

Stellungnahme der BGR

zur Unterlage

„Kleemann, Ulrich: Bewertung des Endlager-Standortes Gorleben; Geologische Probleme und offene Fragen im Zusammenhang mit einer Vorläufigen Sicherheitsanalyse Gorleben (VSG); Regionalgeologie und Standorteignung; erstellt im Auftrag der Rechtshilfe Gorleben e.V.; 29.11.2011“

Zusammenfassende Bewertung

Der Geologe Ulrich Kleemann hatte in einer von der „Rechtshilfe Gorleben“ in Auftrag gegebenen „Studie“ die BGR wegen ihrer angeblich unzureichenden und einseitigen Darstellung der Erkundungsergebnisse für Gorleben kritisiert. Seine „Studie“ hatte er am 13. Dezember 2011 in Lüchow im Rahmen einer Veranstaltung der Bürgerinitiative Lüchow-Dannenberg vorgestellt.

Bei der Durchsicht der „Studie“ wird deutlich, dass die darin enthaltenen Aussagen, mit denen vermeintliche Fehlinterpretationen der BGR belegt werden sollen, einer fachlich-inhaltlichen Überprüfung nicht standhalten. Die „Studie“ stützt sich im Wesentlichen auf einige und teilweise aus dem Zusammenhang gerissene Aussagen aus den vier zusammenfassenden Gorleben-Bänden der BGR. Dabei wird kaum Bezug auf die mehreren hundert zugrunde liegenden Fachberichte der BGR genommen. Auch wurden Fehler bei der Analyse und Interpretation von Fachliteratur erkennbar. Eigene wissenschaftliche Leistungen, wie zum Beispiel eigene Untersuchungen, werden vom Autor nicht dargestellt.

Im Einzelnen

Im Folgenden bezieht die BGR, auch als Grundlage für eine wissenschaftlich-fachliche Diskussion, Stellung zu einzelnen Kritikpunkten der „Studie“.

Thema: Vermeintliche aktive Störungszone

Aussage der Unterlage (S. 4, Absatz 4):

In der Unterlage wird ausgeführt: „Vor Beginn der übertägigen Erkundungen hatte GRIMMEL (1979, 1980) auf eine „mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit“ unter dem Salzstock Gorleben-Rambow befindliche große Bruchstörung hingewiesen. Er hatte auf auffällige Lineationen von Flussläufen aufmerksam gemacht, die seiner Auffassung nach auf quartär reaktivierte tektonische Schwächezonen hindeuteten.“ Der Autor der Unterlage kommt am Ende zu dem Schluss: „Mit großer Wahrscheinlichkeit existiert eine aktive Störungszone.“

Stellungnahme BGR:

In der Unterlage wird nicht erwähnt, dass die Existenz von „quartär reaktivierten tektonischen Schwächezonen“ ausschließlich von Prof. Grimmel angenommen wurde, wohingegen alle anderen, beispielsweise auch Prof. Duphorn und der Geologe Ulrich Schneider, dies entschieden verneinten. Schneider wird zitiert: „Endogen-tektonische Bruchstörungen sind in oberflächennahen Bereichen

nicht erkennbar" (BMFT, 1981, S. 288), und Prof. Duphorn: „...endogen-tektonische Bruchstörungen ... haben sich bislang weder in den Aufschlußbohrungen noch bei der Oberflächenkartierung erkennen lassen" (BMFT, 1981, S. 279 - 280).

Die Bedeutung der Aussage, dass keine Störungen gefunden wurden, kann nur dann korrekt eingeschätzt werden, wenn berücksichtigt wird, mit welcher Intensität danach gesucht wurde. Im Zuge der Erkundung des Standortes Gorleben wurden mehrere hundert Bohrungen geteuft sowie einige tausend Peilstangen-Bohrungen, Handbohrungen und Bodenaufgrabungen angelegt. Dabei wurde nicht ein einziger Hinweis auf aktive Störungen gefunden. Prof. Duphorn: „Kämen die Bruchstörungen nun von unten, dann müsste man sie auch in diesen Bohrkernen irgendwo wenigstens einmal sehen, nichts da. Mehr kann ich dazu eigentlich nicht sagen" (BMFT, 1981, S. 281 - 282).

Dass trotz dieser sehr großen Anzahl an Aufschlüssen und der Tatsache, dass darin keinerlei Hinweise auf aktive Störungen gefunden wurden, der Autor der Unterlage zu dem Schluss kommt, „*mit großer Wahrscheinlichkeit existiert eine aktive Störungszone*“, ist wissenschaftlich nicht nachvollziehbar und wird vom Autor der Unterlage weder belegt noch schlüssig begründet.

Thema: Störungen vom Typ Oberrheingraben

Aussage der Unterlage (S. 4, Absatz 5 und 6):

Zunächst wird vom Autor der Unterlage die Aussage der BGR aus 1980 zitiert: „Neuere seismische Untersuchungen hoher Qualität haben ebenfalls keine Störungen erkennen lassen. Damit ist erwiesen, dass Bruchstörungen, die mit den Störungen des Oberrheingrabens verglichen werden könnten, nicht vorhanden sind.“ Daraus leitet er ab: „*Die BGR hielt es demnach schon vor Beginn der Erkundungen für erwiesen, dass keine bedeutende Störung im Untergrund vorhanden ist.*“

Stellungnahme BGR:

Beim Oberrheingraben handelt es sich um eine ca. 4-5 km tief eingesenkte keilförmige Grabenzone. Die Grabenschultern sind beidseits topographisch herausgehoben, z.B. Vogesen und Schwarzwald. Der Oberrheingraben ist 300 km lang und durchschnittlich 35-40 km breit. Die Elemente dieser Struktur sind also teilweise schon mit bloßem Auge erkennbar. Die am Standort Gorleben durchgeführten tiefenseismischen Messungen hatten eine Auflösung von 50 m, das bedeutet, dass Störungen mit einem Versatz von mehr als 50 m darin erkennbar wären. Aus dem Umstand, dass keine Störungen ermittelt wurden, kann also keine Aussage über mögliche Störungen mit Versatzbeträgen unter 50 m abgeleitet werden. Es kann aber sehr wohl abgeleitet werden, dass keine Störungen wie im Oberrheingraben mit Versatzbeträgen im Tausendermeterbereich vorliegen. Die zitierte BGR-Aussage ist daher korrekt. Die Schlussfolgerung des Autors der Unterlage ist hingegen falsch. Die BGR hat keineswegs, wie dort behauptet, ausgesagt, dass keine bedeutende Störung im Untergrund vorhanden sei.

Thema: Eiszeitliche Rinnen im Deckgebirge

Aussage der Unterlage:

Der Autor der Unterlage leitet aus von STACKEBRANDT veröffentlichten Arbeiten die Aussage „*Die Lage der eiszeitlichen Rinnen ist nicht zufällig, wie die BGR behauptet*“ ab und unterlegt dies mit

einer entsprechenden Textstelle aus STACKEBRANDT (2009). Dabei kommt er zu dem Schluss, dass die zukünftige Verbreitung eiszeitlicher Rinnen mit der mitteleuropäischen Senkungszone korreliert.

Stellungnahme BGR:

Der Autor der Unterlage übernimmt ausschließlich die Ausführungen von STACKEBRANDT und diskutiert weitere allgemein bekannte und veröffentlichte Fakten nicht. Dazu zählen, dass z. B. Rinnen auch außerhalb der mitteleuropäischen Senkungszone vorkommen, dass sich die tiefsten Rinnen nicht dort befinden, wo eine größere Absenkung erfolgt ist (z. B. Hamburger Loch; vgl. Abb. 12a/b der Unterlage), dass die Rinnen nicht über den gesamten Bereich der Senkungszone gleichmäßig verteilt sind und dass sich die Rinnen der Saale-Kaltzeit keineswegs an der mitteleuropäischen Senkungszone orientieren. Gleichfalls unberücksichtigt bleiben in der Unterlage auch andere Zusammenhänge wie sie z. B. von KUSTER et al. (1979) dargestellt wurden, die die Verbreitung von tertiären tonigen Vorkommen mit jener der quartären Rinnen verbinden. Weiterhin wäre grundsätzlich die Frage zu diskutieren, ob die langsame epirogenetische Absenkung der mitteleuropäischen Senkungszone (vgl. 300 m-Isolinie der Rupelbasis, Abb. 12a/b der Unterlage, was einer Absenkung innerhalb der letzten ca. 30 Mill. Jahre von 0,01 mm/Jahr entspricht bzw. eine Absenkung von 10 m innerhalb einer Mill. Jahre bedeutet) überhaupt ausreicht, um einen geologisch kurzfristigen, innerhalb von einigen Tausenden von Jahren ablaufenden Vorgang zu beeinflussen. Dass die mitteleuropäische Senkungszone zur Zeit der Elster-Vereisung kein „Loch“ darstellte, kann auch durch das Fehlen älterer quartärzeitlicher mariner Sedimente in Norddeutschland belegt werden. Zu einem eindeutigen Schluss kommen auch HÖNEMANN et al. (1995: 271): „Die maximalen Tiefen und das uneinheitliche Gefälle innerhalb der Rinnen erschweren es, epirogenetische Bewegungen als Hauptursache der Rinnenbildung anzunehmen. Dafür müssten kleinräumig wechselnde Hebungsbeträge und eine Bewegungsamplitude von fast 600 m gefordert werden.“ Oder weiter auf S. 272: „Lageübereinstimmungen mit Bruchstörungen des suprasalinen Stockwerkes sind nur in wenigen Fällen festzustellen. In der Regel besteht kein Zusammenhang zwischen den tiefen Pleistozän-Rinnen und tektonischen Strukturen im Liegenden. Es ist nicht zulässig, aus der Existenz einer pleistozänen Rinne auf Bruchstörungen in deren Untergrund zu schließen.“ Weitere Informationen zu dieser Thematik, die leider auch keinen Eingang in die Unterlage fanden, sind z. B. schon in den Veröffentlichungen von BRAUSE et al. (1964) oder KUSTER et al. (1979) zu finden. Der alleinige Verweis auf eine Arbeit von STACKEBRANDT wird der komplexen Thematik wissenschaftlich keinesfalls gerecht.

Fakt ist, dass es in der Literatur keine schlüssige Argumentationskette gibt, die unter Berücksichtigung einer glaubwürdig dargestellten Rinnengenese, von Geländebefunden und Modellrechnungen die Verbreitung der quartärzeitlichen Rinnen in Norddeutschland erklärt. Für die Zukunft muss daher davon ausgegangen werden, dass im Rahmen einer Sicherheitsanalyse für Endlagerstandorte in Norddeutschland Rinnenvorkommen einzubeziehen sind und zwar unabhängig davon, ob sie für einen spezifischen Standort nachgewiesen wurden oder nicht.

Die Orientierung der Rinnen bezieht sich, auch von STACKEBRANDT (2009) nicht bestritten, klar auf die Lage des elsterzeitlichen Eisrandes. STACKEBRANDT (2009) führt z. B. weiterhin aus, „Most authors maintain that the channels were formed subglacially under glacio-hydromechanical conditions“. Wenn diese Aussage aufgegriffen wird und alle übrigen Unsicherheiten hinsichtlich der Genese von Rinnen ausgeblendet werden, so bedeutet dies im Wesentlichen eine Abhängigkeit der Rinnenverbreitung und der Rinnenausgestaltung von den während einer Kaltzeit vorherrschenden spezifischen Bedingungen wie Temperatur, Niederschlag, Schmelzwasseraufkommen, Eismächtigkeit, etc.. Da die Intensität, der Verlauf und die eine Kaltzeit bestimmenden klimatischen Faktoren sowie die darauf aufbauenden hydromechanischen Prozesse aber nicht prognostizierbar, geschweige denn für einen bestimmten Standort ableitbar sind, verlangt es eine gute wissenschaftliche Praxis, dass diese Erkenntnis in eine Sicherheitsanalyse für den

Betrachtungszeitraum von einer Million Jahre einfließt und konservativ behandelt wird sowie die mit einer Rinnenbildung für ein Deck- und Nebengebirge bzw. Wirtsgestein verbundenen Auswirkungen durch eine entsprechende Konsequenzenanalyse berücksichtigt werden. Die Sicherheit eines Endlagers in Norddeutschland ist daher unter Berücksichtigung der bekannten maximalen Auswirkungen einer Rinnenbildung nachzuweisen.

In der Unterlage wird im Zusammenhang mit Standortnachteilen die Frage gestellt: *„Ist es nicht dennoch ein qualitativer Unterschied, ob ein dichtes Deckgebirge erst abgeräumt werden muss oder schon verschwunden ist?“* Die Antwort auf diese Frage lautet: Nein. Eine Sicherheitsanalyse, die einen Betrachtungszeitraum von einer Million Jahre zugrunde legt, darf nicht selektiv bestimmte Zeiträume ausblenden, sondern hat das System des Standortes über den gesamten Zeitraum zu betrachten. Es gibt dabei keine vorteilhaften oder weniger vorteilhaften Zeitabschnitte, sondern nur eine Konsequenzenanalyse, die es erlaubt, unter Berücksichtigung möglichst aller denkbaren, das Endlagersystem beeinflussenden Prozesse eine Sicherheitsaussage zu erarbeiten.

Abschließend bleibt festzustellen, dass mit der Bemerkung „wissenschaftlich wertlos“ die Qualität der Arbeit von Fachleuten und der BGR-Arbeit KELLER (2009) unsachlich bewertet wird. Zumal der Autor der Unterlage seine Aussagen zur Rinnenbildung lediglich auf die Arbeit von STACKEBRANDT stützt, obwohl dazu zahlreiche anderslautende Aussagen veröffentlicht sind.

Thema: Vermeintlicher Standortnachteil Gorlebener Rinne

Aussage der Unterlage (S. 13, letzter Absatz und S. 14):

Der Autor der Unterlage stellt die Gorlebener Rinne als einen Standortnachteil dar. Er hält es für wahrscheinlich, dass die Standorte Wahn und Lichtenhorst *„auch in Zukunft ihre schützenden Deckschichten behalten werden“* und erklärt: *„Bei einem Standortauswahlverfahren müssten Bereiche gewählt werden, in denen die Wahrscheinlichkeit zukünftiger Rinnenbildung gering ist“*.

Stellungnahme BGR:

In einer Langzeitsicherheitsanalyse für einen norddeutschen Salzstock muss die zukünftige Bildung einer eiszeitlichen Rinne immer unterstellt werden, da diese nahezu für den gesamten norddeutschen Raum und natürlich auch für die in der BfS-Abbildung (Abb. 10 der Unterlage) dargestellten „rinnenfreien“ Salzstöcke möglich ist. Beispielsweise wurde im Bereich Staßfurt, unweit Halle/Saale erst kürzlich eine den Salzstock querende Rinne nachgewiesen (DRESBACH et al. 2010). Diese Rinne liegt sehr viel weiter südlich als die bislang angenommene südliche Verbreitungsgrenze der Rinnenvorkommen – und sie liegt wesentlich weiter im Süden als die vom Autor der Unterlage genannten Standorte Wahn und Lichtenhorst. Dass in diesem Bereich liegende Standorte wahrscheinlich *„auch in Zukunft ihre schützenden Deckschichten behalten werden“*, braucht also nicht erst durch mögliche Rinnenbildungen in zukünftigen Eiszeiten widerlegt zu werden, sondern es ist schon heute widerlegt. Dies wird vom Autor der Unterlage ignoriert, die einschlägige Literatur wird nicht berücksichtigt. In einem Standortauswahlverfahren mit der Annahme zu arbeiten, dass sich in bestimmten Bereichen keine Rinnen bilden, die nicht nur nicht bewiesen werden kann, sondern die bereits widerlegt ist, ist fahrlässig und unseriös.

Der Autor der Unterlage steht mit seiner Einschätzung auch im Widerspruch zu einer aktuellen Aussage des BfS (Internetangebot des BfS am 20.12.2011) unter http://www.bfs.de/en/endlager/standortfindung/VerSi_bewertung_synopt.pdf, S. 98: *„Es lassen sich keine sicheren Angaben über den genauen Verlauf und Teufe zukünftig angelegter Rinnen machen. Genauso wenig lässt sich eine Ausweitung bereits vorhandener Rinnen ausschließen. Da die lagebestimmenden Faktoren unbekannt sind bedeutet dies, dass eine erneute Rinnenbildung am*

Standort Gorleben genau so wahrscheinlich ist wie eine Rinnenbildung in anderen Regionen Norddeutschlands."

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass insbesondere das quartäre aber auch das tertiäre Deckgebirge in Norddeutschland sehr heterogen aufgebaut sind, so dass nicht automatisch auf ein abdichtendes Deckgebirge zurückgeschlossen werden kann, wenn keine Rinnen vorliegen. Die zeitliche Einstufung von Schichten, wie z. B. beim Hamburg-Ton oder Lauenburger Ton, bedeutet nicht, dass dort flächig abdichtende Tone in ausreichender Mächtigkeit vorliegen. Bei diesen Schichten sind Sandeinschaltungen oder Lücken in der Verbreitung möglich, die lokal Durchlässigkeiten bewirken.

Ein Sicherheitsnachweis ist angesichts der Rinnenproblematik nur für solche Endlager in Norddeutschland möglich, die in einer größeren Tiefe liegen als der tiefste mögliche Punkt einer Rinnen-Erosion. Da für den gesamten norddeutschen Raum die Verbreitung von Rinnen nicht vorherbestimmt werden kann, müssen in einer Sicherheitsanalyse Rinnen als existent betrachtet werden. Insofern ergibt sich für Gorleben kein Standortnachteil gegenüber alternativen Standorten in Norddeutschland.

Thema: Gasvorkommen

Aussage der Unterlage (S. 20, Absatz 1):

Der Autor der Unterlage gibt an, dass die Existenz einer Schicht, in der Gas vorhanden sein könnte, die Nichteignung eines Standortes bedeutet, und zwar unabhängig davon, ob die Schicht Gas enthält oder nicht: *„Auf Grund der unabwägbaren Risiken solcher Gasvorkommen muss allein schon die Existenz potentiell gasführender Schichten zum Ausschluss des Standortes Gorleben führen.“*

Stellungnahme BGR:

Allein aufgrund der Anwesenheit von potentiellen Speichergesteinen kann nicht auf die Anwesenheit einer Gas-Lagerstätte geschlossen werden. Zusätzlich müssen Wegsamkeiten zu einem Muttergestein und eine Abdichtung vorhanden sein. Im gesamten norddeutschen Raum sind zahlreiche Schichten vorhanden, die aufgrund ihrer Porosität als Speichergestein in Frage kommen und trotzdem nicht gasführend sind. Explorationsarbeiten auf Kohlenwasserstoffe wurden auch im Bereich des Salzstockes Gorleben-Rambow durchgeführt. Die Aussage der Unterlage, *„Untersuchungen wurden bisher nicht durchgeführt oder nicht veröffentlicht“*, ist falsch. Im Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen empfahl SIEBERT (1971), die Explorationstätigkeiten wegen mangelnder Erfolgshöflichkeit einzustellen.

Die letzten Ausläufer der ausgewiesenen Erdgaslagerstätte Wustrow liegen in einer Entfernung von ca. 15 km zum Zentralbereich des Salzstockes Gorleben und keineswegs unter dem Salzstock. Auch für die vom Autor der Unterlage genannten Salzstöcke Lichtenhorst und Wahn stellen sich die Gegebenheiten im Umfeld ähnlich dar: Wahn liegt ca. 25 bis 30 km von dem sehr großen Erdgasfeld Groningen entfernt und Lichtenhorst in ca. 15 km Entfernung zu einer Lagerstätte östlich von Bremen.

Neben dieser Würdigung der tatsächlichen Gegebenheiten lässt die Unterlage aber auch eine Auseinandersetzung mit der Bedeutung einer Kohlenwasserstofflagerstätte für die Langzeitsicherheit eines Endlagers vermissen. Dazu wäre es erforderlich, zunächst die infrage kommenden Prozesse zu betrachten, durch die Kohlenwasserstoffe aus benachbarten Lagerstätten mit Abfällen im Endlager in Kontakt kommen können. Der Autor der Unterlage belässt es jedoch bei der ungefähren Andeutung, es sei *„nicht zweifelsfrei auszuschließen“*, dass es *„durch die einzulagernden hochradioaktiven Abfälle ... zu einer Mobilisierung“* von Gasen unter dem Endlager käme, ohne die

nach seiner Ansicht für eine solche Mobilisierung infrage kommenden Prozesse konkret zu benennen. Er beschränkt sich darauf, aus der Vermengung unterschiedlicher Gegebenheiten wie dem Vorhandensein von Sandsteinen unter dem Salzstock, dem Vorhandensein von Kohlenwasserstoffen im Salz und dem Vorhandensein des benachbarten Erdgasfeldes Salzwedel Hinweise auf mögliche Zusammenhänge erkennen zu wollen, ohne diese auch nur plausibel machen zu können.

Anschließend müssten die bei einem Kontakt von Kohlenwasserstoffen mit Abfällen möglichen Prozesse im Endlager analysiert werden. Eine solche Vorgehensweise wird beispielsweise im Rahmen der vorläufigen Sicherheitsanalyse Gorleben (VSG) verfolgt, indem dort die Auswirkungen der bei Vorhandensein von Kohlenwasserstoffen denkbaren Prozesse wie thermochemische Sulfatreduktion, Verbrennung/Detonation, sonstige chemische Reaktionen, Pyrolyse und Radiolyse analysiert werden. Der Autor der Unterlage begnügt sich dagegen mit der wenig konkreten Aussage, es könne durch die Mobilisierung von Gasen „zu Gefährdungen der Sicherheit des Endlagers kommen“, die sich mangels Substanz einer weiteren Diskussion entzieht.

Thema: Verbreitung des Rotliegend-Salinars

Aussage der Unterlage (S. 11, Absatz 1):

Der Autor der Unterlage fragt, warum die Grenzlinie der Verbreitung des Rotliegend-Salinars in SCHRÖDER (1989) nahe an den Salzstock heran reicht, während sie acht Jahre später so gezeichnet wird (KOSINOWSKI et al. 1997), dass sie südlich am Salzstock vorbei läuft und den Salzstock nicht erreicht: „Lagen hier neue, nicht publizierte Erkenntnisse vor? Oder sollte das Erdgasthema von Gorleben ferngehalten werden?“

Stellungnahme BGR:

In der Veröffentlichung von SCHRÖDER (1989) ist nur der Bereich von Niedersachsen genau ausgewiesen (damals BRD). Es kann davon ausgegangen werden, dass zu dieser Zeit Daten aus Bohrungen auf dem Gebiet der damaligen DDR nicht vorlagen und auch grundsätzlich nicht zugänglich waren. Angedeutet wird dies auch durch die Schraffur im Bereich der Lagerstätte Salzwedel-Peckensen. Aus diesem Grund ist der Verlauf der Ausbreitungsgrenze (blaue gestrichelte Linie in Abb. 8 der Unterlage) nach Osten nur eine Extrapolation, ohne dass Daten hinterlegt sind. Zur Zeit der Veröffentlichung von KOSINOWSKI et al. (1997) waren hingegen Daten der ehemaligen DDR bereits verfügbar. In der DDR waren im Zuge intensiver Explorationstätigkeit auf Erdöl und Erdgas auch im Gebiet östlich des Erdgasfeldes Salzwedel-Peckensen mehrere Tiefbohrungen geteuft worden (vgl. Southern Permian Basin-Atlas DOORNENBAL & STEVENSON, 2010). Dabei war beispielsweise in den Bohrungen Arendsee 10/82 und Meseberg 2hAh2/72, die beide südlich der in SCHRÖDER (1989) angegebenen Verbreitungsgrenze des Rotliegend-Salinars liegen, Rotliegend-Salinare angetroffen worden. Folglich liegt die Grenze der Verbreitung des Rotliegend-Salinars nicht, wie in SCHRÖDER (1989) unterstellt, nördlich, sondern südlich der Bohrungen Arendsee 10/82 und Meseberg 2hAh2/72, und der Verlauf dieser Linie wurde entsprechend angepasst. Bei der Veränderung des Grenzverlaufs der Verbreitung des Rotliegend-Salinars in den jüngeren Publikationen handelt es sich also keineswegs um den vom Autor der Unterlage in den Raum gestellten Versuch, ein „Erdgasthema“ von Gorleben fernzuhalten, sondern um die korrekte Darstellung der vorliegenden Kenntnisse.

Thema: Glazigen induzierte Erdbeben

Aussage der Unterlage (S. 17, Absatz 5):

Der Autor der Unterlage geht auf die Reaktivierung von Störungen unter Eisaufasten ein und behauptet, *„Untersuchungen zu glazialinduzierten Erdbeben und ihren Auswirkungen wurden jedoch bisher nicht durchgeführt.“*

Stellungnahme BGR:

Die zitierte Behauptung des Autors der Unterlage ist falsch. Hinweise auf glazigen induzierte Erdbeben wären Störungen mit entsprechenden Versätzen. Bei der Erkundung des Deckgebirges wurden trotz der sehr großen Anzahl von Aufschlüssen keinerlei Anzeichen für solche glazigen induzierten Erdbeben gefunden.

Auch die Aussage des Autors der Unterlage, dass die Auswirkungen glazigen induzierter Erdbeben bisher nicht untersucht worden seien, ist falsch. Tatsächlich erfolgte innerhalb des vom BFS in Auftrag gegebenen Projektes „Standsicherheitsnachweis Nachbetriebsphase - Seismische Gefährdung“ eine umfassende Auseinandersetzung mit den möglichen Auswirkungen von Erdbeben an Sockelstörungen, wobei deren Ursache nicht auf postglaziale Ausgleichsbewegungen beschränkt war. Dabei wurden aus der Länge potentiell bewegter Teilabschnitte von Störungen unter Abschätzung des Bewegungsbetrages, der Herdtiefe und der zu erwartenden Magnitude potentielle Beschleunigungswerte errechnet (KOPERA & LEYDECKER 2001, RUDLOFF & LEYDECKER 2001). Die entsprechenden Abschlussberichte liegen dem BFS seit 2002 bzw. 2003 vor und wurden für den Teilbereich Strukturgeologie auch bei KÖTHE et al. (2007) zitiert (BRÜCKNER-RÖHLING et al. 2002).

Vom Autor der Unterlage offensichtlich unberücksichtigt blieben die Untersuchungen zum generellen Systemverständnis, die z. B. von STEWART et al. (2000) veröffentlicht wurden. Die Grundvoraussetzungen nach STEWART et al. sind eine im Verhältnis zur Krustendicke hohe Eismächtigkeit und das Vorliegen einer kompressiven Spannungsverteilung im Untergrund, auf welche die Gletscherauflast einwirkt. Keine dieser Grundvoraussetzungen treffen auf Gorleben zu.

Thema: Sockelstörung unter dem Salzstock

Aussage der Unterlage (S. 6, Absatz 5):

Der Autor der Unterlage behauptet, dass *„die Existenz einer Sockelstörung unterhalb der Salzstruktur Gorleben von der BGR stets bestritten“* wurde.

Stellungnahme BGR:

Die Aussage des Autors der Unterlage, dass *„die Existenz einer Sockelstörung unterhalb der Salzstruktur Gorleben von der BGR stets bestritten wird“*, ist falsch. Die BGR hat lediglich auf die Tatsache hingewiesen, dass eine Sockelstörung nicht nachgewiesen werden konnte. Zum Nachweis einer möglichen Sockelstörung wurden im Rahmen der Salzstockexploration 1984 seismische Untersuchungen in Form von drei Salzstock- bzw. Salzflankenunterschließungen durchgeführt. Die daraus vorliegenden Seismogramme lassen keine Störungsversätze in der Zechsteinbasis erkennen. Dazu ist anzumerken, dass im Bereich des Salzstockes Wustrow südwestlich von Gorleben im Top-Bereich der Altmarkschwelle Sockelstörungen durch 2D-Seismik detektiert und auch durch Bohraufschlüsse nachgewiesen wurden; Sockelstörungen unterhalb des Salzstockes Gorleben wären mit dem Verfahren der 2D-Seismik also grundsätzlich detektierbar. Die Bohrungen E RmWL 12 Ah3

und E RmWL 11A/69, die die Zechsteinbasis unter dem Salzstock Rambow durchhörtern, erbrachten ebenfalls keine Hinweise auf Störungen unter dieser Struktur.

Berücksichtigt man, dass die Auflösung der durchgeführten seismischen Untersuchung bei 50 m liegt, könnte auch unter dem Salzstock Gorleben eine Störung existieren, deren Versatz an der Zechsteinbasis bei weniger als 50 m liegt. Dies folgt zwingend aus den bestehenden Randbedingungen und wurde explizit von der BGR dargelegt: „Daraus folgt, dass auch unter der Salzstruktur Gorleben–Rambow Störungen mit geringem Versatz (< 50 m) vorhanden sein können, die jedoch in der Reflexionsseismik nicht erkennbar sind.“ (KÖTHE et al. 2007, S. 154). Wie der Autor der Unterlage angesichts dieser unmissverständlichen Aussage zu der Behauptung gelangt, dass „die Existenz einer Sockelstörung unterhalb der Salzstruktur Gorleben von der BGR stets bestritten wird“, ist nicht nachvollziehbar.

Thema: Tektonik (Arendsee-Tiefenbruch, Elbe-Lineament, VDF etc.)

Aussage der Unterlage (S. 6, Absatz 1):

Der Autor der Unterlage führt aus: „Obwohl es die BGR als „wahrscheinlich“ ansieht, „dass auch andere Richtungen, vor allem die NNE-SSW verlaufenden Störungen zur Modifizierung des abgeleiteten Strukturbildes beitragen können“, heißt es nur wenige Zeilen weiter, dass „bedeutsame Bruchstörungen weitgehend zu fehlen scheinen“ (KÖTHE et al. 2007). Das ist ein Widerspruch. Es kann nicht einerseits behauptet werden, dass Bruchstörungen fehlen, wenn an anderer Stelle solche Störungen als wahrscheinlich eingestuft werden“.

Stellungnahme BGR:

Hier übersieht der Autor der Unterlage offensichtlich, dass die BGR im Zusammenhang mit dem ersten Zitat feststellt, „zahlreiche, in ihrem Versatzbetrag relativ unbedeutende ... Störungen bestimmen den Isolinien-Verlauf“, was mit der zweiten Aussage der BGR, „bedeutsame Bruchstörungen scheinen weitgehend zu fehlen“, keineswegs im Widerspruch steht.

Neben solchen Unzulänglichkeiten in der Sorgfalt der Darstellung sind bei den Ausführungen des Autors der Unterlage zum Thema Störungen insgesamt Defizite bei Berücksichtigung der Zugehörigkeit der unterschiedlichen tektonischen Störungszonen zu unterschiedlichen erdgeschichtlichen Epochen zu erkennen.

Die Frage, welche Bewegungen an Sockelstörungen in Norddeutschland unter Zugrundelegung des rezenten Hauptspannungsfeldes zu erwarten sind, wurde im Rahmen eines Kooperationsprojektes des Geophysikalischen Instituts der Universität Karlsruhe und der BGR untersucht. Die entsprechenden Abschlussberichte liegen dem BfS seit 2002 bzw. 2003 vor und müssten folglich dem Autor der Unterlage aus seiner Zeit als zuständiger Fachbereichsleiter beim BfS bekannt sein. Im Verlauf des Projekts wurden die für derartige Bewertungen notwendigen Struktur- und Mächtigkeitskarten grenzübergreifend neu bearbeitet (Karte der Sockelstörungen, Basiskarten des Zechsteins, der Oberkreide und der Tertiärhorizonte, Karte der Salzstockumrisse). Zusammen mit der ebenfalls aus diesem Projekt stammenden Darstellung des Aufbaus und der Entwicklung des präsalinaren Sockels und der Darstellungen von halokinetischen Bewegungen der norddeutschen Salzstrukturen werden diese neubearbeiteten Karten bei KÖTHE et al. (2007) zitiert (BRÜCKNER-RÖHLING et al. 2002). Sie werden jedoch vom Autor der Unterlage nicht berücksichtigt.

In dem Projekt wurden u.a. Bewegungen an Sockelstörungen während des Tertiärs analysiert. Ergebnis dieser umfassenden Analysen war, dass sich nur ein geringer Prozentsatz aller im Sockel ausgebildeten Störungen im Tertiär bewegt hat. In der Karte der Sockelstörungen von KOCKEL und

KRULL (BRÜCKNER-RÖHLING et al. 2002, Anl. 1) sind die Lineamente und Störungszonen dargestellt, die den Sockel in ein Schollenmosaik gliedern. Sie sind im Wesentlichen im älteren Mesozoikum angelegt und wurden abschnittsweise während des jüngeren Mesozoikums und zu einem geringen Teil auch im Tertiär wieder bewegt. Diese Bewegungen können auch gegenläufig zur Erstanlage erfolgt sein. Als Erklärung für die Bildung von Strukturen im postsalinaren Oberbau sind Bewegungen an diesem mesozoischen Störungsmuster anzunehmen, das größtenteils nicht mit dem älteren permischen Störungsmuster übereinstimmt. Nur wenige dieser Störungen decken sich mit den permischen Grabenrandstörungen (BRÜCKNER-RÖHLING et al. 2002, S. 22). Ebenso wenig richtet sich der Verlauf der permischen Strukturen nach dem noch älteren variszischen Faltenbau (KOCKEL & KRULL 2000, S. 30), vielmehr bilden die permischen Strukturen ein eigenständiges Muster. Nach KOCKEL & KRULL (2000, S. 28) ist der Arendsee-Tiefenbruch eine tear-fault, an der die Variszische Deformationsfront (VDF) durch strike-slip-Bewegungen, also in horizontaler Richtung, versetzt wird. Dieser Versatz der VDF wird auch in der vom Autor der Unterlage in Abb. 2a zitierten Abbildung aus KÖTHE et al. (2007) dargestellt, der Arendsee-Tiefenbruch wird dort als Arendsee-Störung bezeichnet. Diese als Blattverschiebung wirksame NE-SW streichende Störung begrenzt die Altmark-Schwelle nach HOFFMANN (1990) Richtung SE. Die Interpretation dieser Störung, an der nach der Darstellung von DROZDZEWSKI et al. (2009) nicht einmal ein Tiefenversatz der Präperm-Oberfläche erkennbar ist, als mesozoische Sockelstörung im Top-Bereich der Altmarkschwelle unterhalb von Gorleben ist aus tektonisch-geologischer Sicht nicht nachvollziehbar.

Bei dem vom Autor der Unterlage ebenfalls zitierten „Elbe-Lineament“ handelt es sich nach der Auffassung der BGR und anderer Autoren wie z.B. FRANKE & HOFFMANN (1999) um einen Sammelbegriff für verschiedene NW-SE streichende Störungszonen. Der davon für Gorleben relevante Teilabschnitt „Untere Elbe-Linie“ wurde vorwiegend durch geophysikalische Messungen nachgewiesen und als vorvariszische Terranegrenze interpretiert. Während die Aktivität der Störung im Variszikum anhand von Faziesunterschieden nachweisbar ist, kann seit Beginn des Oberkarbons keine Faziesdifferenzierung beiderseits der Störung mehr nachgewiesen werden. Die postvariszisch entstandenen Strukturen des Rotliegend folgen in ihrer Richtung nicht der Störung, sondern stehen senkrecht dazu. Auch im Mesozoikum werden z.B. mit dem Glückstadt-Graben Richtungen vorherrschend, die senkrecht zur Richtung des Elbe-Lineaments verlaufen. Das Elbe-Lineament wirkt also nicht wie z.B. das Allertal-Lineament, das Uelzen-Lineament oder das Leer-Bremen-Lineament strukturbildend auf das darüber liegende Deckgebirge. Entsprechend ist keine Ausrichtung von Salinarstrukturen auf den Verlauf des Elbe-Lineaments zu beobachten.

Sinnentstellend wiedergegeben ist auch die vom Autor der Unterlage aus dem Zusammenhang gerissene Aussage der BGR, dass eine Trassierung von Störungen „mangels durchgehender Profile durch Interpolation“ erfolgte (KÖTHE et al., 2007). „*Mit anderen Worten: Die BGR-Aussagen zu den angeblich fehlenden Störungen beruhen lediglich auf Annahmen.*“ Im Originalbericht der BGR heißt es jedoch (BRÜCKNER-RÖHLING et al. 2002, S. 43): „Die Konstruktion der Zechsteinbasis-Karte, insbesondere die Trassierung der Störungen, erfolgte unter Berücksichtigung der Tiefenlinien des Horizontes Z1 des „Regionalen Geophysikalischen Kartenwerkes“ und der Karte der Tiefenlage der Rotliegendoberfläche für das Gebiet der Altmark. ... Der Anschluss an den Geotektonischen Atlas von NW-Deutschland erfolgte mangels durchgehender Profile weitgehend durch Interpolation. In der Regel war eine problemlose Angleichung der Isobathen möglich. Bei größeren Abweichungen, wie z.B. südöstlich des Salzstocks Gorleben, wurde die Tiefe ausgewählter Profile mit einem abgeglichenen Geschwindigkeitsansatz neu berechnet.“ Berücksichtigt man die Lage Gorlebens im unmittelbaren Grenzgebiet, erklärt sich das Fehlen grenzübergreifender seismischer Profile von selbst. Es bleibt festzuhalten, dass trotz der Trennung durch die ehemalige Staatsgrenze eine gute Übereinstimmung der west- und ostdeutschen Kartierung vorlag, und weder auf der westdeutschen Seite unter Gorleben noch auf der ostdeutschen Seite unterhalb von Rambow eine Sockelstörung nachgewiesen war. Angesichts dieser Faktenlage ist die Aussage des Autors der Unterlage „*Die BGR-*

Aussagen zu den angeblich fehlenden Störungen beruhen lediglich auf Annahmen“ nicht nachvollziehbar.

In den vom Autor der Unterlage nicht erwähnten strukturgeologischen Arbeiten der BGR und der Universität Karlsruhe wurde auch der Einfluss des Sockelstörungsmusters auf das rezente Hauptspannungsfeld in Norddeutschland untersucht und analysiert, welche der Sockelstörungen unter diesem rezenten Hauptspannungsfeld möglicherweise auch zukünftig reaktivierbar wären. Auch diese Ergebnisse lagen dem BfS vor (CONNOLLY et al. 2003), werden vom Autor der Unterlage aber ebenso wenig berücksichtigt wie die Publikationen zur Modellierung des Spannungsfeldes in Norddeutschland (FLECKENSTEIN et al. 2002 und 2003). Nach Vorstellung des Autors der Unterlage wird der Verlauf des Hauptspannungsfeldes in Norddeutschland durch Störungen im Untergrund beeinflusst. *„Das grundsätzlich in Nordeuropa vorherrschende NW-SE-gerichtete Spannungsfeld wandelt sich im Nordosten Deutschlands, wo Abschiebungen und Blattverschiebungen eine größere Rolle spielen (KAISER et al. 2005, Abb. 14a). Diese Ergebnisse werden bestätigt durch CACACE et al. (2008), die an Hand von Finite-Element-Modellierungen ebenfalls ein Umschwenken der horizontalen Hauptspannungen im Bereich des Elbe-Lineaments feststellen (Abb. 14b).“* (S. 17, Absatz 2 der Unterlage). Dieses fächerförmige Umschwenken der Hauptspannungsrichtung war in den Berichten von BGR und Universität Karlsruhe bereits 2002/2003 publiziert worden. Die bei der Modellierung der Richtung des rezenten Spannungsfeldes zugrunde gelegten Daten wurden dabei zum größten Teil in dem Projekt neu gewonnen. *„Das daraus ermittelte Referenzspannungsfeld hat in Norddeutschland die Form eines Fächers mit Umschwenken der Richtung von NW/SE im westlichen Norddeutschland auf NE/SW in der Altmark. Die FE-Modellrechnungen zum Einfluss des Sockelstörungsmusters auf die Richtung der Hauptspannung zeigen, dass sich Spannungsreorientierungen lokal auf Bereiche um Störungsenden beschränken und die Ursache der Auffächerung der Hauptspannungsrichtung auf den Einfluss überregionaler Tektonik zurückzuführen ist“* (CONNOLLY et al. 2003). Im Übrigen wird in der vom Autor der Unterlage zitierten Arbeit von CACACE et al. (2008) explizit darauf hingewiesen, dass das beobachtete Umschwenken der Spannungsrichtungen auch ohne die in den Modellierungen von KAISER et al. (2005) vordefinierten Bewegungsbahnen wie dem Elbe-Lineament auftritt. Insofern ist die Aussage des Autors der Unterlage, *„...Abschiebungen und Blattverschiebungen eine größere Rolle spielen (KAISER et al. 2005, Abb. 14a). Diese Ergebnisse werden bestätigt durch CACACE et al. (2008)...“* nicht nachvollziehbar.

Bezüglich der vom Autor der Unterlage zitierten Arbeiten zu Spannungsfeld-Modellierungen, KAISER et al. (2005) und CACACE et al. (2008), sei außerdem angemerkt, dass beide Arbeiten die in der World Stress Map (Heidbach, O., Tingay, M., Barth, A., Reinecker, J., Kurfeß, D. and Müller, B., The World Stress Map database release 2008 doi:10.1594/GFZ.WSM.Rel2008, 2008) katalogisierten Spannungsverteilungen verwenden. Die World Stress Map wiederum legt für den Bereich Norddeutschlands großenteils die in dem genannten Kooperationsprojekt der BGR und der Universität Karlsruhe ermittelten Daten zugrunde. Es trifft daher keineswegs zu, dass die in den *„neueren Publikationen, die allesamt nicht von der BGR gewürdigt wurden“* (S. 17, Absatz 4 der Unterlage), dargestellten Spannungsverteilungen nicht von der BGR berücksichtigt worden wären, sondern es stammen diese in den Modellierungen benutzten Spannungsverteilungen sogar wesentlich von der BGR und der Universität Karlsruhe.

Im Zusammenhang mit den FE-Modellierungen von KAISER et al. (2005) führt der Autor der Unterlage aus, dass bestehende Störungszonen als Schwächezonen zur Reaktivierung neigten. Zwar deckt sich diese Aussage mit den Ergebnissen der BGR (BRÜCKNER-RÖHLING et al. 2002), nach denen Bewegungen an Sockelstörungen bevorzugt immer wieder an denselben Lineamenten erfolgen. Allerdings erscheint die von KAISER et al. (2005) vorgenommene Auswahl von Störungen bei der FE-Modellierung von Bewegungen an Sockelstörungen unter dem rezenten Hauptspannungsfeld willkürlich: Als Hauptkriterium für die Auswahl von Störungen wird ihre Aktivität während der Inversion in der Oberkreide genannt, für den Arendsee-Tiefenbruch wird in KAISER et al. (2005)

keinerlei rezente oder subrezente Bewegung angenommen. Von den 22 von KAISER ausgewählten Störungen sind für 20 Störungen die Richtungen der rezenten bzw. subrezentten Bewegungen angegeben, für die „Uelzen Line“ und die hier als „Arendsee Lineament“ bezeichnete Störung dagegen nicht. Warum für das Uelzen-Lineament keine Angaben zur Störungs kinematik gemacht wurden ist nicht nachvollziehbar. Nach BRÜCKNER-RÖHLING et. al. (2002) können für das Uelzen-Lineament sowohl Bewegungen im Tertiär als auch während der Inversionsphase während der Oberkreide nachgewiesen werden (s. S. 164), ebenso wie für eine ganze Reihe weiterer Störungen in Norddeutschland, die bei KAISER gar nicht berücksichtigt wurden, als Beispiel sei das Allertal-Lineament genannt. KAISER gibt als Datenbasis für die Störungsauswahl für Norddeutschland den Geotektonischen Atlas an (BALDSCHUHN et al. 2001) an. Die darin enthaltene Karte des Sockelstörungsmusters wurde bei BRÜCKNER-RÖHLING et al. (2002) Richtung Osten ergänzt. In beiden Karten sind alle wichtigen Sockelstörungen dargestellt, deren Bewegungen im Mesozoikum und Tertiär strukturbildend im Oberbau gewirkt haben (BALDSCHUHN et al. 2001, S. 30). Das von KAISER ausgewählte „Arendsee-Lineament“ ist bei BALDSCHUHN und BRÜCKNER-RÖHLING gar nicht enthalten. Es ist nicht nachvollziehbar, wieso das „Arendsee Lineament“ von KAISER überhaupt ausgewählt wurde, aus dem als Quelle für die Auswahl der norddeutschen Störungen angegebenen Geotektonischen Atlas (BALDSCHUHN et al. 2001) stammt es definitiv nicht.

In den vom Autor der Unterlage nicht erwähnten Arbeiten der BGR und der Universität Karlsruhe wurden vergleichbare Modellrechnungen mit denjenigen Störungen durchgeführt, die sich nachweislich im Tertiär noch bewegt haben. Untersucht wurde in einer Gleitendenanalyse, wie sich diese Sockelstörungen unter dem rezenten Spannungsfeld verhalten. Im Ergebnis wurde das Reaktivierungspotential der untersuchten Störungen als „niedrig“ eingestuft (CONNOLLY et al. 2003).

Bei dem vom Autor der Unterlage vermuteten Zusammenhang zwischen „auffälligen Lineationen von Flussläufen“ und „tektonischen Schwäche zonen“ ist offenbar nicht gesehen worden, dass die Abflusssysteme im Nordwestdeutschen Raum in der jüngeren geologischen Vergangenheit erheblichen Veränderungen unterworfen waren. So verläuft beispielsweise die Elbe während der Wende Pliozän-Pleistozän über 100 km entfernt von dem vom Autor der Unterlage angesprochenen „*Knick im Elbe-Verlauf*“, den er mit der Arendsee-Störung in Verbindung bringt (vgl. SOMMERHÄUSER & SCHUHMACHER, 2003, Abb. 2.2).

Thema: Von BGR berücksichtigte Literatur

Aussage der Unterlage (S. 13, Absatz 4):

Der Autor der Unterlage moniert, dass in KELLER (2009) nicht die Arbeit STACKEBRANDT (2009) zitiert und diskutiert wurde.

Stellungnahme BGR:

Unter Anwendung der vom Autor der Unterlage eingeforderten Sorgfalt fällt auf, dass die Arbeiten von STACKEBRANDT (2009) und KELLER (2009) zeitgleich entstanden sind und beide Autoren nichts von den zeitgleich entstehenden Arbeiten des jeweils anderen wissen konnten. Im Jahre 2010 wurde dann von KELLER eine Arbeit publiziert, die sehr wohl auf STACKEBRANDT (2009) eingeht. Diese Arbeit ist dem Autor der Unterlage aber möglicherweise nicht bekannt, er zitiert sie jedenfalls in seinem Literaturverzeichnis nicht.

Aussage der Unterlage (S. 18, Absatz 5 und S. 15, Absatz 3):

Der Autor der Unterlage beklagt: „Insgesamt zeigen die Arbeiten der BGR ein erschreckendes Nichtbeachten jüngerer Fachliteratur“ und fügt hinzu, dass die BGR sich „auf einen Artikel von Griggs aus dem Jahr 1939 stützen muss“.

Stellungnahme BGR:

Zu guter wissenschaftlicher Praxis mit einer vollständigen Dokumentation der verwendeten Literatur gehört es, Arbeiten, die wissenschaftliche Grundlagen geschaffen haben, zu zitieren - und das auch dann, wenn das Jahr der ersten Publikation weit zurück liegt.

Der Autor der Unterlage lässt zudem unerwähnt, dass die BGR keineswegs nur auf Stoffgesetze von Griggs (GRIGGS 1939) hinweist. Komplexere Stoffgesetze sind bei HUNSCHE & SCHULZE (1994) ausführlich dargestellt. Eine um Dilatanz- und Schädigungsentwicklung erweiterte Zusammenstellung enthält die Monographie von CRISTESCU & HUNSCHE (1998). Einen vergleichbar hohen Entwicklungsstand haben u. a. die Stoffgesetze von CRISTESCU & HUNSCHE (1998), von AUBERTIN et al. (1996), von HOU & LUX (2002). In SCHULZE et al. (2007) sind zahlreiche Arbeiten von an der Entwicklung von Stoffgesetzen beteiligten nationalen Arbeitsgruppen zusammengefasst. Der aktuelle Stand der Stoffgesetzentwicklung in der BGR wird durch das Composite-Dilatancy-Model (CDM) gekennzeichnet (HAMPEL & SCHULZE 2007).

Aussage der Unterlage (S. 15, Absatz 4):

Der Autor der Unterlage schreibt: „Die jüngere Fachdiskussion z.B. in den international renommierten Fachzeitschriften „Tectonophysics“, „Journal of Geophysical Research“, „Nature“, „Natural Hazards“ oder „International Journal of Geosciences“ scheint an der BGR komplett vorbei gegangen zu sein. Eine solche mangelnde Aktualität und Quellenlage erfüllt nicht die Mindestanforderungen an wissenschaftliches Arbeiten. Die Aussagen zur Eignung sind damit wissenschaftlich wertlos.“

Stellungnahme BGR:

Der zitierte Absatz zeigt, wie unabhängig vom Inhalt und nur durch die Art der Darstellung beim Leser das Gefühl erzeugt werden kann, es läge eine Argumentationskette vor, so dass er die Schlussfolgerungen zu akzeptieren bereit ist. Bei näherem Hinsehen entpuppen sich die vermeintlichen Argumente jedoch als Scheinargumente oder Falschaussagen.

Die BGR hat immer darauf hingewiesen, dass die Eignung eines Standortes erst mit dem Sicherheitsnachweis gezeigt werden kann, und dass ein solcher für Gorleben nicht vorliegt. Es existiert also keine Aussage der BGR zur Eignung. Insofern ist unklar, was der Autor der Unterlage hier für „wissenschaftlich wertlos“ hält.

Für eine wissenschaftlich-inhaltliche Bewertung ist die bloße Aufzählung von Zeitschriftentiteln durch den Autor der Unterlage nicht hilfreich. Er nennt dabei keine Artikel, die nach seiner Meinung von BGR hätten berücksichtigt werden sollen. Bei sorgfältigem Studium der Aussagen der BGR wird deutlich, dass die relevanten Artikel aus einschlägigen Fachzeitschriften in den Arbeiten der BGR berücksichtigt wurden. Sie sind jedoch nicht in den zusammenfassenden Übersichtsbänden, sondern in den zugrunde liegenden BGR-Berichten zitiert. Eine zusätzliche Aufführung der Literaturzitate aus den zugrunde gelegten Basisarbeiten in zusammenfassenden Berichten ist unüblich.

In dieser Stellungnahme zitierte Literatur

- AUBERTIN, M., GILL, D.E. & SERVANT, S.** (1996): Preliminary determination of constants for an updated version of the SUVIC Model. (In: Ghoreychi, M., Berest, P., Hardy J., H.R. & Langer, M. (eds.): The mechanical behavior of salt. Proceedings of the third conference).– Conference on Mechanical Behavior of Salt 3 (MECASALT III), 1993, Palaiseau, Frankreich: 19 – 30, ISBN 0-87849-100-7; Clausthal (Trans Tech Publ.).
- BALDSCHUHN ET AL.** (2001): Geotektonischer Atlas von Nordwest-Deutschland und dem deutschen Nordsee-Sektor : Strukturen, Strukturentwicklung, Paläogeographie. Geologisches Jahrbuch. Reihe A, Allgemeine und regionale Geologie Bundesrepublik Deutschland und Nachbargebiete, Tektonik, Stratigraphie, Paläontologie - 153 (2001).
- BMFT** (1981): Entsorgung - Bericht von einer Informationsveranstaltung im Rahmen des energiedialogs der Bundesregierung - Zwischenergebnisse zum Salzstock Gorleben. Bundesministerium für Forschung und Technologie; Bonn.
- BRAUSE, H., STEDING, D. & SCHUBERT, G.** (1964): Tektonische Beziehungen zwischen Prätertiär, Tertiär und Quartär in der nördlichen Oberlausitz.– Geologie, 13(6/7): 731-744; Berlin.
- BRÜCKNER-RÖHLING, S., ESPIG, M., FISCHER, M., FLEIG, S., FORSBACH, H., KOCKEL, F., KRULL, P., STIEWE, H. & WIRTH, H.** (2002): Standsicherheitsnachweise Nachbetriebsphase: Seismische Gefährdung - Teil 1: Strukturgeologie.– BGR-Bericht: 253 S.; Hannover.
- CONNOLLY, P., GÖLKE, M., BÄBLER, H., FLECKENSTEIN, P., HETTEL, S., LINDENFELD, M., SCHINDLER, A., THEUNE, U. & WENZEL, F.** (2003): Finite Elemente Modellrechnungen zur Erklärung der Auffächerung der größeren horizontalen Hauptspannungsrichtung in Norddeutschland. – Univers. Karlsruhe, Inst. f. Geophysik, unveröffentl. Bericht: 163 S.; Karlsruhe.
- CRISTESCU, N. & HUNSCHE, U.** (1998): Time Effects in Rock Mechanics.– 343 S.; Chichester (John Wiley & Sons).
- DOORNENBAL, J.C. AND STEVENSON, A.G.** (editors) (2010): Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area.– EAGE Publications b.v. (Houten).
- DRESBACH, C., PUSCH, M., MINGERZAHN, G., FLEIG, S., HAMMER, J. & BEHLAU, J.** (2010): 3D-Modelle der Kali- und Steinsalzbergwerke des Staßfurter Sattels und geologisches 3D-Modell der Region Staßfurt. (In: GERARDI, J. (Hrsg.) (2010): Staßfurt 2010 - Erkennen, analysieren, bewerten und prognostizieren der zukünftigen Entwicklung der Bergbaufolgeschäden. Abschlussstagung Forschungsverbundvorhaben "Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerks", 18.-20. November 2010, Staßfurt).– EDGG Exkursionsführer und Veröffentlichungen der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, 244: S. 46-62; Hannover.
- DROZDZEWSKI, G., HENSCHIED, S., HOTH, P., JUCH, D., LITCKE, R., VIETH, A. & WREDE, V.** (2009): The pre-Permian of NW-Germany – structure and coalification map.– Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 160/2: 159-172.
- FLECKENSTEIN, P., REUSCHKE, G., MÜLLER, B. & CONNOLLY, P.** (2002): Spannungsreorientierungen an geologischen Strukturen in Sedimentbecken. In: Vorträge der Frühjahrstagung des DGMK-Fachbereichs Aufsuchung und Gewinnung am 22. und 23. April 2002 in Celle.–

Autorenmanuskripte / DGMK Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle: 31 – 35;Hamburg.

- FLECKENSTEIN, P., REUSCHKE, G., MÜLLER, B. & CONNOLLY, P.** (2003): Spannungsreorientierungen an geologischen Strukturen in Sedimentbecken. In: Vorträge der Frühjahrstagung des DGMK-Fachbereichs Aufsuchung und Gewinnung am 28. und 29. April 2003 in Celle.– 1. Autorenmanuskripte Band 1: 41 – 46.
- FRANKE, D. & HOFFMANN, N.** (1999): Das Elbe-Lineament - bedeutende Geofraktur oder Phantomgebilde? - Teil 2: regionale Zusammenhänge.– Z. geol. Wiss. 27, 3/4: 319-350; Berlin.
- GRIGGS, D. T.** (1939): Creep of Rocks.– Journal of Geology, 47: S. 225-251; Chicago.
- HAMPEL, A. & O. SCHULZE** (2007): The Composite Dilatancy Model: A constitutive model for the mechanical behaviour of rock salt. (In: M. Wallner, K-H. Lux, W. Minkley & H.R. Hardy Jr. (eds.): The Mechanical Behaviour of Salt. Understanding of THMC Processes in Salt).– Proceedings of the 6th conference of the Mechanical Behavior of Salt (Saltmech 6), Germany, 22 - 24 May 2007, Balkema: Hannover 2007: 99-107, ISBN 978-0-415-44398-2; London (Taylor & Francis).
- HÖNEMANN, G., KÜSTERMANN, W. & MEYER, W.** (1995): Reflexionsseismische Kartierung von Tieflagen der Pleistozänbasis in Nordostdeutschland.– Z. geol. Wiss., 23 (3): 261 - 275; Berlin.
- HOFFMANN, N.** (1990): Zur paläozoischen Entwicklung des Präzechsteins in der Nordost-deutschen Senke.– Niedersächsische Akademie Geowissenschaften Heft 4 Geologie und Kohlenwasserstoff – Erkundung im Präzechstein der DDR: 5 – 18.
- HOU, Z. & LUX, K.-H.** (2002): A material model for rock salt including structural damages as well as practice-oriented applications. Proceedings of 5th conference on mechanical behavior of salt (Bucharest 1999).– Lisse: Balkema (2002): 151 – 169; Leiden (CRC Press/Balkema).
- HUNSCH, U. & SCHULZE, O.** (1994): Das Kriechverhalten von Steinsalz.– Kali und Steinsalz, V. 11 (8/9): 238 - 255.
- KAISER, A., REICHERTER, K., HÜBSCHER, C. & GAJEWSKI, D.** (2005): Variation of the presentday stress field within the North German Basin — insights from thin shell FE modeling based on residual GPS velocities.– Tectonophysics 397: 55-72.
- KELLER, S.** (2009): Eiszeitliche Rinnensysteme und ihre Bedeutung für die Langzeitsicherheit möglicher Endlagerstandorte mit hochradioaktiven Abfällen in Norddeutschland.– Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR): 24 S.; Hannover.
- KELLER, S.** (2010): Bedeutung von ausgewählten eiszeitlichen Prozessen für die Langzeitsicherheit von Endlagerstandorten in Norddeutschland. (In: FLÜGGE, J. & RÜBEL, A. Hrsg.: Grundsatzfragen Hydrogeologie. Workshop der GRS in Zusammenarbeit mit dem PTKA-WTE. Braunschweig, 5.-6. November 2009).– Ges. f. Anl.- u. Reaktorsicherheit mbH, GRS-264: 145-173; Braunschweig.
- KOCKEL, F. & KRULL, P.** (2000): Gorleben: Aufbau, Strukturierung und Kinematik des Sockels unter dem Norddeutschen Zechsteinbecken.– BGR-Bericht: 46 S.; Hannover.
- KÖTHE, A., HOFFMANN, N., KRULL, P., ZIRNGAST, M. & ZWIRNER, R.** (2007): Standortbeschreibung Gorleben Teil 2 – Die Geologie des Deck- und Nebengebirges des Salzstocks Gorleben.– Geologisches Jahrbuch Reihe C, Band C 72: 201 S., Hannover.

- KOPERA, J. & LEYDECKER, G.** (2001): Projekt Gorleben - Aufbau einer Datenbank für Strong-Motion Akzeleorogramme zur Generierung intensitäts- und untergrundabhängiger Antwortspektren.– BGR-Bericht: 107 S.; Hannover.
- KUSTER, H. & MEYER, K.-D.** (1979): Glaziäre Rinnen im mittleren und nordöstlichen Niedersachsen.– Eiszeitalter u. Gegenwart, 29: 135-156; Hannover.
- RUDLOFF, A., & LEYDECKER, G.** (2001): Projekt Gorleben, Standsicherheitsnachweise Nachbetriebsphase - Seismische Gefährdung: Ableitung von empirischen Beziehungen zwischen verschiedenen Magnituden-Skalen.– BGR-Bericht: 46 S.; Hannover.
- SIEBERT, W.** (1971): Abschlussbericht über die erdölgeologischen Untersuchungsarbeiten auf der Z-Struktur Rambow.(Strukturbericht Rambow - Suche und Forschung).– VEB Erdöl- und Erdgas-Kombinat: 390 S.; Grimmen.
- SOMMERHÄUSER, M. & H. SCHUHMACHER** (2003): Handbuch der Fließgewässer Norddeutschlands - Typologie, Bewertung, Management. Atlas für die limnologische Praxis. – ecomed: 218 S.; Landsberg.
- SCHULZE, O., U. HEEMAN, F. ZETSCHKE, A. HAMPEL, A. PUDEWILLS, R.-M. GÜNTHER, W. MINKLEY, K. SALZER, Z. HOU, R. WOLTERS, R. ROKAHR & D. ZAPF** (2007): Comparison of advanced constitutive models for the mechanical behavior of rock salt - results from a joint research project. I. Modeling of deformation processes and benchmark calculations. (In: K.-H. Lux, W. Minkley, M. Wallner, & H.R. Hardy, Jr. (eds.), Basic and Applied Salt Mechanics; Proc. of the Sixth Conf. on the Mech. Behavior of Salt. Hannover 2007)., Lisse: Francis & Taylor (Balkema): 77-88.
- STACKEBRANDT, W.** (2009): Subglacial channels of Northern Germany - a brief review.– Z. dt. Ges. Geowiss., 160/3: 203-210; Stuttgart.
- STEWART, I. S., SAUBER, J. & ROSE, J.** (2000): Glacio-seismotectonics: ice sheets, crustal deformation and seismicity.-- Quaternary Science Reviews 19: 1367-1389, Elsevier Science Ltd.; DOI: 10.1016/S0277-3791(00)00094-9.