

Biogeochemical monitoring of a shallow geothermally used aquifer in the North German Basin

Biogeochemisches Monitoring eines flachen, geothermisch genutzten Aquifers im Norddeutschen Becken

ALEXANDRA VETTER (Potsdam), ANDREA VIETH-HILLEBRAND (Potsdam), GEORG SCHETTLER (Potsdam), ANDREA SEIBT (Neubrandenburg), MARKUS WOLFGRAMM (Neubrandenburg), KAI MANGELSDORF (Potsdam)

Key words: shallow heat storage, fluid chemistry, PLFA composition, microbial temperature adaptation, biogeochemistry

Abstract

Since conventional energy resources such as oil and coal will run short in the future, geothermal energy has become increasingly important in present energy discussions. With the use of geothermal energy, well-known problems such as corrosion, scaling and iron clogging often occur within the geothermal systems, leading to a reduced utilizability of the geothermally used aquifer as well as reduced working reliability of the geothermal plant. Within this study biogeochemical monitoring of an aquifer thermal energy storage (ATES) has been conducted to investigate interactions of the technical plant with the natural environment that may cause the above-listed disturbances. The main focus was laid on the characterization of possible changes in the fluid geochemistry and on the proof of a microbial community in the geothermal plant and its variability due to different operating modes. In this context, from July 2007 to December 2008, we monitored the composition and quantity of dissolved organic compounds (DOC) and inorganic anions that may serve as potential carbon and energy sources for microbial processes and the variations in the microbial population using biomarkers such as phospholipids and ether lipids. Analysis of the fluid geochemistry showed that sufficient amounts of electron acceptors (e.g. sulfate 240 mg/L) and donors (DOC 2.3 mg/L) for potential microbial respiration and energy consumption are present. However, fluid chemistry seemed to be more influenced by seasonal changes in the environmental conditions than by the operating mode of the geothermal plant. The occurrence of significant amounts of intact phospholipids (PLs) clearly indicated the presence of a substantial viable bacterial community within the geothermal plant. Moreover, the analysis of the phospholipid fatty acids (PLFA) inventory revealed an active microbial population that is capable of adapting its cell membranes to seasonal temperature changes caused by the different operating modes of the ATES. These variations are reflected by a relative shift in the PLFA composition. In comparison to the sample taken at warmer temperatures, the sample obtained during cooler temperature conditions in the ATES exhibited a shift of 13.4 % towards more unsaturated fatty acids (FA) and of 10.8 % towards more fatty acids with shorter chain length. The proportions of *iso*- and *anteiso*-fatty acids were generally lower in the sample at cooler temperatures, which might indicate that those microorganisms adapting their cell membrane fluidity via the *iso/ anteiso* system were less abundant in the ATES at cooler temperatures. However, the *anteiso/iso* ratio was higher in the sample taken at cooler temperatures indicating a membrane temperature adaptation of these microorganisms. Overall, the phospholipid analysis indicates a viable and active microbial community in the ATES, and with its potential to form biofilms might be able to cause disturbances in the geothermal plant.

Zusammenfassung

Mit der bevorstehenden Verknappung konventioneller Energieträger wie Erdöl und Kohle erfährt die Geothermie eine wachsende Bedeutung in der aktuellen Energiediskussion. Bei der Nutzung der Geothermie kann es in den technischen Systemen zu bekannten Problemen wie Korrosion, der Bildung von Scales (Festphasen) und zu Verockerungen kommen, welche die Nutzbarkeit des

geothermischen Aquifers und der technischen Anlage gefährden und den zuverlässigen Betrieb der gesamten geothermischen Anlage herabsetzen. Im Rahmen dieser Studie wurde ein biogeochemisches Monitoring eines oberflächennahen Aquifers durchgeführt, der als Energiespeicher (aquifer thermal energy storage, ATES) genutzt wird. Ziel dieses Monitorings war es, die Wechselwirkungen zwischen der technischen Anlage und dem natürlichen Aquifer zu untersuchen. Die Arbeiten umfassten die Charakterisierung der Fluidgeochemie sowie den Nachweis einer lebenden und aktiven mikrobiellen Gemeinschaft in der geothermischen Anlage und deren Variabilität in Abhängigkeit von der Betriebsweise. Im Zeitraum zwischen Juli 2007 und Dezember 2008 wurden die Zusammensetzung und Quantität der gelösten organischen Verbindungen (DOC) und der anorganischer Anionen untersucht, die von den in der Anlage lebenden Mikroorganismen als Kohlenstoff- und Energiequelle genutzt werden können. Weiterhin wurden die betriebsbedingten Unterschiede in der mikrobiellen Gemeinschaft detailliert mit Hilfe von charakteristischen Lipidbiomarkern (Phospho- und Etherlipide) analysiert. In den Fluiden des Grundwasserleiters konnten ausreichende Mengen von potentiellen Elektronenakzeptoren (z.B. Sulfat – 240 mg/L) und –donatoren (DOC – 2,3 mg/L) für die mikrobiellen Stoffwechselprozesse nachgewiesen werden, wobei die Variabilität in der Fluidgeochemie eher von saisonalen Schwankungen der obertägigen Umweltbedingungen als von der Betriebsweise der geothermischen Anlage abhängig zu sein scheint. Der Nachweis signifikanter Mengen an intakten Phospholipiden (PL) wies deutlich auf die Anwesenheit einer lebenden bakteriellen Gemeinschaft innerhalb der Anlage hin. Die weitere Analyse der Membranphospholipidfettsäuren (PLFA) zeigte, dass sich die Bakterien durch verschiedene Modifikationen der Zellmembranen an die betriebsbedingten Temperaturschwankungen innerhalb der geothermischen Anlage anpassen können. Beispiele für die Anpassung sind der relativ höhere Anteil an ungesättigten Fettsäuren (13,4%) und der höhere Anteil an Fettsäuren mit kürzeren Kettenlängen (10,8%) in den Filterproben, die bei geringeren Temperaturen aus der geothermischen Anlage entnommen wurden. Die Anteile von *iso*- und *anteiso*-Fettsäuren sind insgesamt kleiner bei den Proben, die geringeren Temperaturen in der geothermischen Anlage ausgesetzt waren. Dies deutet darauf hin, dass Mikroorganismen, die über diesen Anpassungsmechanismus verfügen, weniger häufig in den Proben bei niedrigeren Temperaturen vorkommen. Nichtsdestotrotz, zeigt ein höheres *anteiso/iso*-Fettsäurenverhältnis in diesen Proben eine Anpassung dieser Mikroorganismen bei niedrigeren Temperaturen an. Die Phospholipidanalyse weist also auf eine lebende und aktive mikrobielle Gemeinschaft in der geothermischen Anlage hin, die durch die Bildung von Biofilmen unter Umständen zu Störungen in der Anlage beitragen kann.