

Die Speicherung von Wärme in oberflächennahen Grundwasserleitern besitzt ein großes Potential zur Verringerung des Bedarfs an fossilen und nuklearen Energieträgern. Aktuelle Forschungsergebnisse geben Hinweise darauf, dass solche Verfahren zukünftig vermutlich in einem weit größeren Maße sinnvoll genutzt werden können als bisher.

## Geochemische Beeinflussungen des Grundwassers durch Wärmespeicherung

TEXT: Ralf Köber, Cordula Dörr, Klas Lüders, Nicolas Koproch, Dirk Schäfer & Andreas Dahmke



**Dr. Ralf Köber**  
Dipl.-Geologe

Leiter des Geotechnikums  
am Institut für Geowissenschaften der Universität Kiel,

Kontakt:  
rk@gpi.uni-kiel.de  
www.gpi.uni-kiel.de



**Cordula Dörr**  
Dipl.-Geologin

Doktorandin am Lehrstuhl  
für Angewandte Geologie  
des Instituts für Geowissenschaften der Universität Kiel

Kontakt:  
dcerr@gpi.uni-kiel.de

Oberflächennahe grundwasserführende geologische Schichten bis 200 m Tiefe eignen sich in vielen Bereichen der BRD für eine geothermische Nutzung oder Wärmespeicherung. Aufgrund des hohen vorliegenden Speicherpotentials besteht hierbei auch die Möglichkeit, Überschussstrom aus Wind- oder Solarenergie in großem Maßstab zu speichern. Verschiedene Standortgegebenheiten oder prinzipielle Vorbehalte können unter den aktuellen Rahmenbedingungen allerdings dazu führen, dass solchen Nutzungen keine Genehmigung erteilt wird. Möglicherweise verhindern hierbei grundsätzlich festgelegte Anforderungen an den Grundwasserschutz, die aber im Einzelfall über das erforderliche Maß hinausgehen können, eine sinnvolle stärkere Nutzung ressourcenschonender und emissionsreduzierender Verfahren wie Geothermie und Wärmespeicherung. Um zukünftig eine differenziertere und gegebenenfalls optimierte Vereinbarung von Grundwasserschutz mit Geothermie und Wärmespeicherung zu ermöglichen, sind nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik noch verschiedene Entwicklungsschritte erforderlich. Hierzu gehören z.B. die Parametrisierung des Temperatureinflusses auf bestimmte Prozesse, quantitative Auswirkungsprognosen, sowie Erfahrungen aus Pilot- und Feldanwendungen. Innerhalb des BMBF-Leuchtturmprojekts ANGUS+ werden u.a. hierzu wesentliche Beiträge erarbeitet, die im Folgenden an drei Beispielen erläutert werden.

So werden als erstes Beispiel z.B. Erdwärmesonden (EWS) in zur Trinkwassergewinnung genutzten Grundwasserleitern in den meisten Fällen erst ab Abständen von 1000 m zu Förderbrunnen genehmigt, um im Falle des Ausretens der Wärmeträgerflüssigkeit (WTF) aus einer EWS einen ausreichend großen Sicherheitsabstand zu garantieren. Diese eventuell mit sehr hohen Sicherheitsfaktoren festgelegten Abstände wurden im Wesentlichen aus Mangel an Informationen über das quantitative Ausbreitungsverhalten der in der WTF enthal-

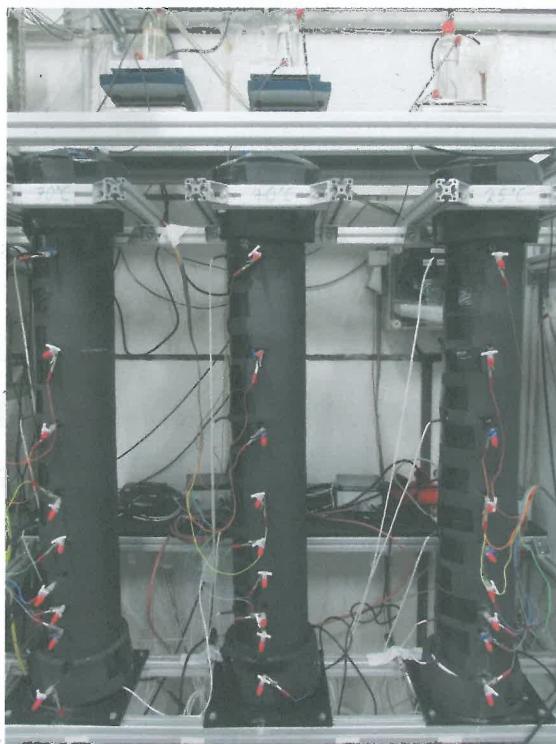
tenen Substanzen festgelegt. Im Rahmen von ANGUS+ durchgeführte Modellsimulationen, die eine Begrenzung der Ausbreitung für die wichtigsten WTF-Inhaltsstoffe durch Sorption und mikrobiellen Abbau berücksichtigen, zeigen, dass für viele häufig auftretende Randbedingungen bereits Abstände von 100-200 m ausreichen können, um diese Substanzen im Falle einer Leckage in erforderlichem Maße aus dem Grundwasser zu entfernen.

Ein zweites Beispiel besteht bei vorliegenden organischen Grundwasserkontaminationen, da in solchen Fällen grundsätzlich eine Erhöhung der Schadstofffracht im Grundwasser als Folge der Aquifererwärmung befürchtet und eine Grundwassererwärmung i.d.R. nicht genehmigt wird. Die bei einer Temperaturerhöhung resultierende Schadstofffracht wird jedoch durch eine Reihe temperaturabhängiger Parameter bzw. Prozesse beeinflusst, für die die einzelnen Temperatureffekte teilweise noch unbekannt und teilweise auch entgegengesetzte oder nicht-stetige Auswirkungen auf die Schadstofffracht haben (z.B. Löslichkeit, Viskosität, Diffusion, Abbaubarkeit, Schadstoff-Wasser-Kontaktfläche), sodass eine Erwärmung für bestimmte Konstellationen auch zu einer Frachtreduzierung führen kann. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen z.B., dass die Löslichkeit des am häufigsten auftretenden organischen Grundwasserkontaminanten Trichlorethylen (TCE) nicht wie weithin angenommen stetig mit der Temperatur steigt, sondern ausgehend von einer typischen Grundwassertemperatur von 10 °C bei einer Erwärmung zunächst bis zu einem Minimum bei ca. 35 °C sinkt und erst ab Temperaturen von über 65 °C höhere Löslichkeiten als bei 10 °C erreicht werden. Entsprechende differenzierte Betrachtungen oder synergetische Kombinationen von Grundwassererwärmung und -sanierung werden bisher noch nicht genutzt.

Auch die vorsorgliche Begrenzung der Grundwassererwärmung um wenige Grad Celsius aus Befürchtung nachteiliger geochemischer und

mikrobieller Veränderungen des Aquifers, kann als weiteres Beispiel gesehen werden. Um mögliche Auswirkungen von Minerallösungen oder -fällungen, Desorptionsprozessen oder einer Gasphasenbildung standortspezifisch quantifizieren und bewerten zu können, werden aktuell Testverfahren entwickelt und an unterschiedlichen Aquifersedimenten erprobt (Abbildung 1). Die bisherigen Ergebnisse verdeutlichen, dass eine Erwärmung bis auf 25 °C im Wesentlichen zu keinen geochemischen Veränderungen führt. Erst bei Temperaturen von 40 °C und darüber treten Änderungen in nennenswertem Umfang auf, die auf Karbonatausfällungen, Lösung von Silikaten und die Ausgasung zuvor gelöster Gase zurückzuführen sind. Diese Prozesse stellen im Allgemeinen jedoch keine negativ zu bewertende Veränderung der Grundwasserzusammensetzung dar. In Abhängigkeit des verwendeten Sediments können erhöhte Temperaturen auch zu einer Freisetzung einzelner Spurenelemente sowie Schwer- und Halbmetalle führen, die in den untersuchten Fällen jedoch auf ein unkritisches Niveau beschränkt blieb. Bei Temperaturen von 70 °C kam es allerdings bei mehreren Sedimenten auch zu einer vorübergehenden grenzwertüberschreitenden Arsenfreisetzung. Anhand bisheriger Untersuchungen ist nicht davon auszugehen, dass Temperaturerhöhungen auf 40 oder 70 °C grundsätzlich zu negativen Veränderungen führen, sondern nur in einzelnen Fällen, die sich jedoch mithilfe geeigneter Voruntersuchungen identifizieren lassen.

Die genannten Beispiele weisen darauf hin, dass verschiedene Aspekte, die bisher als Einschränkung oder sogar Ausschlusskriterium für die Nutzung von grundwassererwärmenden Verfahren zur ressourcenschonenden und emissionsreduzierenden Energiegewinnung oder Speicherung gesehen werden, einer differenzierten Betrachtung bedürfen. Um die Anwendungen solcher Verfahren in sinnvollem Maße ausweiten zu können und gleichzeitig den erforderlichen Grundwasserschutz weiterhin aufrecht zu erhalten, sind neben der Entwicklung und Anwendung labormaßstäblicher und numerischer Untersuchungen auch Erfahrungen aus Pilot- und Feldversuchen zur Überprüfung der Übertragbarkeit erhobener grundlegender Kenntnisse auf reale Systeme erforderlich. ♦



▲ *Temperierte Durchströmungsversuche mit Quantifizierung der gebildeten Gasphase und räumlich aufgelöster Untersuchung geochemischer und geophysikalischer Änderungen.*



**Klas Lüders**  
BSc Geowissenschaften,  
Doktorand am Lehrstuhl für  
Angewandte Geologie des  
Instituts für Geowissenschaften der Universität Kiel  
Kontakt:  
khebbeln@gpi.uni-kiel.de



**Nicolas Koproch**  
MSc Geowissenschaften  
Doktorand am Lehrstuhl für  
Angewandte Geologie des  
Instituts für Geowissenschaften der Universität Kiel  
Kontakt:  
niko@gpi.uni-kiel.de



**Dr.-Ing. Dirk Schäfer**  
Dipl.-Ingenieur  
Privatdozent am Lehrstuhl  
für Angewandte Geologie  
des Instituts für Geowissenschaften  
Kontakt:  
ds@gpi.uni-kiel.de



**Prof. Dr. Andreas Dahmke**  
Dipl.-Geologe  
Leiter des Lehrstuhls für  
Angewandte Geologie des  
Instituts für Geowissenschaften der Universität Kiel  
Kontakt:  
ad@gpi.uni-kiel.de



FRITZ  
Technik GmbH & Co. KG



FRITZ  
Planung GmbH

### Ihr Generalplaner für den Energiemix der Zukunft



**Ihr kompetenter Partner in allen Fragen der...**

- Nutzung erneuerbarer Energien mit dem Schwerpunkt Geothermie
- Geologie / Hydrogeologie / Baugrund
- Umwelttechnik
- Hoch- und Tiefbaumaßnahmen (HOAI 1-9)

**Unser Leistungsumfang:**

- Machbarkeitsstudien
- Bearbeitung der gesamten Genehmigungsverfahren
- Gesamtplanung geothermischer Anlagen
- Komplettlösungen für Energie-, Heiz- und Klimatechnik
- Geothermische Reservoirmodellierung
- Tiefbohrplanungen

Fritz Planung GmbH • Am Schönblick 1 • 72574 Bad Urach / Germany  
Fritz Technik GmbH & Co. KG • Wöhlerstraße 1-3 • 79108 Freiburg / Germany  
www.fritz-planung.de