

## **Vorstellung eines aktuellen Forschungsvorhabens zur hydrogeologischen Charakterisierung des Malm als tiefer Grundwasserleiter**

**Michael Schneider<sup>(1)</sup>, Achim Schubert<sup>(2)</sup>, Thomas Baumann<sup>(3)</sup>, Franz Böhm<sup>(2)</sup>, Ulrich Steiner<sup>(1)</sup>, Christina Mayr<sup>(3)</sup>**

FU Berlin, Arbeitsbereich Hydrogeologie<sup>(1)</sup>, Erdwerk GmbH<sup>(2)</sup>, Institut für Wasserchemie und Chemische Balneologie der TU München<sup>(3)</sup>

**Keywords:** Malm, Grundwasserdynamik, Hydrogeologie, Lithofazies, Strukturgeologie, Hydrochemie

### **Zusammenfassung**

Die Grundwasserdynamik tiefer Grundwasserleitersysteme wird insbesondere auch von thermischen, hydrogeochemischen und geologischen Parametern gesteuert.

Das vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (*BMU*) geförderte Verbundvorhaben „Wissenschaftliche und technische Grundlagen zur strukturgeologischen und hydrogeologischen Charakterisierung tiefer geothermisch genutzter Grundwasserleiter am Beispiel des süddeutschen Molassebeckens“ untersucht beispielhaft den Malm als tiefen Grundwasserleiter im süddeutschen Raum im Hinblick auf seine hydrothermale Erschließung. Für entsprechend angepasste Explorations-, Bohr- und Betriebskonzepte einzelner Anlagen sind fundierte Kenntnisse des tieferen Grundwassersystems ebenso Voraussetzung wie für die Bemessung von Erlaubnis- und Bewilligungsfeldern.

Unterschiedliche geowissenschaftliche Methoden und integrierte Untersuchungsstrategien werden in diesem Vorhaben im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit bei der geothermischen Exploration untersucht und weiterentwickelt. Die Ergebnisse sollen einen methodischen Beitrag liefern für die Erstellung hydrogeologischer und numerischer Strömungsmodelle, zur standardisierten Erhebung hydrogeologischer und geothermischer Parameter und eine optimierte Bewertung des geologischen Fündigkeitsrisikos im Hinblick auf eine nachhaltige Nutzung tiefer hydrothermalen Ressourcen.

### **1. Einleitung**

Die günstigen Bedingungen für die hydrothermale Exploration des Malm im Süddeutschen Molassebecken haben in den letzten Jahren dazu geführt, dass zahlreiche geothermische Bohrungen im Raum München abgeteuft wurden. Waren es im Jahr 2003 noch 5, sind es im Jahre 2009 bereits mehr als 24 die in Betrieb sind, zur Zeit niedergebracht werden oder sich konkret in Planung befinden. Die Intensivierung der Explorationsaktivitäten führt nicht nur dazu, dass zunehmend zur Verfügung stehende Daten neue hydrogeologische Kenntnisse liefern und damit sukzessive die Erschließungsstrategien überarbeitet werden, sondern dass der Malm zunehmend als großräumiges Reservoir mit einem entsprechenden Management betrachtet werden muss.

Der tiefe Malm stellt sich für die hydrothermale Erschließung als Grundwasserleitersystem mit einem komplexen Zusammenspiel aus Karst-, Poren- und Kluftgrundwasserleiter dar. Für eine bessere hydrogeologische Charakterisierung sind grundlegende geologische Kenntnisse wie Strukturgeologie (Störungsgenese, -geometrie, Schichtversatz), Lithologie und Fazies (Ablagerungsraum, Diagenese), Hydrogeochemie (Mineralisation, Gasgehalt, Ursprung der Wässer) sowie die Hydraulik (Durchlässigkeiten und Schüttungsmenge) nötig.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (*BMU*) fördert im Rahmen eines F&E Projektes die Erarbeitung wissenschaftlicher und technischer Ansätze zur geothermischen Bewertung und Nutzung tiefer Grundwasserleiter am Beispiel des Malmaquifers des süddeutschen Molassebeckens.

Die Ergebnisse des Projektes sollen im Einzelnen dazu dienen

- Grundlagen für numerisch-hydrogeologische Modelle bereitzustellen,
- hydrogeologische und geothermische Parametererhebung zu standardisieren,
- Grundlagen für eine verbesserte Bewertung des geologischen Fündigkeitsrisikos zu liefern, und die
- Bemessungsgrundlagen für eine investitionssichere, wirtschaftliche und nachhaltige Nutzung zu schaffen.

## 2. Modellansatz

Im Rahmen des Projektes werden zunächst Parameter aus verschiedenen Disziplinen erarbeitet und in einem numerisch geologischen Modell umgesetzt. Eine hydraulisch thermische Simulation der durchgeführten Pumpversuche soll anschließend das geologische Modell verifizieren und ggf. in einem iterativen Prozess verbessert und angepasst werden.

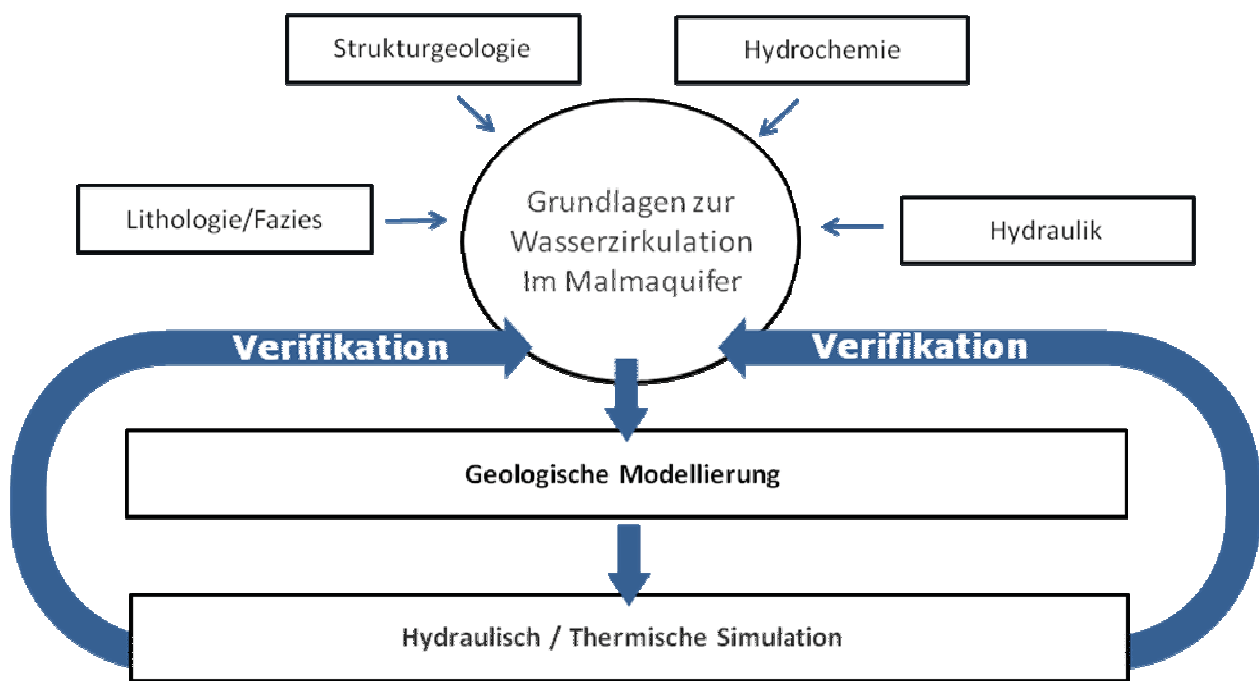


Abb. 1: Modellansatz zur Erfassung der Grundlagen zur Wasserzirkulation am Beispiel des Malmaquifers. Parameter aus den Disziplinen Strukturgeologie, Lithofazies, Hydrochemie und Hydraulik fließen in ein numerisch geologisches Modell ein, das in einem iterativen Prozess über hydraulische/thermische Simulation verifiziert wird.

### 2.1 Strukturgeologie

Störungen gelten bisher im Malm als das primäre Erschließungsziel. Ob eine Bohrung eine Störung tatsächlich durchteuft hat ist aber meist nur indirekt, nämlich über den Abgleich unterschiedlicher Bohrungsinformationen zu erkennen. Neben den direkten Indikationen wie Spülungsverlusten können geophysikalische Daten wie Seismik und Imagelogs hinzugezogen werden.

Die Vektorplot Darstellung basiert auf der Interpretation von Schichtflächen aus dem Imagelog und zeigt die Veränderung des Schichteinfallens (Azimut) über den Verlauf des Bohrlochs beginnend im Bohrlochtiefsten an. Ein überwiegend gerader Verlauf zeigt dementsprechend eine parallele Lagerung. Ein deutlicher Richtungswechsel dagegen wird generell als gestörte Lagerung, die auf

eine durchteufte Störung hinweist, gedeutet. Für Malmbohrungen sind Spülverluste charakteristisch die sowohl an Störungsindikationen gebunden sind, als auch schichtparallel auftreten können.

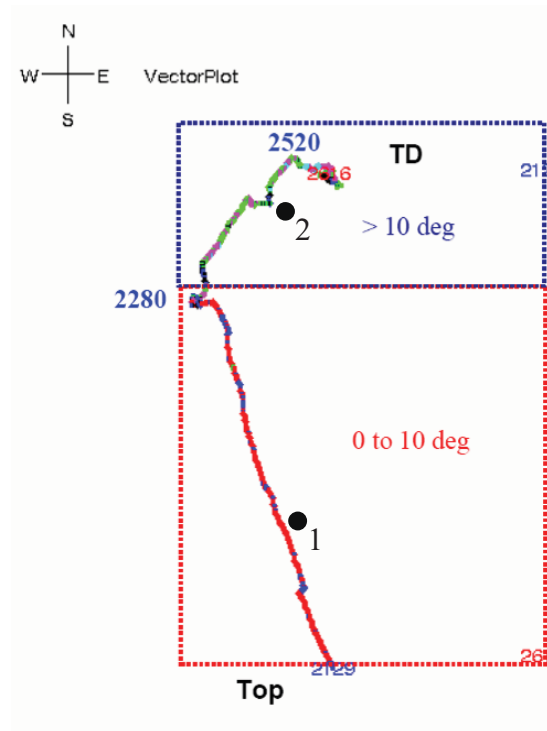


Abb. 2: Vektorplot einer Malmbohrung (vgl. Text); TD (Total Depth): Bohrlochtiefe, Top: Oberkante Malm; Punkt 1 bezeichnet die Tiefe in der Spülverluste schichtparallel aufgetreten sind; der Richtungswechsel der Kurve bei 2280 und 2520 sind Störungsindikationen und deutet auf durchteufte Störungen hin; der Wechsel bei Punkt 2 ist aufgrund des Imaglogs auf eine lithofaziellen Änderung zurückzuführen. Die Farbcodierung der Kurve zeigt die Klassifizierung der Einfall Werte (Dip) zwischen  $0^{\circ}$  und  $10^{\circ}$  im Hangenden und größer  $10^{\circ}$  im Liegenden.

## 2.2 Lithologie/Fazies

In dem Zusammenspiel aus Karst-, Poren- und Kluftgrundwasserleiter kann die Matrixporosität eine zentrale, z.T. limitierende Größe in der Bereitstellung des benötigten Thermalwasservolumens darstellen. Ohne eine Anbindung von Störungs- bzw. Kluftsystemen oder Verkarstungen an eine entsprechend große Matrixporosität im Hintergrund ist die hydraulische Aktivität dieser als gering zu bewerten.

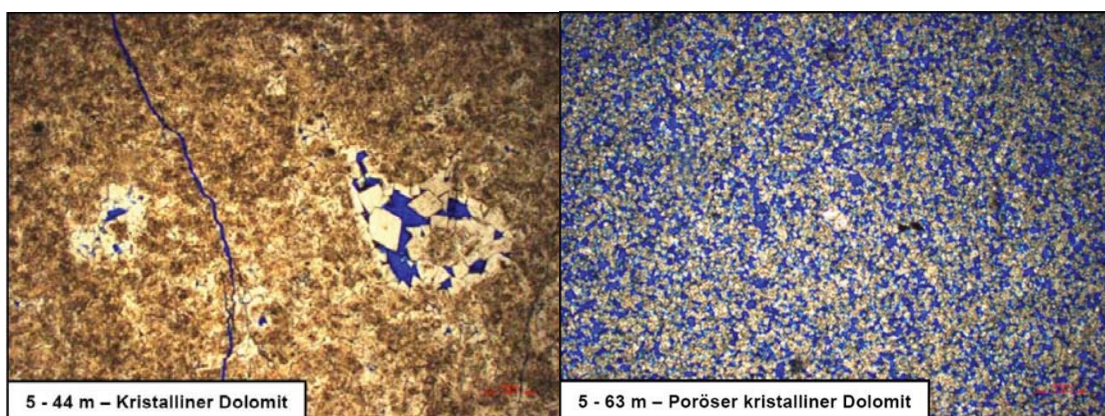


Abb. 3: Dünnschliffe aus Kernproben des Malm, die offenen Poren wurden blau eingefärbt. Links ist ein kristalliner Dolomit mit Drusen und Kluft mit sehr geringer Porosität, rechts dagegen einer mit deutlich erhöhter dargestellt.

Ein entscheidender Prozess zur Generierung von Porosität der Malmkarbonate ist die Dolomitisierung. Für die hydrogeologische Betrachtung empfiehlt sich eine Unterteilung des Malm in zwei Grossfaziesbereiche mit einer geringer dolomitierten Bankfazies mit erhöhtem Tonanteil und einer stärker dolomitierten Massen/Rifffazies.

### 2.3 Hydrochemie

Die Hydrochemie kann zur Beschreibung der Tiefenwasserzirkulation des Malm wesentlich beitragen. Mit ca. 60 Thermalwasseranalysen, ca. 20 Quantitative Gasanalysen, ca. 15 Bestimmungen stabiler Isotopen sind Aussagen zur Genese des Thermalwassers sowie der Quellgase und die Quantifizierung der Entgasungsprozesse möglich. Neben der Erweiterung der Datengrundlage zielen die Untersuchungen auf eine Verbesserung des Systemverständnisses hydrogeochemischer Prozesse und eine Prognose des Auftretens von Schwefelwasserstoff im Quellgas im Hinblick auf Sicherheit und Korrosion.

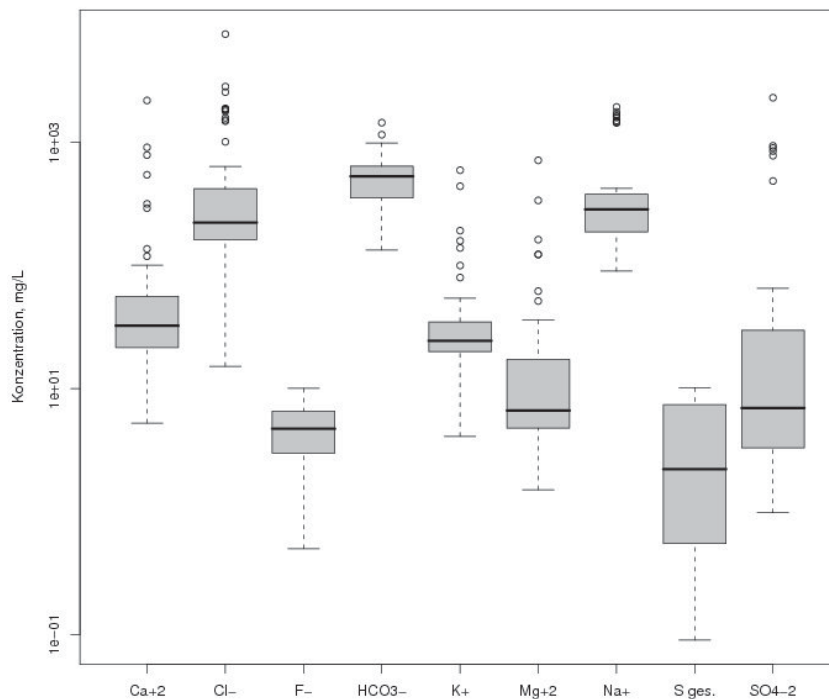


Abb. 4: Varianz der Hauptinhaltsstoffe des Thermalwassers in den untersuchten Proben.

Die Thermalwasserzusammensetzung zeichnet die Geologische Position von reinen Malmwässern am Beckenrand, bzw. von einer Beeinflussung durch Infiltration von Wässern aus liegenden und hangenden Formationen im Beckenzentrum nach. Im Zentrum zeichnen sich die Wässer durch eine hohe Variabilität in der Zusammensetzung aus, Artefakte durch Stimulation der Bohrungen halten lange an.

Die Entgasungsprozesse im Bohrloch können mit dem Strip-Effekt beschrieben werden, d.h. die am schlechtesten löslichen Gase bestimmen den Zeitpunkt der Entgasung. Die Zusammensetzung und Menge des Quellgases variiert regional und lokal, auch innerhalb eines Messstandortes. Zur Klärung der H<sub>2</sub>S-Genese wurden <sup>34</sup>S-Isotope untersucht. Erste Ergebnisse deuten auf thermophile Sulfatreduktion oder Sulfatreduktion durch Methan hin.

### **3. Ausblick**

Das weitere Arbeitsprogramm des Projektes sieht die Umsetzung der bisherigen Erkenntnisse der einzelnen Disziplinen in Parameter vor, und deren Überführung in ein numerisch geologisches Modell mit anschließenden Simulationen. Die bisherigen Ergebnisse müssen gleichzeitig anhand von nicht vollständig gesichtetem Archivmaterial und neuen Bohrungen verifiziert und verfeinert, und gegebenenfalls revidiert werden.

### **Quellenangaben**

Prof. Dr. Michael Schneider, Malteserstr. 74-100, Gebäude B, 12249 Berlin  
[mschn@zedat.fu-berlin.de](mailto:mschn@zedat.fu-berlin.de)