**Eiszeiten, Hitzeperioden – in einer Million Jahre kann viel passieren. Welche Einflüsse sind zu erwarten? Wie könnten sich diese auf das Endlagersystem auswirken? Darum geht es am 27. Januar 2023 auf einem Workshop der BGE.**

Bei der Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle spielt der Blick in die Zukunft eine wichtige Rolle – schließlich muss das Endlager den hochradioaktiven Atommüll für den Zeitraum von einer Million Jahre sicher verwahren.

Grundsätzliches zu Ungewissheiten, die mit der Endlagerung verbunden sind, findet man u.a. im TRANSENS-Bericht «Ungewissheiten im Safety Case».

Das Nationale Begleitgremium (NBG) <https://www.youtube.com/watch?v=9x9NjK7Rro8&t=7175s> und nun auch die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) widme(te)n sich aktuell dieses Themas. <https://www.bge.de/de/aktuelles/meldungen-und-pressemitteilungen/meldung/news/2022/12/oeffentlicher-fachworkshop-zur-endlagersuche-was-kann-in-einer-million-jahre-alles-passieren/>

Die BGE legt u.a. Listen und Kataloge an, die sogenannten FEP-Kataloge („FEP“ steht für „Features“, „Events“ und „Processes“).

Die Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg hatte bereits bei der Vorstellung der Sicherheitsanforderungen an ein Endlager durch das BMU im September 2019 auf das Thema „Ungewissheiten“ hingewiesen und dabei auf die beiden Themenkreise Kaltzeiten und Klimawandel hervorgehoben, denn im Standortauswahlgesetz (StandAG) werden kommende Kaltzeiten oder die Folgen des Klimawandels nicht bzw. völlig unzureichend betrachtet, obwohl ihre möglichen Auswirkungen auf das jeweilige Endlagersystem beträchtlich sind.

Die Aspekte Kaltzeiten und Anstieg des Meeresspiegels als Folge der Erderwärmung spielten auch eine Rolle bei unserer Auswertung der Fachkonferenz Teilgebiete. <https://www.endlagersuche-infoplattform.de/SharedDocs/Downloads/Endlagersuche/DE/bpg/220420_dokumentation_workshop-beteiligung-1.pdf?__blob=publicationFile&v=1>

Eingang gefunden haben unsere Anstöße auch in den Sammelband von Bettina Brohmann, Achim Brunnengräber, Peter Hocke, Ana María Isidoro Losada (2021) (Hrsg.): "Robuste Langzeit-Governance bei der Endlagersuche. Soziotechnische Herausforderungen im Umgang mit hochradioaktiven Abfällen." transcript Verlag.

<https://www.transcript-verlag.de/978-3-8376-5668-8/robuste-langzeit-governance-bei-der-endlagersuche/>

Siehe den Beitrag von Ana María Isidoro Losada, Dörte Themann, Daniel Häfner (2021): "Arenen zur Austragung von Dissensen in der Endlagerpolitik

Ausschlusskriterien als ein in verschiedenen Arenen kontrovers diskutiertes Thema" (S. 183-214).

An dieser Stelle soll es um die oben angesprochenen zwei sehr gewissen, letztlich wenig unwahrscheinlichen Aspekte gehen, wie sie eigentlich nur versteckt im §2,3 der EndlSiAnfV formuliert wurden: „Als zu erwartende Entwicklung einzuordnen sind diejenigen Entwicklungen, die sicher oder in der Regel eintreten werden, insbesondere hinsichtlich der geologischen und klimatischen Situation, der geologischen, technischen und geotechnischen Barrieren sowie der einzulagernden Abfälle.“ (Unterstreichung von mir, W.E.)

Wasser

Ich erinnere einen Workshop der BGE (es war eine Zoom-Konferenz), in der der BGE-Zwischenbericht erläutert wurde und Fragen gestellt wurden, in diesem Fall von einem Ehepaar, das an der Waterkant lebt. Sie fragten, welche Bedeutung das Abschmelzen der Pole und das Ansteigen des Meeresspiegels hätten. Die Antwort des BGE-Referenten lautete: Keine. Der hochradioaktive Müll würde tief unter der Erdoberfläche gelagert und wenn dann – wäre es an der Nordseeküste – das Wasser über die Deiche steige, spiele das keine Rolle.

Die beiden lehnten sich sichtbar enttäuscht zurück und es entfuhr ihnen noch ein Kommentar, das sei ja schade.

Mich hatte die Stellungnahme des BGE-Referenten deshalb verwundert, weil zumindest für die nächsten 500 Jahre nach dem Ende der Einlagerung, also grob berechnet bis zum Jahr 2600, die Bergbarkeit der Abfälle sicher zu stellen ist. „Es ist zu gewährleisten, dass für die eingelagerten Abfälle die Möglichkeit der Rückholung während der Betriebsphase besteht und dass für einen Zeitraum von 500 Jahren nach dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers ausreichende Vorkehrungen für eine mögliche Bergung der Abfälle vorgesehen werden.“ (StandAG § 26, 2.3)

Wahrscheinlich gibt es Wissenschaftler:innen, die das Wasser am Ende gar nicht bedenklich finden, weil dann von einem „Verdünnungseffekt“ auszugehen ist, würden kontaminierte Wässer oder Gase aus der Deponie austreten. Dermaßen wurde zumindest in den Anfängen der Gorleben-Geschichte argumentiert, auch das mögliche Absaufen der Asse II wurde entsprechend bewertet. <https://www.bi-luechow-dannenberg.de/2011/07/01/der-salzpapst-hat-gesprochen/>. Dazu siehe auch, weil sehr aufschlussreich „Entsorgung. Band 2. Bericht von einer Informationsveranstaltung am 23.10.1982 in Hitzacker im Rahmen des Energiedialogs der Bundesregierung. Zwischenergebnisse zum Projekt Sicherheitsstudien Entsorgung (PSE). Hg. BMFT 1983, Berlin.

Bleiben wir bei den 500 Jahren. Im Beitrag von Christof Gertsch und Mikael Krogerus „Die Zukunft der Menschheit“, der die Auswirkungen des Abschmelzens des Thwaites-Gletschers in der Antarktis beschreibt, ist die Rede davon, dass – sollte der Thwaites-Gletscher noch in diesem Jahrhundert kollabieren – der Meeresspiegel mittelfristig – „manche Studien sagen in fünfhundert, andere in tausend Jahren“ um 3,5 Meter ansteigt.

Und dabei geht es in deren Beitrag „nur“ um diesen Gletscher.

<https://www.sueddeutsche.de/projekte/artikel/wissen/thwaites-gletscher-antarktis-glaziologie-meeresspiegelanstieg-klimawandel-e317022/?reduced=true>

Wie man auch die breitere Öffentlichkeit für dieses Thema sensibilisieren kann, zeigt dieser Bericht:

<https://www.t-online.de/tv/klima-und-nachhaltigkeit/id_100111504/klimakrise-diese-urlaubsziele-sind-vom-steigenden-meeresspiegel-bedroht.html>

Hier noch einige weiterführende Literaturhinweise, die der BGE wahrscheinlich bekannt sind, wenn nicht, sehen Sie es als proaktive Hinweise:

<https://www.de-ipcc.de/270.php#SROCC-%C3%9Cbersetzungen>

<https://www.rnd.de/wissen/klimawandel-meeresspiegel-steigt-im-schlimmsten-fall-um-66-meter-JQJUT6XUBRB6NNTQQ27VPBDQSM.html>

<https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/klimakrise-warum-der-meeresspiegel-immer-schneller-steigt-a-8f9ba065-d5e5-4128-a0d6-7533ce2f3584?utm_source=pocket-newtab-global-de-DE>

<https://www.tagesspiegel.de/kultur/die-folgen-des-klimawandels-holland-koennte-verschwinden/27940294.html?utm_source=pocket-newtab-global-de-DE>

<https://www.t-online.de/nachhaltigkeit/klima-und-umwelt/id_100059198/klimawandel-in-deutschland-diese-gebiete-werden-bei-1-5-grad-mehr-ueberflutet.html>

**Der absehbare Anstieg des Meeresspiegels allein in den nächsten 500 Jahren müsste aus meiner Sicht dazu führen, dass prospektive Überflutungsgebiete bei der Endlagersuche herausfallen**. Die BGE müsste sonst erklären, wie die Rückholbarkeit und Überwachung nach Verschluss gewährleistet werden könnten, wie im worse case, also bei einer Havarie, die Bergbarkeit gewährleistet werden kann, wobei der technische Aufwand abgebildet, nachvollziehbar, irgendwie auch bezahlbar sein müsste. Doch im StandAG spielt das leider gar keine Rolle.

Nachsatz: Übrigens erklärte mir die PIK-Pressestelle (Potsdamer Institut für Klimafolgenforschung): „Tatsächlich ist es gerade im Bereich Norddeutschlands nicht ganz so einfach mit dem Meeresspiegelanstieg: Hier hebt sich die Erdkruste noch immer an, wie ein Aufatmen nach der letzten Eiszeit mit ihren unendlich schweren Gletschern. Dieses Anheben muss man gegenrechnen mit dem zu erwartenden Meeresspiegel, der selbst noch dazu nicht auf der ganzen Erde gleich schnell steigen wird. Kurz: Es ist kompliziert.“ –

M.a.W. – **hier gibt es erheblichen Forschungsbedarf** und das PIK selbst konnte mir gegenüber niemanden benennen, der Ansprechpartner:in sein könnte zur Klärung dieser Fragen.

Ein weiterer Hinweis sei mir gestattet: Tsunamis werden bis heute nicht betrachtet, wobei ein Tsunami die Nordsee verwüstet hat und ein Tsunami bis heute nicht aufgeklärt wurde:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Atlantik-Tsunami_von_1858?wprov=sfla1>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Tsunamis?wprov=sfla1>

Kaltzeiten

Trotz des alarmierenden Klimawandels ist damit zu rechnen, dass sich in mehreren 1000 Jahren die astronomisch gesteuerten Vereisungszyklen mit Perioden von etwa 100.000 Jahren wiedereinstellen werden. Die Vereisungen werden die Erdoberfläche und den Untergrund in den für die Endlagersuche zu berücksichtigenden 1 Mio. Jahre verschiedentlich überprägen. Deshalb richtet sich bei der Endlagersuche der Fokus auch in diesem Bereich auf Norddeutschland.

Sehr anschaulich stellen beispielsweise Axel Bojanowski und Marco Krefting dar, worum es geht. „Trockenfallende Häfen, verrutschende Flüsse, knarzender Untergrund: Der Boden kippt entlang einer Linie in Norddeutschland - mit erstaunlichen Folgen. Erdöl wandert, die Tage werden kürzer, Skandinavier leichter. Die Nachwehen der Eiszeit lassen den Boden vibrieren und knarzen - und gelegentlich brechen, sodass die Erde bebt. Dutzende kilometerlange Brüche im Boden Skandinaviens zeigen, dass kurz nach der Eiszeit schwere Erdbeben Nordeuropa geschüttelt haben. Ist die stärkste Spannung im Untergrund wirklich schon abgebaut? Oder kann es noch immer zu verheerenden Beben kommen? Geologen wissen es nicht. Eine Antwort fällt auch deshalb schwer, weil sich die Spuren früherer Beben schlecht datieren lassen. Somit bleibt unklar, ob sich Starkbeben tatsächlich nur kurz nach der Eiszeit ereignet haben, oder ob sie womöglich nicht allzu lange her sind - und mithin ein aktuelles Risiko sein könnten.

Die bewegte Landschaft lässt auch Experten nicht ruhen: Endlager für hochradioaktiven Abfall etwa sollen für Jahrtausende dichthalten - es muss also sichergestellt werden, dass die Stätten nicht aufreißen, wenn sich das Land hebt oder senkt.“ [Axel Bojanowski](https://www.spiegel.de/impressum/autor-0d459e0e-0001-0003-0000-000000003041),Die Erde hat ein Leck und andere rätselhafte Phänomene unseres Planeten, Hamburg 2014

<https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/deutschland-kippt-land-hebt-und-senkt-sich-durch-isostasie-a-1032339.html>

Für ein breites Publikum berichtet auch Marco Krefting im Main-Echo, welchen Anforderungen ein Atommüllendlager genügen muss: „**Die Er­de bebt, Sturz­flu­ten rei­ßen Ort­schaf­ten mit sich, di­cke Eis­schich­ten ver­for­men die Welt: Kaum zu glau­ben, dass es an­ge­sichts mäch­ti­ger Na­tur­ge­wal­ten ei­nen Ort ge­ben soll, an dem ei­ne Mil­li­on Jah­re lang 1900 Be­häl­ter mit deut­schem Atom­müll si­cher auf­be­wahrt wer­den kön­nen.“**

 <https://www.main-echo.de/regional/kreis-main-tauber/kann-atommuell-endlager-der-naturgewalt-trotzen-art-7752146>

Ich erwähne diese beiden Beiträge u.a. auch deshalb, weil sie anschaulich darlegen, worin die Problematik liegt und hoffe, dass das Fachforum nicht allein die Wissenschaftscommunity erreicht. Die BGR und die BGE haben sich bereits vor einiger Zeit dieses Themas angenommen: „Besonders große Erosionstiefen können bei der Bildung subglazialer Rinnen durch Schmelzwasser unter Gletschern erreicht werden. Beispielsweise sind in Norddeutschland maximale Tiefen pleistozäner subglazialer Rinnen von mehreren Hundert Metern bekannt. Trotz einer langen Forschungsgeschichte bestehen noch zahlreiche offene Fragen zur Genese und Entwicklung dieser subglazialen Rinnen. Für die Prognose einer zukünftigen Rinnenbildung ist eine detaillierte Kenntnis der entsprechenden eiszeitlichen Prozesse notwendig.“ Vortrag: Was haben Eiszeiten mit der Sicherheit eines Endlagers zu tun?Jörg Lang, Anke Bebiolka & Sonja Breuer (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover)

<https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Endlagerung/Veranstaltungsbeitraege/Deuqua_2021/kurzbeschreibung_lang.html?nn=1548518>

Der Projektstand dieser Studie ist mir leider nicht bekannt:

<https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Endlagerung/Projekte/Langzeitsicherheit/laufend/subglaziale_Rinnen.html?nn=1548518>

Das gilt auch für die BGE, Zwischenstände wurden offensichtlich nicht publiziert: <https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Forschung/20220113_Steckbrief_fuer_Forschungsvorhaben_Vergletscherung_barrierefrei.pdf>

BGR und BGE hatten bereits 2021 zu einem Workshop eingeladen, der sich mit diesen Fragen befasste. (<https://www.rinnen-workshop.de/>) Anm.: Ich habe keine Zusammenfassung oder Auswertung finden können. Vllt. habe ich das nur übersehen.

Eine sehr interessante Studie zur Verletzung von Dilatanz- und Fluiddruckkriterium durch Gletscherüberfahrung von Ingo Kock, GRS-309, Juli 2013, findet sich hier: <https://www.grs.de/sites/default/files/publications/GRS-309.pdf>.

Aus meiner Sicht korrespondiert diese Studie mit dem, was Prof. Dr. Christian Hübscher, Leiter des Arbeitsbereichs Marine Geophysik an der Uni Hamburg, zu dieser Thematik notierte: **„**Auch beschäftigen wir uns recht intensiv mit Eisauflast induzierter Tektonik. Eine Reaktivierung tiefer Störungen im Grundgebirge im Zuge zukünftiger Eiszeiten ist wahrscheinlich, die Entstehung neuer Klüfte aber wohl nicht. Auch die Studien aus Schweden zeigen in klar in diese Richtung.Die Hinweise auf aktive Salzbewegungen samt Störungsbildung und ggf. Quartärrinnenbildung während der Eiszeiten scheinen sich dagegen zu mehren, das müsse er nochmal weiter recherchieren.“ (20. Atommüllkonferenz, 23.04.2022, Göttingen)

Hübscher hatte zuvor u.a. auf Einladung des Nationalen Begleitgremiums 2018 einen Abriss der Problematik vorgetragen: <https://www.nationales-begleitgremium.de/SharedDocs/Downloads/DE/Downloads_WS_Geologische-Grundlagedaten_18-06-2018/NBG-Workshop_Geodaten_20180618_Vortrag_Huebscher.pdf?__blob=publicationFile&v=3>

Ich habe daraus gelernt: Die Lösung bei der Endlagersuche kann nicht sein zu sagen, die Deponie (der einschlusswirksame Gebirgsbereich) liegt so tief, dass Eisberge das Deckgebirge (so hieß es m.E. richtiger als neuerdings „Überdeckung“) wegfräsen können. Doch selbst dabei gibt es ein großes Problem, denn das StandAG lässt ja zu, dass eine Deponie lediglich 300 Meter unter der Erdoberfläche liegt und dass der einschlusswirksame Gebirgsbereich 100 Meter stark ist (§ 23, 5, 2 und 3).

Nein: die Druckbelastung und spätere -entlastung ist das Hauptproblem mit entsprechender Bildung von Rissen und Wegsamkeiten für den Austritt radioaktiver Stoffe. Hinsichtlich der Druckauswirkung gibt es einen erheblichen Forschungsbedarf. **Entweder kann mit Sicherheit ausgeschlossen werden, dass die Auflast keine Rolle spielt, oder der Alpenraum sowie Norddeutschland, also der Bereich, der von Eisgletschern überfahren werden wird, muss ausgeklammert werden.** Das gilt ggf. **auch für den Bereich der Vorwölbung**, der ebenfalls mechanisch beansprucht wird.

Dort, wo glaziale Erosion und Überflutungen zusammenkommen, ist aus unserer Sicht ein Endlager gar nicht möglich. Schaut man die Karten mit den Seen in den Eisrandlagen an, wer will da eine belastbare Risikoabwägung vornehmen?

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0037073817302373?via%3Dihub>

Wolfgang Ehmke, BI Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e.V.

17.01.23