

# Alternativer Kluft-Kontinuumsansatz für die explizite Modellierung von Klüften in kristallinen Gesteinen

Ajmal Gafoor<sup>1</sup>, Ulrich Kelka<sup>1</sup>, Christian Müller<sup>1</sup>, Philipp Herold<sup>1</sup>

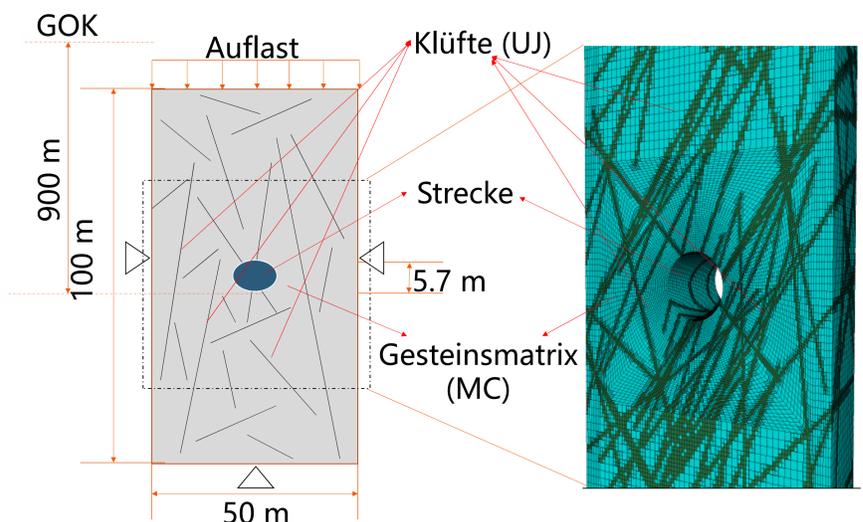
<sup>1</sup>BGE TECHNOLOGY GmbH, Eschenstraße 55, 31224 Peine, DE

## I Einleitung

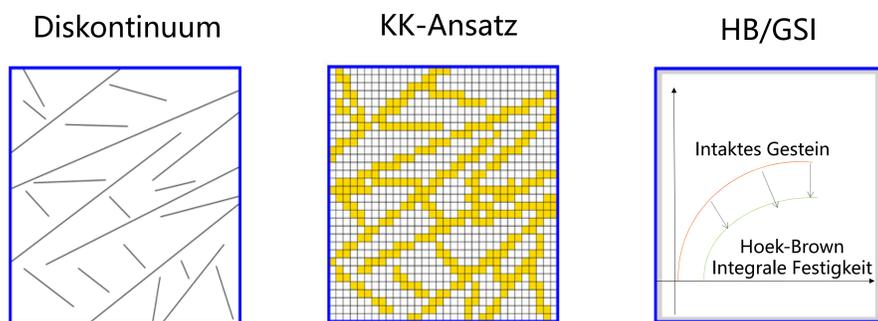
Kristallin wird in Deutschland als potenzielles Wirtsgestein für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle nach dem Standortauswahlgesetz betrachtet. Kristalline Gesteine sind aufgrund vorhandener Diskontinuitäten von Natur aus heterogen und zeigen ein ausgeprägtes anisotropes Materialverhalten. Um einen sicheren Einschluss im Kristallin zu gewährleisten, muss die Integrität und eine entsprechend geringe Permeabilität der geologischen Barriere nachgewiesen werden, sofern ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich (ewG) auszuweisen ist. Verschiedene numerische Ansätze wie Diskontinuumsansätze und Kontinuumsansätze (z.B. Hoek-Brown (HB/GSI) basierte Ansätze) sollen daher für ihre Verwendung bei Integritätsanalysen zur Simulation des THM-Verhaltens beschrieben und getestet werden. Je größer die Modelle bzw. die Anzahl der Klüfte, desto geringer ist üblicherweise die Recheneffizienz der Diskontinuumsansätze. Nachfolgend soll daher ein Kontinuumsansatz vorgestellt werden, der sowohl eine explizite Abbildung von Klüften als auch ein anisotropes Festigkeitsverhalten berücksichtigt.

## III Benchmark Fall: Auffahrung einer Strecke

Ein Benchmark-Modell mit Randbedingungen und Kluftnetzwerk, wie dargestellt, soll den gewählten K-K-Ansatz bewerten. Das Gebirgsmodell (25 m x 10 m x 100 m) hat eine kreisförmige Strecke in 900 m Tiefe. Ein realitätsnahes Kluftnetzwerk wurde aus realen Erkundungsdaten generiert (Kelka et al., 2024). Die Ergebnisse wurden qualitativ mit den Ergebnissen eines Diskontinuumsansatzes (3DEC) validiert.



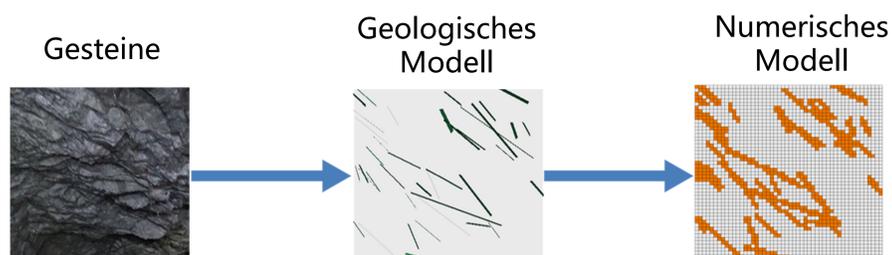
Streckenmodell mit Randbedingungen und Kluftnetzwerk



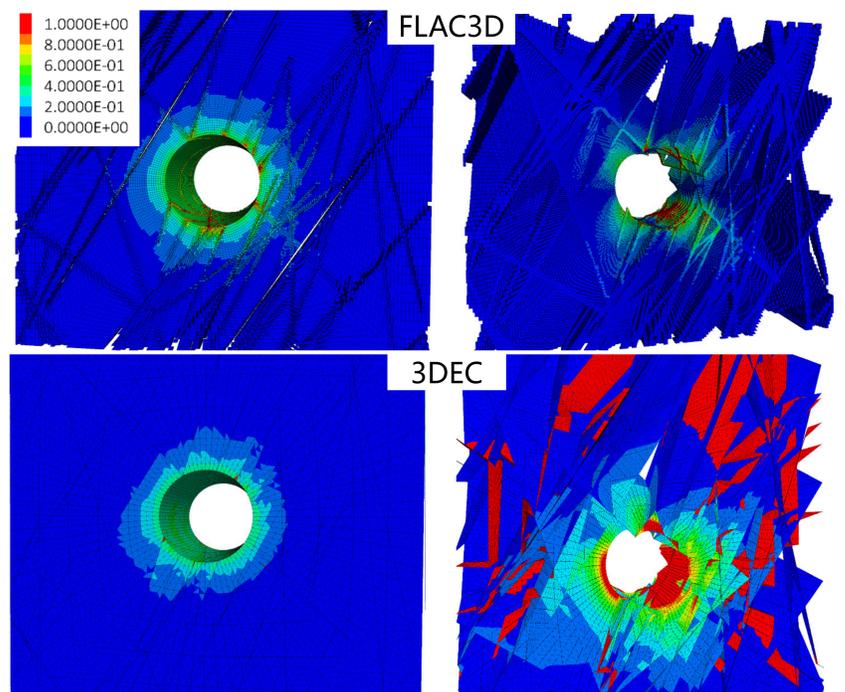
Verschiedene numerische Ansätze

## II Alternativer Kluft-Kontinuum Ansatz

Zur realitätsnahen Beschreibung des anisotropen Festigkeitsverhaltens werden die Klüfte auf ein regelmäßiges äquidistantes Kontinuumsnetz übertragen. Jeder expliziten Kluft-Kontinuumszone wird ein Ubiquitous Joint (UJ)-Modell mit äquivalenten Kluftigenschaften zugeordnet. Dabei wird die Schwächeebene des UJ-Modells entsprechend der abzubildenden Klufrichtung ausgerichtet. Die intakte Gesteinsmatrix wird als isotropes Mohr-Coulomb (MC)-Modell mit tension cut-off modelliert.



Vorgehensweise des K-K-Ansatzes



Ausnutzungsgrad von Matrix (links) und Klüften (rechts)

## IV Zusammenfassung

Die Abbildungen zeigen die ausgewerteten Ausnutzungsgrade (d. h. das Verhältnis zwischen den tatsächlichen Spannungen und den Grenzspannungen) für das Scherversagen der Matrix und der Klüfte. Wie die Ergebnisse zeigen, hat der hier vorgestellte Ansatz das Potenzial, die Bereiche plastischen Versagens zu erfassen. Für zukünftige Arbeiten ist eine quantitative Auswertung und Überprüfung weiterer kontinuumsbasierter Ansätze (HB/GSI) vorgesehen.