



Mineral stability, brine development and rock-fluid reaction at repository-relevant temperatures ($T < 200\text{ °C}$) in the potential host rock rock salt

Michael Mertineit and Michael Schramm

Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Hannover, 30655, Germany

Correspondence: Michael Mertineit (michael.mertineit@bgr.de)

Published: 10 November 2021

Abstract. For a repository of heat generating radioactive waste, the thermal behaviour of the host rock and the impact of temperature increase on rock properties is of general importance. In the German Site Selection Act (2017), the maximum temperature of the container surface is preliminarily limited to 100 °C but this limit might change in the future based on scientific and technological findings.

Rock salt, as one of the possible host rocks, consists predominantly of halite with varying amounts of accessory minerals (e.g., Hudec and Jackson, 2007); however, some lithological units within a salt deposit, e.g. potash seams, show a different mineralogical composition with high amounts of potash minerals. Most of them are not very stable regarding temperature resistance and stress, contain water in the crystal lattice, and therefore react sensitively to changes in the environment.

The melting point of most evaporated minerals is higher than the expected temperatures in a repository but dehydration and partial melting might occur at relevant temperatures, depending on the confining pressure. For example, the temperature of dehydration of carnallite is ca. 80 °C at 0.1 MPa confining pressure but increases to ca. 145 °C at 10 MPa confining pressure (Kern and Franke, 1986). The melting point of carnallite increases from ca. $145\text{ °C}/8\text{ MPa}$ to ca. $167\text{ °C}/24\text{ MPa}$, which corresponds to a depth of ca. 1000 m .

Depending on the mineral paragenesis and composition of saline solutions, different minerals develop with increasing temperature. For instance, a salt rock with an initial composition of kieserite + kainite + carnallite + solution R (25 °C) reacts solely to kieserite and solution R, when the temperature increases to 78 °C . A rock with a composition of kieserite + carnallite + bischofite + solution Z (25 °C) reacts to kieserite + carnallite from 25 to 50 °C , from 50 to 73 °C only kieserite is stable, and at temperatures $> 73\text{ °C}$ kieserite and bischofite develop (Usdowski and Dietzel, 1998).

For the construction of an underground repository, the mineralogical composition of the host rocks and fluids have to be evaluated carefully and play an important role for the site selection and design of the underground facility.

Kurzfassung. Bei einem Endlager für wärmeerzeugende radioaktive Abfälle ist das thermische Verhalten des Wirtsgesteins und der Einfluss eines Temperaturanstiegs auf die Gesteinseigenschaften von genereller Bedeutung. Im Standortauswahlgesetz (StandAG, 2017) wird die Maximaltemperatur der Behälteroberfläche vorsorglich auf 100 °C begrenzt, jedoch könnte sich diese Begrenzung in Zukunft auf der Grundlage wissenschaftlicher und technologischer Ergebnisse ändern.

Steinsalz – als eines der möglichen Wirtsgesteine – besteht hauptsächlich aus Halit mit variierenden Anteilen zusätzlicher Mineralien (z. B. Hudec and Jackson, 2007). Allerdings weisen einige lithologische Einheiten innerhalb einer Salzstruktur, z. B. Kaliflöze, eine andere mineralogische Zusammensetzung mit hohen Anteilen von Kalimineralien auf. Die meisten davon sind nicht sehr stabil in Bezug auf Temperaturbeständigkeit und -belastungen, enthalten Wasser im Kristallgitter und reagieren daher empfindlich auf Veränderungen ihrer Umgebungsbedingungen.

Der Schmelzpunkt der meisten evaporitischen Mineralien ist höher als die zu erwartenden Temperaturen in einem Endlager, aber Dehydratation und partielles Schmelzen könnten bei entsprechenden Temperaturen auftreten, je nach Umgebungsdruck. So beträgt z. B. die Dehydratationstemperatur von Carnallit ca. 80 °C bei 0,1 MPa Umgebungsdruck, aber steigt auf ca. 145 °C bei 10 MPa Umgebungsdruck (Kern und Franke, 1986). Der Schmelzpunkt von Carnallit steigt von ca. 145 °C/8MPa auf ca. 167 °C/24MPa, was einer Teufe von ca. 1000 m entspricht.

In Abhängigkeit von der Mineralparagenese und der Zusammensetzung von Salzlösungen entstehen mit steigender Temperatur unterschiedliche Mineralien. Ein Salzgestein mit einer initialen Zusammensetzung aus Kieserit + Kainit + Carnallit + Lösung R (25 °C) reagiert ausschließlich unter Bildung von Kieserit und Lösung R, wenn die Temperatur auf 78 °C ansteigt. Ein Gestein mit einer Zusammensetzung aus Kieserit + Carnallit + Bischofit + Lösung Z (25 °C) reagiert bei einer Temperaturerhöhung von 25 auf 50 °C mit der Bildung von Kieserit + Carnallit, bei weiterer Temperaturerhöhung von 50 auf 73 °C ist nur Kieserit stabil, und bei Temperaturen > 73 °C entstehen Kieserit und Bischofit (Usdowski und Dietzel, 1998).

Für die Errichtung eines unterirdischen Endlagers müssen die mineralogische Zusammensetzung des Wirtsgesteins und dort befindlicher Fluide sorgfältig untersucht werden, da sie eine wichtige Rolle für die Standortauswahl und die Gestaltung der unterirdischen Anlage spielen.

References

- Hudec, M. R. and Jackson, M. P. A.: Terra infirma: Understanding salt tectonics, *Earth-Sci. Rev.*, 82, 1–28, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2007.01.001>, 2007.
- Kern, H. and Franke, J.-H.: Carnallit – thermisches und thermo-mechanisches Verhalten in Endlager-Salzstöcken, *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 137, 1–27, 1986.
- StandAG: Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz – StandAG), BGLG. I.S. 2808, 2017.
- Usdowski, E. and Dietzel, M.: *Atlas and Data of Solid-Solution Equilibria of Marine Evaporites*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 316 pp., <https://doi.org/10.1007/978-3-642-60284-9>, 1998.