



Sub-areas in steep rock salt formations – what do we know about the geological composition of North German salt structures?

Lukas Pollok and Mareike Henneberg

Underground Space for Storage and Economic Use, Geological-geotechnical Exploration,
Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), 30655 Hannover, Germany

Correspondence: Lukas Pollok (lukas.pollok@bgr.de)

Published: 10 November 2021

Abstract. Suitable host rocks for a repository for high-level radioactive waste (HLW) in Germany include not only clay and crystalline rocks but also rock salt formations in so-called flat and steep bedding (StandAG, 2017). Favourable repository relevant properties of rock salt are, e.g. the high heat conductivity, low porosity and permeability, and its viscoplastic deformation behaviour. Thicker salt deposits can be attributed to the formation of approx. 700 salt structures that have formed under various geological conditions in the North German Basin (NGB) over the last 250 million years. According to their shape and genesis, salt structures are classified as salt pillows (considered as flat bedding) or salt diapirs (steep bedding). Out of a total of 74 sub-areas in rock salt, 60 sub-areas in salt diapirs consisting of Permian evaporates were identified within the first phase of the German site selection procedure (BGE, 2020).

At the current stage of the site selection process, a conservative approach has been adopted and the internal structure of the salt structures have not yet been taken into account for further classification of the identified sub-areas. However, the interior of the salt structures not only consists of rock salt but also of varying proportions of clay, carbonate and anhydrite rocks, as well as potassium salts formed by progressive evaporation of marine brines. Multi-phase salt tectonics has led to the folding of these differently composed layers and to complex internal structures. Therefore, detailed knowledge of the salt structure compositions is necessary to identify suitable rock salt areas for the designation of the containment providing rock zone.

As a result of decades of research through extensive salt and potash mining, cavern storage and exploration for final waste disposal, Permian salt rocks represent a well-studied host rock in Germany. The use of different exploration methods and multidisciplinary data evaluation have led to a comprehensive understanding of the internal composition of some well-studied salt structures. Systematic studies have shown that several factors have influenced the formation of salt structures as well as their external shapes, sizes, and spatial distribution (e.g., Pollok et al., 2020). Furthermore, the amount and distribution of suitable host rocks varies greatly in different salt structures and is closely related to their internal structure.

Since the interior of salt structures has not been considered in the site selection process so far, a classification of salt structures (or sub-areas) into certain types with varying internal composition and complexity is presented. By examining their lithofacial composition, genesis, and structural geological position within the basin, it is possible to narrow down these types to specific areas in the NGB. Without the acquisition of additional exploration data in this phase of the site selection process, this salt structure classification provides important data for the legally demanded assessment of the overall favourable geological situation.

Kurzfassung. Geeignete Wirtsgesteine für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (HAW) in Deutschland sind neben Ton- und Kristallingesteinen auch Steinsalzformationen in sogenannter flacher und steiler Lagerung (StandAG, 2017). Günstige endlagerrelevante Eigenschaften von Steinsalz sind z.B. die hohe Wärmeleitfähigkeit, die geringe Porosität und Permeabilität sowie sein viskoplastisches Verformungsverhalten. Mächtigere

Salzvorkommen sind auf die Bildung von ca. 700 Salzstrukturen zurückzuführen, die sich unter verschiedenen geologischen Bedingungen im Norddeutschen Becken (NGB) in den letzten 250 Millionen Jahren gebildet haben. Je nach Form und Entstehung werden die Salzstrukturen als Salzkissen (flache Lagerung) oder Salzdiapire (steile Lagerung) klassifiziert. Von insgesamt 74 Teilgebieten in Steinsalz wurden in der ersten Phase des deutschen Standortauswahlverfahrens (BGE, 2020) 60 Teilgebiete in Salzdiapiren identifiziert, die aus permischen Evaporiten bestehen.

In der jetzigen Phase des Standortauswahlverfahrens wurde ein konservativerer Ansatz gewählt und der interne Aufbau der Salzstrukturen bei der weiteren Bewertung der identifizierten Teilgebiete noch nicht berücksichtigt. Salzstrukturen bestehen jedoch nicht nur aus Steinsalz, sondern auch aus unterschiedlichen Anteilen von Ton-, Karbonat- und Anhydritgesteinen sowie Kalisalzen, die durch fortschreitende Verdunstung von Meerwasser entstanden sind. Die mehrphasige Salztektonik hat zur Verfaltung dieser unterschiedlich zusammengesetzten Schichten und zu komplexen internen Strukturen geführt. Daher ist eine detaillierte Kenntnis des Internbaus der Salzstrukturen erforderlich, um geeignete Steinsalzbereiche für die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs zu ermitteln.

Permische Salzgesteine stellen in Deutschland als Ergebnis jahrzehntelanger Erkundung und Forschung durch den umfangreichen Salz- und Kalibergbau, den Kavernenbau und die Endlagerung ein gut untersuchtes Wirtsgestein dar. Der Einsatz verschiedener Erkundungsmethoden und die multidisziplinäre Datenauswertung haben zu einem umfassenden Verständnis des inneren Aufbaus einiger gut untersuchter Salzstrukturen geführt. Systematische Studien haben gezeigt, dass mehrere Faktoren die Entstehung von Salzstrukturen sowie deren äußere Form, Größe und räumliche Verteilung beeinflusst haben (z. B. Pollok et al., 2020). Darüber hinaus variiert die Menge und Verteilung geeigneter Wirtsgesteine in verschiedenen Salzstrukturen stark und steht in engem Zusammenhang mit ihrer internen Struktur.

Da der Internbau von Salzstrukturen im Standortauswahlprozess bisher nicht berücksichtigt wurde, wird eine Klassifizierung von Salzstrukturen (oder Teilgebieten) in bestimmte Typen mit unterschiedlicher interner Zusammensetzung und Komplexität vorgestellt. Durch die Untersuchung der lithofaziellen Zusammensetzung, der Genese und der struktureologischen Position innerhalb des Beckens ist es möglich diese Typen auf bestimmte Gebiete im NGB einzugrenzen. Da in dieser Phase des Standortauswahlverfahrens keine neuen Erkundungsdaten gewonnen werden, liefert diese Salzstrukturklassifizierung wichtige Daten für die gesetzlich geforderte Bewertung der günstigen geologischen Gesamtsituation.

References

- BGE: Zwischenbericht Teilgebiete gemäß § 13 StandAG, Bundesgesellschaft für Endlagerung, SG01101/16-1/2-2019#3: 444 pp., 2020.
- Pollok, L., Hammer, J., and Musmann, P.: Salinarstrukturen – Entstehung, Außenformen und Internbau, in: Stratigraphie von Deutschland XII, Zechstein, Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.), Koordination und Redaktion: Paul, J. and Hegemann, H. für die Subkommission Perm-Trias, Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, 89, 559–593, 2020.
- StandAG: Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 247 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist, 2017.