

## Zusammensetzung, Herkunft und Genese geothermaler Tiefengrundwässer im Norddeutschen Becken (NDB) und deren Relevanz für die geothermische Nutzung

### Origin, genesis and composition of deep geothermal groundwaters in the North German Basin (NGB) and their relevance for geothermal energy use

MARKUS WOLFGRAMM, KIRSTEN THORWART, KERSTIN RAUPPACH, (Neubrandenburg) & JULIANE BRANDES (Güstrow)

**Key words:** Wasser, Tiefengrundwasser, Geochemie, Norddeutsches Becken, Geothermie, water, deep groundwater, geochemistry, North German Basin, Geothermics

#### Zusammenfassung

Im Rahmen eines vom BMU geförderten Projektes (FKZ: 0329951E) wurden deutschlandweit über 4100 Wasseranalysen überwiegend aus Bohrungen erfasst und bewertet, wobei die meisten den Hauptgeothermieregionen entstammen. In Auswertung von 2700 Analysen von Wässern aus ca. 1450 Bohrungen des Norddeutschen Beckens (NDB) wird gezeigt, wie die Wässer der geothermischen Aquifere zusammengesetzt sind. Bei den Wässern handelt es sich um jodhaltige Thermalsolen, welche sowohl energetisch als auch balneologisch nutzbar sind. Die Zusammensetzung der Tiefengrundwässer wird durch ihre primäre Zusammensetzung (im Porenraum eingeschlossenes Meerwasser oder evaporitisch geprägtes Wasser) sowie sekundäre Veränderungen der Fluidzusammensetzung durch diagenetische Reaktionen und/oder Mischung mit Fluiden anderer stratigraphischer Einheiten geprägt. Die Diagenese erfolgt dabei druck- und temperaturgesteuert und führt einerseits zu einer kontinuierlichen Zunahme der Salinität bis ca. 2500 m in Folge von z.B. Tonmembraneffekten. Ab ca. 1000 m führen Fluid-Gesteinswechselwirkungen zu Abweichungen des Salinitäts-Tiefentrends und zu Abweichungen vor allem in der Zusammensetzung der Spurenelemente und Nebenbestandteile. Für den tief versenkten Buntsandstein und das Rotliegend führen sehr starke diagenetische Reaktionen sogar zu Änderungen der Hauptbestandteile, wobei eine Calciumanreicherung und Natriumverarmung zu verzeichnen sind. Die Mischung der jeweiligen Tiefengrundwässer mit anderen Tiefengrundwässern erfolgt einerseits im Bereich von Zechstein- und Rotliegend-Salzdiapiren sowie den zugehörigen Randsenken, als auch im Bereich großer Blockversätze. Eine Prognose der Zusammensetzung von Tiefengrundwässern ist auf Basis der geologischen Verhältnisse gut möglich.

Die Wässer der Unterkreide, des Malm und Dogger lagern häufig in Salzstockrandsenken. Die Schichtwässer sind häufig durch zufließende Na-Cl-Laugen der Salzdiapire geprägt. Die Salinitätszunahme der Na-Cl-Wässer beträgt häufig bis 20–25 g/l je 100 m Tiefenzunahme, was eine Abweichung vom „normalen Trend“ bedeutet.

Die Wässer des Lias und Rhät sind grundsätzlich kaum durch die Mischung mit weiteren Fluiden beeinflusst. Für diese Aquifere ist eine Salinitätszunahme der Na-Cl-Wässer von 10–13 g/l je 100 m Tiefenzunahme typisch.

Bei den Rotliegendwässern, die einerseits eine Zumischung von Zechsteinwässern und andererseits eine sehr starke diagenetische Veränderung aufweisen, handelt es sich häufig um Na-Ca-Cl-Lösungen mit Salinitäten von im Mittel 280 g/l. Die Zusammensetzung der Wässer hat einen sehr starken Einfluss auf die thermische Leistung geothermischer Anlagen sowie auf die anlagentechnische Gestaltung und Betriebsführung.

#### Summary

Within the framework of a project (no. 0329951E) supported by the Federal Ministry of Environmental Protection, Nature Conservation and Nuclear Safety of Germany, more than 4100 water samples mainly taken from wells throughout Germany have been recorded and analysed, most of them originating from the main geothermal regions. The analysis of 2700 water samples from approx. 1450 wells in the North German Basin (NGB) shows the composition of the geothermal aquifer waters. These are iodine-

bearing thermal brines which can be used both for energetic and balneological purposes. The deep groundwaters are characterised by their primary composition (seawater in the pores or evaporitic water) and secondary changes of the fluid composition caused by diagenetic reactions and/or mixing with fluids from other stratigraphic units. The diagenesis depends on the pressure and pressure leading to a continuous increase of the salinity up to approx. 2500 m resulting from clay membrane effects, e.g. From 1000 m downwards, fluid-rock interactions lead to deviations of the salinity depth trend and mainly of the composition of the trace elements and secondary components. Very heavy diagenetic reactions in the deep Buntsandstein and Rotliegend even lead to changes of the main components with increasing calcium content and decreasing sodium content. The respective deep groundwaters mix with other ones in Zechstein and Rotliegend salt diapirs and the relevant marginal depressions on the one side, and within the section of major block faultings. Based on the knowledge of the geological conditions, the composition of the deep groundwaters can well be prognosticated. Often, the Lower Cretaceous, Malm and Dogger waters occur in the marginal depressions of saltstocks. The formation waters are quite often characterised by inflowing Na-Cl lyes of the salt diapirs. Thus, the salinity of the Na-Cl waters is increased often by 20–25 g/l per 100 m of depth. Basically, the Liassic and Rhaetian waters are hardly affected by the mixing with other fluids. For these aquifers, an increasing salinity of the Na-Cl waters by 10–13 g/l per 100 m of depth is typical. The Rotliegend waters are mixed with Zechstein waters and show a heavy diagenetic change. So, the waters are often Na-Ca-Cl solutions with salinities of 280 g/l on an average. The composition of the waters strongly influences the thermic capacity of geothermal plants as well as the technical shaping/dimensioning of the plant and its operation.