



The anisotropic properties of granites – effects of tectonic emplacement mode on potential crystalline host rocks for nuclear waste deposits in Germany

Uwe Kroner¹, Peter Hallas², and Franz Müller¹

¹Institut für Geologie, TU Bergakademie Freiberg, B. v. Cotta Str. 2, 09599 Freiberg, Germany

²Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz, Außenstelle Weimar,
Dienstgebäude 2, Carl-August-Allee 8–10, 99423 Weimar, Germany

Correspondence: Uwe Kroner (kroner@geo.tu-freiberg.de)

Published: 10 November 2021

Abstract. For permanent nuclear waste disposal sites, crystalline rocks, especially granitic/granodioritic batholiths, are considered an appropriate host rock. Principally, three types of granitic plutons occur in the extra-alpine crystalline basement of Germany that were consolidated during the late Paleozoic Variscan orogeny of Central Europe: (i) Pre-Variscan voluminous granodiorites that are hardly affected by the subsequent continent–continent collision; (ii) voluminous granites in various tectonic settings intruded during the late orogenic stage of the Variscides; (iii) post-orogenic granites related to vast Permian intracontinental extension. Thus, in terms of the syn-intrusive tectonic setting and post-intrusive processes there are significant differences. Although it can be expected that different tectonic environments caused significant differences in the material properties, for Germany, however, there is no systematic study regarding the fabric of such plutonites. In order to find the most suitable “granite” we investigate the primary anisotropy of granites evolved during the emplacement and crystallization of the melt. For this we sample rocks of all three principal types and various syn-intrusive tectonic settings, i.e., compression, extension, strike-slip, transtension, and transpression. By means of combined measurements of the “Anisotropy of the Magnetic Susceptibility” and the “Shape Preferred Orientation” we characterize the syn-intrusive flow pattern, i.e., the magmatic foliation and lineation. The Crystallographic Preferred Orientation is analyzed by a combination of neutron time-of-flight experiments and electron backscatter diffraction measurements at the Frank Laboratory of Neutron Physics at JINR, Dubna, Russia, and the TU Bergakademie Freiberg respectively. Furthermore, special attention is given to the systematic mapping of annealed microcracks evolved during late magmatic fluid escape and/or post-crystallization hydrothermal activity. In a second step we compare the primary anisotropy with the post-magmatic fracture pattern of the particular granites. Those fractures constitute probable fluid pathways and, thus, the first-order risk for a potential permanent nuclear waste disposal. All datasets are organized in a Geological Information System allowing for a complete traceability of the different investigation steps. The results of this study will serve as a basis for a future detailed exploration.

Kurzfassung. Kristalline Gesteine, insbesondere Granit-/granodioritische Batholite, gelten als geeignetes Wirtsgestein für Endlagerstätten für nukleare Abfälle. Im extraalpinen kristallinen Grundgebirge Deutschlands, das während der spätpaläozoischen variszischen Orogenese Mitteleuropas gefestigt wurde, gibt es hauptsächlich drei Arten von Granitplutonen: (i) prävariszische mächtige Granodiorite, die von der anschließenden Kontinent-Kontinent-Kollision kaum betroffen sind, (ii) mächtige Granite in verschiedenen tektonischen Umgebungen, die während der spätorogenen Phase der Varisziden intrudierten, (iii) postorogene Granite im Zusammenhang mit der gewaltigen interkontinentalen Extension im Perm. Zwischen der synintrusiven tektonischen Umgebung und den postintrusiven Prozessen bestehen also erhebliche Unterschiede. Es ist zwar davon auszugehen, dass unterschiedliche tektonische Umgebungen maßgebliche Unterschiede in den Materialeigenschaften bewirkt haben. Es

gibt jedoch für Deutschland keine systematische Untersuchung zum Gefüge solcher Plutonite. Um den passendsten „Granit“ zu finden, untersuchen wir die primäre Anisotropie der Granite, die während der Einlagerung und Kristallisierung der Schmelze entstanden sind. Dafür nehmen wir Proben von Gesteinen aus den drei Haupttypen und den verschiedenen syntrusiven tektonischen Umgebungen, d. h. Kompression, Extension, Strike-Slip, Transtension, Transpression. Mit kombinierten Messungen der Anisotropie der magnetischen Suszeptibilität und der Formregelung charakterisieren wir das synintrusive Fließmuster, d. h. die magmatische Schieferung und Lination. Die kristallographische Vorzugsorientierung wird mit einer Kombination aus Neutronen-Flugzeit-Experimenten und Messungen zur Elektronenrückstreuung im Frank-Labor für Neutronenphysik am JINR in Dubna (Russland) bzw. an der TU Bergakademie Freiberg analysiert. Besonderes Augenmerk gilt außerdem der systematischen Vermessung von ausgeglühten Mikrorissen, die während des späten magmatischen Flüssigkeitsaustritts und/oder der postkristallinen hydrothermalen Aktivität entstehen. In einem zweiten Schritt vergleichen wir die primäre Anisotropie mit dem postmagmatischen Bruchmuster der einzelnen Granite. Diese Brüche stellen wahrscheinliche Abflussbahnen dar und bilden somit ein Risiko erster Ordnung für eine mögliche Endlagerung von radioaktiven Abfällen. Alle Datensätze werden in einem geologischen Informationssystem organisiert, das eine vollständige Rückverfolgbarkeit der unterschiedlichen Untersuchungsschritte erlaubt. Die Ergebnisse dieser Studie dienen künftigen Detailuntersuchungen als Grundlage.