

DINaF

Discrimination of Induced and Natural Fractures in Deep Bo-reholes

Programm / Ausschreibung	Bridge, Bridge - ÖFonds, 33. Ausschreibung BRIDGE 1 (Ö-Fonds 2019)	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.09.2021	Projektende	31.08.2024
Zeitraum	2021 - 2024	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	Fracture mechanics; stress; reservoir characterization; geomechanics;s;		

Projektbeschreibung

Natürliche Kluftnetzwerke sind entscheidend für die geologische Bewertung von Lagerstätten und Grundwasserleitern, da sie die Beschaffenheit des Untergrunds stark beeinflussen. Insbesondere die Durchlässigkeit des Untergrundes für Flüssigkeiten oder Gase wird maßgeblich von Klüften bestimmt. Entsprechend groß ist daher das Bestreben in der aufsuchenden Rohstoff- und Energieindustrie diese Klüfte genau zu charakterisieren. Die geologische Erkundung des Untergrunds erfolgt routinemäßig durch Bohrungen und diverse in-situ Messungen. Mit Hilfe von Scans der Bohrlochwand und mit Bohrkernen können natürliche Kluftnetzwerke erfasst und deren räumliche Vernetzung hochauflösend quantifiziert werden.

Ein gravierendes Problem bei der Beschreibung von natürlichen Klüften ist, dass durch den Bohrprozess auch neue Brüche entstehen, die mit dem natürlichen Kluftsystem verwechselt werden können. Diese induzierten Klüfte können sich in unterschiedlicher Weise auf die Eigenschaften des Reservoirs und auf die Bohrung selbst auswirken. So können Bohrlochinstabilitäten und Bohrspülungsverluste die Folge von sich unkontrolliert ausbreitenden induzierten Klüften sein. Die Unterscheidung von natürlichen und induzierten Klüften ist daher sowohl für die geologische als auch die geomechanische Charakterisierung des Untergrunds relevant und damit für alle Industriezweige von Bedeutung, die die Speichereigenschaften des geologischen Untergrundes nutzen um natürliche Ressourcen zu fördern oder zu speichern (Öl- und Gasindustrie, Geothermie, CO₂ Sequestrierung, Erdgasspeicher, kommunale Grundwasserversorger, etc.).

Ein besseres Verständnis der Entstehung von induzierten Klüften und ihrer Wechselwirkung mit bereits vorhandenen natürlichen Brüchen kann durch numerische Vorwärtsmodellierung gewonnen werden. Für dieses Problem gibt es verschiedene Techniken, wobei der vielversprechendste Ansatz darin besteht, die Distinkt Element Methode für das Bohrloch umgebende Gesteinsvolumen und einen kontinuierlichen numerischen Ansatz für das Fernfeld-Spannungsfeld zu verwenden. Eine realistische Bruchausbreitung erfordert jedoch eine hydromechanische Kopplung, die in diskontinuierlichen numerischen Modellen eine gewaltige Aufgabe darstellt, insbesondere in drei Dimensionen. Obwohl kommerziell erhältliche Software zur Modellierung von Fracking-Operationen in großem Maßstab vorhanden ist, können Details der Bruchgeometrie in der Nähe des Bohrlochs mit aktuellen Ansätzen nicht aufgelöst werden.

Im beantragten Projekt stehen die folgenden Ziele im Vordergrund:

- 1) Anhand vergleichender Analysen von Abbildungen der Bohrlochwand (Borehole Image Logs) und Bohrkernen werden

systematische Kriterien zur Unterscheidung von induzierten und natürlichen Klüften erarbeitet. Der aktuelle Stand der Technik zur Unterscheidung ist unzureichend.

2) Die Entstehung von induzierten Klüften und deren Interaktion mit dem natürlichen Kluft-system wird erforscht. Mittels 3D Distinkt Element Methoden Modellierung werden mechanische Prozesse im Bohrloch exakt nachgebildet.

3) Durch Integration der bruchmechanischen Erkenntnisse mit dynamischen Bohrdaten sollen die Auswirkungen von induzierten Klüften auf den Zustand von Bohrungen, insbesondere die Relevanz für Bohrlochstabilität und Spülverluste, untersucht werden.

Für die Erreichung dieser Ziele wird ein Datensatz eines wissenschaftlichen Bohrprogramms verwendet, der in Umfang und Vollständigkeit einzigartig ist. Die systematische Auswertung dieser Daten, verbunden mit modernster numerischer Modellierung, wird neue Einblicke in die Mechanik der Entstehung von bohrungs-spezifischen Brüchen erlauben.

Abstract

Natural fracture networks are a key element for the geological characterization of reservoirs and aquifers, because of their significant impact on subsurface properties. Especially the rock's permeability for liquids or gas is significantly affected by fractures; accordingly, industries take extensive measures to precisely characterize fractures for the assessment of natural resources. Deep boreholes and in-situ measurements are a standard method for the geological exploration of the subsurface. Scans of the borehole wall and drill core are used to detect fracture networks and to quantify their spatial distribution with high resolution.

Severe problems for the analysis of natural fractures arise from the fact that new, artificial fractures are generated during the drilling process, which can be misinterpreted as natural ones. These so-called induced fractures can have variable effects on the reservoir properties and on the borehole condition itself. Issues of borehole instability or lost drilling circulation can be the consequence of induced fractures that propagate in an uncontrollable fashion away from the borehole. The discrimination of natural and induced fractures is highly relevant for the geological as well as the geomechanical characterization of the subsurface and hence of utmost importance for all industry sectors exploiting the subsurface for the production or storage of natural resources (deep geothermal energy, oil and gas, CO₂ sequestration, gas storage, ground water suppliers, etc.).

A better understanding of drilling induced fractures and their interaction with pre-existing discontinuities, such as natural fractures or bedding planes, can be gained from forward numerical modelling. Several different techniques exist for this problem, where the most promising approach is to use the Distinct Element Method for the rock volume surrounding the wellbore and a continuum numerical approach for the far-field stress field. Realistic fracture propagation requires however hydro-mechanical coupling, which is in discontinuum numerical models a formidable task, in particular in three-dimensions. Although commercially available software exists for modelling large-scale 'fracking' operations, details of the near-well fracture geometry cannot be resolved using current approaches.

The proposed project aims to:

1) Establish systematic criteria for the discrimination of induced and natural fractures, based on comparative analysis of borehole data (so-called borehole image logs) and drill cores. The state-of-the-art of fracture discrimination is insufficient.

2) Investigate the development of induced fractures and their interaction with natural fracture systems. Numerical 3D Distinct Element Method modeling is used to precisely reproduce the mechanical processes acting in the borehole.

3) Study the effects of induced fractures on the borehole condition, particularly the impact on borehole stability and circulation losses. This will be achieved by integrating the study findings on fracture mechanics with dynamic well data.

These goals should be achieved by using a high-quality dataset from a scientific drilling campaign, which is unique in terms

of its extent and completeness. Systematic analysis of this data in conjunction with state-of-the-art numerical modeling will offer new insights into the mechanics of the formation of borehole fractures.

Projektkoordinator

- Universität Wien Department für Geodynamik und Sedimentologie

Projektpartner

- NiMBUC Geoscience OG