zurückliegenden bzw. teils weiter anhaltenden Hebung aktiv sind. Andererseits läuft die durch die Hebung in der nächsten Million Jahre angeregte Erosion bzw. Abtragung der Hebung ebenfalls nach.

2.2 Ausschlusskriterium „Aktive Störungszonen“

2.2.1 Vorbemerkung – Definition „Aktive Störungszonen“

Aktive Störungszonen werden mit einem Sicherheitsabstand von einem Kilometer als Suchgebiete ausgeschlossen. Als „Aktive Störungszonen“ werden nach StandAG solche Bruchzonen bewertet, für die eine Aktivität in den letzten 34 Mio. Jahren nachweisbar oder zumindest sehr wahrscheinlich ist. Störungsaktivität in diesem Zeitraum wird in Fachkreisen als „Neotektonik“ bezeichnet, wobei häufig über den Zeitpunkt diskutiert wird, ab dem von neotektonischer Aktivität gesprochen wird (ab Rupel, d.h. seit ca. 34 Mio. Jahre, oder mit Einsetzen des rezenten Spannungsfeldes im frühen Miozän, vor ca. 20 Mio. Jahre). International wird „Aktive Tektonik“ dagegen nach Wallace (1986) wie folgt definiert: „... is defined as tectonic movements that are expected to occur within a future time span of concern to society“. Dabei wird bei der Bewertung aktiver Störungstektonik meist nicht mehr als 500.000 Jahre oder über den Zeitraum des Quartärs zurückgeblickt. Aber auch nach dieser Definition können länger zurückliegende Zeiträume nicht ignoriert werden, da ein regionales Störungssystem Einfluss auf das rezente Spannungs- und Bewegungsmuster hat oder Störungen bei einer Änderung des Spannungsfeldes reaktiviert werden können (Wallace 1986).

2.2.2 Wie transparent und zuverlässig ist die Bewertung aktiver Störungszonen?

Ausgangssituation: Grundlage der Anwendung des Ausschlusskriteriums „Aktive Störungszonen“ sind von der BGE geprüfte Datenlieferungen und Argumente der Staat-

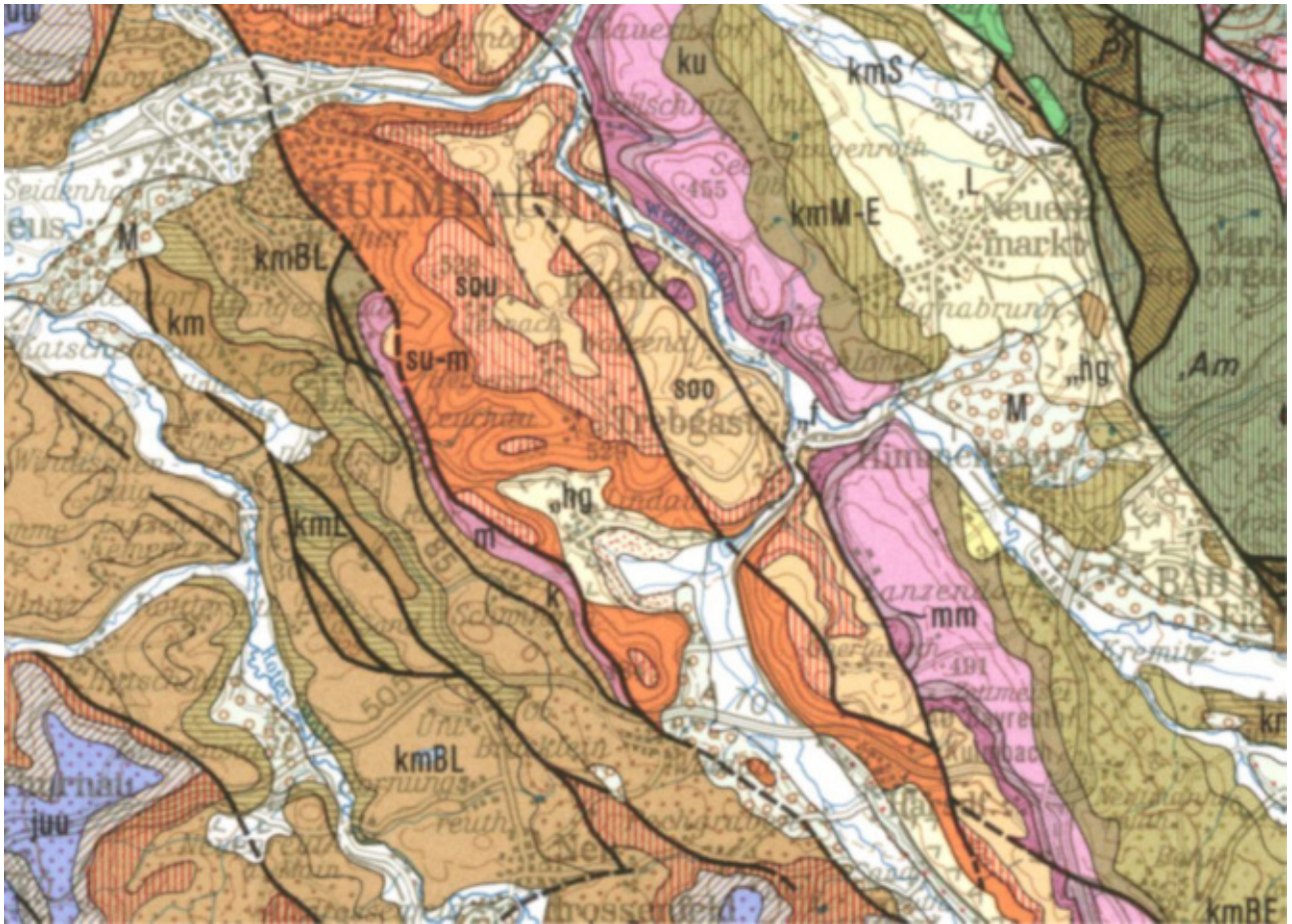


Abb. 5: Links: Ausgeschlossene Störungselemente entlang der Kulmbacher Störung (1-4) und der Trebgaster Störung (5-6) in der Topographischen Karte (www.bayernatlas.de), überlagert mit dem von der BGE bereitgestellten Datensatz Teilgebiete. Gestricheltes Rechteck = ungefähre Ausschnitt der Karte rechts. Rechts: Geologische Übersichtskarte GÜK 200, Blatt CC Bayreuth.

lichen Geologischen Dienste (SGD), einschlägige wissenschaftliche Publikationen und nachweisbare Störungstektonik in Sedimenten jünger als 34 Mio. Jahre (BGE 2020a). Verwendet wurden v.a. kleinmaßstäbliche Kartenwerke (Geologische Übersichtskarten im Maßstab 1:200.000, GÜK200, und 1:250.000, GÜK250). Identifiziert wurden rund 35.000 im Sinne des StandAG aktive Störungen (BGE 2020a).

Einschätzung:

Bewertung von Einzelstörungen: Es ist dem Zwischenbericht Teilgebiete nicht zu entnehmen, welche Kriterien bzw. Argumente im Einzelfall tatsächlich Aktivität oder Inaktivität der Störungen begründen. Dies gilt insbesondere für Kristallingebiete, in denen keine stratigraphischen Bezüge zur Störungsaktivität ableitbar sind. Radiometrische Datierungen an Störungsmineralisationen liegen nur sehr selten vor. Einschätzungen zur Aktivität von Störungen in den letzten 34 Mio. Jahren beruhen in der Literatur oft auf einem nicht mehr aktuellen Stand zum Alter von Landoberflächen oder vulkanischer Aktivität, die in räumlich-zeitlichen Bezug zur Tektonik gesetzt werden (vgl. obermiozäner Vulkanismus in der Oberpfalz/Ostoberfranken bei Louis 1984; hypothetische „sarmatopontische Rumpffläche“, ebenfalls Louis 1984). Daher bedarf es i.d.R.



◀ **Abb. 6:** Ausschnitt Geol. Karte CC 200 Bayreuth (oben) und Topgraphische Karte mit den Ausschlussgebieten aufgrund der Identifizierung aktiver Störungssegmente (nicht gelb eingefärbte Bereiche). Vergrößert aus Abb. 5. Die unterschiedliche Bewertung einzelner Störungssegmente als „aktiv“ und „inaktiv“ ist nicht nachvollziehbar. Zum Beispiel: Im Bereich Trebgast ist die Störung in der geologischen Karte durch Pleistozän überdeckt, daher unterbrochen; in der Teilgebiete-Karte ist gerade dieser Bereich ausgeschlossen. Im Bereich östlich Kulmbach wird der Segmentbereich zwischen Kauerndorf und Ködnitz ausgeschlossen (Teilgebiete-Karte), wobei der Süd- und der Nordteil dieses Störungssegmentes in der geologischen Karte gestrichelt dargestellt ist (vermutete Störung). Vermutete Störungen werden von der BGE (2020a) jedoch eigentlich nicht ausgeschlossen.

einer detaillierten Einzelfallprüfung zur Klärung der Aktivität von Störungen. Ein rein GIS-basiertes Verfahren kann daher nur ein erster Ansatz zur Bewertung der Aktivität von Störungen sein.

U.a. in ihrem Antwortschreiben an das Landratsamt Kulmbach vom 4.3.2021 (als Antwort auf eine schriftliche Anfrage) begründet die BGE die oft starke Segmentierung in aktive und nicht aktive Störungsabschnitte mit der GIS-basierten Verfahrensweise der Identifizierung. Dabei wird u.a. auf die Nutzung der kleinmaßstäblichen Kartenwerke (siehe oben) und die Verschneidung mit Sedimenteinheiten jünger als 34. Mio. Jahre verwiesen. Durchschneidet eine Störung solche Einheiten, gilt die Störung als aktiv. Diese Argumentation trifft für die westlich der Fränkischen Linie im TG 009 liegenden und als aktiv ausgewiesenen Störungen jedoch nicht zu, da diese keine känozoischen Sedimente betreffen. Es ist in diesem Gebiet daher nicht nachvollziehbar, warum Abschnitte als aktiv, andere als inaktiv ausgewiesen wurden (vgl. Abb. 5, 6).

In einigen Fällen ist es überraschend, dass Störungszonen oder Segmente davon als aktiv ausgeschlossen werden, dagegen andere – damit in Verbindung stehende – als nicht aktiv betrachtet werden (z.B. in Abb. 6). Besonders deutlich wird dies z.B. beim Creußener Graben, Landkreis Bayreuth (Abb. 7a, b).

Im Bereich des Grundgebirges östlich der Fränkischen Linie ist die Bewertung aktiver und inaktiver Störungen durch das Fehlen stratigraphischer Bezüge mithilfe des durch die BGE gewählten Verfahrens nicht möglich. Es ist daher nicht überraschend, dass aktive Störungen in diesem Gebiet weitgehend fehlen. Allerdings weisen morphotektonische Merkmale (u.a. markante Reliefstufen) auf die Bedeutung aktiver Störungen sowie von Hebungs- und Senkungsvorgängen hin (Peterek 2001, 2007, 2012; Peterek et al. 2011). Hier müssen im weiteren Verfahren detaillierte morphotektonische Methoden angewendet werden (vgl. Burbank & Anderson 2012), d.h. die eingehende Analyse des Reliefs und seiner morphometrischen Parameter in Beziehung zur Tektonik untersucht werden.

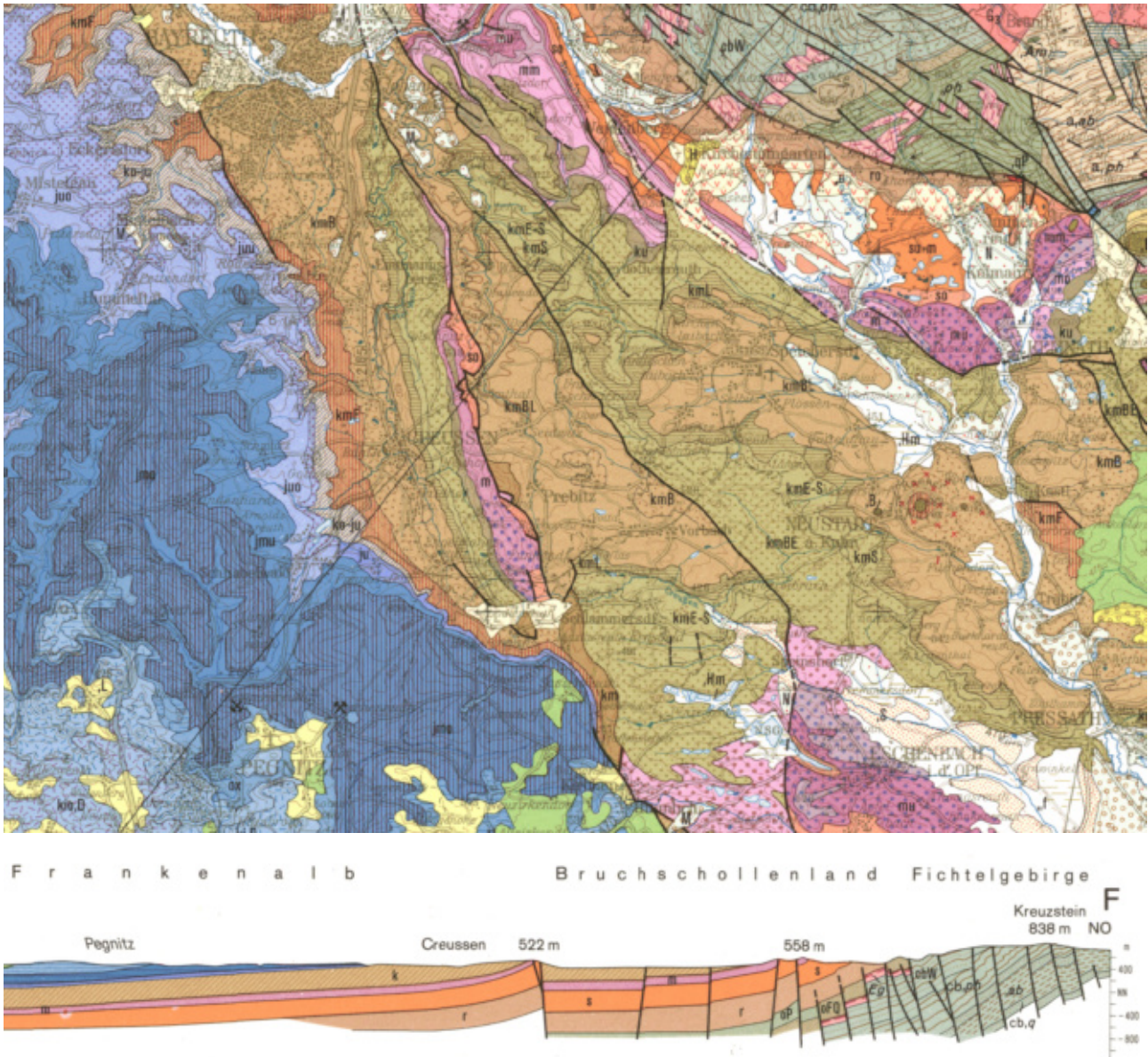


Abb. 7a: Oben: Creußener Graben (oben) Ausschnitt Geol. Karte CC 200 Bayreuth; unten: Profil durch den Creußener Graben (Profilinie in der Karte oben).

Für viele der wenigen im östlichen Oberfranken von der BGE (2020a) als aktiv ausgehaltenen Störungen im Kristallin gibt es dagegen keine echte Relevanz für eine Aktivität in den letzten 34 Mio. Jahren. Nicht selten werden Fließerde- oder tiefgründige Verwitterungsbereiche als stratigraphischer Bezug für die Störungsaktivität gewertet. Hier ist in vielen Fällen selektives Verwitterungsverhalten von Lithologien Grund für die Abgrenzung geologischer Einheiten durch „Störungen“. Viele der in den Übersichtskartenwerken eingetragenen Störungen sind in den großmaßstäblichen Geologischen Karten 1:25.000 nicht vorhanden. Es handelt sich offensichtlich um Übertragungsfehler oder um die „Bereinigung“ von Unstimmigkeiten bei der Erstellung der kleinmaßstäblichen Übersichtskarten. Mit E-Mail vom 13.07.2021 von Dr. Andreas Pe-



Abb. 7b: Teilgebiete-Karte (BGE 2020a) mit ausgeschlossenen Bereich der östlichen Grabenrand-Störung des Creußener Grabens. Die östliche Grabenrand-Störung ist als aktiv ausgeschlossen, die westliche – obwohl geologisch prägnanter – dagegen nicht (vgl. Abb. 7a, unten). Ergänzender Hinweis: Der ausgeschlossene Bereich zwischen Vorderkleebach und Nordost Muthmannsreuth (linker Bildrand) ist offensichtlich ein GIS-bedingter Artefakt; darauf deutet bereits die für ausgeschlossene Störungszonen untypische Kontur. Rechte untere Ecke: Teilgebietegrenze.

terek an Dr. Sönke Reiche wurden der BGE bereits zahlreiche Beispiele für in unseren Augen nicht stimmige Bewertungen aktiver/inaktiver Störungen im Zwischenbericht übersandt.

2.2.3 Aktive Störungszonen und seismisches Potential

Ausschlussgebiete im Umfeld der als aktiv ausgewiesenen Störungszonen betreffen die Sicherheitszone mit einem Kilometer Abstand von dieser Störung. Wenn diese Störungen aktiv sind bzw. als solche eingestuft werden, muss spätestens bei den repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen das potentiell von ihnen ausge-

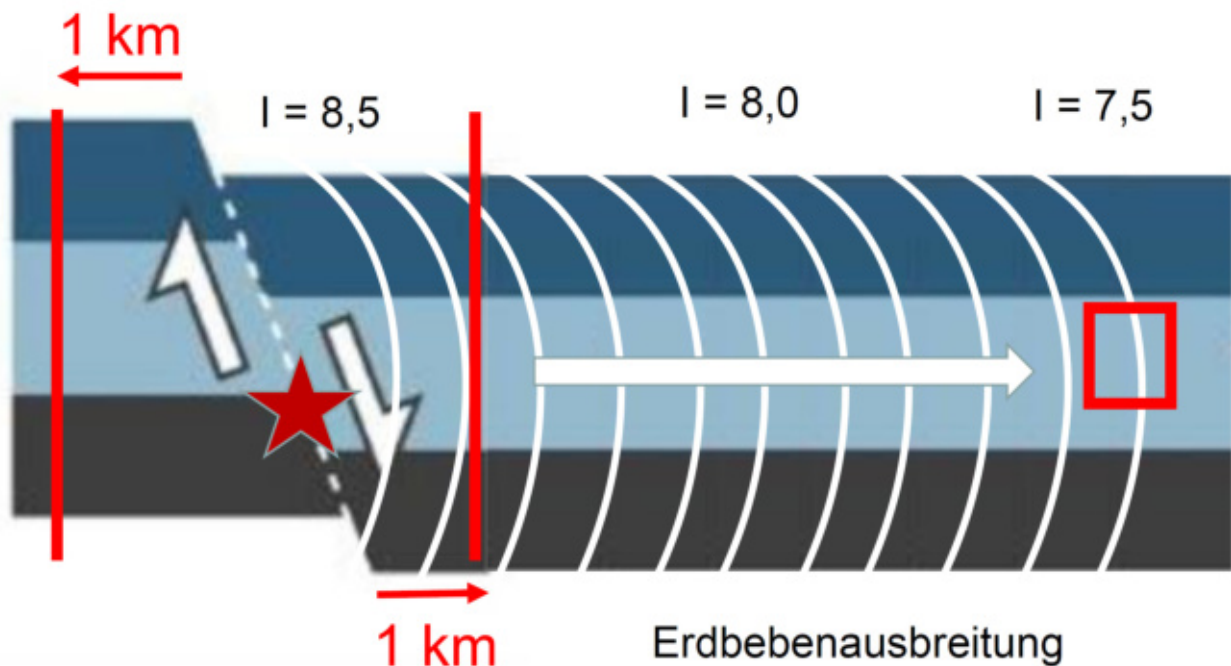


Abb. 8: Entsprechend der Vorgabe des StandAG wird beiderseits der aktiven Störung eine Sicherheitszone von einem Kilometer ausgeschlossen. Nicht berücksichtigt wird dabei die von der Störung ausgehende Seismizität. Ein Endlager (rotes Rechteck) kann jedoch innerhalb der Zone liegen, die nach dem Ausschlusskriterium „Seismizität“ nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 ausgeschlossen werden würde. Das seismische Potential aktiver Störungen muss daher im weiteren Verfahren nach modernsten Methoden der Paläoseismologie Berücksichtigung finden. I = Intensität der Bebenaktivität. Die Intensität > 7 entspricht in etwa dem Ausschlusskriterium „Seismizität“.

hende seismische Risiko bzw. das mit einer Aktivität verbundene seismische Potential abgeschätzt werden (Abb. 8). Darauf aufbauend muss ein Sicherheitsabstand gemäß des Ausschlusskriteriums „Seismische Aktivität“ bzw. in Anlehnung an DIN EN 1998-1/NA:2011-01 erfolgen. Das auszuschließende Gebiet ist dann weit größer als der Sicherheitsabstand von einem Kilometer.

„Aktive Störungszonen“ und „Seismische Aktivität“ werden im StandAG wie auch im Zwischenbericht als getrennte Kriterien betrachtet, sind jedoch stark miteinander verknüpft, insbesondere dann, wenn es um historische Seismizität geht. Untersuchungen dazu mithilfe geologisch/geomorphologischer Methoden bezeichnet man als „Paläoseismologie“, eine im deutschsprachigen Raum noch junge Forschungsrichtung. Insbesondere im Gebiet der vogtländisch-nordwestböhmischen Schwarmbeben mit Oberflächenmagnituden bis 4,6 gibt es an der Marienbader Störung (bereits auf tschechischem Gebiet) Hinweise auf nur wenige 1.000 Jahre alte Erdbeben mit einer Magnitude 6,7 bis 7 (1150-590 v. Chr., 780-1000 n. Chr.; Štěpančíková et al. 2017; zitiert auch in BGE 2020a). In die Ausweisung der Erdbebenzonen in dieser Region werden jedoch nur die aktuellen Schwarmbeben bzw. in historischen Quellen verzeichnete

Beben einbezogen. Deren abgestrahlte Energie ist etwa 1.000-fach schwächer als das der genannten paläoseismologisch eingestuften Beben. Ein Erdbeben der Magnitude 6,7 bis 7 hat einen weit größeren Schütter- und Schadensbereich (mit einer Intensität größer VII) als die stärksten bisher aufgetretenen Schwarmbeben mit der Magnitude 4,5. Die bisher nach der oben genannten DIN ausgewiesenen und ausgeschlossenen Erdbebenzonen müssen daher auch neue paläoseismologische Daten berücksichtigen.

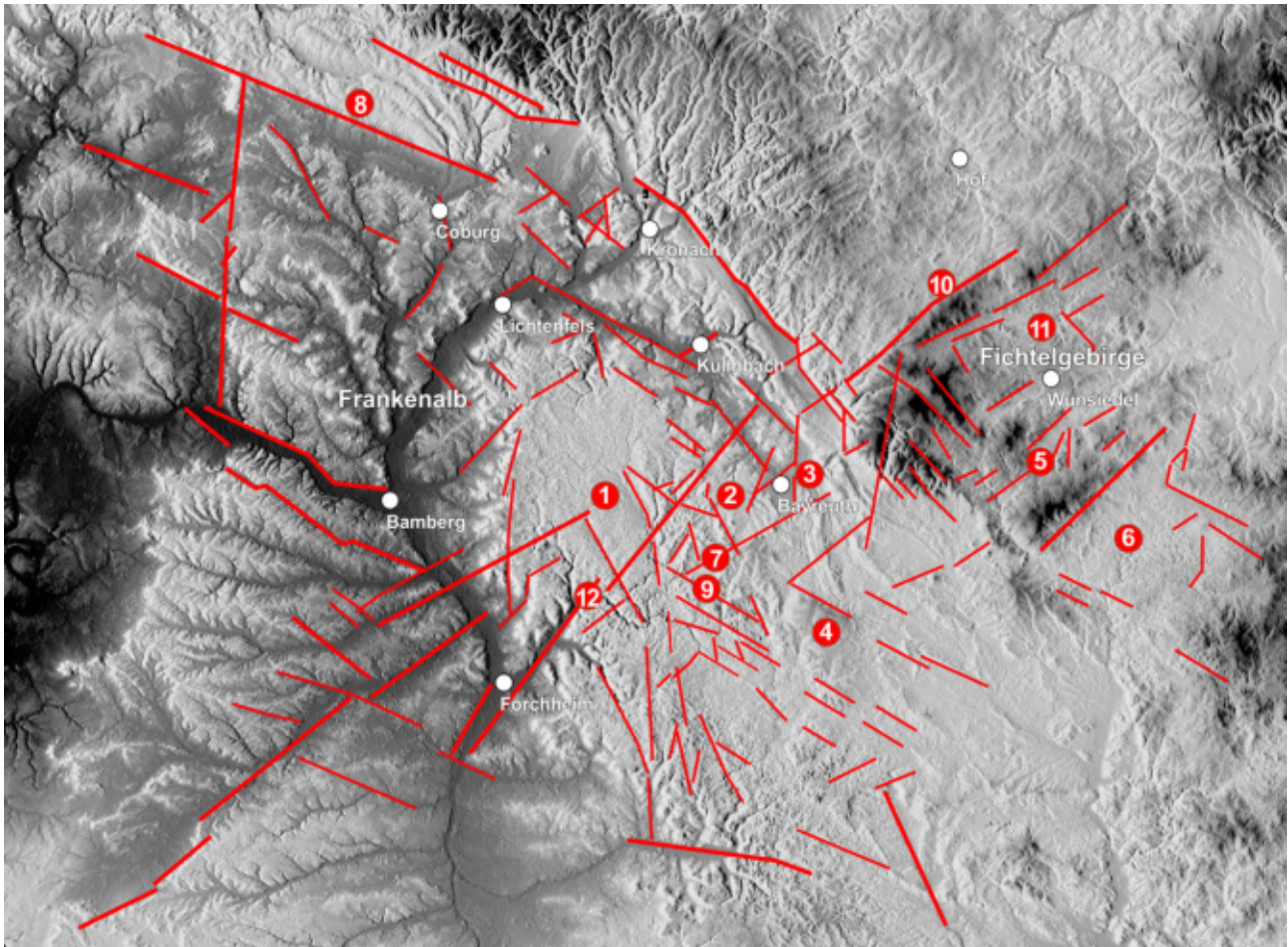
Es ist zudem zu berücksichtigen, dass die Schwarmbeben einen Großteil der tektonisch in der Erdkruste induzierten Spannungen im Nordteil der Marienbader Störung abbauen. Ein sehr viel höheres seismisches Risiko geht nach morphotektonisch/neotektonischen Kriterien jedoch vom südlichen Ast dieser Störung aus (Peterek et al. 2011).

2.2.4 Grundgebirgsinduzierte Störungstektonik

Der geologische Untergrund des westlichen Oberfranken hat einen Aufbau aus dem saxothuringischen Grundgebirge (geringmetamorphe, variszisch geprägte Gesteins-einheiten) und einem auflagernden, bis 2.000 Meter mächtigen mesozoischen Deckgebirge. Das variszische Grundgebirge wurde einer frühen postvariszischen Störungstektonik unterworfen, die im auflagernden Deckgebirge nicht abgebildet ist. Störungsaktivität ab der tieferen Trias (Peterek et al. 1997) betrifft dagegen sowohl Grundgebirge und als auch Deckgebirge. Eine durchgreifend prägende Störungstektonik erfasste Grund- und Deckgebirge während der höheren Unterkreide und späten Oberkreide/frühen Tertiär, wobei diese dominierend kompressiver Natur war („alpide Inversionstektonik“; u.a. Peterek et al. 1997). Vertikale Versätze im Deckgebirge erreichen bis zu 950 Meter (vgl. Kulmbacher Störung; Landkreis Kulmbach, Gudden 1955). Störungsmuster und -kinematik im Deckgebirge sind teils durch eine Entkopplung der Bewegungen im Deckgebirge von denen des Basements zu erklären („Basement induced tectonics“). D.h., dass die Lage und Ausprägung der Störungen an der Erdoberfläche teils nicht die tatsächlichen Verhältnisse im eigentlichen Suchraum widerspiegeln.

2.2.5 Prämesozoische Störungen

Das östlich der Fränkischen Linie zutage tretende Grundgebirge zeigt, dass dieses von einer Reihe spätvariszischer und frühmesozoischer Störungen durchsetzt wird. Westlich der Fränkischen Linie sind diese Störungen durch die Überdeckung mit mesozoischem Deckgebirge nicht an der Erdoberfläche zu erkennen. Ein Teil dieser Störungen kann aktiv sein, ohne dass die Brüche bis an die Erdoberfläche durchgehen. Sie können dort ggf. durch großräumige Verbiegungen oder untergeordnete Schersysteme erkannt werden (vgl. Kap. 2.2.4).



2.2.6 Beachtenswerte Strukturelemente der nördlichen Frankenalb

Mit Abb. 9 soll auf einige Strukturen im Bereich der nördlichen Frankenalb hingewiesen werden, die im weiteren Verfahren (insbesondere bei den repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen) Beachtung finden müssen. Dabei handelt es sich u.a. um aus der Relief- und Linearanalyse herausgearbeitete Merkmale, die auf „jung aktive“ bis rezente Bewegungen der Erdkruste hinweisen.

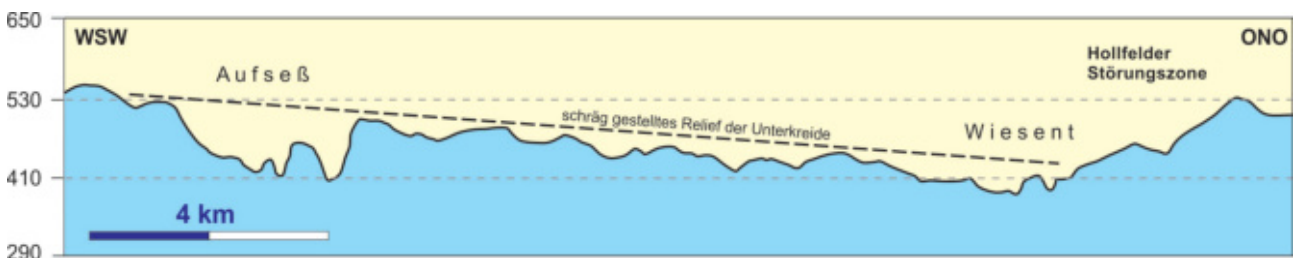


Abb. 10: Querprofil durch die „Hollfelder Mulde“ (Hollfelder Graben). Die östliche Grabenrandstörung (Hollfelder Störung) ist als markante Geländestufe entwickelt. Die auf die Störungszone zugeneigte Reliefoberfläche, das Abdrängen der Wiesent auf die Störung zu sowie die auf die Störung ausgerichteten tributären Zuflüsse zur Wiesent zeigen die asymmetrische und junge Absenkung des Grabens an (nach Peterek 2002a).

◀ **Abb. 9:** „Shaded Relief“ Oberfrankens und angrenzender Gebiete mit der Darstellung (unvollständig) kartierter linearer Strukturelemente (rot). Die Lineationen geben Hinweise auf ausgeprägte Kluft- und Störungszonen. Besonders auffällig ist die Zone, die vom Nordrand des Fichtelgebirges von Nordosten über die Frankenalb nach Südwesten verläuft. Der Charakter dieser Struktur ist nicht weiter bekannt. Sie begrenzt und umfasst im nordöstlichen Teil der Frankenalb das **Bayreuther Becken (3)** und den **Ahorntaler Sattel (7)**. In diesem Bereich liegen – in südwestlicher Verlängerung des Fichtelgebirges – auch die topographischen Kulminationen der nördlichen Frankenalb mit **Hohenmirsberger Platte (614 m; Nr. 9)** und **Kitschenrain (645 m; Nr. 4)**. Die linearen Strukturen und die topographische Hochzone werden im Zusammenhang mit der jungen Hebung der großräumigen Egerrift-Struktur gesehen, die sich weit über das Fichtelgebirge hinaus nach Südwesten erstreckt. Auch das Zurückspringen des **östlichen Albtraufs** nach Westen bei Bayreuth (Nr. 2) lässt auf Hebung schließen. Von den übrigen linearen Elementen sei hier hingewiesen auf die „**Hollfelder Mulde**“ bzw. den „**Hollfelder Graben**“ (Nr. 1; siehe auch Abb. 10). Nördlich an den Regierungsbezirk Oberfranken angrenzend ist die sogenannte **Frankenschwelle** ein auffälliger und linear begrenzter Höhenzug (Nr. 8). Sie bildet die Wasserscheide zwischen dem Werra- und Mainsystem. Erstreckung und Landschaftsgeschichte in diesem Bereich deuten auf junge tektonische Bewegungen hin (dazu Peterek & Schröder 2012).

2.3 Tektonisch aktive Großstrukturen

Ausgangssituation: Im Zwischenbericht Teilgebiete werden „tektonisch aktive Großstrukturen“ besonders hervorgehoben. Diese sind nicht als „ausgeschlossene Gebiete zu verstehen“, sondern dienen vielmehr „als Argumentationsgrundlage und Hilfsmittel zur Ausweisung aktiver Störungszonen in Deutschland“ (BGE 2020a). Dabei bringt die BGE weiterhin zum Ausdruck, dass unter „aktiven Störungszonen“ bzw. „tektonisch aktiven Großstrukturen“ solche verstanden werden, für die eine tektonische Aktivität jünger als 34 Mio. Jahre sicher oder sehr wahrscheinlich ist.

Einschätzung: Die Korrelation der Dichte ausgeschlossener Störungszonen (BGE 2020b: Abb. 17, S. 61, Anlage Anwendung Ausschlusskriterien) mit den von der BGE definierten Umrissen tektonisch aktiver Großstrukturen (BGE 2020a: Abb. 7) steht im Einklang mit dem oben skizzierten Vorgehen, d.h. mit einer „Bereitschaft“, Störungen in den ausgewiesenen tektonischen Großstrukturen eher als aktiv zu werten. Das ist nachvollziehbar.

Vor diesem Hintergrund ist anzumerken, dass die Karte der „tektonisch aktiven Großstrukturen“ (BGE 2020b: Abb. 4, S. 43) unvollständig ist. Sie weist in ganz Mittel- und Norddeutschland keinerlei „tektonisch aktive Großstrukturen“ aus. Dabei müssen u.a. Harz, Teutoburger Wald oder Leinegraben als solche betrachtet werden. Gleiches gilt für das Erzgebirge auf der Nordflanke des aktiven Egerrifts bzw. für das Fichtelgebirge

und die nördliche Oberpfalz, die ebenfalls unmittelbar in diesem Riftsystem liegen. „Folgerichtig“ sind im bayerischen Teil des Egerrifts keine dem Riftsystem zuordenbaren aktiven Störungen verzeichnet bzw. ausgeschlossen worden. Dass das Vogtland als tektonisch aktive Großstruktur ausgewiesen wurde, das angrenzende Erzgebirge mit einer Hebung von bis zu 1.000 Metern im Tertiär (Malkovsky 1987) sowie die bayerische Fortsetzung des Egerrifts nicht in gleicher Weise berücksichtigt wurden, ist schwer verständlich. Auch der gesamte Bayerische Wald ist ein tektonisch aktives Hebungsgebiet (0,4 mm/Jahr; Schenk et al. 2009) mit mehreren, zum Donaurandbruch parallelen aktiven Störungszonen (Peterek unpubl.). Tatsächlich verzeichnen die geologischen Karten für den bayerischen Teil des Egerrifts kaum riftparallele Störungen. Auf diese verweisen jedoch Publikationen, u.a. Peterek (2001) oder Peterek et al. (2011).

Der Ansatz der BGE, „tektonisch aktive Großstrukturen“ auszuweisen, ist generell richtig. Diese geben Hinweise auf aktive Störungszonen, kennzeichnen aber gleichzeitig auch Gebiete mit höheren Hebungs- oder Senkungsraten oder geben Hinweise auf besondere Spannungszustände in der Erdkruste. Insbesondere prominente Hebungsgebiete sind kritisch als Standorte für ein Endlager zu sehen. Gerade die großräumigen Hebungsgebiete sind überregional bedeutende Hauptwasserscheiden. Im Falle, dass Radionuklide ins Grundwasser migrieren, können sich diese über die Gewässer über große Teile Mitteleuropas verteilen.

2.4 Ausschlusskriterium „Aktive Störungen“ zu früh im Verfahren

Die Anwendung des Ausschlusskriteriums „Aktive Störungszonen“ im Sinne des StandAG §22 hat zum Ausschluss von sich linear erstreckenden Flächen im Umfeld von rund 35.000 Störungen geführt. Die Nachweisführung der Aktivität oder Inaktivität von Störungen über einen Zeitraum von 34 Mio. Jahren ist in den meisten Fällen schwer oder nicht möglich, insbesondere wenn stratigraphische Bezüge fehlen. Erst seit 10 bis 20 Jahren werden vielversprechende Verfahren zur Erkennung von neotektonisch aktiven Störungen in Gebieten mit geringen Bewegungsraten entwickelt (u.a. durch die morphotektonische Analyse von hochauflösenden Geländemodellen). In der Regel sind aufwendige Untersuchungen notwendig. Die Ausweisung aktiver Störungszonen im Sinne des StandAG bzw. das im Zwischenbericht vorgelegte Ergebnis ist insbesondere mit Blick auf die Situation in Oberfranken teils nicht nachvollziehbar bzw. nicht überzeugend.

Da Störungen generell die Integrität des geologischen Verbandes beeinflussen, ist der Ausschluss der im Zwischenbericht ausgewiesenen Störungen allerdings ohnehin sinnvoll. Im Schritt 2 der Phase 1 ist das Kriterium „Aktive Störungen“ in den näher betrachteten Gebieten jedoch nochmals eingehend zu prüfen, sowohl im Hinblick auf deren Aktivität in den letzten 34 Mio. Jahren, die mögliche Reaktivierung auch älterer Störungen im rezenten Spannungsfeld als auch das von der Störung möglicherweise

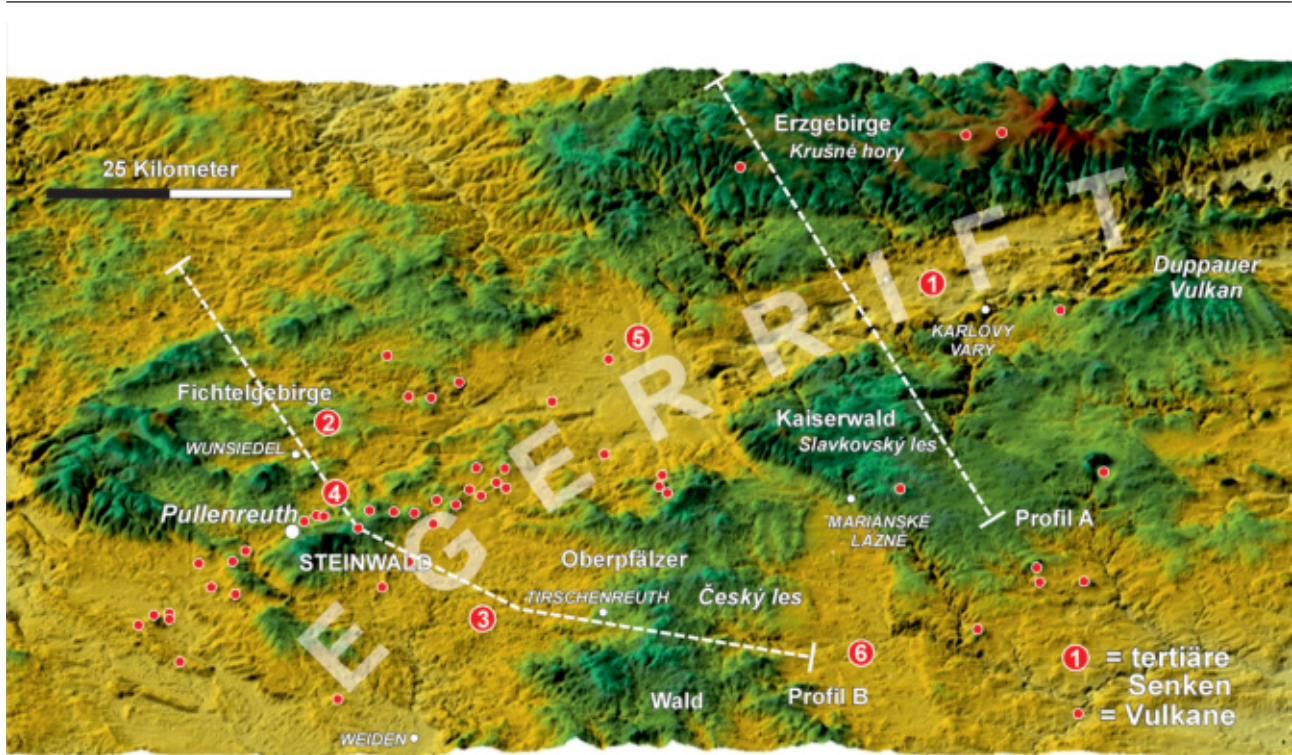


Abb. 11: Vulkane (rote Punkte) im westlichen Teil des Egerrifts (nicht nach Alter differenziert). © GEOPARK Bayern-Böhmen. 1, Becken von Sokolov; 2, Fichtelgebirgs-Becken; 3, Waldnaab-Wondreb-Senke; 4, Walderhofer Senke; 5, Cheb-Becken; 6, Cheb-Domažlice Graben.

ausgehende seismische Potenzial. Während das StandAG für den Schritt 1 der Phase 1 die Anwendung des Ausschlusskriteriums „Aktive Störungszonen“ relativ strikt vorgibt, sollte im Rahmen des weiteren Verfahrens stärker differenziert werden, ob es sich um aktive Störungen im Sinne der Definition von Wallace (1986), ältere (neotektonische) Störungen (bis 34 Mio. Jahre) oder im rezenten Spannungsfeld reaktivierbare noch ältere Störungen handelt. In Phase 2 (mit Beginn der oberflächlichen Untersuchungen) müssen bei der Bewertung neotektonischer und aktiver Störungen Methoden der „Tektonischen Geomorphologie“ („Morphotektonik“) und Paläoseismologie eingehend eingesetzt werden.

2.5 Ausschlusskriterium „Vulkanismus“

Ausgangssituation: Quartäre vulkanische Aktivität, d.h. Vulkanismus innerhalb der letzten rund 2,5 Mio. Jahre, ist ein Ausschlusskriterium.

Einschätzung: Sowohl die Eifel als auch das bayerisch-tschechische Grenzgebiet zeigen, dass sich vulkanische Tätigkeit über Zeiträume von mehreren 10 Mio. Jahren erstrecken kann. Verhältnismäßig kurzen Phasen der Aktivität können längere Phasen vulkanischer Ruhe folgen. So lagen Aktivitätszeiten im bayerisch-tschechischen Grenzraum zwischen rund 25 bis 20 Mio. Jahren, mit Nachzüglern bis vor rund 15 Mio. Jahren (spätes Oligozän bis Miozän), vor 12 bis 8 Mio. Jahren (spätes Miozän) und

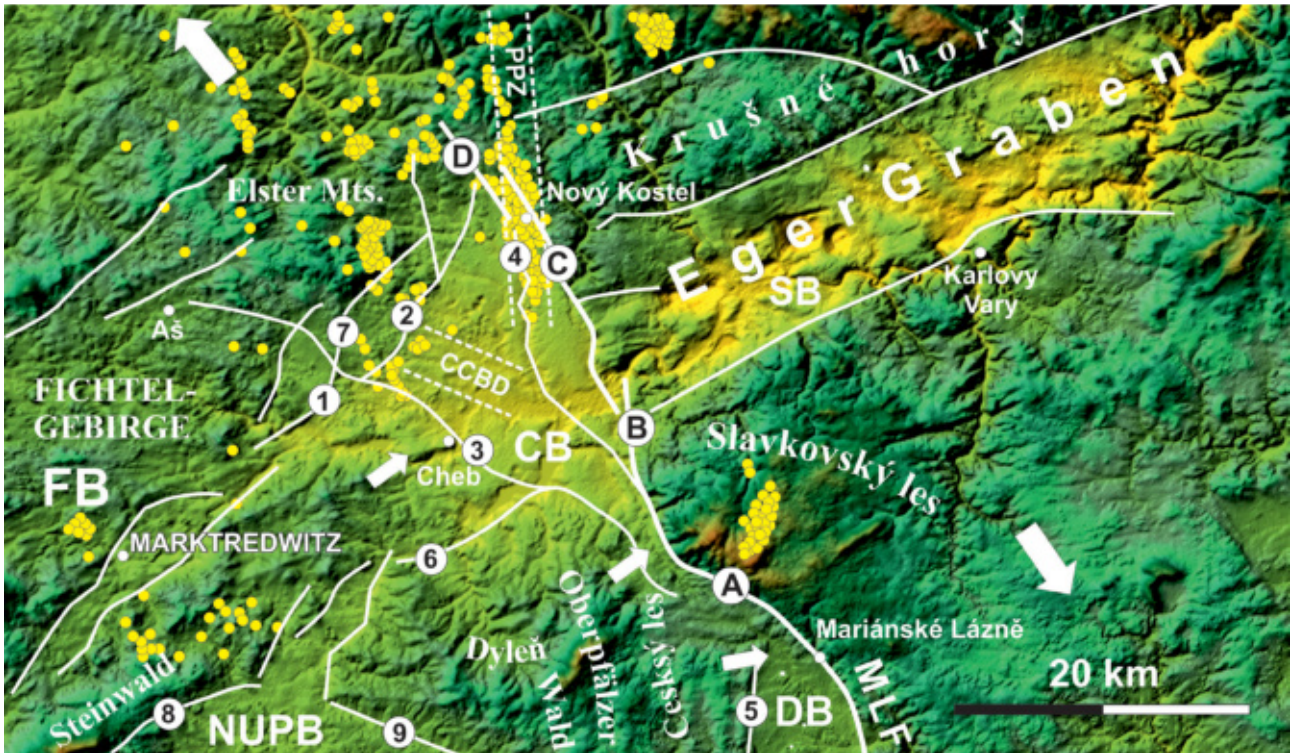


Abb. 12: Erdbebenzentren im östlichen Fichtelgebirge, im Egerer Becken und im Vogtland (aus Peterek et al. 2011). Das Verbreitungsgebiet südlich Marktredwitz deckt sich mit dem Förderzentrum känozoischer Vulkanite. Es ist weniger direkt mit Störungslinien korrelierbar. Gelbe Punkte = Epizentren. NUPB = Northern Upper Palatinate Basin, CB = Cheb Becken, DB = Cheb-Domažlice Becken, SB = Sokolov Becken; A - D Segmente der Marienbader Störung; 1 - 9 = aktive Störungen; MLF = Marienbader Störung; PPZ = seismogene Zone bei Nový Kostel (Tschechien).

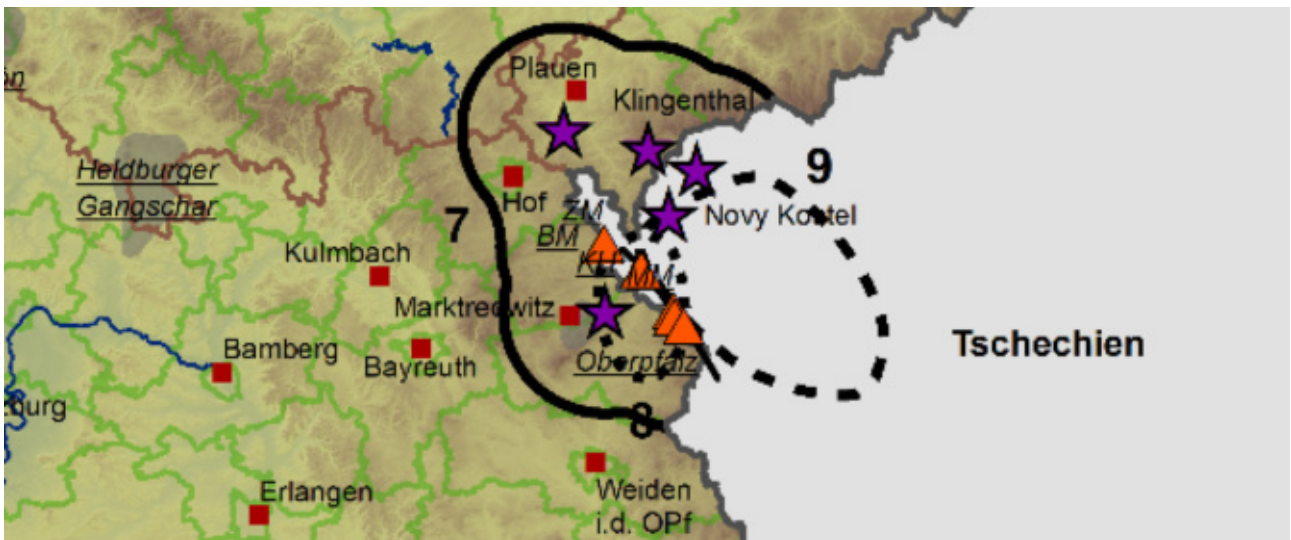


Abb. 13: Die schwarze durchgezogene Linien umgrenzt das Gebiet, in dem mit hoher Wahrscheinlichkeit mit einer vulkanischen Aktivität in der nächsten 1 Mio. Jahre zu rechnen ist – inkl. Sicherheitsabstand von 25 Kilometern (aus Schreiber & Jentzsch 2021). Sterne = Schwarmbebenzentren, Dreiecke = quartäre Vulkane).

zwischen 2 Mio. und ca. 300.000 Jahren (u.a. Ulrych et al. 2000, zuletzt Rohrmüller et al. 2017). Die Zentren der vulkanischen Aktivität haben sich dabei innerhalb der übergeordneten Struktur des Eger-Rifts verlagert (Abb. 11).

In der Studie von May (2019) wird ein Wiederauftreten von Vulkanismus in der nächsten eine Mio. Jahre in den Regionen von Eifel und bayerisch-tschechisch-vogtländischem Grenzraum als sehr wahrscheinlich eingestuft. Auf der Basis der räumlichen Streuung der jeweiligen Förderzentren wird von diesem Autor daher eine Ausweitung des Sicherheitsabstandes von 10 Kilometern (gemäß StandAG) auf bis zu 75 Kilometer vorgeschlagen. In einem vom Nationalen Begleitgremium NBG in Auftrag gegebenen Gutachten schlägt Zemke (2020) dagegen die Beibehaltung der im StandAG festgelegten 10 Kilometer um die „sicher eingegrenzten Kernzonen“ vor, mit der Option, diese schrittweise „mit wachsendem Erkenntnisstand und unter Berücksichtigung aller lokalen Randbedingungen und Einwirkbereiche“ zu erweitern. In der von Schreiber & Jentzsch (2021) verfassten Studie zur „Vulkanischen Gefährdung in Deutschland“ empfehlen die Autoren eine Ausweitung der Ausschlusszone um die quartären Vulkane auf 25 Kilometer. Hintergrund ist die von ihnen ermittelte Streubreite von Aufstiegswegen des Magmas von bis zu 15 Kilometern zzgl. der im StandAG geforderten Sicherheitszone von 10 Kilometern. Zudem werden Zentren von Schwarmbeben (Abb. 12), Mofetten und Sauerlingen als potenzielle Bereiche für den Aufstieg von Magmen gesehen und damit quartären Vulkanen gleichgesetzt. Wie Abb. 13 zeigt, kommen unter Berücksichtigung der plausiblen Argumente von Schreiber & Jentzsch (2021) große Teile der Landkreise Hof, Wunsiedel i. Fichtelgebirge und Tirschenreuth für eine weitere Standortsuche damit nicht in Frage.

Bewertung känozoischer Vulkangebiete

Für die känozoischen Vulkanfelder geht May (2019) davon aus, dass die vulkanische Aktivität ruht. Als Bereiche für ein mögliches, d.h. nicht auszuschließendes Aufleben werden von ihm die Verbreitung der tertiären Vulkanite zzgl. eines Sicherheitssaumes von 25 Kilometer genannt (May 2019: S. 55). In einer Expertenbefragung (Rummel et al. 2021) stufen diese die Relevanz des Vorkommens känozoischer Vulkanite für die Prognostizierbarkeit zukünftiger vulkanischer Aktivität als hoch bis sehr hoch ein. Die Ausbruchsstellen der känozoischen Vulkane im östlichen Oberfranken und der nördlichen Oberpfalz gruppieren sich mit einem Abstand von rund 15 Kilometern ähnlich um ein Zentrum wie von Schreiber & Jentzsch (2021) und May (2019) für zukünftige Szenarien vulkanischer Aktivität angenommen. Die Korrelation der Vulkanfelder mit sich kreuzenden Störungssystemen ist dabei unverkennbar (Abb. 14).

Dominante Struktur der Verbreitung känozoischer Vulkanite im östlichen Oberfranken und der nördlichen Oberpfalz ist das Nordost-Südwest-verlaufende Egerrift. Eine Verlagerung der quartären vulkanischen Aktivität innerhalb des bayerischen Teils des

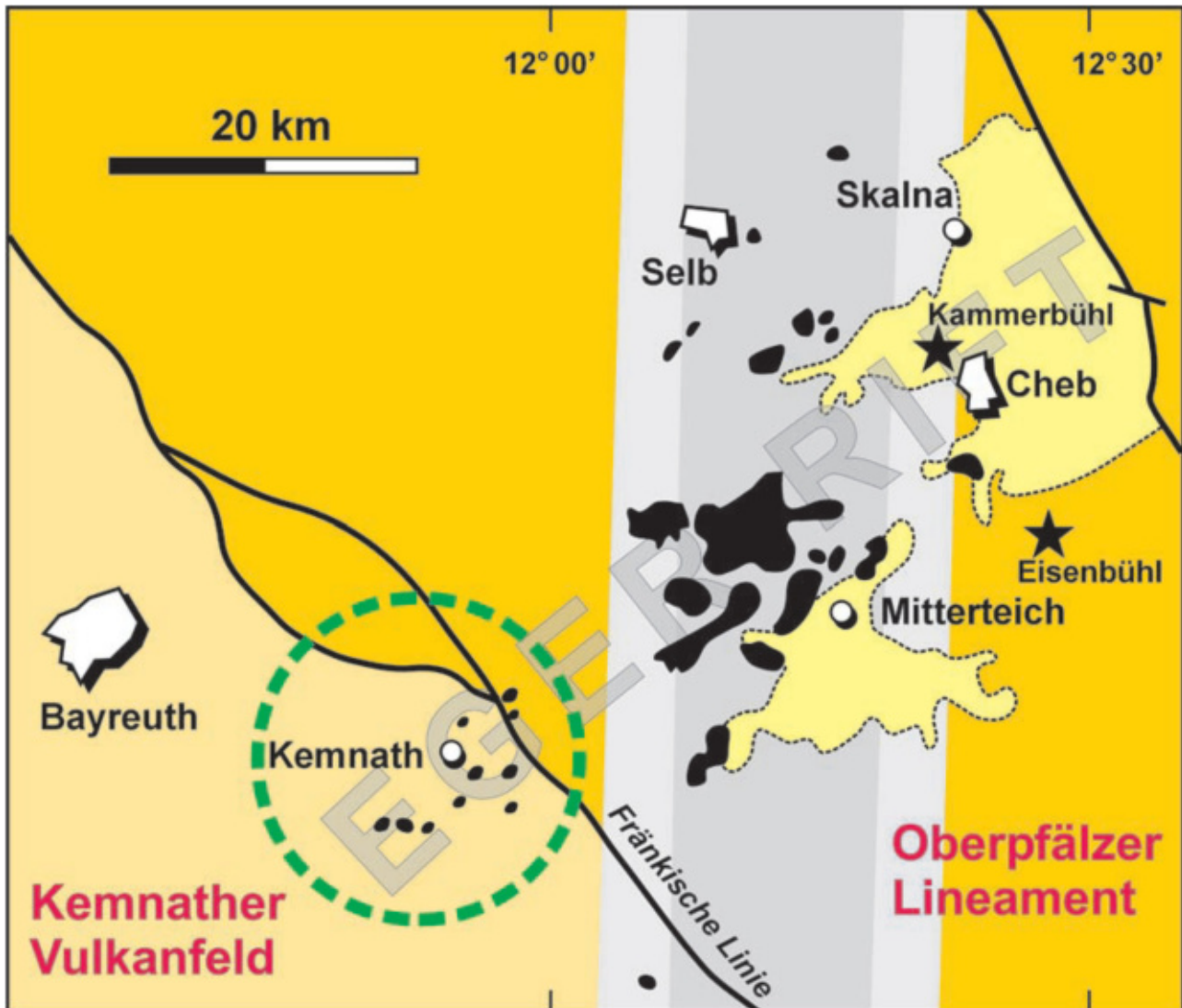


Abb. 14: Lage der vulkanischen Zentren im westlichen Egerrift im Schnittpunkt überregional bedeutender Störungszonen. Kemnather Vulkanfeld (im Schnittpunkt von Fränkischer Linie und Egerrift), Östliches Fichtelgebirge (im Schnittpunkt N-S-(Tiefen-)Struktur [= Oberpfälzer Lineament] und Egerrift bzw. im Süden mit Fränkischer Linie). Aus Peterek (2012).

Egerrifts ist letztlich nicht sicher auszuschließen, wenn auch weniger wahrscheinlich als ein Auftreten in der Zone, die derzeit Schwarmbeben-Aktivität und Austritte von Mantel-CO₂ zeigt. Entsprechend sollte das gesamte Egerrift (damit auch außerhalb der bereits abgegrenzten Sicherheitszone um die quartären Zentren) bzw. insbesondere die darin erkennbaren Verschneidungsbereiche großer Störungszonen mit einem entsprechenden Sicherheitsabstand nicht oder nur eingeschränkt im weiteren Suchverfahren verbleiben.

Der nördliche Teil Oberfrankens (Landkreis Coburg) grenzt unmittelbar an das NNO-SSW („rheinisch“) streichende Vulkangebiet der „Heldburger Gangschar“ (Abb. 15). Eine bis mehrere 100 Meter tiefe Abtragung hat im angrenzenden Südthürin-

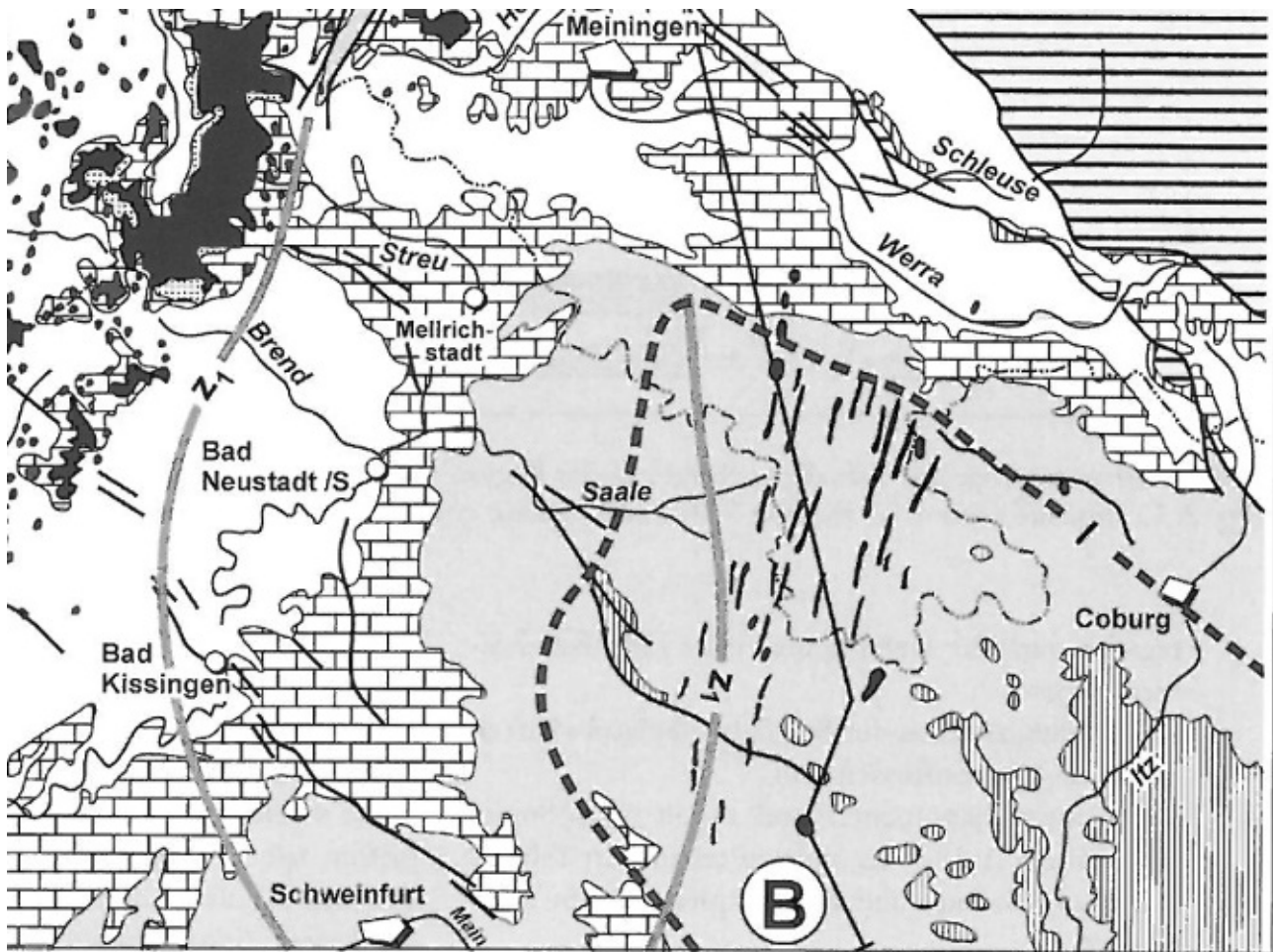


Abb. 15: Heldburger Gangschar (schwarz) westlich Coburg (aus Schröder & Peterek 2002). Zu den Gängen auf bayerischem Gebiet siehe Abb. 26.

gen und im Norden des Landkreises Coburg weit über 100 auskartierte Fördergänge (Abb. 15, 26), die sich v.a. zwischen 16 und 18 Mio. Jahren vor heute (Abratis et al. 2007) unter E-W bis OSO-WNW Extension geöffnet haben, freigelegt. Es ist zu vermuten, dass eine Vielzahl an Gängen heute noch gar nicht durch die Erosion angeschnitten sein könnte. Die rheinische Streichrichtung der Gänge kennzeichnet eine neue (ab dem Miozän wirksame) Strukturrichtung in der Region. Basaltische Gänge gleicher Streichrichtung kommen jedoch auch auf der Frankenalb (Landkreis Forchheim, Landkreis Kulmbach) vor. Auffällig ist die Übereinstimmung im Streichen mit der seismotektonisch aktiven Rostock-Leipzig-Regensburg-Zone (Bankwitz et al. 2003). Die Vulkanitgänge der Heldburger Gangschar sind mit einer entsprechenden Sicherheitszone im weiteren Verfahren zu berücksichtigen. Ihre Verbreitung deutet möglicherweise auf eine Tiefenstruktur innerhalb der Lithosphäre hin.

2.6 Egerrift („Egergraben“)

Die BGE (2020b) definiert in ihrem Zwischenbericht u.a. in Abb. 7 bis zu 18 „tektonische Großstrukturen“. Diese Strukturen reichen von mehrere 1.000 Quadrat kilo-

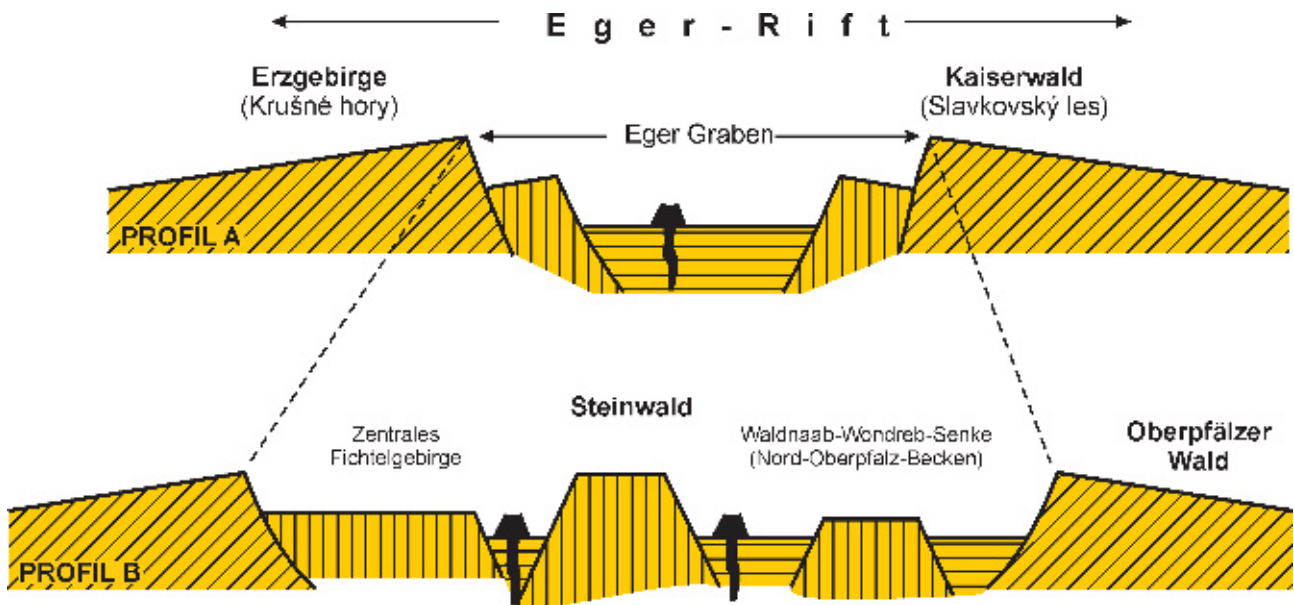


Abb. 16: Querprofile durch das Egerrift im tschechischen Teil (A) und in Bayern (B). Lage der Profillinien siehe oben (Abb. 11). Im bayerischen Teil weitet sich das Rift in seiner Nord-Süd-Erstreckung auf und besitzt eine komplexere Struktur.

metern (Molasse) bis zu wenigen 10 Quadratkilometern Größe (Spremberg Graben/Lausitz). Die von Dézes et al. (2004) ausgewiesenen känozoischen Riftsysteme der Niederrheinischen Bucht und des Oberrheingrabens werden zu den tektonischen Großstrukturen gezählt, die Fortsetzungen des Oberrheingrabens nördlich des Vogelsberges (u.a. Leinegraben) dagegen nicht.

Zu den känozoischen Riftsystemen gehört auch der „Egergraben“ (Dézes et al. 2004). Auf die junge tektonische Aktivität in diesem Bereich wird durch die BGE (2020a) insbesondere in Kap. 7.4.3.7 (Vogtland) hingewiesen. Das Vogtland wird als tektonische Großstruktur im Schnittpunkt des Egergrabens und der Regensburg-Leipzig-Rostock Zone (Bankwitz et al. 2003) ausgewiesen. Nicht als solche gesehen wird dagegen die südwestliche Fortsetzung des eigentlichen Egergrabens über das Becken von Cheb (Eger) hinaus nach Bayern. In diesem Bereich sind so im Zwischenbericht auch keine NE-SW verlaufenden und im Sinne des StandAG aktiven Störungszonen ausgewiesen. Auf die Fortsetzung des Egerrifts bis weit nach Bayern, die neotektonische Aktivität an riftparallelen Störungen und die jungtertiäre Absenkung von Gräben und Becken haben jedoch insbesondere Peterek et al. (1997, 2011) oder Kämpf et al. (2005) hingewiesen. Die Fortsetzung des Egerrifts nach SW zeigt sich u.a. auch in der Verbreitung der känozoischen Vulkanite mit Altern zwischen 29 und 14 Mio. Jahren (Horn & Rohrmüller in Kämpf et al. 2005).

In Anlehnung an Schröder & Peterek (2001) und Kämpf et al. (2005) sehen auch Schreiber & Jentsch (2001) eine Fortsetzung des Egergrabens nach Bayern als ge-

geben („Bayerische Eger Rift Region“, BERR; Peterek et al. 2011). Die Autoren weisen auf die Fortsetzung der Haupt-Riftstörungen im tschechischen Teil nach Bayern in Störungszonen mit Quell- und Gasaktivität hin. Sie sehen allerdings keine Fortsetzung der morphologischen Struktur des Rifts (z.B. Bildunterschrift Abb. 12.10, S. 99). In Peterek et al. (2011), Peterek (2012) und Peterek & Schröder (2017) wird dagegen gezeigt, dass sich die Rift-Struktur in Bayern aufweitet (Abb. 11, 16). Das Egerrift endet auch nicht wie von Schreiber & Jentsch (2021) dargestellt an der Fränkischen Linie. Es setzt sich als topographische Hochzone bis in den Bereich der nördlichen Frankenalb fort (vgl. Kap. 2.2.6).

Zum känozoischen Egerrift-System in Bayern gehört der gesamte in Abb. 11 dargestellte Bereich zwischen der Münchberger Hochebene im Norden bis einschließlich der in südsüdwestlicher Richtung umschwenkende Oberpfälzer Wald/Böhmischer Wald. Die Region ist durch eine anhaltende großräumige Hebung der Lithosphäre und die Absenkung individueller Becken und Gräben gekennzeichnet (Abb. 11, 16).

Höhenzüge und Senkungszone werden von riftparallelen Brüchen begleitet, die sich in der Regel allerdings nur anhand geomorphologischer Indizien verifizieren lassen. Dies ist einer der Gründe, weshalb sie in geologischen Karten nicht eingetragen sind (Peterek 2001, Peterek et al. 2011).

Wie bereits oben angeführt, liegen die Hauptverbreitungsgebiete der känozoischen Vulkanite im Schnittpunkt bedeutender Störungszonen (Abb. 14):

- Kemnather Vulkanfeld: Fränkische Linie – Egergraben-Störungssystem,
- östliches Fichtelgebirge: Regensburg-Leipzig-Rostock-Zone – Egergraben-Störungssystem,
- südlicher Steinwald: Regensburg-Leipzig-Rostock-Zone – Egergraben-Störungssystem (Steinwald-Südrand).

Es muss demnach auf eine Aktivität der Störungen zurzeit der vulkanischen Aktivität geschlossen werden. Im Bereich der Waldershofer Senke (zwischen Fichtelgebirge und Steinwald) sind an Störungszonen gebundene Vorkommen von vermutlichen Maarstrukturen sowie der Versatz tertiärer Sedimente ebenfalls Indikatoren für eine aktive Störungsaktivität zurzeit der vulkanischen Aktivität (Abb. 17).

Abb. 13 des Zwischenberichtes (BGE 2020a: S. 55) zeigt eine Fortsetzung seismischer Aktivität nach Süden auch außerhalb des Vogtlandes bis in den Raum Marktredwitz in Bayern. Diese seismisch aktive Zone wird der Leipzig-Regensburg Zone zugeordnet. Die in Abb. 7 des Zwischenberichtes (BGE 2020a: S. 43) eingetragene tektonische Großstruktur wird jedoch nicht über das Vogtland hinaus ausgewiesen. Es wurde bereits oben darauf hingewiesen, dass es eine Beziehung der aktiven Leipzig-Regensburg-Zone mit der Verbreitung känozoischer Vulkanite gibt. Da die seismische Schwarm-

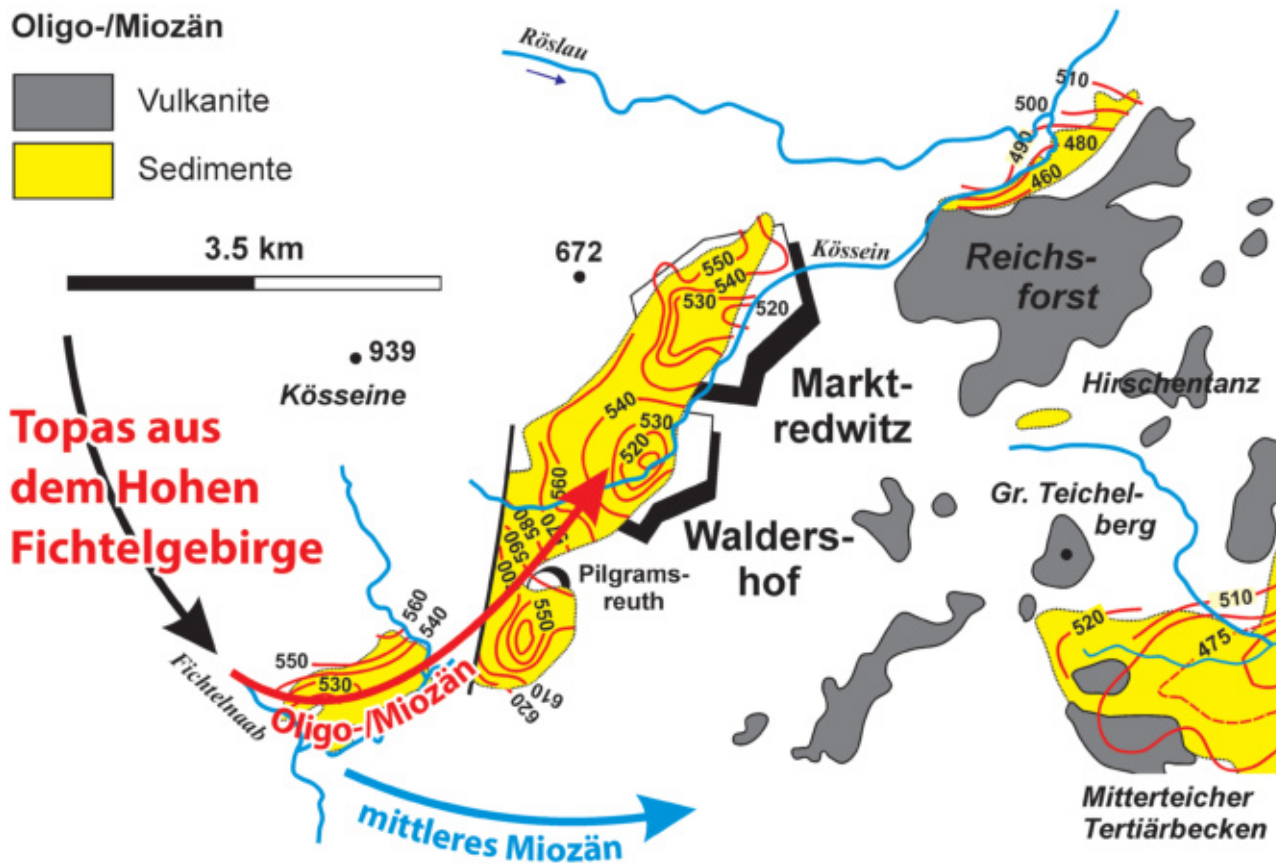


Abb. 17: Vulkanotektonische Strukturen in der Waldershofer Senke mit Übergang in das Marktredwitzer Becken. Die Isolinien geben die Basis der tertiären Sedimente an. Runde Formen zeigen trichterförmige Strukturen an (Maare?). Roter Pfeil = Abflussrichtung der spätoligo-/frühmiozänen Fichtelnaab über die Waldershofer Senke. Die Richtungsänderung der Entwässerung nach Süden erfolgte vor der Hebung des Steinwalds um rund 300 Meter seit Beginn des mittleren Miozäns. Die Störung westlich Pilgramsreuth ist nach Ablagerung der tertiären Sedimente entstanden (post-34 Mio. Jahre), sie schneidet die Strukturen des Tertiärs ab. Die relative Tieflage des westlich davon vorhandenen Tertiärs zeigt die postsedimentäre tektonische Zerböckung der Waldershofer Senke (schematisch in Abb. 18). Aus Peterek (2001, 2018).

beben-Aktivität in dieser Zone einerseits im Zusammenhang mit Fluid- und Magmenmigration entlang von Störungszonen gesehen wird (Weinlich 2014, zit. auch in BGE 2020; Fischer et al. 2014), und andererseits bereits die känozoischen Vulkanite eine Beziehung zur Leipzig-Regensburg-Zone haben, erscheint ein Wiederaufleben der vulkanischen Aktivität in den känozoischen Eruptionszentren nicht ausgeschlossen. Das Schwarmbeben-Cluster bei Marktredwitz liegt im Bereich des Reichsforstes, der Teil des känozoischen Vulkanfeldes im östlichen Fichtelgebirge ist.

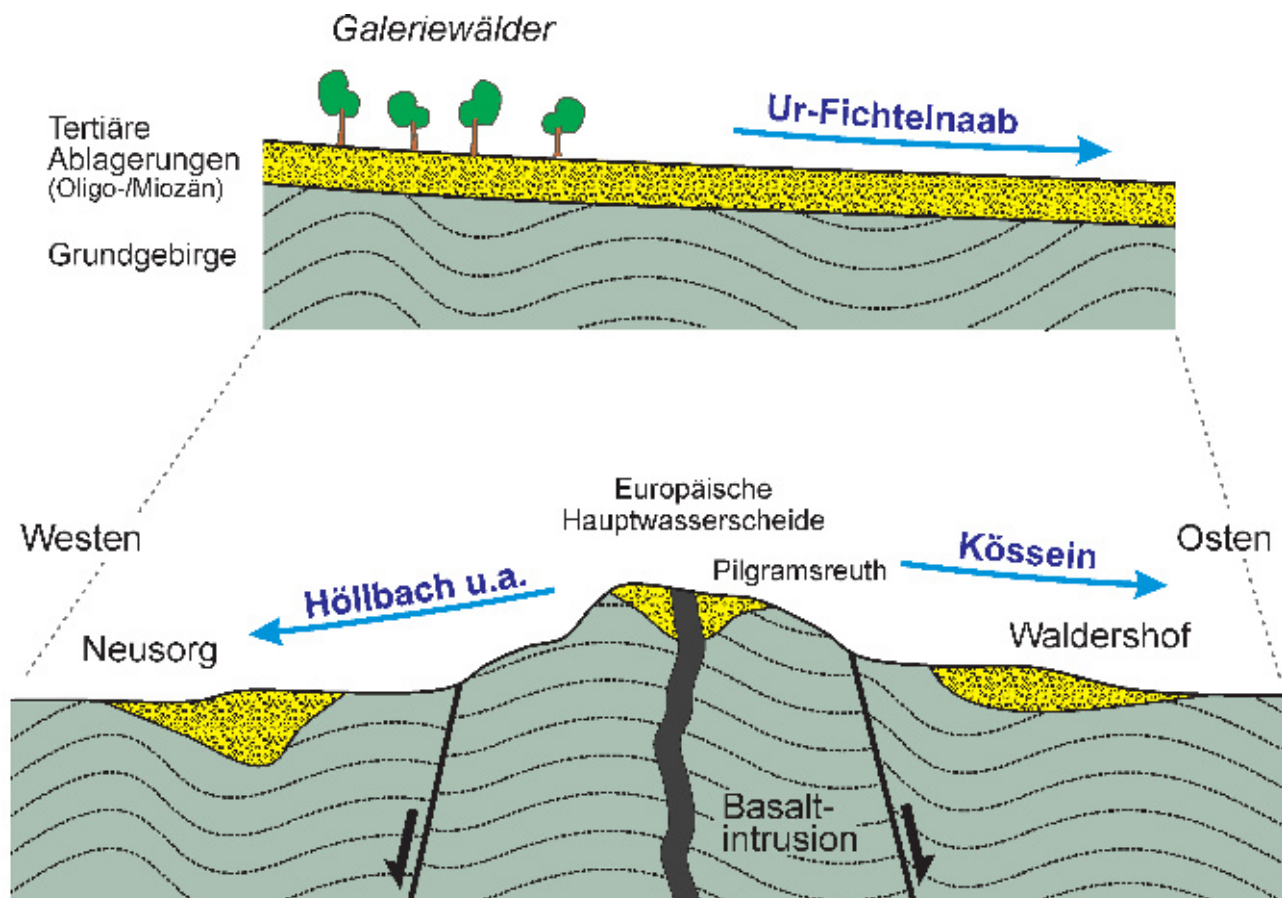


Abb. 18: Tektonische Zerblockung der Waldershofer Senke jünger als 34 Mio. Jahre (schematisch). Aus Peterek (2018).

2.7 Fränkische Linie und Bruchschollenzone

Die Fränkische Linie gehört zu den bedeutendsten Bruchzonen in Nordbayern. Ihre Struktur und Entwicklung sind im Rahmen der Kontinentalen Tiefbohrung KTB eingehend untersucht worden (Schröder 1992, Peterek et al. 1994, Peterek et al. 1997, Wagner et al. 1998). Die Fränkische Linie stellt sich danach als eine mehr als 30 Kilometer breite Störungszone dar, die westlich der Hauptstörung die etwa 20 km breite „Obermainische“ und „Oberpfälzer Bruchschollenzone“ als auch einen mindestens 10 Kilometer breiten Streifen östlich von ihr umfasst (Fränkisches Lineament oder WBZ, „Western Border Fault Zone“ der Böhmisches Masse, Peterek et al. 1997). Die Hauptstörung ist durch mehrere parallele Störungszone gekennzeichnet, mit z.T. mehreren 100 Metern vertikalem Versatz innerhalb des mesozoischen Deckgebirges (z.B. Kulmbacher Störung bis 950 Meter). Die vertikalen kumulativen Versatzbeträge entlang der Hauptstörung variieren im Streichen. Sie nehmen in der Tendenz von Norden nach Süden zu (2-4? Kilometer nördlich Weidenberg, bis 10 Kilometer südlich Kulmain; Wagner et al. 1998, Zulauf 2019). Dies ist u.a. Folge der Verteilung der diskreten Bewegungen

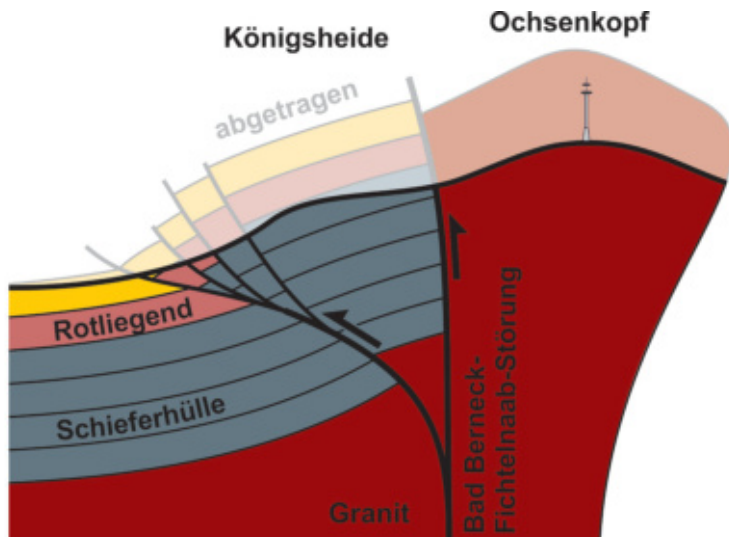


Abb. 19: Modellhafte Vorstellung über den Charakter der Fränkischen Linie im Bereich von Weidenberg („Weidenberger Flexur“) als „flower structure“, d.h., dass der in der Mitte angehobene Block als Folge einer horizontalen und kompressiven Hauptstörung in der Tiefe (transpressiv) herausgehoben worden ist. Der Schnitt ist von Westen (links) nach Osten (rechts) orientiert. Der westlich der Störungen angenommene Granit ist hypothetisch bzw. liegt bei Bayreuth mindestens 10 km tief (vgl. de Wall et al. 2019). Die wesentliche Störung ist in diesem Bereich die Bad Berneck-Fichtelnaab-Störung. Quelle: Peterek, unpubl.

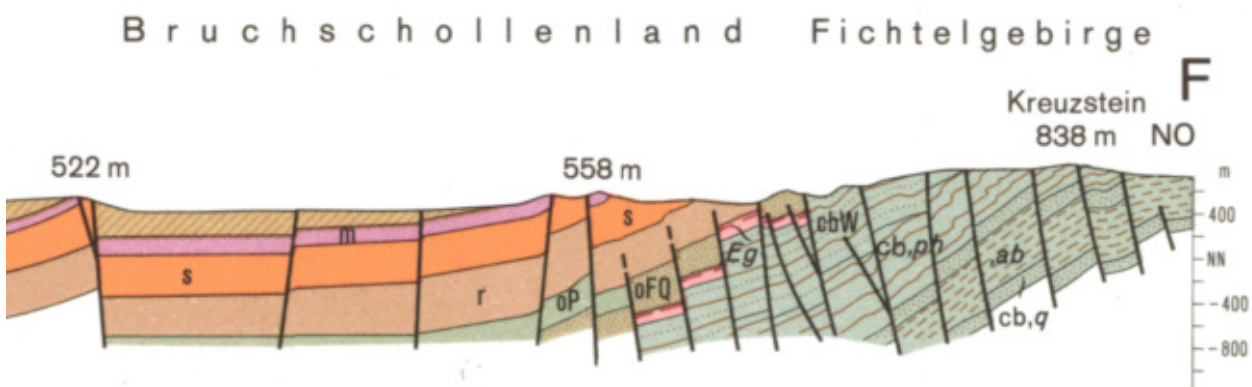


Abb. 20: Geologisches Profil durch die Bruchschollenzone im Bereich der „Weidenberger Flexur“ mit den tatsächlichen Verhältnissen für das in Abb. 19 dargestellte Modell (Ausschnitt Geol. Karte 1:200.000 CC Bayreuth).

auf unterschiedliche Teilstörungen innerhalb der WBZ. Im Raum Bad Berneck spaltet sich von der Fränkischen Linie die Bernecker Störung ab, die mit Verlauf im Grundgebirge erst bei Kulmain wieder in die Hauptstörung einbiegt. Das Störungssystem stellt hier möglicherweise eine komplexe „flower structure“ dar (Abb. 19, 20). Neben der Bernecker Störung lassen sich im Grundgebirge mehrere zum System der Fränkischen

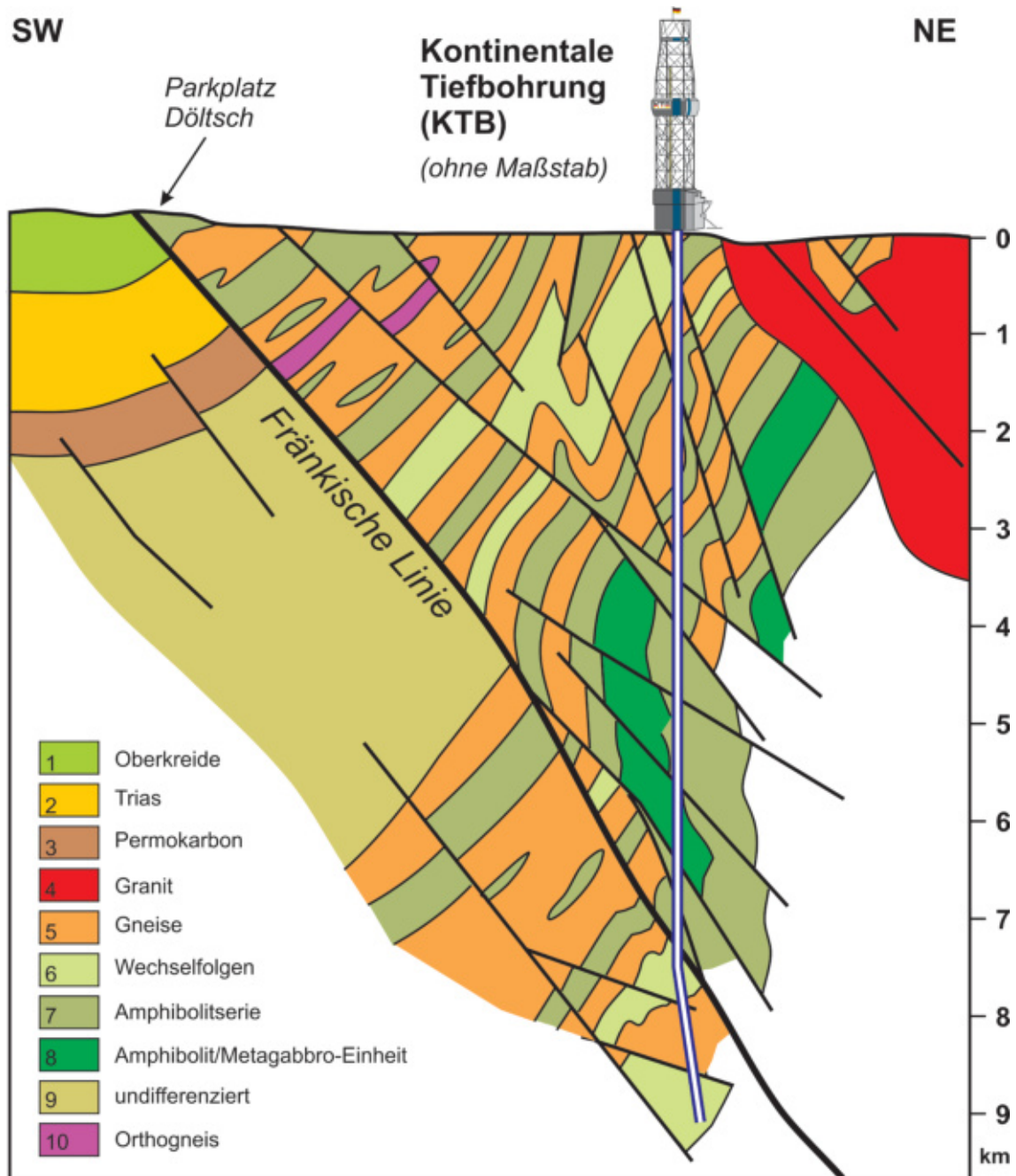


Abb. 21: Geologisches Profil durch die Fränkische Linie im Bereich der Kontinentalen Tiefbohrung KTB im Landkreis Neustadt a.d. Waldnaab. Das Profil zeigt die starke tektonische Beanspruchung des Westrandes der Böhmisches Masse.

Linie gehörende Störungen nachweisen. Besonders deutlich wird dies auch im Bohrprofil der Kontinentalen Tiefbohrung, die ein breites Bündel dieser Störungen durchteuft hat (Abb. 21). Teils zweigen die im Grundgebirge verlaufenden Brüche von der Hauptstörung ab (z.B. die zum SE2 gehörende Waldeck-Klobenreuth-Störung, Abb. 22). Eine zur WBZ gehörende bedeutende Störung innerhalb des Grundgebirges ist

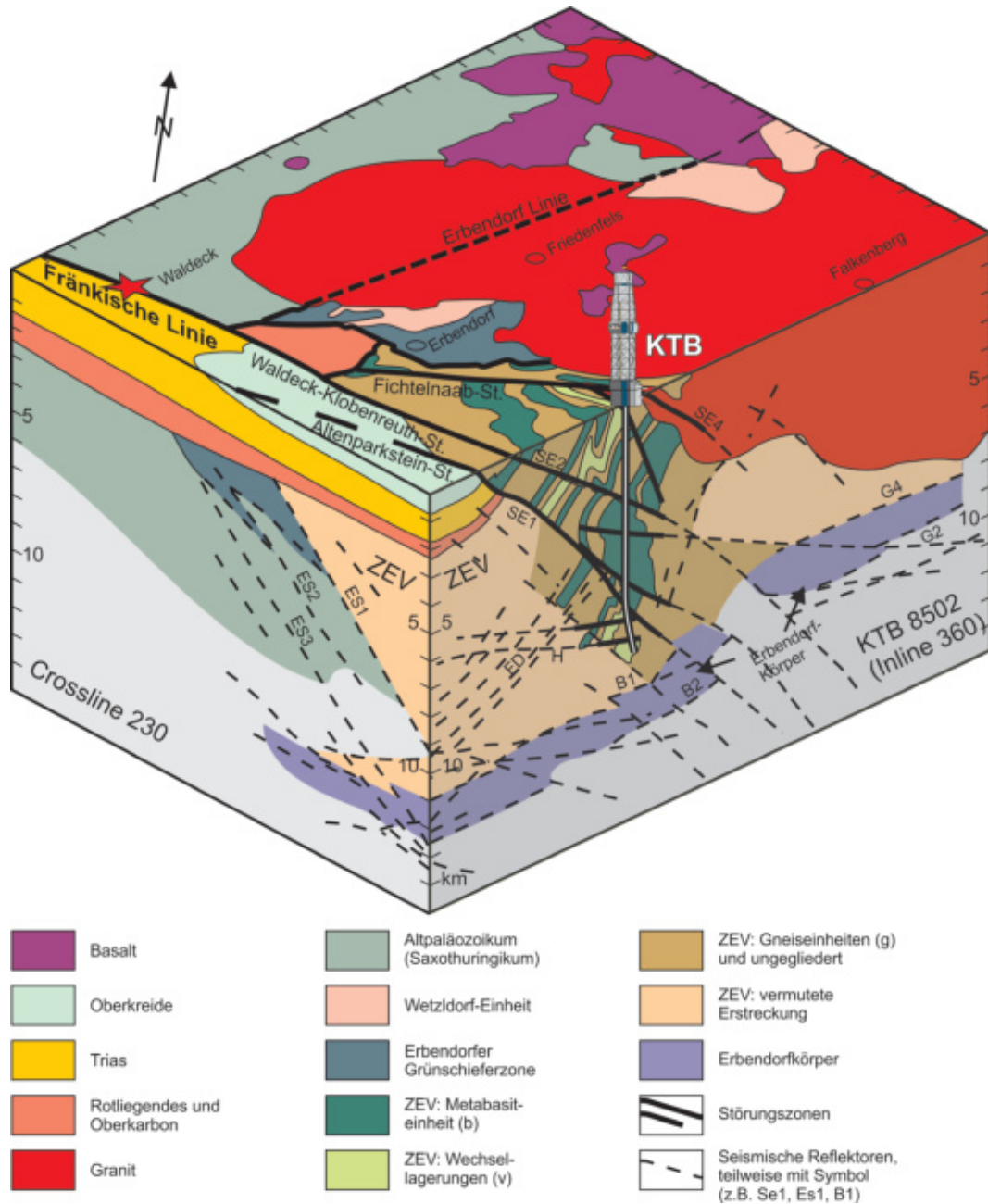


Abb. 22: 3D-Blockbild durch die Bruchzone der Fränkischen Linie im Umfeld der Kontinentalen Tiefbohrung KTB (umgezeichnet nach Hirschmann 1996; © GEOPARK Bayern-Böhmen).

die Fichtelnaab-Störung. Sie schneidet das Vorkommen des Steinwald-Granits nach Westen gegenüber dem Erbendorfer Altpaläozoikum ab (Abb. 22).

Peterek et al. (1994, 1998) konnten eine polyphase Störungsaktivität innerhalb der WBZ nachweisen, die bereits im Permokarbon einsetzt. Störungsphasen sind v.a. für den Buntsandstein, den Keuper, die Wende Unter-/Oberkreide und die Wende Oberkreide/Alttertiär belegt. Nachweise für die Zeit des Tertiärs sind schwer zu führen.

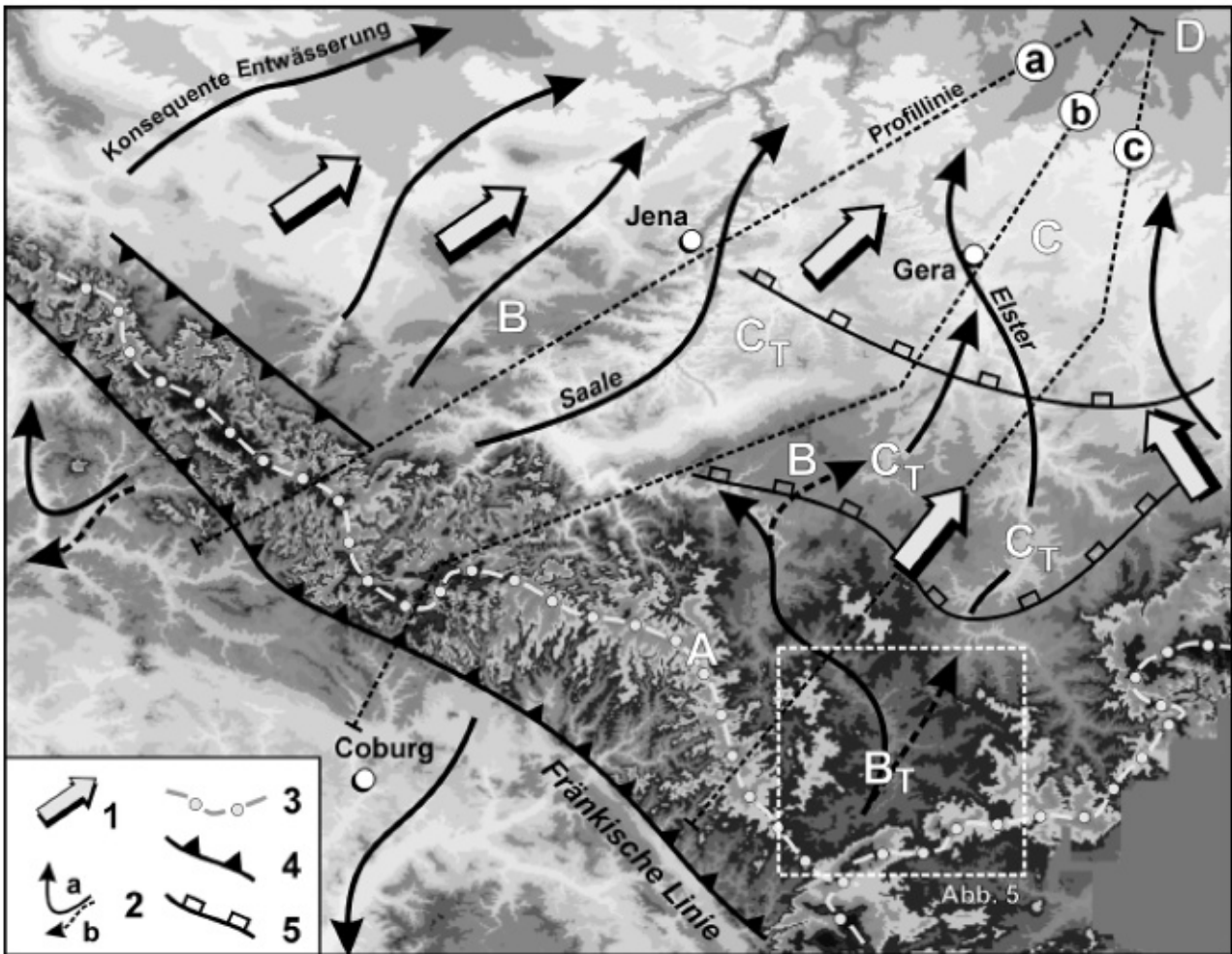


Abb. 23: Höhengichtkarte des Frankenwaldes, Thüringischen Schiefergebirges und Thüringer Waldes mit Vorländern mit morphotektonisch relevanten Angaben. 1, Abdachungsrichtung; 2, Abfluß, 2a = aktuell, 2b = ursprünglich; 3, Wasserscheide zwischen den NO- und SW-tributären Entwässerungssystemen; 4, Aufschiebungsfront; 5, „Rumpfstufen“ (Reliefstufen, vermutlich tektonisch; Klärung im Detail ausstehend). A – D, Flächenstockwerke; B_T, C_T, Talpedimente bzw. Verebnungsflächen in höheren Reliefanteilen mit Beziehung zu vorgelagerten Verebnungsflächen; a – c, Profilinien der Abb. 24. Äquidistanz der Höhenlinien 50 m. Grundlage: Top 50 CD, Copyright Landesvermessungsämter Bayern, Thüringen, Sachsen (durch die Landesvermessungsämter genehmigter Abdruck). Aus: Peterek 2002b.

Die Bewegungsrichtung an den Teilstörungen innerhalb der Bruchschollenzone ist von Nordost nach Südwest aufschiebend, teils liegen jedoch komplexe Horst- und Grabenstrukturen vor, deren Genese noch ungeklärt ist (siehe oben, „Basement-induced tectonics“). Sie hängen möglicherweise auch mit der alpidischen Inversion ursprünglich abschiebender Störungen zusammen. Die Oberkreide liegt diskordant der bereits bruchtektonisch zerblockten und aufgeschleppten Trias auf und wird ihrerseits vom Kristallin überschoben. Dies dokumentiert u.a. eine erste einengende Tektonik bereits vor Ablagerung der Oberkreide.

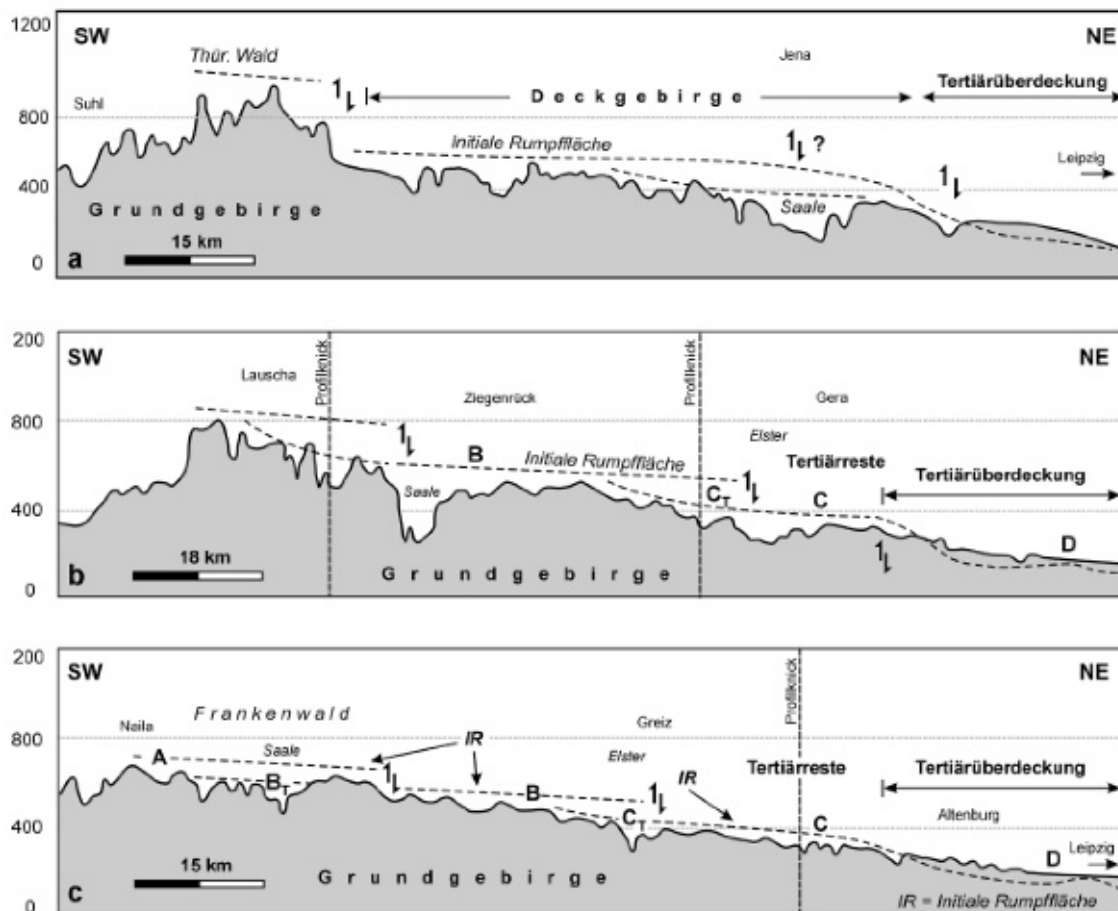


Abb. 24: Topographische Profile zur Demonstration der morphostrukturellen und morphotektonischen Situation der in Abb. 23 dargestellten Region. Lage der Profillinien s. dort. Jeweils im Südwesten der Profile liegt die Fränkische Linie (nicht dargestellt). Aus: Peterek 2002b.

Für einzelne Abschnitte der Fränkischen Linie ist eine Aktivität im Sinne des StandAG sehr wahrscheinlich, insbesondere für deren Verlauf ab Kulmain bis weit nach Südthüringen. Asymmetrisch angehobene, nach Nordosten fallende oder an Brüchen abgesetzte Abtragungsflächen, die über Frankenstein, Thüringer Schiefergebirge und Thüringer Wald hinweggreifen, weisen auf eine jüngere Hebung dieser Mittelgebirge entlang der Fränkischen Linie hin (Peterek 2002b; vgl. Abb. 23, 24).

Das Fränkische Lineament ist damit ein rund 30 Kilometer breites Störungssystem mit einer komplexen Strukturierung. Unabhängig von der Frage, ob in dieser Zone noch aktive Bewegungen innerhalb der nächsten eine Million Jahre zu erwarten sind, zeigen die Befunde die starke Fragmentierung der Kruste. Die Störungen sind insbesondere im Bereich des Grundgebirges teils nur sehr schwer auszukartieren.

Fazit: Die gesamte Strukturzone der WBZ ist aufgrund der starken Fragmentierung der Kruste nicht für den Standort eines Endlagers geeignet. Für den Abschnitt ab Kulmain Richtung NNW ist eine Aktivität im Sinne des StandAGs anzunehmen.

2.8 Anwendung der „Mindestanforderungen“

2.8.1 Vorkommen des Wirtsgesteins „Kristallin“ im Teilgebiet 009

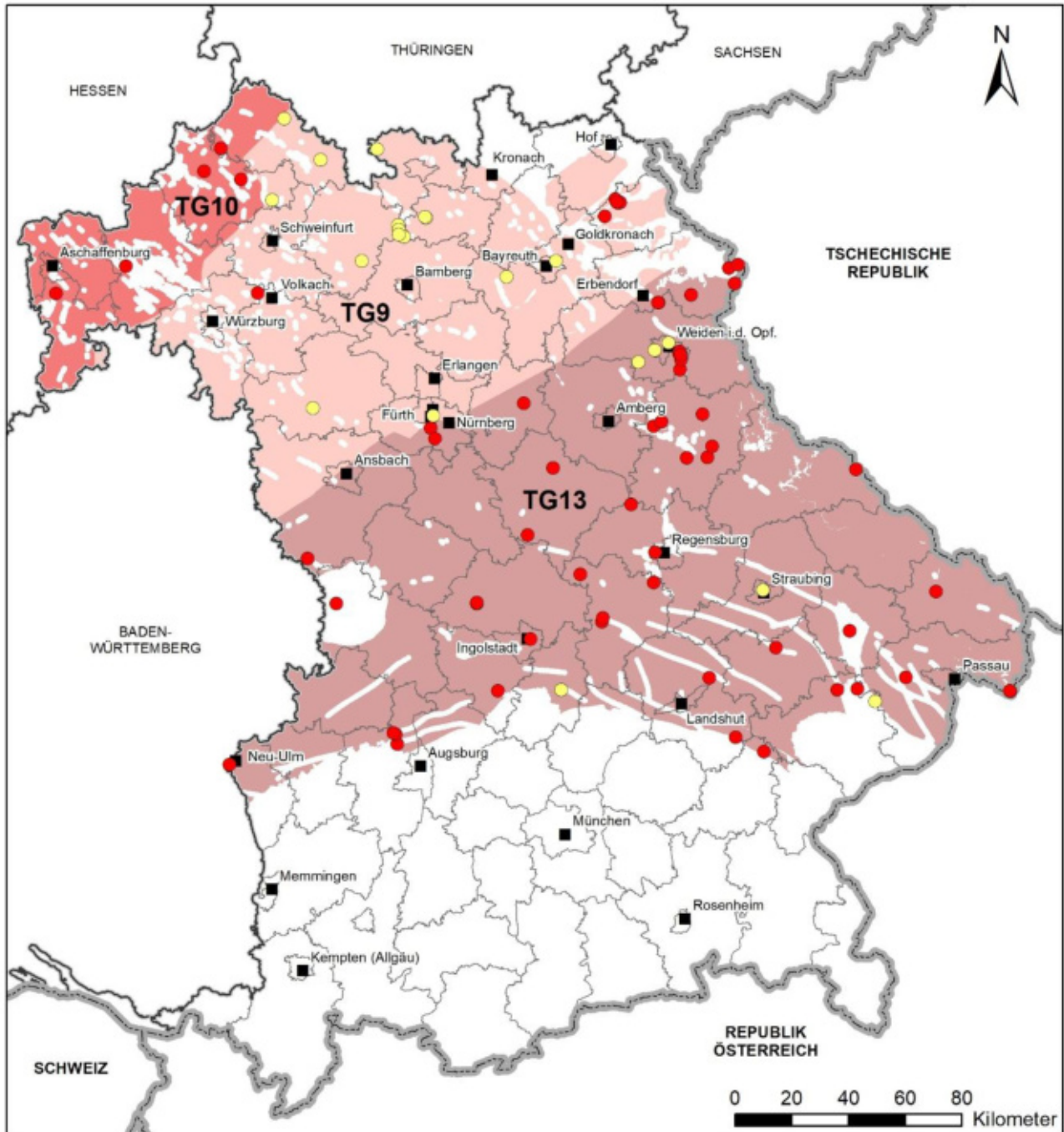
Hinsichtlich des Vorkommens von Kristallingestein im Bereich Oberfrankens sei an dieser Stelle insbesondere auf die Stellungnahme des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) zum Zwischenbericht Teilgebiete vom 18.11.2020 verwiesen (Schreiben an die BGE; LfU 2020). Hierin wird ausgeführt, dass westlich der Linie Kronach – Erbendorf Kristallin im Sinne des StandAG innerhalb des Suchraumes nicht vorkommt (Abb. 25). Auch die Auswertung geophysikalischer Daten lässt keine Vorkommen von kristallinem Wirtsgestein in der relevanten Teufe erwarten (de Wall et al. 2019). Letztere Autoren prognostizieren das Vorkommen von Kristallin erst unterhalb 2.000 m unter Gelände. Die Ergebnisse der zurzeit laufenden seismischen Erkundung des Untergrundes des Fränkischen Beckens durch die Friedrich-Alexander-Universität (Arbeitsgruppe Stollhofen/Bauer, Geo-Zentrum Nordbayern) lassen ähnliche Befunde erwarten (Publikationen und Berichte nach mdl. Mitteilung W. Bauer, Erlangen, in Vorber.).

Einschätzung: Das Gebiet westlich der Linie Kronach – Erbendorf erfüllt demnach nicht die Mindestanforderung des Vorkommens eines Wirtsgesteins und wurde damit zu Unrecht als Identifiziertes Gebiet ausgewiesen. Anzumerken ist, dass der BGE die Datenlage im Saxothuringikum Südthüringens, das nach Süden nach Bayern einspringt, im Hinblick auf die Mindestanforderung „Wirtsgestein“ ausreichend genug ist, das Gebiet nicht weiter zu betrachten. Entsprechend hätte u.E. auch mit dem Teilgebiet 009 unter mesozoischer Bedeckung in Oberfranken verfahren werden müssen.

2.8.2 Gebirgsdurchlässigkeit

Das StandAG nennt als Kriterium für die Mindestanforderung Gebirgsdurchlässigkeit den Wert 10^{-10} m/s. Für Kristallin wird im Zwischenbericht das Kriterium mit Verweis auf das StandAG und eine darin vorgesehene Alternative mit einer Behälterlösung bzw. mit technischen und geotechnischen Barrieren zur Prüfung der Mindestanforderung nicht angewandt.

Einschätzung: Wie bereits in Teil A ausgeführt, wird in einer Behälterlösung ohne geologische Barrieren generell keine Option für ein sicheres Endlager gesehen. Die im Kristallin Oberfrankens allenthalben vorhandene intensive Klüftigkeit als Folge spät- und postvariszischer Spröddeformation, der Auswirkungen der spröden Kompressionstektonik im Bereich der Fränkischen Linie und ihrer Begleitstörungen sowie die Lage in der südwestlichen Zone des Eger-Rift lassen keine für die Sicherheit eines Endlagers erforderlichen Bereiche ohne Klüftung erwarten.



Legende

- Stadt
- ▭ Staatsgrenze
- ▭ Landesgrenze Bayern
- ▭ Landkreisgrenze
- Bohrung ≥ 300 m Teufe im Bereich der Teilgebiete, die kristallines Wirtsgestein erreicht (nach LfU*)
- Bohrung ≥ 1000 m Teufe im Bereich der Teilgebiete, die kein kristallines Wirtsgestein erreicht (nach LfU*)
- Teilgebiet TG9 nach BGE mit kristallinem Wirtsgestein
- Teilgebiet TG10 nach BGE mit kristallinem Wirtsgestein
- Teilgebiet TG13 nach BGE mit kristallinem Wirtsgestein

Abb. 25: Bohrungen im oberfränkischen Gebiet von Teilgebiet 009 Kristallin. Gelbe Punkte = Bohrungen ≥ 1.000 m, die kein Kristallin erreicht haben; rote Punkte = Bohrungen ≥ 300 m, die Kristallin erreicht haben (aus LfU 2020).

2.9 Anwendung der „Geowissenschaftlichen Abwägungskriterien“

Das Kernstück zur Bewertung unterschiedlicher geologischer Räume im Hinblick auf in Frage kommende „Standortregionen“ sind die im StandAG angeführten „Geowissenschaftlichen Abwägungskriterien“. Aufgrund des Fehlens flächendeckend vorhandener ortsspezifischer Daten für weite Teile Deutschlands wurden die identifizierten Kristallingebiete weitgehend mit dem gleichen „Referenzdatensatz Kristallin“ bearbeitet (BGE 2020a).

Einschätzung: Die pauschale Anwendung eines einheitlichen „Referenzdatensatzes Kristallin“ für alle identifizierten Kristallingebiete und die Berücksichtigung der jeweils günstigsten Werte hat dazu geführt, dass die Anwendung der Abwägungskriterien ergebnislos blieb, d.h., dass aufgrund dieser Verfahrensweise kein einziges Kristallingebiet aus dem weiteren Suchprozess genommen und enorm große Teilgebiete ausgewiesen wurden. Zudem wurden die Abwägungskriterien im westlichen Oberfranken auf ein Gebiet angewendet, in dem die Mindestanforderungen nicht erfüllt sind (siehe 2.8.1). Hinsichtlich der Bewertung des angewendeten Verfahrens schließen wir uns der Stellungnahme des vom Nationalen Begleitemiums (NBG) in Auftrag gegebenen Gutachten von Behrmann (2021) an. Die verbal-argumentativ begründeten Ergebnisse sind nicht immer nachvollziehbar. Bei der Durchsicht der herangezogenen Entscheidungskriterien wird deutlich, wie abhängig die Bewertung „günstig“, „bedingt günstig“, „weniger günstig“ und „ungünstig“ von ortsspezifischen Daten ist. Es wird daher darum gebeten, das geologisch enorm heterogen aufgebaute Teilgebiet 009 schnellstmöglich regionalgeologisch zu gliedern und mit weitgehend ortsspezifischen Daten nochmals der geowissenschaftlichen Abwägung zu unterziehen.

3 Regionale Anmerkungen und offene Fragen (regional gegliedert)

3.1 Landkreis Coburg

Westlich von Coburg springt das Land Thüringen markant nach Bayern vor. Der Bereich in Thüringen ist als auffällige Insel aus dem Teilgebiet TG009 ausgeschlossen worden. Es sind keine Gründe dafür erkennbar, warum die Grenze des TG 009 genau mit der Landesgrenze Bayern – Thüringen zusammenfällt bzw. warum die aneinandergrenzenden Gebiete unterschiedlich behandelt wurden. Das thüringische Gebiet ist bereits nicht als Identifiziertes Gebiet ausgewiesen worden. Es erfüllt demnach nicht die Mindestanforderungen. Es ist nicht dokumentiert, warum hier so entschieden wurde. Es wird vermutet, dass Ergebnisse aus Prospektions- (Uran, Salz) und Thermalwasser-Bohrungen vorliegen, wie beispielsweise die 1.401 Meter tiefe Bohrung Bad Colberg aus dem Jahr 1994. Diese hat an der Basis Rotliegend erbracht (Hecht 2012). Unter

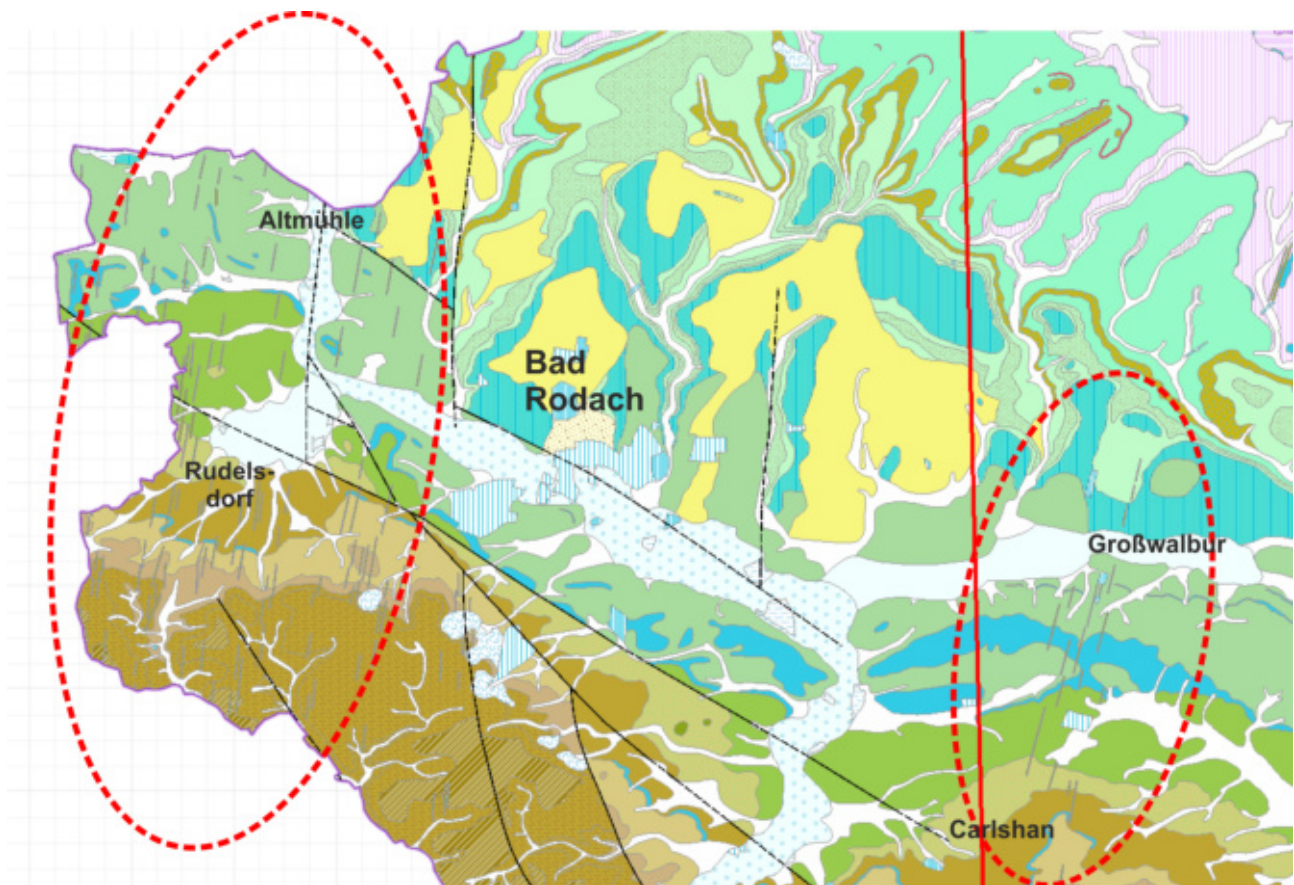


Abb. 26: Auszug Digitale Geologische Karte von Bayern mit Lage der beiden Vulkanit-Gangzüge zwischen Rudelsdorf und Altmühle (links) sowie zwischen Carlshan und Großwalbur (rechts)(Landkreis Coburg). Die Gänge sind als schmale graue Striche dargestellt (Quelle: www.umweltatlas.bayern.de, abgerufen am 4. August 2021).

Berücksichtigung der Ergebnisse des bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU; Kap. 2.8.1) wird von weitgehend gleichen Verhältnissen im Landkreis Coburg ausgegangen, d.h., dass Wirtsgesteine im Sinne des StandAGs hier nicht vorkommen.

Der westliche Teil des Landkreises Coburg liegt nur wenige Kilometer östlich der Kernzone der „Heldburger Gangschar“. Datierungen der Vulkanite dieser Gangschar zeigen ein Altersspektrum zwischen 40 und 11 Mio. Jahren (Schröder & Fesl 2004) bzw. zwischen 48 und 14 Mio. Jahren (Pfänder, zit. in Peterek & Schröder 2012). Ein Schwerpunkt der vulkanischen Aktivität liegt zwischen 14 und 16 Mio. Jahren (Abratis et al. 2007; Hofbauer 2016). Mehrere zur Heldburger Gangschar gehörende Vulkanitzüge liegen auch im Landkreis Coburg (z.B. Gangzug zwischen Mährenhausen/Carlshan und Großwalbur, östlich Bad Rodach; Gänge zwischen Rudelsdorf und Altmühle, westlich Bad Rodach; Abb. 26). Die NNO-SSW verlaufenden Gänge sind in einem E-W bis OSO-WNW gerichteten extensionalen Stressregime entstanden (Peterek et al. 1996, Kley 2012). Das StandAG schließt tertiäre Vulkangebiete nicht aus, doch ist spätestens im Schritt 2 der Phase 1 bzw. im Rahmen der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsun-

tersuchungen die junge vulkanische Aktivität des Gebietes, der erhöhte Wärmefluss (vgl. Bohrung Bad Colberg 1994 > 40 °C/km; Hecht 2012) und die starke post-vulkanische Hebung und Erosion im Bereich der Heldburger Gangschar (Schröder & Peterek 2002) und deren Erstreckung auch auf oberfränkisches Gebiet einzubeziehen.

3.2 Landkreise Kronach, Kulmbach, Bayreuth, Lichtenfels, Bamberg, Coburg, Forchheim einschließlich darin liegende kreisfreie Städte

Warum wurden durchgehende, als aktiv betrachtete Störungszonen (z.B. Eisfeld-Kulmbacher-Störung) nur abschnittsweise („blasenförmig“) ausgeschlossen? Teils wurden sehr kurze Abschnitte ausgeschlossen, der größte Teil der Störungen nicht. Die Auswahl „aktiv“ gekennzeichnete Störungsabschnitte spiegelt zu einem großen Teil nicht den tatsächlichen Verlauf der Störungszone wider, wie diese u.a. in großmaßstäblichen Karten dokumentiert ist (z.B. Geol. Karte 1:25.000, Blatt 5834 Kulmbach).

3.3 Landkreise Coburg, Kronach, Kulmbach, Bayreuth, Stadt Bayreuth

Die Fränkische Linie ist eine der prominentesten Störungslinien Deutschlands. Der Einfluss der Bewegungen entlang dieser Bruchzone (d.h. begleitende Brüche) reicht rund 20 Kilometer nach Westen und rund 10 Kilometer nach Osten abseits der in den geologischen Übersichtskarten dargestellten Störungslinie (siehe 2.7). Westlich der Fränkischen Linie bezeichnet man diesen Bereich als Bruchschollenzzone. In der Karte der Teilgebiete wird die Fränkische Linie als aktiv betrachtet. Für einzelne Abschnitte der Fränkischen Linie ist eine Aktivität im Sinne des StandAG sehr wahrscheinlich, insbesondere für deren Verlauf ab Kulmain bis weit nach Südthüringen (siehe Kap. 2.7).

3.4 Landkreis Bayreuth

Epigneise im westlichen Fichtelgebirge

Ausgangssituation: Im Gebiet zwischen Goldkronach kommen niedrig- bis mittelmetamorph geprägte Meta-Rhyolite/Meta-Ignimbrite, d.h. saure Vulkanite vor („Epigneise“). Diese werden von der BGE dem Teilgebiet TG009 zugeordnet.

Einschätzung:

Die aufgrund ihres hohen Feldspatgehaltes und ihrer gebänderten Textur gneisähnlichen Gesteine wurden in früheren Publikationen als „Epigneise“ bezeichnet (z.B. Emmert & Stettner 1995). Das Präfix „Epi“ kennzeichnet bereits, dass es sich nicht um Gneise im herkömmlichen Sinne handelt. Es sind demnach keine kristallinen Gesteine im Sinne des StandAG bzw. der Definition der BGE (2020: S. 44) und erfüllen somit nicht die Mindestanforderung als Wirtsgestein. Das relativ große Vorkommen der Epigneise im westlichen Fichtelgebirge ist damit auszuschließen.

Offene Fragen

Störungen:

- Warum fehlt der nördliche Teil der als aktiv eingestuften Hollfelder Störung (nördlich Plankenfels)? Warum wurde nur der südliche Abschnitt als aktive Störung ausgewiesen? Die „Hollfelder Mulde“ ist tatsächlich eine aktive Senke, zu der die Hollfelder Störung die östliche Hauptstörung („Master fault“) ist. Die Senke wird asymmetrisch abgesenkt. Auf die im Osten stärkere Absenkung reagiert der Fluss Wiesent mit einer deutlichen Ostverlagerung. Die zu ihr tributären Zuflüsse folgen der Abdachung der gekippten Scholle (vgl. Kap. 2.2.6 und Abb. 10).
- Warum wird die zum System der Fränkischen Linie gehörende „Bad Bernecker Störung“ zwischen Bad Berneck und Warmensteinach nicht ausgeschlossen? Sie hat in diesem Abschnitt eine größere Bedeutung als die Fränkische Linie (vgl. Kap. 2.7).
- Warum findet die östliche Randstörung des Creußener Grabens Berücksichtigung beim Ausschluss, die gleichzeitig aktive und markantere Westrandstörung dagegen überhaupt nicht (vgl. Kap. 2.2)?

Vulkanitgänge am Ochsenkopf:

Warum werden die Lamprophyrgänge („Proterobas“; Vulkanite) am Ochsenkopf nicht ausgeschlossen? Sie gehören gemäß StandAG nicht zu den Wirtsgesteinen.

Artefakte in der Karte der Teilgebiete:

In der Teilgebiete-Karte ist nördlich Pottenstein (Hohenmirsberg) ein etwa ein Kilometer langes, Ost-West verlaufendes Gebiet ausgeschlossen. Diesem folgt etwas nordöstlich ein weiteres ausgeschlossenes Gebiet mit rund sechs Kilometern Länge und rund einem Kilometer Breite. Es handelt sich dabei nicht um eine ausgeschlossene Störung (vgl. interaktive Karte, BGE), sondern offensichtlich um ein GIS-bedingtes Artefakt. Wie wird mit solchen Fehlern verfahren?

3.5 Landkreise Bayreuth, Bamberg, Lichtenfels, Coburg einschließlich darin liegende kreisfreie Städte

Zwischen Bayreuth und Coburg, v.a. im Bereich zwischen Bamberg und Coburg, gibt es eine geothermische Anomalie (vgl. Bayerischer Geothermieatlas 2019). Hier ist der Anstieg der Temperatur in die Tiefe, der geothermische Gradient, um 20 °C bis > 40 °C gegenüber dem Normalfall erhöht. Im Zentrum nordnordwestlich von Bamberg und westlich Staffelstein werden hohe Wärmeflüsse von 120-130 mW/m² gemessen. Die Wärmeanomalie wird u.a. mit aufsteigenden heißen Tiefenwässern in Verbindung gebracht. Der erhöhte Wärmefluss und der vertikale Transport von Tiefenwässern schränkt die Tiefenlage und Sicherheit eines Endlagers erheblich ein. Solche Bereiche sind u.E. auszuschließen, spätestens in einem abwägenden Prozess.

3.6 Landkreise Kronach, Lichtenfels, Coburg, Forchheim, Bamberg, Bayreuth, Kulmbach einschließlich darin liegende kreisfreie Städte

Unzutreffende Ausweisung als Teilgebiet

In ihrem Schreiben vom 18.11.2020 an die BGE mit Stellungnahme zum Zwischenbericht Teilgebiete fragt das LfU Bayern: „Warum werden in Teilgebiet 9 (009_00TG_194_00IG_K_g_SO) die Bohrungen mit über 1.000 Meter Teufe sowie die Daten zur Tiefenlage der Grundgebirgsoberfläche von der BGE nicht zur Bestimmung der Verbreitung von kristallinen Wirtsgesteinen bei der Teilgebietsbegrenzung berücksichtigt?“ (LfU 2020: S. 4). Das LfU weist darauf hin, dass die BGE im TG 009 östlich der Fränkischen Linie kristalline Wirtsgesteine im Sinne des StandAG (hochmetamorphe Gesteine, Granit) richtig von den niedrigmetamorphen Gesteinen (z. B. Schiefer, Phyllite, Meta-Sandsteine, Meta-Vulkanite) abgrenzt und letztere nach Anwendung der Mindestanforderungen ausschließt.

In dem Gebiet westlich der Fränkischen Linie (westlich der Linie von Kronach-Goldkronach-Erbendorf) wird das Saxothuringikum von mesozoischem Deckgebirge überlagert. Hier weist die BGE flächendeckend kristallines Wirtsgestein aus.

Das LfU erläutert: „Westlich einer Linie von Kronach-Goldkronach-Erbendorf sind kristalline Wirtsgesteine weder an der Oberfläche noch in Teufen bis 1.300 Meter nachgewiesen und auch nicht zu erwarten. In 56 Bohrungen in dieser Region mit Teufen ≥ 300 Meter bis < 1.300 Meter wurde kein kristallines Wirtsgestein erbohrt.“ (LfU 2020). Dieser Sachverhalt wird auch durch geophysikalische Untersuchungen gestützt (de Wall et al. 2019). Die Autoren prognostizieren kristalline Wirtsgesteine im Gebiet westlich der Fränkischen Linie erst in Teufen von mehr als 2.000 Metern (vgl. LfU 2020).

Folgerung: Es wurde von der BGE daher ein Gebiet in der Größe von ca. 11.500 km² unzutreffend als Teilgebiet ausgewiesen. Hinsichtlich der Dokumentation sei hier auf das Schreiben des LfU (2020) an die BGE verwiesen.

Abb. 27 zeigt die Tiefenlage der prä-permischen Grundgebirgsoberfläche auf der Grundlage des Geothermieatlas Bayern (LfU 2004; aktualisierte Fassung 2019). Danach liegt das Grundgebirge im zentralen Teil West-Oberfrankens unterhalb des Suchraumes (tiefer als 1.300 m unter Gelände).

Die genannten Landkreise und kreisfreien Städte haben Anteile an der nördlichen Frankenalb, die ein großes zusammenhängendes Karstgebiet mit Tausenden Höhlen (davon die meisten unentdeckt) darstellt. Die mehrere 100 Meter mächtige Karbonatplattform ist durch eine komplexe Karsthydrografie gekennzeichnet. Es wird daher ein hohes Gefahrenpotential für den Betrieb der oberirdischen Anlagen eines Endlagers sowie die entsprechenden Bergwerksanlagen während der Betriebsphase gesehen.

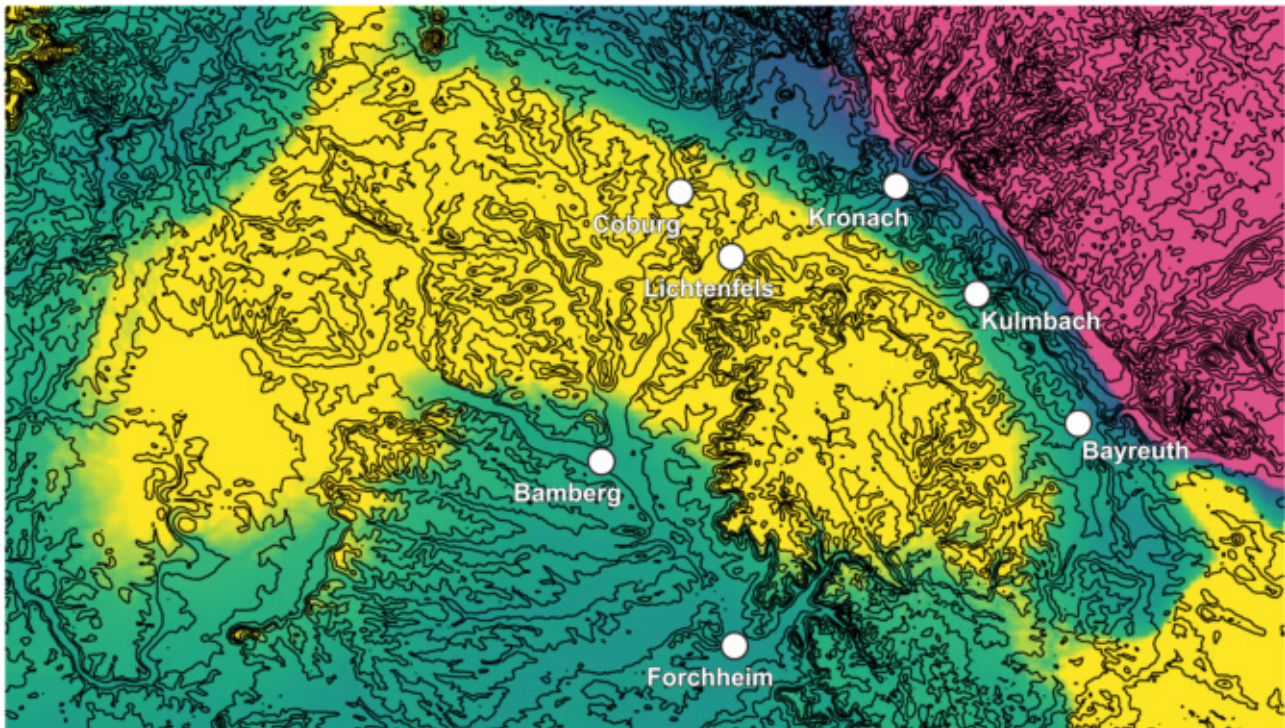


Abb. 27: Tiefenlage der prä-permischen Grundgebirgs-Oberfläche (bezogen auf die Geländeoberfläche). Gelb > 1.300 m (= zu tief), violett < 300 m und an der Oberfläche, grün/blau zwischen 300 und 1.300 m. Nur der grün/blau Bereich entspricht dem Suchraum. Isolinien = Höhenlinien des tatsächlichen Reliefs. Grundlage: Tiefenlage Grundgebirge aus Geothermie-Atlas Bayern in der Fassung von 2019; Geländere relief: SRTM-Daten.

3.7 Landkreis Wunsiedel i. Fichtelgebirge

Wunsiedler Orthogneis

Ausgangssituation: Im Bereich zwischen dem Schneeberg-Höhenzug (Hohes Fichtelgebirge) und der Stadt Wunsiedel wird der „Wunsiedler Orthogneis“ als Teilgebiet ausgewiesen. Die BGE „subsumiert unter kristallinen Wirtsgesteinen sowohl Plutonite [...] als auch hochgradig regionalmetamorphe Gesteine“ (BGE 2020a). „[...]gering bis mittelgradig regionalmetamorph beanspruchte Gesteine sowie Hochdruck- und Kontaktmetamorphite zählt die BGE nicht zu den kristallinen Wirtsgesteinen gemäß § 23 Abs. 1S. 1 StandAG“ (BGE 2020a). In ihrem jüngst herausgegebenen „Steckbrief für ein Gebiet der Methodenentwicklung“ (Kristallin Saxothuringikum)(14. Juli 2021) erweitert die BGE den Begriff des Kristallins allerdings auch auf „Granite und Edukte von variszischen Metamorphiten, die im Ordovizium (ca. 485 bis 460 Millionen Jahre) gebildet wurden“. Ein entsprechender Metamorphosegrad wird dabei jedoch nicht genannt.

Einschätzung: Die zuvor genannte Erweiterung des Wirtsgesteins Kristallin auf Edukte speziell auch aus dem Ordovizium erklärt möglicherweise die Ausweisung des „Wun-

siedler Orthogneises“ als Teilgebiet. Das Ausgangsgestein für dieses Gestein sind tatsächlich ordovizische Granitoide und Metatuffite (u.a. Freudenberger & Schwerd 1996, Siebel et al. 2010). Das Gestein gehört zu den während der variszischen Gebirgsbildung regionalmetamorph geprägten Gesteinen des Saxothuringikums. Druck- und Temperaturbedingungen einer Niederdruck/Hochtemperatur-Metamorphose erreichten dabei allerdings maximal die Bedingungen einer mittelgradigen Metamorphose (max. „hohepizonal“, Stettner 1958). Die Rahmengesteine des „Wunsiedler Orthogneises“ wurden von der BGE als nicht hochgradig metamorphe Gesteine im Sinne des Stand-AG ausgeschieden. Der Orthogneis ist wie seine Nebengesteine „gering- bis mittelgradig regionalmetamorph beansprucht“ und fällt entsprechend der im Zwischenbericht wiedergegebenen Definition nicht unter die Rubrik eines kristallinen Wirtsgesteins. Er ist tektonisch in den Gesteinsverband eingeschert. Der Orthogneis ist damit u.E. wie seine Nebengesteine zu behandeln.

Rhyolithgänge zwischen Marktredwitz und Schönwald

Ausgangssituation: Den östlichen Teil des Fichtelgebirges durchzieht eine NNW-SSE verlaufende Gangschar permischer Vulkanite. Das Aufdringen der Vulkanite steht im Zusammenhang mit einer permisch aktiven, dextralen Scherzone.

Einschätzung: Die Vulkanitzone wurde von der BGE nicht ausgeschlossen. Die permischen Vulkanite sind entsprechend der Definition des Stand-AG jedoch keine für ein Endlager geeigneten Wirtsgesteine und erfüllen demnach nicht die Mindestanforderungen.

Aktive Störungszonen

Ausgangssituation/Einschätzung: Die wenigen im Landkreis Wunsiedel i. Fichtelgebirge von der BGE (punktuell) als aktiv ausgeschlossenen Störungen sind hinsichtlich der Kriterien dieser Einschätzung nicht nachvollziehbar. Da mehrere dieser „Störungspunkte“ mit dem Vorkommen tertiärer Sedimente zusammenfallen, ist zu vermuten, dass diese Tatsache von der BGE für den Ausschluss gewertet wurde. Die Ausweisung als aktive Störung im Bereich des Tertiärvorkommens von Niederlamitz steht im Gegensatz zum von der BGE benannten Vorgehen. Danach werden Störungen als aktiv im Sinne des StandAG betrachtet, wenn diese Sedimente jünger als 34 Mio. Jahre betreffen. Hierfür gibt es jedoch keine Belege. Die in diesem Bereich in der GÜK 200 eingetragene Störung spart explizit das Tertiär aus.

Andererseits fehlen Störungen, für die infolge des Versatzes tertiärer Sedimente die jungen Bewegungen nachweisbar sind (z.B. Tertiärvorkommen von Schirnding; Brand 1954). Zudem spielen im Fichtelgebirge NO-SW- und NNW-SSO verlaufende Störungszonen eine Rolle, deren junge Aktivität durch Geländestufen (Bruchstufen) oder den Versatz von Flussterrassen nachweisbar ist (u.a. Peterek et al. 1997, Peterek 2001).

Den östlichen Landkreis durchzieht eine NNO-SSW verlaufende vulkanische Zone (Selb, Längenau [hier auch mehrere neu entdeckte Maare, Mrlina et al. 2019], Hohenberg a.d. Eger, Marktredwitz und weiter über Pechbrunn, Fuchsmühl/Friedenfels bis Parkstein). Im Zentrum um Marktredwitz treten Schwarmbeben auf, die im nahen Egerer Becken im Zusammenhang mit aufsteigenden Magmen zu sehen sind (vgl. Schreiber & Jentzsch 2021). Die genannten Autoren empfehlen eine Sicherheitszone auch um die Schwarmbebenzentren von 25 Kilometern. Der NNO-SSW-Verlauf des Vorkommens von Vulkaniten im Landkreis Wunsiedel i. Fichtelgebirge sowie der südlich angrenzenden Landkreise wird im Zusammenhang mit einer NNO-SSW-Scherzone gesehen, die Teil der Leipzig-Rostock-Regensburg-Zone (Bankwitz et al. 2003) sein dürfte (Peterek 2009; siehe auch Abb. 12). Das Schwarmbebengebiet Marktredwitz liegt im Zentrum des tertiären Vulkanfeldes im östlichen Fichtelgebirge im Schnittpunkt der N-S-Zone und NO-SW verlaufender Störungen des Egerrifts. Die Lage des Marktredwitzer Schwarmbebengebietes scheint damit eine räumlich-genetische Beziehung zum känozoischen Förderzentrum und den genannten Störungen zu haben.

Warum findet die Lage des Fichtelgebirges innerhalb des Egergraben-Systems keine Berücksichtigung im Zwischenbericht? NO-SW verlaufende Störungszonen und Gräben sowie das Vorkommen von Vulkaniten sind Hinweise auf diese Zugehörigkeit.

3.8 Landkreis Kulmbach

Im Landkreis Kulmbach treten nordwestlich und westlich Kulmbach kleinere tertiäre Basaltdurchbrüche auf (Gudden 1955): drei Vorkommen, ca. 1 km nördlich Veitlahm (50.12882, 11.39367), drei Vorkommen in Wernstein (50.11456, 11.38300). Die kleinen Gänge streichen jeweils NO-SW. In gleicher Richtung streichende Täler und Schichtstufen deuten auf eine tektonische Vorzugsrichtung und im Sinne des StandAG aktive Störungstektonik hin.

Die beiden Gruppen liegen andererseits auf einer NNE-SSW („rheinisch“) verlaufenden Zone, die sich nach SSW zum Basaltzug bei Oberleinleiter (siehe Landkreis Forchheim) verlängern lässt. Es dürfte sich um eine Dehnungsstruktur handeln, die zeitlich-genetische Beziehungen zur Heldburger Gangschar aufweist. Es ist zu vermuten, dass es weitere Vulkanitvorkommen gibt, deren Gänge das Deckgebirge nicht bis zur Erdoberfläche durchdrungen haben.

Die beiden Vulkanitvorkommen mit jeweils drei kartierbaren Gängen sind in der Karte der Teilgebiete nicht berücksichtigt. Diese sollten im weiteren Verfahren jedoch näher betrachtet werden, insbesondere auch ihre Beziehung zu einer aktiven Störungstektonik (im Sinne des StandAG).

3.9 Landkreis Forchheim

Störungen südlich Ebermannstadt / Genereller Umgang mit „aktiven Störungen“

Die Ausweisung der südlich Ebermannstadt liegenden Störungen als aktiv ergibt sich aus dem Vergleich der Teilgebiete-Karte der BGE (2020a) mit der GÜK200 Bamberg. Grundlage ist die Begrenzung jurassischer Einheiten gegenüber quartärem Hangschutt in der geologischen Karte. Die von der BGE angewandte Methode hat die Störung folgerichtig ausgeschlossen, doch bestehen an der Richtigkeit der Entscheidung und damit an dem methodischen Vorgehen Bedenken. Grundlage ist die Geologische Karte 1:25.000, Blatt 6233 Ebermannstadt aus dem Jahr 1959. Die darin eingezeichneten Störungen ergeben sich teils aus dem der Freyberger Schule entstammenden Verfahren, in dem Mächtigkeitsschwankungen häufig nicht zum Tragen kommen (mdl. Mitt. Schröder, Bochum). Davon abgesehen kann die lineare Begrenzung des quartären Hangschuttes Folge selektiver Hangverwitterung orientiert an strukturellen Vorzeichnungen sein. Wir weisen an dieser Stelle auf diesen Sachverhalt hin, da hier ein weiteres Beispiel dafür vorliegt, dass die rein GIS-basierte Ausweisung aktiver Störungszonen zwar ein Hilfsmittel für eine erste Einschätzung sein kann, jedoch ohne die detaillierte Kontrolle durch im Gelände erfahrene Geologen/innen keine belastbaren Ergebnisse liefert. Die Ausweisung aktiver Störungszonen und der dadurch erfolgte Ausschluss von Gebieten kann in einem so frühen Stadium der Standortsuche kaum zu sinnvollen Ergebnissen führen. Unseres Erachtens sind dadurch zahlreiche Gebiete zu früh aus dem Verfahren herausgenommen worden. Die Anwendung dieses Ausschlusskriteriums kann frühestens in Schritt 2 der Phase 1 im Rahmen der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen und im Kontakt mit erfahrenen Bearbeitern aus den Staatlichen Geologischen Diensten zielführend erfolgen.

Auch für die Störungen nördlich und westlich Forchheim besteht kein wirklicher Nachweis für eine Aktivität anhand des verwendeten Kartenmaterials. Trotzdem gibt es Hinweise auf junge Tektonik (< 34 Mio. Jahre) entlang des Westrandes sowie innerhalb der Frankenalb. Diese ergeben sich u.a. aus der Analyse von linearen Strukturen aus digitalen Geländemodellen. So wird der lineare Verlauf der Jura-Schichtstufe von mehreren parallelen Lineamenten begleitet. Die bereits lange Existenz der Schichtstufe (Peterek & Schröder 2011) weist auf eine tektonische Kontrolle hin (Peterek, unpubl.). Das zwischen Forchheim und Ebermannstadt auffällig lineare und breite Wiesental setzt sich in auffälliger Weise in Tälern nach NO fort. In der NO-Verlängerung liegt die Nordrandstörung des Waldstein-Kornberg Höhenzuges nördlich des Fichtelgebirges. Es handelt sich möglicherweise um eine aktive Tiefenstörung (vgl. Kap. 2.2.6).

Westlich von Heiligenstadt (nördlich Ebermannstadt) durchschlägt ein NNO-SSW verlaufender Gang tertiärer Vulkanite die Frankenalb (Meyer 1979). Dieser wird auf sei-

ner westlichen Seite von einer Störungszone begleitet (GÜK 200, CC Bamberg). Die Gangzone müsste u.E. ausgeschlossen werden. Der Zusammenhang mit der Störungszone weist diese möglicherweise als aktiv im Sinne des StandAG aus.

3.10 Landkreis Forchheim, Landkreis Bamberg, Stadt Bamberg

Die Orte Bamberg und Forchheim liegen im Vorfeld der Jura-Schichtstufe. Diese weist einen markant geradlinigen NNW-SSO-Verlauf auf, der im Streichen mit der Hollfelder Mulde bzw. dem Hollfelder Halbgraben übereinstimmt. Subsequent zur Schichtstufe fließt die Regnitz von SSO nach NNW. Sie mündet bei Bamberg in den Main. Die Genese der Süddeutschen Schichtstufen wurde in den letzten Jahrzehnten vielfältig diskutiert. Dabei spielt eine vom Oberrheingraben ausgehende großräumige Aufwölbung und NO-Kippung der Süddeutschen Großscholle eine große Rolle (u.a. Eberle et al. 2010). Diese Situation alleine kann jedoch die linearen Begrenzungen sowohl der Keuperstufe weiter im Westen (NO-SW verlaufend, siehe Abb. 28) sowie den NNW-SSO-Verlauf der Jurastufe nicht ausreichend erklären. Peterek (2011) stellt eine flexurartige Absenkung der Frankenalb bzw. Hebung des westlichen Vorlandes zur Diskussion (Abb. 28, rechts).

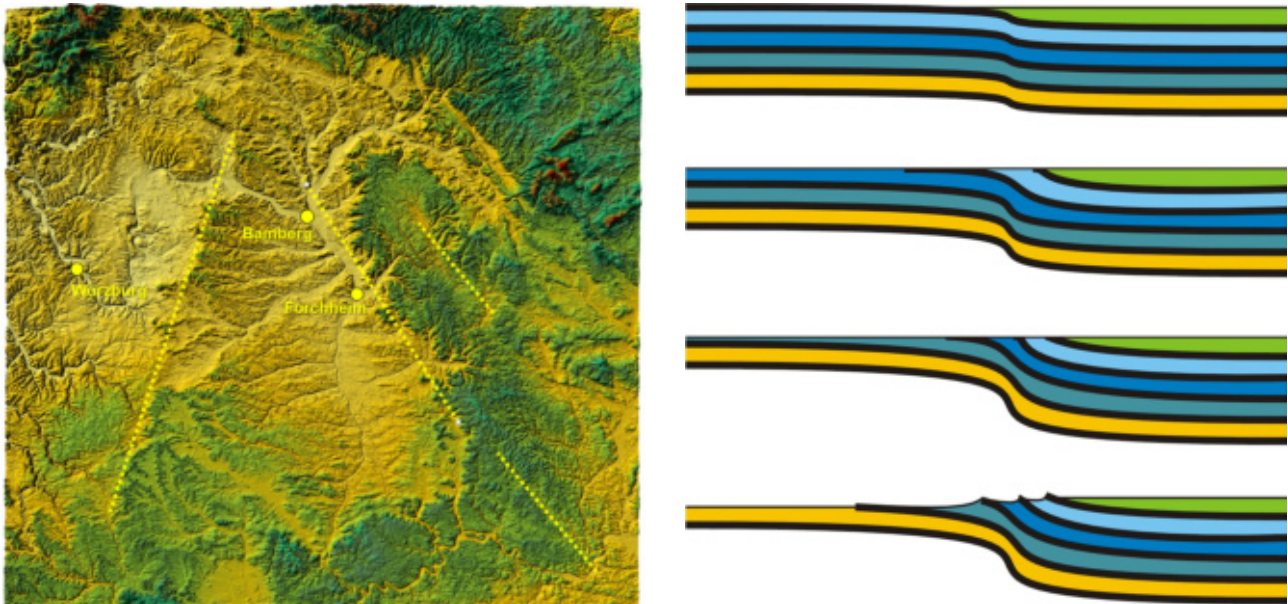


Abb. 28: Links: Lineare Begrenzungen der Keuper-Stufe (östlich Würzburg) und der Jura-Stufe (östlich Bamberg und Forchheim). Östlich davon ist auf der Frankenalb die Hollfelder Störung dargestellt. Rechts: Modellvorstellung differenzieller Bewegungen entlang der NNW-SSO verlaufenden „Jura-Flexur“ und räumliche Fixierung der Stufe an die Bewegungszone (Peterek 2011).

3.11 Landkreis Bamberg, Stadt Bamberg

Zwischen Bamberg und Hassfurt quert der Main die Keuper-Schichtstufe in einem markant linearen und breiten Talzug. Dieser verläuft WNW-OSO. Fürst & Krause (1990) machen für diesen Talabschnitt eine jungkänozoische Tektonik verantwortlich (vgl. Abb. 29).

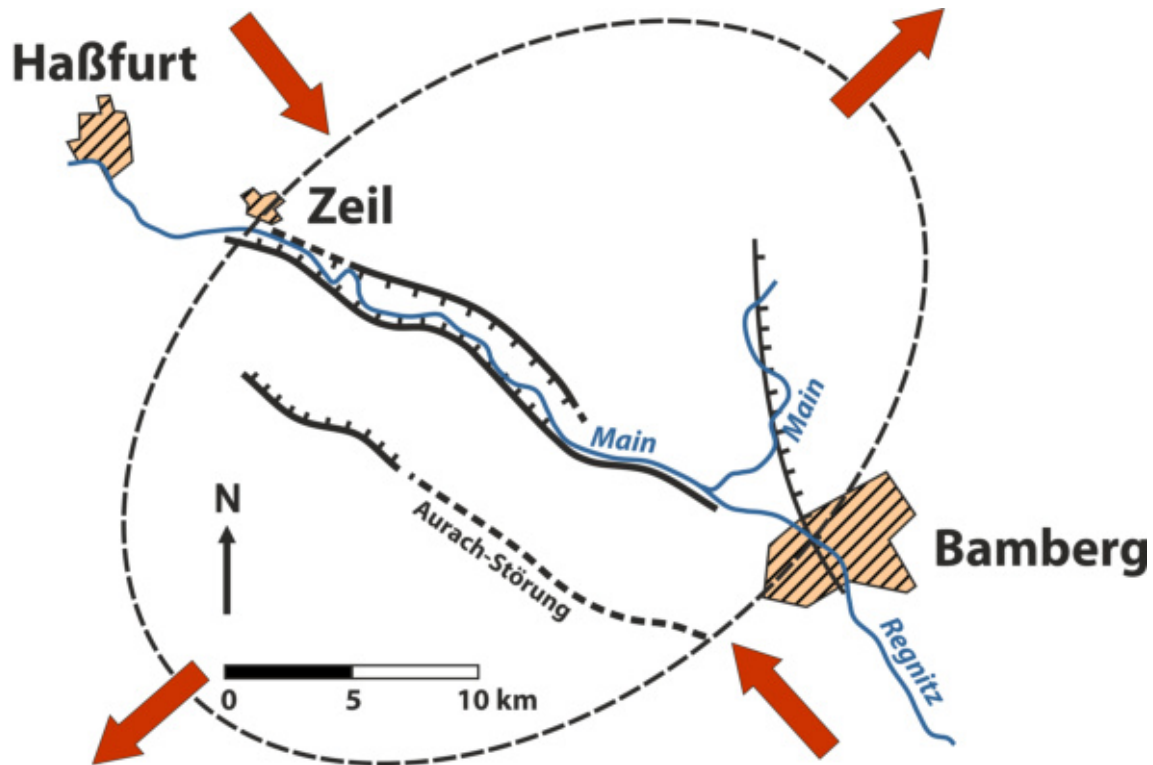


Abb. 29: Hauptbruchlinien des Maintals zwischen Bamberg und Haßfurt mit Deformationsellipsoid (nach Fürst & Krause 1990).

4 Literatur

- Abratis, M., Mädler, J., Hautmann, S., Leyk, H.-J., Meyer, R., Lippolt, H.J. & Viereck-Götte, L. (2007): Two distinct Miocene age ranges of basaltic rocks from the Rhön and Heldburg areas (Germany) based on $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ step heating data. *Chemie der Erde*, 67: 133-150.
- Bankwitz, P., G. Schneider, H. Kämpf, E. Bankwitz (2003): Structural characteristics of epicentral areas in Central Europe: study case Cheb Basin (Czech Republic). – *J. of Geodyn.*, 35: 5-32.
- Behrmann, J. (2021): Sichtung des Zwischenberichts Teilgebiete und seiner unterset-

zenden Unterlagen sowie bei Bedarf eine Akteneinsicht bei der BGE. Betrachtung der verbalargumentativen Bewertung im Wirtsgestein Kristallin, konkret das Böhmi-sche Massiv (Kristallingestein; 0013_00TG_195_00IG_K_g_MO). Formulierung von Handlungsempfehlungen zu Art und Umfang für weitere und vertiefende Prüfungen und Bewertungen. – 18 S.; Gutachten im Auftrag des Nationalen Begleitgremiums (NBG); Wittmoldt.

- BGE (2020a): Zwischenbericht Teilgebiete gemäß § 13 StandAG. – veröffentlicht am 28. September 2020, 443 S.; Peine.
- BGE (2020b): AnwendungAusschlusskriterien gemäß § 22 StandAG (Untersetzende Unterlage des Zwischenberichts Teilgebiete). – 176 S.; Peine.
- Brand, H. (1954): Lagerstättenkunde einiger Braunkohlenbecken des Fichtelgebirges. – Erlanger geol. Abh., 9: 1-44; Erlangen.
- Burbank, D. W. and Anderson, R. S. (2012): Tectonic geomorphology. – 2nd Aufl., 454 S.; Chichester, West Sussex, Hoboken, N.J (J. Wiley & Sons).
- De Wall, H., Schaarschmidt, A., Kämmlein, M., Gabriel, G., Bestmann, M. & Scharfenberg, L. (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. *International Journal of Earth Sciences*, 108: 1913-1936. ISSN 1437-3262. DOI: 10.1007/s00531-019-01740-8.
- Dèzes, P., Schmid, S. M. & Ziegler, P. A. (2004): Evolution of the European Cenozoic Rift System: interaction of the Alpine and Pyrenean orogens with their foreland lithosphere. *Tectonophysics*, Bd. 389, S. 1-33. ISSN 00401951. DOI: 10.1016/j.tecto.2004.06.011.
- Eberle, J., Eitel, B., Blümel, W.D. & Wittmann, P. (2010): Deutschlands Süden - vom Erdmittelalter zur Gegenwart. – 200 S., 2. Aufl. (Spektrum Akademischer Verlag).
- Emmert, U. & Stettner, G. (1995): Geol. Karte von Bayern 1:25.000 Bl. 6036 Weidenberg. Mit Erläuterungen. – 239 S; München (Bay. LfU).
- Fischer, T., Horálek, J., Hrubcová, P., Vavryčuk, V., Bräuer, K. & Kämpf, H. (2014): Intra-continental earthquake swarms in West-Bohemia and Vogtland: a review. – *Tectonophysics* 611: 1-27; Amsterdam.
- Freudenberger, W. & Schwerd, K. (1996): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500.000. – 329 S.; München (Bay. LfU).
- Fürst, M. & Krause, U. (1990): Eine Strukturanalyse des obsequenten Mainverlaufs zwischen Steigerwald und Hassbergen. - Bericht Naturforschende Gesellschaft Bamberg, 65: 77-114; Bamberg.
- Gudden, H. (1955): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern, 1 : 25.000, Blatt 5834 Kulmbach, München.
- Hecht, G. (2012): Die Heilwässer von Bad Colberg und Bad Rodach (Hydrogeologie, Chemie, Geschichte, Nutzung). – Tagungsband 22. Jahreshauptversammlung (Vortrags- und Exkursionstagung) vom 08. Bis 11. Juni 2012 „Deckgebirge und Vulkanis-

- mus im südthüringisch-fränkischen Grenzgebiet), Vortragszusammenfassung: 6-13; Jena (Thüringischer Geol. Verein).
- Hofbauer, G. (2016): Vulkane in Deutschland. – 224 S.; Darmstadt (WBG).
- Hirschmann, G. (1996): Ergebnisse und Probleme des strukturellen Baues im Bereich der KTB-Lokation. – *Geologica Bavarica*, 101: 37-52, München.
- Jähne-Klingberg, F., Stück, H., Bebiolka, A., Bense, F. & Stark, L. (2019): Prognosemöglichkeiten von großräumigen Vertikalbewegungen für Deutschland. – Abschlussbericht, 139 S.; Hannover (BGR)
- Kämpf, H., Peterek, A., Rohrmüller, J., Kümpel, H.J. & Geissler, W.H. (2005): The KTB deep crustal laboratory and the western Eger Graben. – In: Koch, R. & Röhling, H.G. (Hrsg.) *GeoErlangen 2005/Exkursionsführer*, Schriftreihe der Deutschen Ges. für Geowiss., 40: 37- 108; Hannover.
- Kley, J. (2012): Strukturelle Entwicklung zwischen Thüringer Wald und Grabfeld. – Tagungsband 22. Jahreshauptversammlung (Vortrags- und Exkursionstagung) vom 08. Bis 11. Juni 2012 „Deckgebirge und Vulkanismus im südthüringisch-fränkischen Grenzgebiet), Vortragszusammenfassung: 18; Jena (Thüringischer Geol. Verein).
- LfU (2020): Anmerkungen des Bayerischen Landesamts für Umwelt (LfU) zum Zwischenbericht Teilgebiete der BGE. – https://www.stmuv.bayern.de/themen/reaktorsicherheit/ver_entsorgung/doc/zwischenbericht_teilgebiete_lfu.pdf (abgerufen am 15.05.2021).
- Louis, H. (1984): Zur Reliefentwicklung der Oberpfalz. – *Relief Boden Paläoklima*, 3: 1-66; Berlin, Stuttgart (Gebr. Borntraeger).
- Malkovsky, M. (1987): The Mesozoic and Tertiary basins of the Bohemian Massif and their evolution. *Tectonophysics*, 137: 31-42, Amsterdam.
- May, F. (2019): Möglichkeiten der Prognose zukünftiger vulkanischer Aktivität in Deutschland – Kurzbericht zur Standortauswahl, Hannover (BGR).
- Meyer, R.K.F. (1979): Geologische Karte 1:25 000, Blatt 6132 Buttenheim mit Erläuterungen. – 136 S.; München.
- Mrlina, J., H. Kämpf, V. Polák and M. Seidl, (2019): Indikace dvou neznámých kvartérních maarových vulkánů u Libé v západních Čechách na základě gravimetrického průzkumu, *Mineralogie a Geologie* 2/2019: 19-23;
- Peterek, A. (2001): Zur geomorphologischen und morphotektonischen Entwicklung des Fichtelgebirges und seines unmittelbaren Rahmens. – *Geol. Bl. NO-Bayern*, 51: 37-106; Erlangen.
- Peterek, A. (2002a): Neotektonik am Westrand der Böhmisches Masse und seinem westlichen Vorland. – Exkursion am 19. März 2002 im Rahmen des 9. Symposiums Tektonik, Strukturgeologie und Kristallingeologie (TSK IX) vom 19.-24. März 2002 in Erlangen, 105 S.; Erlangen/Bayreuth (Selbstverlag).
- Peterek, A. (2002b): Neotektonische und morphostrukturelle Entwicklung des Thürin-

- ger Waldes und Thüringischen Schiefergebirges – Überblick und Ausblick. – Z. Ges. Geol. Wiss., 30: 277-292, Berlin.
- Peterek, A. (2007): Känozoische Reliefentwicklung und Tektonik des zentralen Fichtelgebirges. – In: Maier, J. (Hrsg.): Das geographische Seminar – spezial: Exkursionsführer Oberfranken: 253-269; Braunschweig (Westermann-Verlag).
- Peterek, A. (2011): Aspekte zur Entwicklung der süddeutschen Schichtstufenlandschaft. – Vortrag Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg 24. November 2011. Vortragspräsentation.
- Peterek, A. (2012): Mit der „Eiszeit“ ins Quartär und den „Dinos“ zu den Anfängen Europas – Der Bayerisch-Böhmische Geopark und eine Einführung in die Geologie und Landschaftsgeschichte des westlichen Eger-Rifts. – In: Zöller, L. & Peterek, A. (Hrsg.): From Paleozoic to Quaternary – A field trip from the Franconian Alb to Bohemia. – DEUQUA Excursions: 59-91; Greifswald (Geozon.net).
- Peterek, A. (2018): Zur jüngeren Erdgeschichte zwischen Kösseine und Steinwald. – Wir am Steinwald, 26: 96-113; Pressath (Bodner Verlag).
- Peterek, A., Hirschmann, G., Schröder, B. & Wagner, G.A. (1994): Spät- und postvariskische tektonische Entwicklung im Umfeld der Kontinentalen Tiefbohrung Oberpfalz (KTB). – KTB-Report, 94/3: 123-148, Hannover.
- Peterek, A., Rauche, H., Schröder, B., Franzke, H.-J., Bankwitz, P. & Bankwitz, E. (1997): The late- and post-Variscan tectonic evolution of the Western Border fault zone of the Bohemian massif (WBZ). – Geol. Rundsch., 86: 191-202.
- Peterek, A., Reuther, C.-D., Schunk, R. (2011): Neotectonic evolution of the Cheb Basin (Northwestern Bohemia, Czech Republic) and its implications for the late Pliocene to recent crustal deformation in the western part of the Eger Rift. – Z. geol. Wiss., 39: 335-365.
- Peterek, A. & Schröder, B. (1997): Neogene fault activity and morphogenesis in the basement area north of the KTB drill site (Fichtelgebirge and Steinwald). – Geol. Rdsch., 86: 185-190, Berlin.
- Peterek, A. & Schröder, B. (2010): Geomorphologic evolution of the cuesta landscapes around the Northern Franconian Alb review and synthesis. – Zeitschr. Geomorphologie, 54: 305-345.
- Peterek, A. & Schröder, B. (2012): Etappen der Landschaftsgeschichte – Heldburger Gangschar und Umfeld. – Beitr. Geol. Thüringen, N.F., 19: 97-114; Jena.
- Peterek, A. & Schröder, B. (2017): Tektonik, Vulkanismus und Landschaftsentwicklung im Oberpfälzer Hügelland, Nordostbayern (Exkursion K am 21. April 2017). – Jahresberichte und Mitteilungen des Oberrheinischen Geologischen Vereins Band, 99: 307 – 344; Stuttgart.
- Rohrmüller, J., Kämpf, H., Geiß, E., Großmann, J., Grun, I., Mingram, J., Mrlina, J., Plessen, B., Stebich, M., Veress, C., Wendt, A., Nowaczyk, N. (2018): Reconnaissance study of an inferred Quaternary maar structure in the western part of the Bohemi-

- an Massif near Neualbenreuth, NE-Bavaria (Germany). – Intern. J. Earth Sci., 107: 1381-1405. <https://doi.org/10.1007/s00531-017-1543-0>
- Rummel, L., Bartels, A. & May, F. (2021): Entwicklung von Indikatoren einer zweiten Expertenbefragung zur langfristigen Vorhersage vulkanischer Aktivität in Deutschland. Dokumentation und Auswertung einer zweiten Expertenbefragung. – 73 S.; Hannover (BGR).
- Scharf, U. (2016): Sondervotum von Staatsministerin Ulrike Scharf (Bayern). – In: Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe: Abschlussbericht der Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe, K-Drs. 268: 509-510; abgerufen unter https://www.bundestag.de/resource/blob/434430/bb37b21b8e1e7e-049ace5db6b2f949b2/drs_268-data.pdf (zuletzt 15. Juni 2021).
- Schenk, V., Schenkova, Z., & Jechumtálová, Z. (2009): Geodynamic pattern of the West Bohemia region based on permanent GPS measurements. – Stud. Geophys. Geod., 53: 329-341, <https://doi.org/10.1007/s11200-009-0021-y>, available at: <https://doi.org/10.1007/s11200-009-0021-y>.
- 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. – Gutachten im Auftrag der BGE im Rahmen der Endlagersuche, 132 S.; Bonn. Download unter https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Forschung/Bericht_-_Vulkanische_Gefaehrdung_in_Deutschland_barrierefrei.pdf (abgerufen 20.05.2021).
- Schröder, B. (1992): Post-hercynian fault block activities in the basement area near KTB-drilling site.– KTBReport, 92/4: 287-294, Hannover.
- Schröder, B. & Fesl, S. (2004): Geologische Karte von Bayern, 1:25.000, Bl. 5830 Pfarrweisach mit Erläuterungen/Beiträgen; München (Bay. LfU).
- Schröder, B. & Peterek, A. (2001): Känozoische Hebungs- und Abtragungsgeschichte im Umfeld des westlichen Egergrabens. – Z. Deutsch. Geol. Ges., 152: 387-403.
- Schröder, B. & Peterek, A. (2002): Känozoische Morphotektonik und Abtragung zwischen Hochrhön und Heldburger Gangschar. – Z. geol. Wiss., Berlin, 30 (4/5): 263-276.
- Siebel, W., Shang, C.K & Presser, V. (2010): Permo-Carboniferous magmatism in the Fichtelgebirge: dating the final intrusive pulse by U-Pb, 207Pb/206Pb and 40Ar/39Ar geochronology. – Z. Geol. Wiss. 38: 85-98.
- Štěpančíková, P., Fischer, T., Stemberk, J., Nováková, L., Hartvich, F. & Figueiredo, P.M. (2019): Active tectonics in the Cheb Basin: youngest documented Holocene surface faulting in Central Europe? – Geomorphology, 327: 472–488; Amsterdam.
- Stettner, G. (1958): Erläuterungen zur Geol. Karte von Bayern 1:25.000, Bl. 5937 Fichtelberg. – 116 S.; München (Bay. LfU).
- Tofelde, S. & Schwanghart, W. (2021): Analyse und Vorhersage der Reorganisation von

Flusssystemen für die Sicherheitsbewertung geologischer Tiefenlager. – In: AG-V Fachkonferenz (Hrsg.): Call for papers and topics, 1. Beratungstermin der Fachkonferenz Teilgebiete 05. bis 07. Februar 2021

- Ulrych, J., Cajz, V., Pivec, E., Novák, J., Nekovařík, C. & Balogh, K. (2000): Cenozoic intraplate alkaline volcanism of Western Bohemia. – *Studia geoph. et geod.*, 44: 346–351; Prag.
- Wagner, G.A., Coyle, D.A., Duyster, J., Henjes-Kunst, F., Peterek, A., Schröder, B., Stöckhert, B., Wemmer, K., Zulauf, G., Ahrendt, H., Bischoff, R., Hejl, E., Jacobs, J., Menzel, D., Nand Lal, P., Van den haute, P., Vercoutere, C. & Welzel, B. (1997): Post-Variscan thermal and tectonic evolution of the KTB site and its surroundings. – *J. Geophys. Research*, 102 (B8): 18221-18232; Washington.
- Wallace, R.E. (1986): Overview and Recommendations. – In: Wallace, R.E. (Hrsg.): *Active Tectonics*: 3-19; Washington, D.C. (National Academy Press).
- Weinlich, F. H. (2014): Carbon dioxide controlled earthquake distribution pattern in the NW Bohemian swarm earthquake region, western Eger Rift, Czech Republic – gas migration in the crystalline basement. – *Geofluids*, 14: 143-159.
- Zemke, J. (2020): Gutachten zur Prüfung des aktuellen Standes des Ausschlusskriteriums „vulkanische Aktivität“ laut § 22 Abs. 2 Nr. 5 Standortauswahlgesetz. Prognose vulkanische Aktivität. – 27 S.; Berlin (Nationales Begleitgremium).
- Zöller, L. & Peterek, A. (Hrsg.)(2012): From Paleozoic to Quaternary – A field trip from the Franconian Alb to Bohemia. – *DEUQUA Excursions*, 118 S., DOI 10.3285/g.00009, ISBN 978-3-941971-08-0; abgerufen unter www.geozon.net.
- Zulauf, G. (2019): Orogenic processes in the Bohemian Massif. – 3rd Workshop Press-eck/Bavaria 15-17 June 2018. Field Guide through the north-western part of the Bohemian Massif. 44 S.; Exkurs.f. u. Veröfftl. DGGV; Hannover.