



## Slip tendency analysis of major faults in Germany

Luisa Röckel<sup>1</sup>, Steffen Ahlers<sup>2</sup>, Sophia Morawietz<sup>3,4</sup>, Birgit Müller<sup>1</sup>, Karsten Reiter<sup>2</sup>,  
Oliver Heidbach<sup>3,4</sup>, Andreas Henk<sup>2</sup>, Tobias Hergert<sup>2</sup>, and Frank Schilling<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Angewandte Geowissenschaften, TU Darmstadt, 64287 Darmstadt, Germany

<sup>2</sup>Institut für Angewandte Geowissenschaften, KIT, 76131 Karlsruhe, Germany

<sup>3</sup>Helmholtz Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, 14473 Potsdam, Germany

<sup>4</sup>Institute of Applied Geosciences, TU Berlin, 10587 Berlin, Germany

**Correspondence:** Luisa Röckel (luisa.roeckel@kit.edu)

Published: 10 November 2021

**Abstract.** Natural seismicity and tectonic activity are important processes for the site-selection and for the long-term safety assessment of a nuclear waste repository, as they can influence the integrity of underground structures significantly. Therefore, it is crucial to gain insight into the reactivation potential of faults. The two key factors that control the reactivation potential are (a) the geometry and properties of the fault such as strike direction and friction angle, and (b) the orientations and magnitudes of the recent stress field and future changes to it due to exogenous processes such as glacial loading as well as anthropogenic activities in the subsurface. One measure of the reactivation potential of faults is the ratio of resolved shear stress to normal stresses at the fault surface, which is called slip tendency. However, the available information on fault properties and the stress field in Germany is sparse. Geomechanical numerical modelling can provide a prediction of the required 3D stress tensor in places without stress data. Here, we present slip tendency calculations on major faults based on a 3D geomechanical numerical model of Germany and adjacent regions of the SpannEnD project (Ahlers et al., 2021).

Criteria for the selection of faults relevant to the scope of the SpannEnD project were identified and 55 faults within the model area were selected. For the selected faults, simplified geometries were created. For a subset of the selected faults, vertical profiles and seismic sections could be used to generate semi-realistic 3D fault geometries. Slip tendency calculations using the stress tensor from the SpannEnD model were performed for both 3D fault sets.

The slip tendencies were calculated without factoring in pore pressure and cohesion, and were normalized to a coefficient of friction of 0.6. The resulting values range mainly between 0 and 1, with 6 % of values larger than 0.4. In general, the observed slip tendency is slightly higher for faults striking in the NW and NNE directions than for faults of other strikes. Normal faults show higher slip tendencies than reverse and strike slip faults for the majority of faults. Seismic events are generally in good agreement with the regions of elevated slip tendencies; however, not all seismicity can be explained through the slip tendency analysis.

**Kurzfassung.** Natürliche Seismizität und tektonische Aktivität sind wichtige Prozesse für den Standortauswahlprozess und die langfristige Sicherheitsbewertung eines Atommüllagers, da sie einen erheblichen Einfluss auf die Integrität der unterirdischen Bauten haben können. Daher ist es von entscheidender Bedeutung, einen Einblick in das Reaktivierungspotenzial von Störungen zu erhalten. Die beiden Schlüsselfaktoren, die das Reaktivierungspotenzial steuern, sind (a) die Geometrie und die Eigenschaften der Störung, wie z. B. die Streichrichtung und der Reibungswinkel, und (b) die Orientierungen und Magnituden des aktuellen Spannungsfeldes und künftige Änderungen dieses Feldes aufgrund exogener Prozesse, wie z. B. Gletscherbelastung und anthropogene Aktivitäten im Untergrund. Ein Maß für das Reaktivierungspotenzial von Störungen ist das Verhältnis von aufgelösten Scherspannungen zu Normalspannungen an der Störungsfläche, die so genannte Slip Tendency. Die verfügbaren Informationen über die Störungseigenschaften und das Spannungsfeld in

Deutschland sind jedoch spärlich. Geomechanisch-numerische Modellierung kann eine Vorhersage des erforderlichen 3D-Spannungstensors an Orten ohne Spannungsdaten liefern. Hier stellen wir Berechnungen der Slip Tendency an größeren Störungen vor, die auf einem geomechanisch-numerischen 3D-Modell von Deutschland des SpannEnD-Projekts (Ahlers et al., 2021) basieren.

Es wurden Kriterien für die Auswahl der für das SpannEnD-Projekt relevanten Störungen identifiziert und 60 Störungen innerhalb des Modellgebiets ausgewählt. Für die ausgewählten Störungen wurden vereinfachte Geometrien erstellt. Für eine Teilmenge der ausgewählten Störungen konnten vertikale Profile und seismische Schnitte verwendet werden, um semi-realistische 3D-Störungsgeometrien zu erzeugen. Für beide 3D-Störungsmodelle wurden Berechnungen der Slip Tendency unter Verwendung des Spannungstensors aus dem SpannEnD-Modell durchgeführt.

Die Slip Tendencies wurden ohne Berücksichtigung von Porendruck und Kohäsion berechnet und auf einen Reibungskoeffizienten von 0,6 normiert. Die resultierenden Werte liegen hauptsächlich zwischen 0 und 1, wobei 6 % der Werte größer als 0,4 sind. Im Allgemeinen ist die beobachtete Slip Tendency bei Störungen, die in NW- und NNO-Richtung streichen, etwas höher als bei Störungen mit anderen Streichrichtungen. Die Slip Tendency ist für Abschiebungen im Allgemeinen größer als für Aufschiebungen und Blattverschiebungen. Die seismischen Ereignisse stimmen im Allgemeinen gut mit den Regionen mit erhöhter Slip Tendency überein, jedoch kann nicht die gesamte Seismizität durch die Analyse der Slip Tendency erklärt werden.

## References

Ahlers, S., Henk, A., Hergert, T., Reiter, K., Müller, B., Röckel, L., Heidbach, O., Morawietz, S., Scheck-Wenderoth, M., and Anikiev, D.: 3D crustal stress state of Germany according to a data-calibrated geomechanical model, *Solid Earth*, 12, 1777–1799, <https://doi.org/10.5194/se-12-1777-2021>, 2021.