

Modellsimulation gekoppelter Vorgänge beim Wärmeentzug aus heissem Tiefengestein

Doctoral Thesis

Author(s):

Kohl, Thomas

Publication date:

1992

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000668331>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

**MODELLSIMULATION GEKOPPELTER VORGÄNGE
BEIM WÄRMEENTZUG AUS HEISSEM TIEFENGESTEIN**

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von
THOMAS KOHL
Dipl.Geophys.
Universität Karlsruhe

geboren am 18. Juli 1960
von Jestetten (Deutschland)

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. L. Rybach, Referent
Dr. R.J. Hopkirk, Korreferent
Prof. Dr. K. Kovári, Korreferent
Prof. Dr. St. Müller, Korreferent

ZUSAMMENFASSUNG

Durch das Hot Dry Rock (HDR) Verfahren soll geothermische Energie zur Stromproduktion und Fernwärmenutzung aus geklüftetem, heissen Tiefengestein gewonnen werden. Mit dieser Arbeit wird versucht durch Computersimulationen Einsicht in die unterschiedlichen physikalischen Prozesse zu gewinnen, die das HDR Reservoir während eines Langzeitbetriebes bestimmen. Die Grundlage dafür bietet das zu diesem Zweck neu entwickelte, dreidimensionale Finite Element Programm *FRACTure*. Es lässt sich zur Modellierung gekoppelter hydraulischer, thermischer und mechanischer Prozesse einsetzen, die für erzwungene Strömung in geklüftetem Gestein relevant sind. Insbesondere werden die Auswirkungen von linear elastischen Temperatur- und Porendruckeffekten in der Matrix und von einem nicht-linearen Rissöffnungsgesetz auf die hydrothermischen Prozesse berechnet.

Die Bedeutung des Einflusses des festen Gesteins auf die Produktionsrate und den Wärmeentzug wird in einer ersten umfassenden Simulation eines einfachen HDR-Systems deutlich. Obwohl die Kopplung zwischen den drei Prozessen bislang nur in 2D implementiert ist, zeigen die Ergebnisse, welche Veränderungen in den hydraulischen Eigenschaften durch den Rissinnendruck wie auch durch thermoelastische und poroelastische Verformungen in der festen Matrix hervorgerufen werden. Im Gegensatz zu einfachen linearen Modellen, können durch diese Simulationen mehrere Effekte erklärt werden, die in den existierenden Messungen aufgetreten sind.

ABSTRACT

The Hot Dry Rock (HDR) concept is conceived for heat extraction from hot fractured rock. The study herein examines the behaviour of different physical processes by computer simulations for long term prediction of HDR reservoir performance. For this purpose the new 3-dimensional Finite Element code *FRACTure* has been developed. *FRACTure* can be used for the simulation of coupled hydro-thermo-mechanical processes that are considered to be relevant for forced fluid flow through fractured rock. Particular attention is paid to modelling the perturbations arising from linear elastic temperature and pore-pressure effects in the matrix and of a non-linear joint closure law on hydro-thermal processes.

The significance of the effect of changes in solid rock, temperature and pore pressure on production rate and on heat extraction is clarified for a HDR system of a simple geometry. Although the coupling between the three processes is satisfactory implemented only in 2D, the results show the order of magnitude of the changes in the hydraulic properties that are caused by changes in hydraulic pressure in the fracture as well as by thermo- and poro-elastic strain in the solid matrix. In contrast to simple hydraulic models these simulations can explain several effects that are evident in the existing datasets from HDR sites.