



Investigation of Surface Exploration Programs for Hydrological, Hydrogeological and Hydrogeochemical Issues in the Site Selection Procedure

Kirsten Haneke¹, Martin Goldsworthy¹, José B. Pateiro Fernández¹, Christoph Pieper², Bettina Starke²,
Andreas Schuck³, and Christoph Borkel⁴

¹Brenk Systemplanung GmbH, 52080 Aachen, Germany

²CDM Smith Consult GmbH, 44793 Bochum, Germany

³GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH, 04347 Leipzig, Germany

⁴Federal Office for the Safety of Nuclear Waste Management (BASE), 10623 Berlin, Germany

Correspondence: Kirsten Haneke (k.haneke@brenk.com)

Published: 10 November 2021

Abstract. The project “Investigation of Surface Exploration Programmes for Hydrological, Hydrogeological and Hydrogeochemical Issues in the Site Selection Procedure” summarizes the measurement methods that can be used for surface exploration of site regions and compares them with the measurement parameters as given in the Repository Site Selection Act (StandAG). Based on this, an orientation framework was developed that can support the evaluation of actual exploration programs. This project is limited to those measurement parameters that result from §§ 22–24 in conjunction with the Annexes 1–11 of the StandAG for the surface exploration of hydrological, hydrogeological and hydrogeochemical characteristics of site regions.

In a first step, definitions of terms which are subject to interpretation were identified in the StandAG and advice was provided on how to deal with them and, in some cases, justified proposals for interpretation within the framework of this project were given. As a result, hydrological, hydrogeological and hydrogeochemical parameters were presented that were derived directly from the StandAG, as well as those that are not explicitly mentioned in the StandAG but are necessary for a detailed characterization of the rock formations in a site region.

The next step was to identify measurement methods to be used for surface exploration of hydrological, hydrogeological and hydrogeochemical parameters. In particular, hydrogeologic and (borehole) geophysical methods were considered in the context of field measurements and laboratory investigations as well as field and laboratory tests for the determination of hydrogeochemical parameters. These measuring methods were described with respect to their measuring principle, the respective limits, the technical effort as well as the advantages and disadvantages of their application. Possible combinations with other measuring methods as well as a potential need for additional research and development for use in surface exploration programs were also presented. Considering the boundary conditions and dependencies for different rock types and necessary exploration depths, the measuring methods were assigned to the relevant parameters with respect to their applicability. In most cases, several methods are suitable for the determination of a specific parameter. Combining different physically independent methods can limit the range of variation of the measured variables and significantly increase the reliability of the results.

The resulting compilation of measurement methods was used in the last step to establish an orientation framework. This framework contains the essential requirements for a complete documentation and quality assurance of the measurements and sampling and derives fundamental factors influencing the quality and quantity of the parameters. The orientation framework also refers to various factors that may influence the selection of suitable measuring methods for the surface exploration of the parameters as well as the determination of appropriate measuring network densities and measurement intervals. The measurement network densities selected at the beginning of the exploration are usually adjusted based on increasing knowledge of the site-specific geological

conditions. This step-by-step procedure, which has proven successful in geological exploration programs, was also emphasized in the orientation framework, as it gradually increases the level of knowledge, the level of detail and thus the reliability of the measurement results.

Kurzfassung. Das Vorhaben zur „Untersuchung zu übertägigen Erkundungsprogrammen für hydrologische, hydrogeologische und hydrogeochemische Fragestellungen im Standortauswahlverfahren“ fasst die für die oberflächennahe Erkundung von Standortregionen einsetzbaren Messmethoden zusammen und stellt diese den geforderten Messgrößen aus dem Standortauswahlgesetz (StandAG) vergleichend gegenüber. Darauf aufbauend wurde ein Orientierungsrahmen entwickelt, der die Bewertung konkreter Erkundungsprogramme unterstützen kann. Dieses Projekt beschränkt sich auf die Messgrößen, die sich aus den §§ 22–24 in Verbindung mit den Anlagen 1–11 des StandAG für die übertägige Erkundung von hydrologischen, hydrogeologischen und hydrogeochemischen Eigenschaften von Standortregionen ergeben. In einem ersten Schritt wurden noch interpretationsbedürftige Begriffsdefinitionen im StandAG identifiziert, Hinweise zum möglichen Umgang hiermit sowie in einigen Fällen auch begründete Vorschläge zur Auslegung im Rahmen dieses Vorhabens gegeben. Im Ergebnis wurden hydrologische, hydrogeologische und hydrogeochemische Messgrößen dargestellt, sowohl direkt aus dem StandAG abgeleitete als auch solche, die im StandAG nicht explizit genannt werden, aber für eine detaillierte Charakterisierung der Gesteinsformationen in einer Standortregion notwendig sind. Im nächsten Schritt wurden Messmethoden identifiziert, die für die übertägige Erkundung hydrologischer, hydrogeologischer und hydrogeochemischer Messgrößen angewendet werden können. Dabei wurden insbesondere geohydraulische und (bohrloch-)geophysikalische Verfahren im Rahmen von Feldmessungen und Laboruntersuchungen sowie Feld- und Laborversuche zur Bestimmung hydrogeochemischer Messgrößen betrachtet. Diese Messmethoden wurden hinsichtlich ihres Messprinzips, der jeweiligen Grenzen, des technischen Aufwandes sowie ihrer Vor- und Nachteile in der Anwendung beschrieben.

Auch mögliche Kombinationen mit anderen Messverfahren sowie ein potenzieller Bedarf an zusätzlicher Forschung und Entwicklung für den Einsatz in der übertägigen Standorterkundung wurden dargestellt. Unter Berücksichtigung der Randbedingungen und Abhängigkeiten von verschiedenen Gesteinstypen und notwendigen Erkundungstiefen wurden die Messmethoden hinsichtlich ihrer Eignung den zuvor zusammengestellten Messgrößen zugeordnet. Meist eignen sich mehrere Methoden für die Bestimmung einer bestimmten Messgröße. Der Einsatz einer Kombination verschiedener, physikalisch unabhängiger Methoden kann die mögliche Variationsbreite der Messgrößen eingrenzen und die Aussagesicherheit deutlich erhöhen.

Die Ergebnisse dieser Zusammenstellung wurden im letzten Schritt zur Erstellung eines Orientierungsrahmens verwendet. Dieser enthält die wesentlichen Anforderungen an eine lückenlose Dokumentation und Qualitätssicherung der Messungen und Probenahmen und leitet grundlegende Einflussfaktoren auf die Qualität und Quantität der Messwerte ab. Der Orientierungsrahmen verweist auch auf verschiedene Faktoren, welche die Auswahl geeigneter Messmethoden für die übertägige Erkundung der Messgrößen sowie die Festlegung von geeigneten Messnetzdichten und Messintervallen beeinflussen können. Die zu Beginn der Erkundung gewählten Messnetzdichten werden in der Regel mit zunehmender Kenntnis der standortspezifischen geologischen Verhältnisse angepasst. Dieses schrittweise Vorgehen, das sich in geologischen Erkundungsvorhaben bewährt hat, wurde im Orientierungsrahmen ebenfalls hervorgehoben, da es den Wissensstand, den Detailgrad und damit die Zuverlässigkeit der Messergebnisse sukzessive erhöht.

Financial support. This project was financed by: Federal Office for the Safety of Nuclear Waste Management (grant no. FKZ 4717F01201 (BASE)).