



Prof. Dr.-Ing. habil. Tino Rosenzweig, M.Sc.

Jahrgang 1988, seit dem 01.01.2024 Professor im Studiengang Bauingenieurwesen am Standort Glauchau der Berufsakademie Sachsen (jetzt: Duale Hochschule Sachsen). Studium des Wirtschaftsingenieurwesens (Vertiefung: Infrastrukturmanagement) mit Bachelor- und Masterabschluss an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg in den Jahren 2007 bis 2012. Während des Studiums war Tino Rosenzweig in der Bauleitung beim Neubau der Bundesautobahn 72 tätig. Von 2012 bis 2023 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU Bergakademie Freiberg an den Instituten „Bergbau und Spezialtiefbau“ sowie „Geotechnik“. In dieser Zeit wurde er im Fachgebiet Geotechnik im Jahr 2017 (Thema: Untersuchungen zu Sackungen bei der Infiltration von Wasser auf Oberflächen von Innenkippen) promoviert und habilitierte sich im Jahr 2022 ebenfalls im Fachgebiet Geotechnik (Thema: Untersuchungen zu meteorologischen Initialen bei Bodenverflüssigungen in Kippen ehemaliger Tagebaue des Lausitzer Braunkohlenreviers). Seine Forschungsschwerpunkte waren dabei die Problematik der Bodenverflüssigung im Lausitzer Braunkohlenrevier sowie der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. Seit dem Jahr 2018 ist er zudem nebenberuflich als Berater und Gutachter im Bereich Geotechnik tätig.

Beide Forschungsschwerpunkte seiner wissenschaftlichen Laufbahn sind zudem Probleme, denen sich seine Generation stellen und möglichst auch lösen muss.

Kontakt: tino.rosenzweig@dhsn.de

Endlagerung hochradioaktiver Abfälle und Bodenverflüssigung – Zwei geotechnische Probleme meiner Generation

Tino Rosenzweig

Abstract

Der Braunkohletagebau hat die Lausitz seit über zwei Jahrhunderten geprägt. Während in den Anfangsjahren der Abbau unter Tage dominierte, wird seit dem 20. Jahrhundert ausschließlich im Tagebau gefördert. Der Abbauprozess erfordert umfangreiche Grundwasserabsenkungen, die Entfernung des Deckgebirges sowie den Einsatz großflächiger Förderbrücken. Mit dem Ende des Bergbaus steigen die Grundwasserspiegel wieder an, was in rekultivierten Tagebaugebieten zu Bodenverflüssigungen führt. Diese Phänomene, die bereits über 21.000 Hektar in der Region betroffen haben, erfordern geotechnische Stabilisierungsmaßnahmen wie Verdichtungstechniken zur Risikominderung.

Parallel zu den Herausforderungen der Landschaftsveränderung durch den Tagebau bleibt die sichere Entsorgung hochradioaktiver Abfälle eine zentrale Aufgabe. In über 30 Ländern weltweit wird Kernenergie genutzt, wodurch langfristige Lösungen für die Endlagerung erforderlich sind. Während Endlager für schwach- und mittelradio-

Lignite mining has shaped the Lausitz region for over two centuries. While early extraction methods relied on underground mining, open-cast mining has dominated since the 20th century. The excavation process involves extensive dewatering, removal of overburden, and the operation of large-scale conveyor bridge systems. However, as mining activities cease, groundwater levels rise, leading to soil liquefaction events on reclaimed mining sites. These phenomena, which have affected over 21,000 hectares in the region, necessitate geotechnical stabilization measures such as compaction techniques to mitigate risks.

Parallel to the challenges of mining-induced landscape changes, the issue of nuclear waste disposal remains a pressing concern. Over 30 countries worldwide generate nuclear energy, prompting the need for secure long-term storage solutions. While repositories for low- and intermediate-level radioactive waste have been operational for decades, high-level waste disposal poses greater challenges.

aktive Abfälle bereits seit Jahrzehnten in Betrieb sind, stellt die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle eine größere Herausforderung dar. Deutschland hat sich für die tiefe geologische Lagerung in einem Bergwerk entschieden, wobei im Standortauswahlgesetz (StandAG) von 2017 strenge Kriterien für die Standortwahl festgelegt wurden. Alternative Entsorgungsmethoden, wie die Endlagerung in tiefen Bohrlöchern, wurden ebenfalls im Rahmen von Forschungsprojekten untersucht.

Dieser Artikel gibt einen Überblick über die Bergbauentwicklung in der Lausitz, die Risiken der Bodenverflüssigung in reaktivierten Tagebaugebieten und die laufende Suche nach einem sicheren Endlager für hochradioaktive Abfälle. Anhand bisheriger Forschungsprojekte werden innovative Ansätze sowohl im Bereich der Bergbausanierung als auch der nuklearen Entsorgung beleuchtet und die Bedeutung wissenschaftsbasierter Entscheidungsprozesse für die langfristige Sicherheit von Mensch und Umwelt hervorgehoben.

Bodenverflüssigung

Seit Ende des 18. Jahrhunderts wird im Lausitzer Revier Braunkohle gefördert. Während diese in den Anfangsjahren bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts überwiegend im Tiefbau abgebaut wurde, wird die Braunkohle heutzutage ausschließlich im Tagebau abgebaut.

Um die Braunkohle im Lausitzer Revier im Tagebau abzubauen zu können, wird zunächst das Vorfeld beräumt und das Grundwasser bis mindestens zum Liegenden (unter das Kohleflöz) abgesenkt bzw. zusätzlich das Grundwasser teilweise mit Dichtwänden vom Tagebau abgeschirmt. Anschließend wird das die Kohle überlagernde Deckgebirge (Abraum) abgetragen. Dieses kann im Lausitzer Revier Höhen bis zu 120 m aufweisen

Germany has committed to deep geological storage in underground repositories, with stringent site selection criteria established under the 2017 Site Selection Act (StandAG). Alternative disposal methods, such as deep borehole storage, have also been explored through research initiatives.

This article provides an overview of the mining landscape in the Lausitz region, soil liquefaction risks in reclaimed mining areas, and the ongoing search for a safe nuclear waste repository. By analyzing past research projects, it highlights innovative approaches in both mining remediation and nuclear waste management, emphasizing the importance of science-based decision-making to ensure long-term environmental safety.

und besteht aus quartären und tertiären Ablagerungen. Auf den teilweise komplexen geologischen Aufbau wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen. Es ist jedoch festzustellen, dass in weiten Teilen des Reviers Sande mit geringen Feinkornanteilen (Korngröße < 0,063 mm) von ca. zwei bis zwölf Prozent im Deckgebirge überwiegen.

Ist die Abtragsmächtigkeit für die Abraumförderbrücke (AFB) zu groß, wird zunächst das Vorfeld mit Schaufelradbaggern (Vorschnitt) beräumt und der Abraum über Bandanlagen abtransportiert, sodass im Anschluss die AFB arbeiten kann. Diese ist ein kontinuierlich arbeitendes Förder- und zugleich Verkipprgerät, auf dem der Abraum mit Förderbändern transportiert wird. Die an die AFB angeschlossenen bis zu drei Eimerkettenbagger tragen das

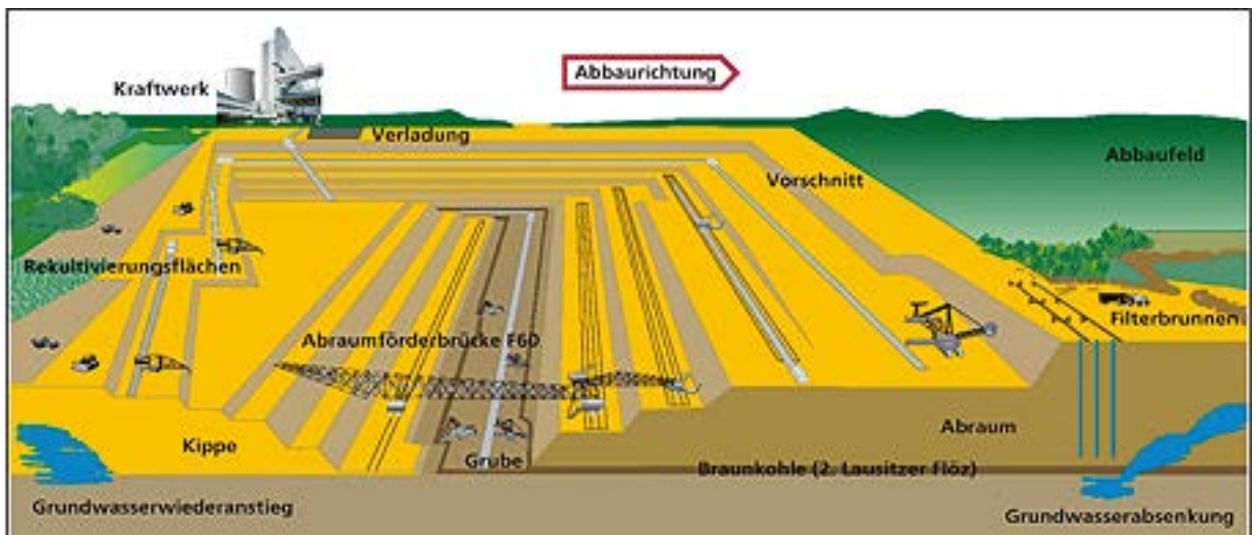


Abbildung 1: Schema eines Förderbrückentagebaues [1]



Abbildung 2: Abraumförderbrücke vom Typ F 60 [2]

Material im Hoch- und Tiefschnitt auf der Gewinnungsseite ab und die AFB transportiert es über die offene Grube. In der Grube wird die Rohbraunkohle unabhängig vom Abraumbetrieb gewonnen, welche im Lausitzer Revier vor allem aus dem ein bis zwei Dekameter mächtigen 2. Lausitzer Flöz stammt. Dabei kommen beispielsweise Eimerkettenbagger oder Schaufelradbagger (wie im Vorschnitt) zum Einsatz. Der mit der AFB transportierte Abraum wird auf der ausgekohlten Seite der Grube wieder verstürzt. Zum besseren Verständnis der zuvor beschriebenen Abläufe im Braunkohlentagebau sowie zur Darstellung des Aufbaues eines mit einer AFB betriebenen Braunkohlentagebaues dient das Schema in Abbildung 1. Die Abbildung 2 zeigt eine AFB im Einsatz.

Bereits während des aktiven Braunkohlentagebaues wird mit der Rekultivierung der vom Bergbau in Anspruch genommenen Kippenflächen begonnen. Hierbei entstehen vorwiegend forst- und landwirtschaftliche Nutzflächen sowie Flächen für den Artenschutz. Durch die Auskohlung und das damit verbundene Massendefizit verbleiben in den Bergbaufolgelandschaften aber auch Restlöcher, die nach der Rekultivierung als Badeseen für Freizeit und Tourismus genutzt werden. So entstand das Lausitzer Seenland mit dem derzeit in der Entstehung befindlichen größten künstlichen See Deutschlands, dem ‚Cottbuser Ostsee‘ im ehemaligen Tagebau Cottbus-Nord.

Im Zuge der Rekultivierung und dem Einstellen der Grundwasserhaltung kommt es in den ehemaligen Tagebauen auch zum Grundwasserwiederanstieg und damit zur Aufsättigung der locker verstürzten Abraummassen. Dies führte in den ehemaligen Tagebauen des Lausitzer Reviers in den letzten Jahren vermehrt zu Schäden bzw. Beeinflussungen der Geländeoberfläche (GOF) infolge von Bodenverflüssigung.

Als Bodenverflüssigung in Tagebaukippen wird ein Vorgang bezeichnet, bei dem in einem verflüssigungsempfindlichen, kontraktiven und wassergesättigten Kippenmischboden (locker gelagerte

Sande mit geringem Feinkornanteil) plötzlich die Scherfestigkeit abnimmt, sodass Deformationen eintreten, welche an der GOF in Erscheinung treten. Zum Beginn der Verflüssigung wird der ursprüngliche Gleichgewichtszustand durch ein Initial gestört, wodurch Scherdeformationen entstehen. Diese führen im wassergesättigten Kippenmischboden (undrainede Verhältnisse) zum Aufbau eines Porenwasserüberdruckes innerhalb der Scherzone. Infolgedessen nimmt die effektive Spannung (auch wirksame Spannung oder Korn-zu-Korn-Spannung genannt) ab und die Scherfestigkeit verringert sich. Tritt ein vollständiger Verlust der effektiven Spannung ein, geht der Boden in eine Suspension über, und es wird von einer vollständigen Verflüssigung (keine Scherfestigkeit vorhanden) gesprochen.

Seit etwa der Mitte der 2000er Jahre gerieten die Innenkippenflächen ehemaliger Tagebaue des Lausitzer Braunkohlenreviers in Bezug auf Bodenverflüssigungen in den Fokus, da hier im Zuge des Grundwasserwiederanstieges zunehmend Verflüssigungsereignisse eintraten. Aufgrund der Verflüssigungsereignisse mussten große Flächen ehemaliger Tagebaue des Lausitzer Braunkohlenreviers gesperrt werden (ca. 21.000 ha). Die Flächen durften nicht mehr oder nur unter strengen Auflagen betreten werden. Seitdem sind über 150 Bodenverflüssigungsereignisse auf Innenkippen eingetreten. Das flächenmäßig größte Ereignis umfasste dabei etwa 179 ha.

Die folgende Abbildung 3 zeigt beispielhaft an einem Ereignis im ehemaligen Tagebau Schlabendorf-Süd die Auswirkungen auf die GOF. Die Fotos zeigen dabei die erhebliche Zerstörung der GOF mit mehreren Metern hohen Abrisskanten.

Ein gängiges und weit verbreitetes Sanierungsverfahren zur Beseitigung des Verflüssigungsproblems besteht in der Verdichtung des Bodens. Mit Hilfe von Verdichtungsmaßnahmen lässt sich der Porenanteil im Boden verringern und somit die Bruch- und die Restfestigkeit erhöhen. Dazu haben sich in der Praxis mechanische



Abbildung 3: Bodenverflüssigung im ehemaligen Tagebau Schlabendorf-Süd [2]

Verdichtungsverfahren bewährt. Die Verwendung des Verfahrens ist dabei abhängig von der zu verdichtenden Tiefe der Kippe (Oberflächen- oder Tiefenverdichtung) und vom Grundwasserstand am Verdichtungsstandort (Verdichtungsbereich erdfeucht oder wassergesättigt). Damit ist die Wahl des Verdichtungsverfahrens insbesondere vom Standort und von den wirtschaftlichen Gesichtspunkten abhängig. Verfahren, die in den aktiven und ehemaligen Tagebauen des Lausitzer Braunkohlenreviers eingesetzt werden können bzw. bereits eingesetzt wurden, sind beispielsweise: Rütteldruck- bzw. Rüttelstopfverdichtung, Dynamische Intensiv-/ Fallgewichtsverdichtung, Spreng- bzw. schonende Sprengverdichtung oder Vibrationswalzenzüge mit unterschiedlichen Bandagen.

Um den Kenntnisstand auf diesem Gebiet zu erweitern, die Ursachen von spontanen Bodenverflüssigungen auf Innenkippenflächen zu ermitteln und geotechnische Modelle sowie oberflächenschonende Sanierungskonzepte und -verfahren zu entwickeln, wurden zahlreiche Forschungsvorhaben seitens der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV – Projektträgerin der Bergbausanierung) sowie der Vattenfall Europe Mining AG (VEM) – heute Lausitz Energie Bergbau AG (LEAG – verantwortlich die Braunkohlegewinnung in den drei aktiven Lausitzer Tagebauen) aufgelegt. Einige wurden von der Professur

für Erdbau und Spezialtiefbau des Institutes für Bergbau und Spezialtiefbau der Technischen Universität Bergakademie Freiberg bearbeitet (zum Teil auch als Kooperationsprojekte mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie). Für einen Eindruck über die Vielzahl der Untersuchungen und den großen Facettenreichtum der Projekte soll ein folgender kurzer Einblick in einige Vorhaben, in die der Verfasser dieses Artikels eingebunden war, dienen.

Hierzu zählen unter anderem:

- Labor-, Technikums- und Feldversuche zur Initialuntersuchung,
- Untersuchung des Kippenverhaltens über Jahre hinweg mit Hilfe zahlreicher Messfelder auf unterschiedlichen Kippen des Lausitzer Reviers,
- Untersuchungen zur Verdichtungsmethode der hydrodynamischen Oberflächensicherung,
- Entwicklung eines komplexen seismischen, hydraulischen und geotechnischen Monitoringsystems zur Früherkennung der Bodenverflüssigungsgefährdung,
- Festigkeitsuntersuchungen an Kippenmaterial, welches in Großschürfen auf der Innenkippe Schlabendorf-Süd gewonnen wurde (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4: Großschurf zur Kippenerkundung auf der Innenkippe Schlabendorf-Süd (Rettungsinseln auf der Schurfsohle dienen der Sicherheit der vor Ort arbeitenden Personen bei der Probenahme) [3]

Endlagerung hochradioaktiver Abfälle

Mehr als 30 Länder weltweit nutzen derzeit die Kernenergie zur Stromerzeugung. In nahezu allen Ländern gibt es Überlegungen, wie radioaktive Abfälle langzeitsicher gelagert/entsorgt werden können. Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle sind seit Jahrzehnten in unterschiedlicher Bauweise überall auf der Welt in Betrieb. In Finnland wurde 2015 als bisher erstem und einzigem Land weltweit eine Genehmigung zum Bau eines Endlagers für wärmeentwickelnde ausgediente Brennelemente erteilt. In Deutschland wurde von Anfang an für die Entsorgung wärmeentwickelnder, radioaktiver Abfallstoffe und ausgedienter Brennelemente die Endlagerung in einem Bergwerk favorisiert. Eine Bergwerkslösung wurde von den möglichen Entsorgungsoptionen unter sicherheitstechnischen und genehmigungsrechtlichen Aspekten am ehesten als umsetzbar angesehen. Es gab im Ausland in einigen Ländern jedoch auch Überlegungen zu anderen Entsorgungsmöglichkeiten.

In einem Endlager für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle und ausgediente Brennelemente sind neben den ausgedienten

Brennelementen der Leistungsreaktoren, Versuchs- und Prototyp-Kernkraftwerke und Forschungsreaktoren, auch radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung der Brennelemente aus den Leistungsreaktoren zu berücksichtigen. Hinzu kommen die Strukturteile der ausgedienten Brennelemente aus den Leistungsreaktoren.

Entsorgungsmöglichkeiten, die bisher in der Vergangenheit diskutiert wurden, wurden von der „Kommission Lagerung hochradioaktiver Abfallstoffe“ (kurz Endlagerkommission – eine Kommission aus 32 Mitgliedern, die zwischen 2014 und 2016 Empfehlungen zur Endlagerung hochradioaktiver Abfallstoffe für den Deutschen Bundestag und Bundesrat erarbeitet hat) in [4] wie folgt gruppiert:

- 1) Nicht weiter verfolgte Optionen
 - a) Entsorgung im Weltraum
 - b) Entsorgung im antarktischen oder grönländischen Inlandeis
 - c) Entsorgung in den Ozeanen
 - i) Verdünnungsprinzip (Meeresversenkung)

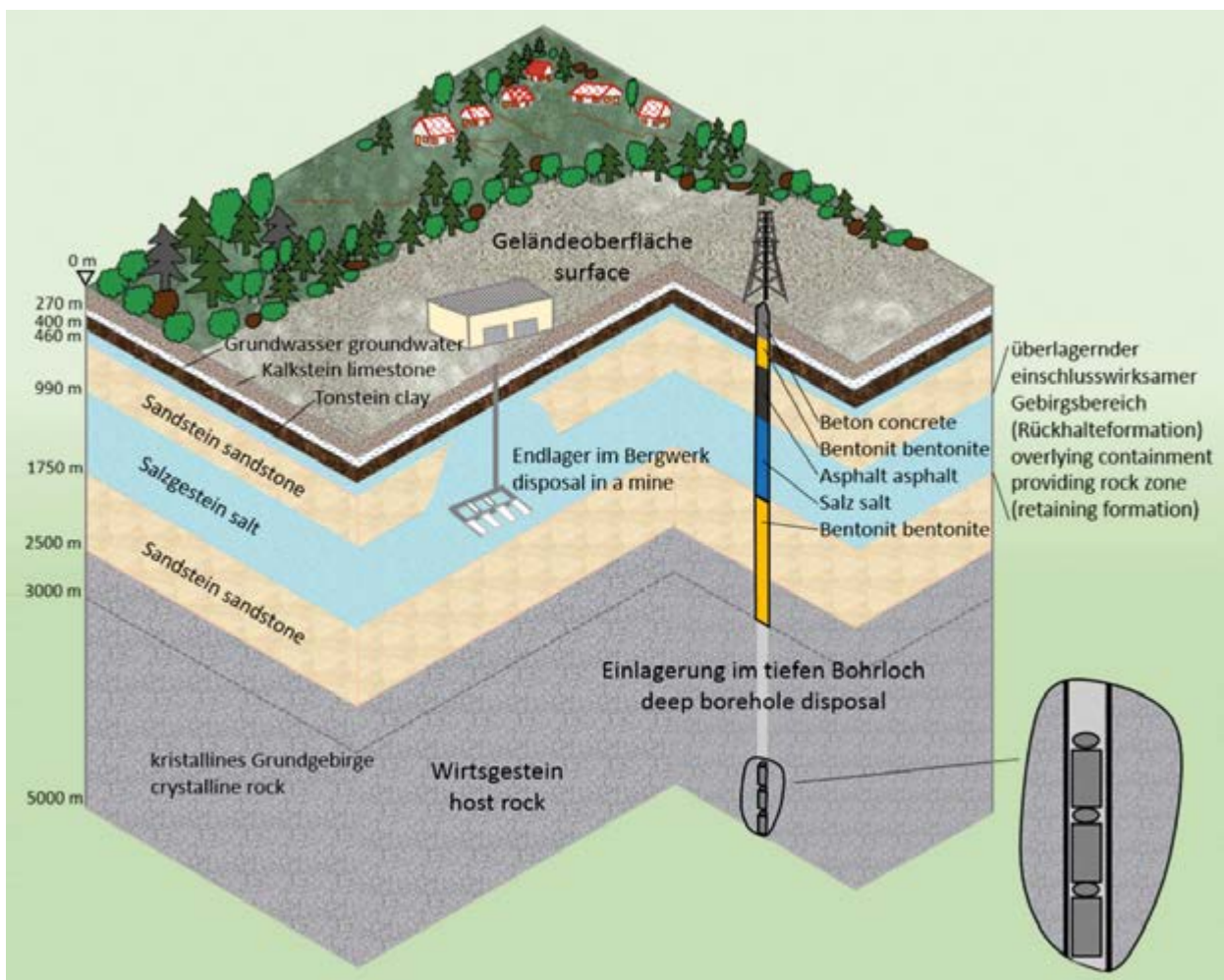


Abbildung 5: Schema zur tiefen Bohrlochlagerung im Kristallin [6]

- ii) Sedimentschichten unterhalb des Meeresbodens (stromlinienförmige tonnenschwere Abfallbehälter werden von Bord eines Schiffes abgeworfen und sollen sich bis zu 30 m tief in weiche Sedimente am Meeresboden bohren)
 - iii) Entsorgung in Subduktionszonen (Isolation der Abfälle durch das Abtauchen einer tektonischen Platte in den Erdmantel und das Mitnehmen der Abfälle dieser Platte)
 - d) Dauerlagerung an oder nahe der Erdoberfläche ohne Endlagerintention
 - e) Tiefengeologische Bergwerkslösung ohne Rückholbarkeit
- 2) Mögliche Alternativen zur Endlagerung in einem Bergwerk (denkbar, aber nicht unmittelbar verfügbar oder nicht vorteilhaft)
- a) Langzeitzwischenlagerung (über einen Zeitraum von mehreren hundert Jahren)
 - b) Transmutation (Abtrennung langlebiger Nuklide und Umwandlung dieser in stabile oder kurzlebige Nuklide)
 - c) Tiefe Bohrlöcher (Lagerung der Abfälle in bis zu 5.000 m tiefen Bohrlöchern als Form der geologischen Tiefenlagerung – der Verfasser dieses Artikels war mit einem Forschungsvorhaben hierzu betraut – siehe exemplarische Darstellung in Abbildung 5)
- 3) Endlagerbergwerk mit Reversibilität/Rückholbarkeit/Bergbarkeit

Die Endlagerkommission hat die vorstehend aufgeführten Entsorgungsoptionen geprüft und die Endlagerung in einem Bergwerk, also in einer tiefen geologischen Formation, als geeignet festgestellt, um Radionuklide langfristig von der Geosphäre fernzuhalten. Die Endlagerung von hochradioaktiven, wärmeentwickelnden Abfallstoffen in einem Bergwerk stellt demnach die hinsichtlich Schutzwirkung und möglicher Risiken bei der Umsetzung sinnvollste Möglichkeit für eine Endlagerung dar. Als Wirtsgesteine für ein solches Endlagerbergwerk und folglich die Einlagerung hochradioaktiver, wärmeentwickelnder Abfallstoffe kommen derzeit Steinsalz, Tonstein oder Kristallingestein in Betracht.

Auf Grundlage des Abschlussberichtes der Endlagerkommission gemäß [4] wurde im Mai 2017 das „Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz - StandAG)“ (siehe [5]) überarbeitet und neu verabschiedet. Hierin wurden erstmals verschiedene Kriterien (geowissenschaftliche Kriterien, planungswissenschaftliche Kriterien sowie Kriterien für Sicherheitsuntersuchungen) gesetzlich festgelegt, die in Deutschland für die zukünftige Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive, wärmeentwickelnde Abfallstoffe gelten. So existieren beispielsweise im Hinblick auf die geowissenschaftlichen Kriterien Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen für ein Endlagerstandortgebiet.

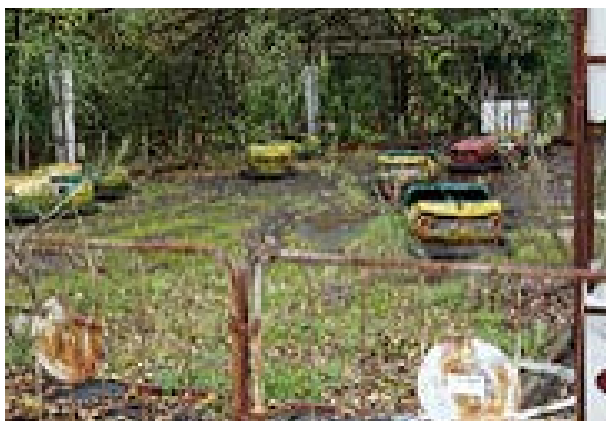


Abbildung 6: Kernkraftwerk Tschernobyl und nahegelegene Stadt Prypjat im Jahr 2017 – 31 Jahre nach der Katastrophe

Zu den Ausschlusskriterien zählen (Erläuterungen zu den aufgeführten sechs Themen: [5]):

- großräumige Vertikalbewegungen,
- aktive Störungszonen,
- Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit,
- seismische Aktivität,
- vulkanische Aktivität,
- Grundwasseralter.

Mindestanforderungen wurden zu folgenden fünf Themen festgelegt (Erläuterungen siehe [5]):

- Gebirgsdurchlässigkeit,
- Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches,
- minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches,
- Fläche des Endlagers,
- Erhalt der Barrierewirkung.

Mit der Neufassung des Standortauswahlgesetzes im Jahr 2017 wurde die Standortauswahl für ein Endlager für hochradioaktive, wärmeentwickelnde Abfallstoffe in Deutschland neu geregelt, mit dem Ziel ein faires, transparentes und auf wissenschaftlicher Grundlage basierendes Standortauswahlverfahren zu gestalten. Dadurch soll Verständnis für das Verfahren und damit verbunden Akzeptanz für den zukünftigen Endlagerstandort in der Bevölkerung erreicht werden.

Im Rahmen des oben genannten Forschungsvorhabens zu „Tiefen Bohrlöchern“ (tiefe Bohrlochlagerung bis 5.000 m Tiefe im Kristallin) als möglicher Alternative zur Endlagerung hochradioaktiver, wärmeentwickelnder Abfallstoffe in einem Bergwerk (Abschlussbericht siehe [6]), war es mir möglich, das Kernkraftwerk Tschernobyl sowie die nahegelegene Stadt Prypjat im Jahr 2017 zu besuchen (siehe Abbildung 6). Möge diese Nuklearkatastrophe uns stets vor Augen führen, welche Gefahren mit dieser Technologie verbunden sind und wie wichtig es ist, ein Endlager für die hochradioaktiven, wärmeentwickelnden Abfallstoffe in Deutschland zu finden, sodass weder kurz-, noch mittel- oder langfristig Gefahren für Mensch und Umwelt entstehen, also einen Endlagerstandort mit bestmöglicher Sicherheit, wie von der Entsorgungskommission angestrebt – hoffentlich noch zu Lebzeiten meiner Generation!

Literaturverzeichnis

- [1] DEBRIV: „Schema eines Förderbrückentagebaues“, Deutscher Braunkohlen-Industrie-Verein e. V., Köln, URL: <<https://braunkohle.de/wp-content/uploads/2019/03/Schema-eines-Förderbrückentagebaues.pdf>>, abgerufen am: 18.12.2020.
- [2] ROSENZWEIG, Tino: „Untersuchungen zu meteorologischen Initialen bei Bodenverflüssigungen in Kippen ehemaliger Tagebaue des Lausitzer Braunkohlenreviers“, Habilitation, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, 2022.
- [3] KUDLA, Wolfram; ROSENZWEIG, Tino: „Ergänzende wissenschaftlich-technische Untersuchungen zur Verflüssigungsproblematik Lausitzer Innenkippen – Ergebnisdokumentation der Arbeit des Geotechnischen Beirates der LMBV zur Sanierung und Sicherung von Innenkippenflächen im Zeitraum 2011-2021“, Bericht, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, 2020.
- [4] KOMMISSION LAGERUNG HOCH RADIOAKTIVER ABFALLSTOFFE: „Abschlussbericht – Verantwortung für die Zukunft – Ein faires und transparentes Verfahren für die Auswahl eines nationalen Endlagerstandortes“, Bericht, Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe, Berlin, 2016.
- [5] StandAG: „Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz – StandAG)“, 2017.
- [6] BOLLINGERFEHR, Wilhelm; DIETERICH, Christin; HEROLD, Maxi; KUDLA, Wolfram; REICH, Matthias; ROSENZWEIG, Tino: „Untersuchungen zu Chancen und Risiken der Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle und ausgedienter Brennelemente in Tiefen Bohrlöchern „CREATIEF“ – Abschlussbericht“, Bericht, TU Bergakademie Freiberg und BGE TECHNOLOGY GmbH, Freiberg, 2018.