

Effektivität von Säuerungsmaßnahmen an Geothermiebohrungen in der bayerischen Molasse

Sandra Schumacher und Rüdiger Schulz

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik

Keywords: Molasse, Bayern, Säuerung

Zusammenfassung

In den letzten Jahren wurden in der bayrischen Molasse zahlreiche neue Geothermiebohrungen abgeteuft. Da der Zielaquifer dieser Bohrungen in Kalkstein angesiedelt ist, wurden in vielen Fällen nach Abschluss der Bohrarbeiten Säuerungsmaßnahmen durchgeführt, um die Produktivität der Bohrungen zu erhöhen. Durch das Einbringen großer Mengen an vor allem Salzsäure in die Bohrungen sollten neue Wegsamkeiten geschaffen, vorhandene Wegsamkeiten erweitert und insgesamt der Anschluss an das Reservoir verbessert werden.

In dieser Studie wird die Effektivität dieser Säuerungsmaßnahmen untersucht. Dafür werden die durch die Säuerung erzielten Verbesserungen der Produktivität u.a. mit der verwendeten Säuremenge korreliert.

Bei der Analyse der Daten von vierzehn Bohrungen zeigt sich, dass insbesondere die erste Säuerung zu einer Verbesserung der Produktivität führt. Weitere Säuerungen weisen eine sukzessive geringere Effektivität auf und resultieren in einigen Fällen sogar in einer Abnahme der vorher erzielten Produktivität. Dies deutet darauf hin, dass der primäre Effekt der Säuerungsmaßnahmen in einer Reinigung des Bohrlochs nach der Bohrung liegt und ein Entstehen bzw. Erweitern von Wegsamkeiten nur eine äußerst untergeordnete Rolle spielt.

1. Einleitung

Im Bereich der bayrischen Molasse und dort insbesondere im Großraum München sind in den letzten Jahren zahlreiche neue geothermische Anlagen geschaffen worden. Dies liegt vor allem an den günstigen geologischen Voraussetzungen.

Der in der Molasse auftretende Malm (Oberer Jura) stellt einen hervorragenden Aquifer für die hydro-geothermische Nutzung dar. Aufgrund der Kalksteine und Dolomite dieser Formation und der anzutreffenden Verkarstung sind gute hydraulische Eigenschaften und Anbindungen der Bohrungen an das Reservoir zu erwarten. Des Weiteren führt die Tiefenlage des Top Malm von bis zu 3500 m im Großraum München dazu, dass die Temperaturen der Wässer im Malms um oder sogar über 100 °C liegen; damit ist nicht nur die Wärmergewinnung sondern sogar die Verstromung möglich. Viele der Bohrungen wurden im Anschluss an den Bohrprozess gesäuert, um die hydraulischen Eigenschaften zu verbessern. Hierfür wurde hauptsächlich Salzsäure eingesetzt, die die vorhandenen Kalksteine und Dolomite effektiv lösen kann. In einigen Fällen wurden allerdings auch Beimischungen von Zitronen- und Essigsäure verwendet.

In einer Studie wurde untersucht, wie effektiv die Säuerungsmaßnahmen die hydraulischen Eigenschaften der Bohrungen verbesserten. Dafür wurden Pumptestdaten von 14 Bohrungen aus

der bayerischen Molasse zu Grunde gelegt und auch Parameter wie die verwendete Säuremenge bzw. –konzentration sowie Unterschiede in der Pumptestdurchführung berücksichtigt.

2. Theorie

Um den Ertrag einer Bohrung einschätzen zu können, wird häufig der Produktivitätsindex PI als Maßstab verwendet.

Es gilt:

$$PI = \frac{Q}{s}$$

mit der Schüttung Q und der Absenkung s .

Für 14 Bohrungen in der bayerischen Molasse wurde der PI anhand von Pumptests vor und nach dem Säuern der jeweiligen Bohrung bestimmt. Die hierbei auftretende Veränderung des PI s wurde bestimmt.

Um den unterschiedlichen Säuremengen und Konzentrationen Rechnung zu tragen, die bei den Säuerungen eingesetzt wurden, wurden die Konzentrationen gegebenenfalls auf 15 % HCl umgerechnet und anschließend die Veränderung des PI mit dem Ergebnis normiert. Dadurch konnte die PI -Verbesserung pro Kubikmeter 15 % HCl bestimmt werden.

Eine weitere notwendige Datenkorrektur wurde durch die unterschiedlichen Pumpraten während der Teste erforderlich. Da die Absenkung mit steigender Schüttung überproportional ansteigt, sinkt der PI bei steigender Schüttung. Um die Vergleichbarkeit der PI s einer Bohrung zu gewährleisten, musste dies bei der Auswertung berücksichtigt werden. Dafür wurden Pumptest analysiert, die bei gleichem Säuerungszustand einer Bohrung aber bei unterschiedlichen Pumpraten gefahren wurden. Aufgrund der geringen Datenlage konnte der Abfall des PI mit steigender Schüttung häufig nur mit Hilfe einer linearen Gleichung beschrieben werden. Aus den Steigungen dieser Gleichungen, die für die einzelnen Bohrungen und auch die einzelnen Säuerungsstufen variierten, wurde ein Mittelwert gebildet, der zur Korrektur aller Datensätze eingesetzt wurde. Auf diese Weise wurde der PI für alle Bohrungen auf eine Schüttung von 10 l/s umgerechnet.

3. Resultate

Die Datenanalyse zeigt, dass das Säuern einer Bohrung den PI z.T. deutlich verbessern kann. Allerdings sinkt die Effektivität des Säuerns mit steigender Anzahl der Säuerungen, so dass für einige Bohrungen mit einer großen Anzahl von Säuerungen ein Verhalten zu beobachten ist, dass als annähernd asymptotisch beschrieben werden kann (Abbildung 1).

In Abbildung 1 ist die Verbesserung des PI s mit zunehmender Säuerung dargestellt. Die Verbesserung bezieht sich hierbei auf den Anstieg des PI s im Vergleich zur unmittelbar vorhergehenden Säuerungsstufe. Da für Bohrung A keine Pumptestdaten für die ungesäuerte Bohrung vorlagen, konnte die Verbesserung durch die erste Säuerung nicht ermittelt werden.

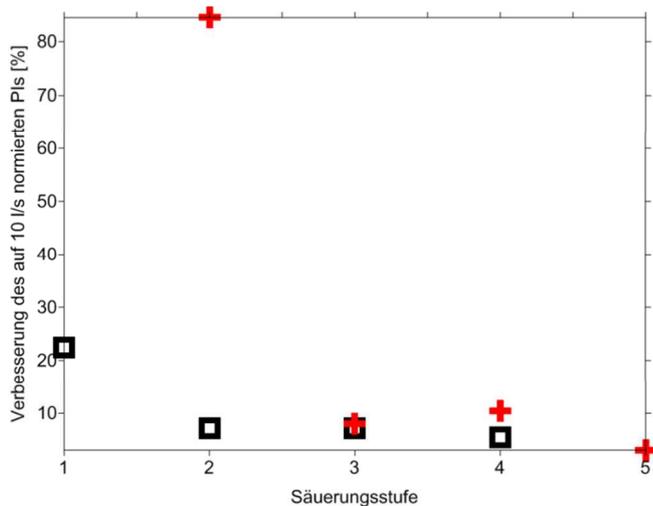


Abb. 1: Verbesserung des PIs mit zunehmender Säuerung. Rot: Bohrung A, Schwarz: Bohrung B.

Weitere Analysen ergaben, dass für einige Bohrungen fortgesetztes Säuern sogar zu einer Verschlechterung des Produktivitätsindex geführt hat. Diese Beobachtung traf für 4 von 14 betrachteten Bohrungen zu. Insgesamt gesehen gilt auch für diese Bohrungen, dass Säuerungen den Produktivitätsindex verbessern. Allerdings zeigen diese Fälle, dass es günstiger sein kann, die Stimulationsmaßnahmen nach nur einer oder maximal einer zweiten Säuerung zu beenden.

Es kann festgehalten werden, dass das Säuern einer Bohrung zu einer deutlichen Verbesserung des Produktivitätsindex führt, dass aber die erste Säuerungsmaßnahme den größten Effekt zeitigt. Dies kann dadurch erklärt werden, dass das Säuern im Normalfall nicht wie erhofft, zu einer besseren Anbindung der Bohrung an vorhandene Wegsamkeiten oder sogar deren Schaffung führt, sondern lediglich die Reste der Bohrspülung entfernt. Fortgesetztes Säuern führt zu einer Vergrößerung des Bohrlochdurchmessers und kann damit den Produktivitätsindex noch positiv beeinflussen, wenn auch in geringem Maße. Teilweise ist sogar ein Rückgang des Produktivitätsindex zu beobachten. Die Ursache hierfür ist unbekannt, so dass auch keine Aussage darüber möglich ist, welche Bohrungen Gefahr laufen, durch fortgesetztes Säuern einen Teil ihrer gewonnenen PI-Verbesserung wieder einzubüßen.

4. Literatur

SCHUMACHER, S., & SCHULZ, R.: Effectiveness of acidizing geothermal wells in the South German Molasse Basin; eingereicht bei Geothermics, 2011

Sandra Schumacher, Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Stilleweg 2, 30655 Hannover
Sandra.schumacher@liag-hannover.de