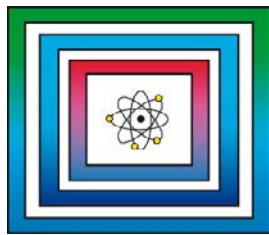


Standortauswahl

9S2019100000

Nutzung der
geowissenschaftlichen
Methodendatenbank GeM-DB



Zwischenbericht

Hannover, Januar 2021

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND
ROHSTOFFE HANNOVER

Standortauswahl

Zusammenstellung und Bewertung von geophysikalischen
Methoden zur übertägigen Erkundung (ZuBeMERk)

Nutzung der geowissenschaftlichen Methodendatenbank GeM-DB

Zwischenbericht

Autoren:	Beilecke, Thies, Dr. Kneuker, Tilo Semroch, Ralf Dlugosch, Raphael, Dr. Pollok, Lukas Schubarth-Engelschall, Nicole
Auftraggeber:	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE)
Auftragsnummer:	9S2019100000
Datum:	25.01.2021
Geschäftszeichen:	B3.2/B50161-16/2021-0002/001
Gesamtblattzahl:	31

Im Auftrag:

gez. G. Enste

Direktor und Professor G. Enste
Abteilungsleitung B 3 und Projektleitung Endlagerung

Inhaltsverzeichnis	Seite
Verkürzte Zusammenfassung	3
1 Einleitung	4
2 Grundlagen	5
2.1 Technische Grundlagen der Datenbank GeM-DB	5
2.1.1 Datenbankmanagementsystem	5
2.1.2 Zugang zur Datenbank	5
2.2 Fachlicher Inhalt der Datenbank GeM-DB	6
3 Beschreibung des externen Web-Auftritts der Datenbank	9
3.1 Startseite	9
3.2 Erkundungsziele nach Erkundungszielebericht der BGR 2020	10
3.3 Erkundungsziele gemäß StandAG	12
3.4 Erkundungsziele nach Kriterien und Anforderungen des StandAG	14
3.5 Methoden	16
3.5.1 Methodenvisualisierung innerhalb des Web-Auftritts	20
3.5.2 Methodendarstellung in PDF	21
3.6 Infomaterial	22
4 BGR-interner Zugriff auf die Methodendatenbank GeM-DB	23
4.1 Personenbezogene Rollen in der Datenbank	23
4.2 Module der BGR-internen Web-Oberfläche	24
5 Zusammenfassung	28
Literaturverzeichnis	29
Abkürzungsverzeichnis	30
Abbildungsverzeichnis	31

Verkürzte Zusammenfassung

Autoren:	Beilecke, Thies, Dr. Kneuker, Tilo Semroch, Ralf Dlugosch, Raphael, Dr. Pollok, Lukas Schubarth-Engelschall, Nicole
Titel:	Nutzung der geowissenschaftlichen Methodendatenbank GeM-DB
Schlagwörter:	Erkundungsziele, geowissenschaftliche Erkundungsmethoden, Methodendatenbank, SQL, Standortauswahlgesetz, Standorterkundung

Im Rahmen der Arbeitspakete GeoMePS und ZuBeMErk wird, basierend auf einer Auswertung von Literatur und von Erfahrungen in Standorterkundungsprogrammen und bisherigen Endlagerprojekten, der aktuelle Stand der Technik zu überfällig und in Bohrungen einsetzbaren geowissenschaftlichen und geophysikalischen Untersuchungsmethoden erarbeitet und in Form einer relationalen Datenbank dokumentiert. In der Datenbank können geeignete Methoden zur überfälligen Erkundung recherchiert werden. Dabei werden oberflächen-, luft- und bohrloch-gestützte Methoden einbezogen und hinsichtlich einer möglichen Anwendung im Zuge der überfälligen Erkundung gemäß StandAG eingeordnet. Ein Kernelement der im Rahmen der beiden Arbeitspakete durchgeführten Methodensammlung bildet eine speziell für die Recherche entwickelte Datenbankanwendung: Geowissenschaftliche Methoden – Datenbank (GeM-DB). In der Datenbank werden Informationen zu Erkundungsmethoden mit für den Standortauswahlprozess definierten Erkundungszielen verknüpft. Die Methodendatenbank GeM-DB erlaubt eine einfache und schnelle Aktualisierung und Ergänzung der darin enthaltenen Informationen und ermöglicht schnelle Suchmöglichkeiten durch Abfragen bzw. Filterung nach Attributen. Inhalte können mit Hilfe von Exportfunktionen in Berichtsform ausgegeben werden. Die Datenbank ist so aufgebaut, dass sie z. B. an mögliche technische Entwicklungen auf dem Methodensektor kontinuierlich angepasst werden oder bei Bedarf auch um weitere Erkundungsmethoden erweitert werden kann. Weitere Details zu den Inhalten der GeM-DB finden sich in einem separaten Methoden-Bericht (Kneuker et al. 2021). Im vorliegenden Bericht wird die Benutzung der Web-Oberfläche von GeM-DB für die Recherche in Bezug auf die Methoden und Ziele beschrieben.

1 Einleitung

Das Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz - StandAG) legt die Vorgehensweise fest, mit der ein Standort für die Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen zu ermitteln ist (StandAG 2017). Nach § 14 Abs. 1 des StandAG sind für die Standortregionen standortbezogene Erkundungsprogramme für die übertägige Erkundung zu entwickeln, und zwar nach Maßgabe sowohl der Anforderungen und Kriterien nach den §§ 22 bis 24 als auch für die Durchführung der weiterentwickelten vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen nach § 16 Abs. 1. Durch diese übertägige Erkundung soll gemäß § 16 Abs. 2 StandAG die Grundlage geschaffen werden, um unter „Anwendung der Anforderungen und Kriterien nach den §§ 22 bis 24 günstige Standorte“ zu ermitteln.

In diesem Zusammenhang hat die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) mit der Zusammenstellung von übertägig, aus der Luft und in Bohrungen einsetzbaren geowissenschaftlichen und geophysikalischen Untersuchungsmethoden in einer Datenbank und von daraus abzuleitenden Empfehlungen für zukünftige Erkundungsprogramme beauftragt. Dies erfolgt in zwei von der BGE übertragenen Arbeitspaketen:

- GeoMePS: „Zusammenstellung und Bewertung von geowissenschaftlichen Methoden und Programmen für die übertägige Standorterkundung“ (AP-Nr. 9S2019090000) und
- ZuBeMErk: „Zusammenstellung und Bewertung von geophysikalischen Methoden zur übertägigen Erkundung“ (AP-Nr. 9S 2019100000).

Als Grundlage für die Arbeiten wurden zunächst Erkundungsziele basierend auf den Anforderungen des StandAG, vorrangig aus den Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien abgeleitet (Kneucker et al. 2020). Zudem wurden Erfahrungen der BGR in anderen Erkundungsprogrammen und Endlagerprojekten in die Erkundungszielebestimmung einbezogen. Anhand der Erkundungsziele wurden geeignete Erkundungsmethoden ausgewählt, um die aus den Erkundungszielen abzuleitenden Informationen zu gewinnen.

Für die Zusammenführung von identifizierten Erkundungszielen und Erkundungsmethoden wurde eine Datenbank mit einer interaktiven Web-Oberfläche aufgebaut. In diese Datenbank wurden sowohl die Erkundungsziele als auch die geowissenschaftlichen und geophysikalischen Erkundungsmethoden eingepflegt und verknüpft. Da die zusammengetragenen Erkundungsmethoden entsprechend der Arbeitspakete formal in geowissenschaftlich und geophysikalisch unterschieden werden könnten, wird dennoch

der Oberbegriff geowissenschaftlich für den Namen der Datenbank verwendet und die Datenbank Geowissenschaftliche Methoden – Datenbank (GeM-DB) genannt. Die Beschreibung der Datenbank und ihrer Web-Oberfläche ist der Kern dieses Berichts.

In dieser Beschreibung wird zuerst kurz auf grundlegende technische Aspekte der Datenbank eingegangen und wie sie, soweit die Berechtigung ihrer Nutzung seitens BGR eingeräumt wird, über das Internet erreichbar ist. Danach wird kurz der fachliche Inhalt beleuchtet, also die Datengrundlage, deren Nutzung die Datenbank ermöglicht. Es wird zudem eine Übersicht über die formale Struktur der Datenbank gegeben. Hauptaugenmerk ist jedoch zum jetzigen Zeitpunkt der Lesen-Bereich der Datenbank, der ausführlich dargestellt wird, um einen schnellen Zugang zur Nutzung der fachlichen Inhalte der Datenbank zu gewährleisten. Eine zusammenfassende Beschreibung des BGR-internen Zugangs zur Datenbank mit den Rollen Lesen, Schreiben, Prüfen und Administrieren nimmt den letzten Teil des Berichts ein, um das weitere technische Potenzial der Datenbank zu verdeutlichen.

2 Grundlagen

2.1 Technische Grundlagen der Datenbank GeM-DB

2.1.1 Datenbankmanagementsystem

Die Datenbank ist relational organisiert und basiert auf Microsoft SQL Server 2017. Die browserbasierte Oberfläche wurde mit Hilfe einer PHP-Skriptprogrammierung (PHP 7.4) ohne Verwendung eines Frameworks realisiert. Die Darstellung der Inhalte auf dem Bildschirm wird entsprechend der Darstellungskonzepte „Mobile First“ bzw. „Responsive Design“ im Betrieb dynamisch auf unterschiedliche Monitoraufösungen oder Fenstergrößen optimiert.

2.1.2 Zugang zur Datenbank

Das Active Directory in Verbindung mit einer Rollen-Datenbank auf dem SQL Server kann für die „Single Sign On“ – Authentifizierung innerhalb des Geozentrums Hannover (GZH) genutzt werden, d. h. autorisierte Beschäftigte des GZH benötigen kein Passwort und bekommen automatisch ihre Benutzerrollen durch Abfrage der Datenbank. Da Active Directory Federation Services aus Sicherheitsgründen durch die BGR nicht bereitgestellt wird, war es notwendig, für einen externen Personenkreis, d. h. außerhalb des Geozentrums Hannover, eine eigene Benutzerverwaltung einzurichten.

Die BGR stellt der BGE auf Anfrage personenbezogenes Login (E-Mail@BGE.de) und Passwort zur Verfügung. Für den Zugang zur Datenbank müssen sich Externe auf der Webseite <https://gem-db.bgr.de> mit E-Mailadresse und Passwort einloggen (Abb. 1).

2.2 Fachlicher Inhalt der Datenbank GeM-DB

Die fachlichen Inhalte der Datenbank sind für das Standortauswahlverfahren relevante Erkundungsziele und Erkundungsmethoden. Beide sind in der Datenbank mit umfangreichen beschreibenden Informationen hinterlegt und durch Nutzer der Datenbank abrufbar. Beide Inhalte sind innerhalb der Datenbank verknüpft, so dass Nutzer der Datenbank einerseits zu Erkundungszielen passende Erkundungsmethoden genannt bekommen können oder zu Erkundungsmethoden passende Erkundungsziele.

Die fachlichen Inhalte sind in einer Struktur von Tabellen organisiert. Die Funktionalität der Datenbank wird durch zusätzliche organisatorische Tabellen gewährleistet. In der Summe enthält die Datenbank zum Berichtszeitpunkt 29 Tabellen mit ihren jeweiligen Attributen (Abb. 2). Die fachlichen Inhalte der GeM-DB lassen sich über einen „lesenden Zugang“ erschließen, der in Abschnitt 3 genauer beschrieben ist.

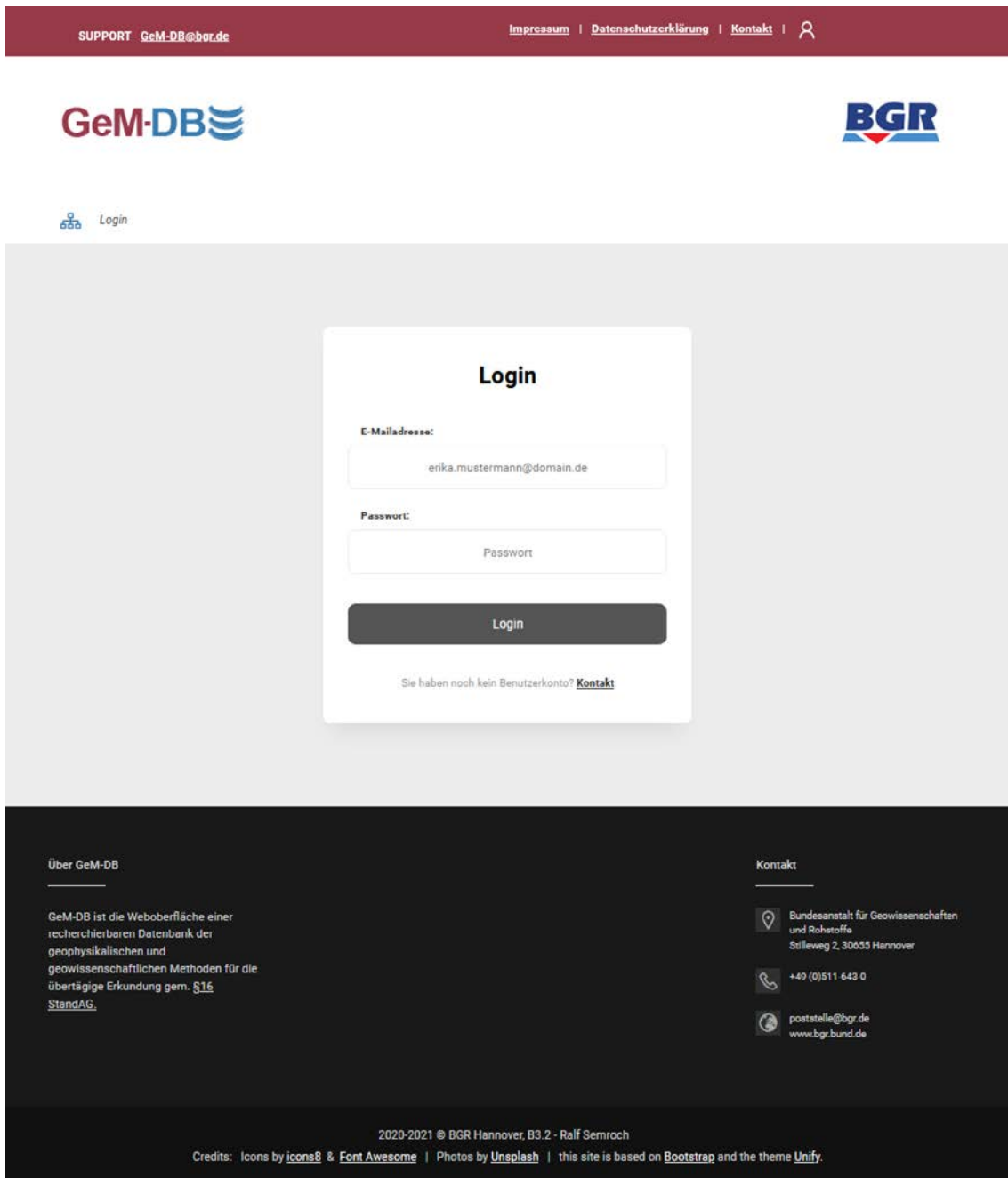


Abb. 1: GeM-DB-Login auf <https://gem-db.bgr.de>.

3 Beschreibung des externen Web-Auftritts der Datenbank

Nach dem externen Login (Abb. 1) erscheint die Startseite für den externen Zugang zu den Informationen der Datenbank (Abb. 3). Hierfür wird ein auf die enthaltenen Datenbankinformationen angepasstes Recherche-Angebot bereitgestellt. Es handelt sich um eine ausschließlich „lesende Freigabe“. Dieses Angebot unterscheidet sich leicht von der BGR-internen Lesen-Variante (Abschnitt 4.2). Im Lesen-Bereich der Web-Oberfläche können Informationen über Erkundungsmethoden und Erkundungsziele eingesehen werden. Sofern Methoden noch nicht qualitätsgeprüft sind, weil sie sich z. B. im Zuge der Datenbankpflege in Überarbeitung befinden, sind sie als Entwurf gekennzeichnet.

3.1 Startseite

Die Startseite der Web-Oberfläche ermöglicht die Auswahl von Funktionen über die fünf unterschiedlichen Kacheln „Erkundungsziele gruppiert nach der Nummer aus dem Erkundungsziele-Bericht“, „Erkundungsziele gruppiert nach dem StandAG“, „Erkundungsziele gruppiert nach Kriterien (des StandAG)“, „Methode“ und „Infomaterial“ (Abb. 3). Diese Auswahl-Möglichkeiten werden im Folgenden näher erläutert. Die sechste Kachel auf der Startseite beinhaltet eine kurze Zeichenerklärung für verwendete Kürzel und Farben.



Abb. 3: Ansicht der Startseite für externe (lesende) Nutzer der Datenbank GeM-DB.

3.2 *Erkundungsziele nach Erkundungszielebericht der BGR 2020*

Die aus dem StandAG abgeleiteten Erkundungsziele wurden in einem Zwischenbericht zu den Arbeitspaketen „GeoMePS“ und „ZuBeMERk“ detailliert dokumentiert (Kneucker et al. 2020). Darin finden sich auch Erläuterungen zum weitergehenden Verständnis der Zielebestimmung. Im Berichtszeitraum sind über 175 Erkundungsziele identifiziert und in die Datenbankstruktur integriert worden. Gleichwohl können in einem partizipativen, wissenschaftsbasierten, transparenten, selbsthinterfragenden und lernenden Verfahren der Standortauswahl noch weitere Erkundungsziele definiert oder bestehende präzisiert werden. Die Datenbank bietet daher die Möglichkeit von Erweiterungen und inhaltlichen

Ergänzungen hinsichtlich weiterer Attribute, Methoden und Ziele, die sich ggf. im weiteren Verlauf der Bearbeitung und des Suchprozesses als sinnvoll herausstellen.

Die einzelnen Ziele können innerhalb der Datenbankanwendung anhand von jeweils geeigneten, mit ihnen verknüpften Erkundungsmethoden in einer Sortierung entsprechend dem Erkundungszielebericht (Kneucker et al. 2020) vorgenommenen Zielegliederung angezeigt werden (Abb. 4). Damit verknüpfte Methodeninhalte können mit Hilfe einer Exportfunktion (Abschnitt 3.5.2) in Berichtsform im PDF-Format ausgegeben werden.



[Startseite](#) / [Erkundungsziele \(gruppiert nach den Nr. aus dem Erkundungsziele-Bericht der BGR\)](#)

Auswahl aus dem Erkundungsziele-Bericht der BGR

Bitte wählen Sie aus den unterstrichenen Links aus

2	Erkundungsziele zur Anwendung der Ausschlusskriterien (AK) gemäß § 22 StandAG
2.1	<u>Großräumige Vertikalbewegungen (AK-1)</u>
2.2	<u>Aktive Störungszonen (AK-2)</u>
2.3	<u>Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit (AK-3)</u>
2.4	<u>Seismische Aktivität (AK-4)</u>
2.5	<u>Vulkanische Aktivität (AK-5)</u>
2.6	<u>Grundwasseralter (AK-6)</u>
3	Erkundungsziele zur Anwendung der Mindestanforderungen (MA) gemäß § 23 StandAG
3.1	<u>Gebirgsdurchlässigkeit (MA-1)</u>
3.2	<u>Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (MA-2)</u>
3.3	<u>Minimale Tiefe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (MA-3)</u>
3.4	<u>Fläche des Fndlaners (MA-4)</u>

Abb. 4: Darstellung der Erkundungsziele nach der Sortierung im Erkundungszielebericht der BGR (Kneucker et al. 2020). Über die mit Unterstrichen versehenen Kriterien können passende geowissenschaftliche Erkundungsmethoden recherchiert werden.

3.3 Erkundungsziele gemäß StandAG

Die durchgeführte Ermittlung von Erkundungszielen für die Standortauswahl beruht im Kern auf den im StandAG genannten Anforderungen und Kriterien. Es wurden im Zuge der Ermittlung sämtliche Ausschlusskriterien (§ 22), Mindestanforderungen (§ 23) und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (§ 24) betrachtet, mit dem Ergebnis der vollständigen Ableitung der Erkundungsziele für die übertägige standortbezogene Erkundung im jeweiligen räumlichen Geltungsbereich.

Die einzelnen Ziele können innerhalb der Datenbankanwendung anhand von jeweils mit ihnen verknüpften Erkundungsmethoden in einer Sortierung entsprechend der im StandAG relevanten Textstelle angezeigt werden. Ein Klick auf die entsprechende Textpassage ruft die aus dem Gesetz abgeleiteten Ziele für die Erkundung auf (Abb. 5). Details zur Ableitung finden sich in Kneucker et al. (2020). Über diese abgeleiteten Ziele sind in der Datenbank auch die verknüpften Erkundungsmethoden abrufbar. Methodeninhalte können mit Hilfe einer Exportfunktion (Abschnitt 3.5.2) in Berichtsform im PDF-Format ausgegeben werden.

Auswahl aus dem StandAG

Bitte wählen Sie aus den unterstrichenen Links aus

§ 22 Ausschlusskriterien

(1) Ein Gebiet ist nicht als Endlagerstandort geeignet, wenn mindestens eines der Ausschlusskriterien nach Absatz 2 in diesem Gebiet erfüllt ist.

(2) Die Ausschlusskriterien sind:

1. großräumige Vertikalbewegungen

es ist eine großräumige geogene Hebung von im Mittel mehr als 1 mm pro Jahr über den Nachweiszeitraum von einer Million Jahren zu erwarten;

2. aktive Störungszonen

In den Gebirgsbereichen, die als Endlagerbereich in Betracht kommen, einschließlich eines abdeckenden Sicherheitsabstands, sind geologisch aktive Störungszonen vorhanden, die das Endlagersystem und seine Barrieren beeinträchtigen können.
Unter einer „aktiven Störungzone“ werden Brüche in den Gesteinschichten der oberen Erdkruste wie Verwerfungen mit deutlichem Gesteinsversatz sowie ausgedehnte Zerfallszonen mit tektonischer Entstehung, an denen nachweislich oder mit großer Wahrscheinlichkeit im Zeitraum Rupel bis heute, also innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre, Bewegungen stattgefunden haben. Atektonische beziehungsweise aseismische Vorgänge, also Vorgänge, die nicht aus tektonischen Abläufen abgeleitet werden können oder nicht auf seismische Aktivitäten zurückzuführen sind und die zu ähnlichen Konsequenzen für die Sicherheit eines Endlagers wie tektonische Störungen führen können, sind wie diese zu behandeln.

3. Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit

das Gebirge ist durch gegenwärtige oder frühere bergbauliche Tätigkeit so geschädigt, dass daraus negative Einflüsse auf den Spannungszustand und die Permeabilität des Gebirges im Bereich eines vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs oder vorgesehenen Endlagerbereichs zu besorgen sind; vorhandene alte Bohrungen dürfen die Barrieren eines Endlagers, die den sicheren Einschluss gewährleisten, in ihrer Einschlussfunktion nachweislich nicht beeinträchtigen;

4. seismische Aktivität

die örtliche seismische Gefährdung ist größer als in Erdbebenzone 1 nach DIN EN 1998-1/NA 2011-01;

5. vulkanische Aktivität

es liegt quartärer Vulkanismus vor oder es ist zukünftig vulkanische Aktivität zu erwarten;

§ 23 Mindestanforderungen

(1) Für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle kommen die Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein in Betracht. Für das Wirtsgestein Kristallingestein ist unter den Voraussetzungen des Absatzes 4 für den sicheren Einschluss ein alternatives Konzept zu einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich möglich, das deutlich höhere Anforderungen an die Langzeitintegrität des Behälters stellt.

(2) Gebiete, die kein Ausschlusskriterium nach § 22 erfüllen, sind nur als Endlagerstandort geeignet, wenn sämtliche in Absatz 5 genannten Mindestanforderungen erfüllt sind.

(3) Sofern für die Bewertung der Erfüllung einer Mindestanforderung notwendige Daten für ein Gebiet erst in einer späteren Phase des Standortauswahlverfahrens erhoben werden können, gilt die jeweilige Mindestanforderung bis zur Erhebung dieser Daten als erfüllt, soweit dies aufgrund der vorhandenen Datenlage zu erwarten ist. Spätestens in der Begründung für den Vorschlag nach § 18 Absatz 3 ist die Erfüllung aller Mindestanforderungen standortspezifisch nachzuweisen.

(4) Ist in einem Gebiet abschbar, dass kein einschlusswirksamer Gebirgsbereich ausgewiesen werden kann, es sich aber für ein wesentlich auf technischen oder geotechnischen Barrieren beruhendes Endlagersystem eignet, muss anstelle der Mindestanforderung nach Absatz 5 Nummer 1 der Nachweis geführt werden, dass die technischen und geotechnischen Barrieren den sicheren Einschluss der Radionuklide für eine Million Jahre gewährleisten können. Der Nachweis ist spätestens in der Begründung für den Vorschlag nach § 18 Absatz 3 zu führen. Die Mindestanforderungen nach Absatz 5 Nummer 2 bis 5 sind in diesem Fall auf den Einlagerungsbereich entsprechend anzuwenden. Absatz 3 gilt entsprechend.

(5) Die Mindestanforderungen sind:

1. Gebirgsdurchlässigkeit

in einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich muss die Gebirgsdurchlässigkeit kleiner als 10-10 m/s betragen; sofern ein direkter Nachweis in den Begründungen für die Vorschläge nach den §§ 14 und 16 noch nicht möglich ist, muss nachgewiesen werden, dass der einschlusswirksame Gebirgsbereich aus Gesteinstypen besteht, denen eine Gebirgsdurchlässigkeit kleiner als 10-10 m/s zugeordnet werden kann; die Erfüllung des Kriteriums kann auch durch den Einlagerungsbereich überlagernde Schichten nachgewiesen werden;

2. Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

der Gebirgsbereich, der den einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen soll, muss mindestens 100 Meter mächtig sein; bei Gesteinskörpern des Wirtsgesteins

Abb. 5: Darstellung der Erkundungsziele nach Kriterien und Anforderungen des StandAG. Über die mit Unterstrichen versehenen Kriterien können passende geowissenschaftliche Erkundungsmethoden recherchiert werden.

3.4 Erkundungsziele nach Kriterien und Anforderungen des StandAG

Bei dieser Auswahloption werden, wie in Abschnitt 3.3, die Inhalte der Datenbank anhand der Erkundungsziele in der Sortierung nach dem StandAG angezeigt. Im Gegensatz zu der in Abschnitt 3.3 beschriebenen Sortierung wird hier jedoch die Überschrift des Kriteriums / der Anforderung nach StandAG genannt, ohne den entsprechenden Gesetzestext nochmals aufzuführen (Abb. 6).

Ein Klick auf das Kriterium / die Anforderung ruft die daraus abgeleiteten Ziele für die überörtliche Erkundung auf. Damit verknüpfte Methodeninhalte können mit Hilfe einer Exportfunktion (Abschnitt 3.5.2) in Berichtsform im PDF-Format ausgegeben werden.

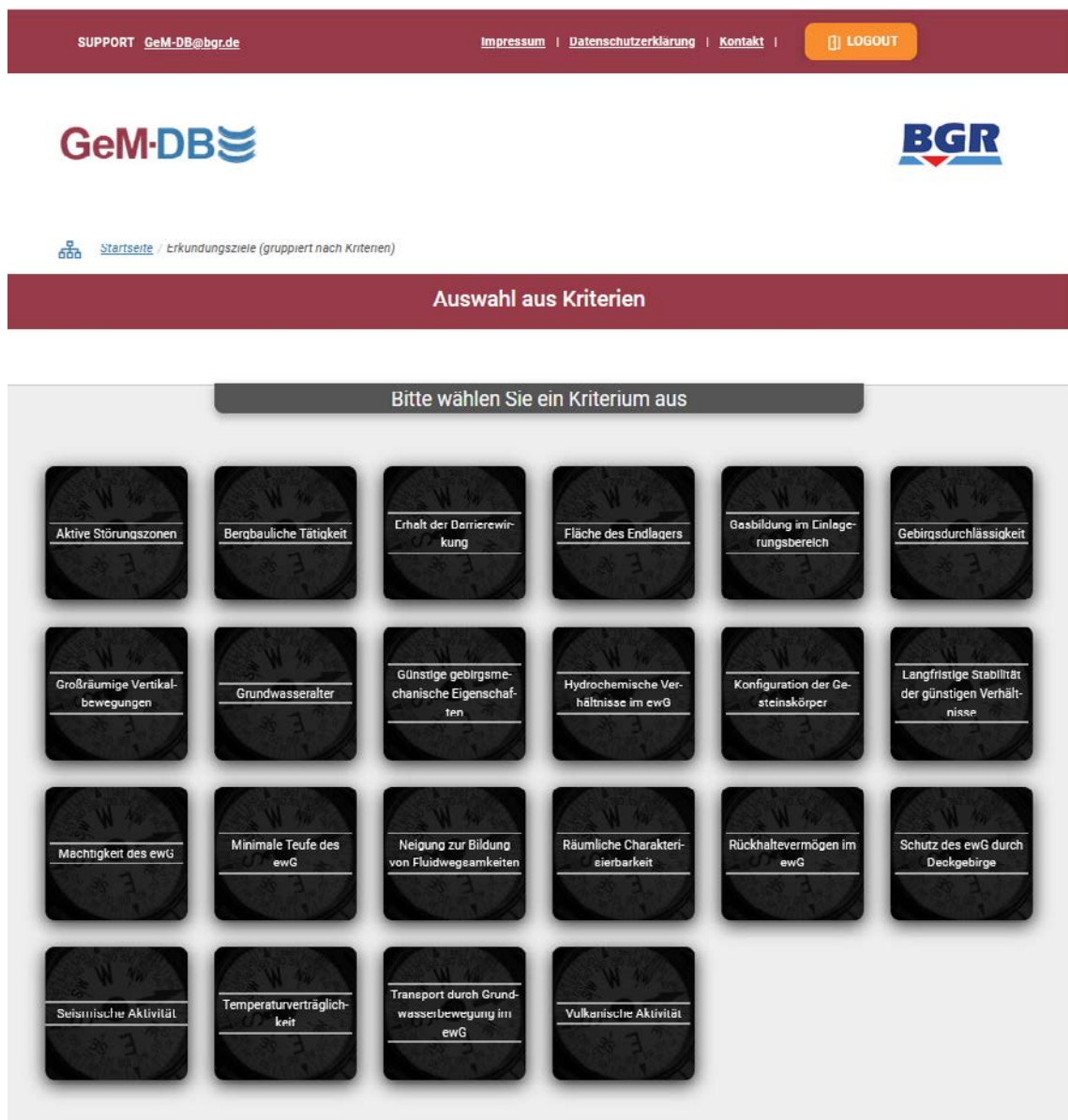


Abb. 6: Darstellung der Erkundungsziele nach Kriterien des StandAG. Die Kriterien sind in Kachelform aufgeführt.

Nach Auswahl eines Erkundungsziels über eine der drei in den Abschnitten 3.2 bis 3.4 beschriebenen Zugangsmöglichkeiten erscheint eine Seite, in der geeignete Methoden entsprechend ihrer Eignung aufgeführt werden. Exemplarisch wird hier das Erkundungsziel „Vorkommen wasserlöslicher Gesteine in den Gebirgsformationen“ gezeigt, das auf § 24 Abs. 4 des StandAG bzw. AwK-6.1b des Erkundungszieleberichts der BGR beruht (Abb. 7).

Vorkommen wasserlöslicher Gesteine in den Gebirgsformationen

basierend auf Anlage 6 (zu § 24 Abs. 4 StandAG) bzw. AwK-6.1b des BGR-Berichts vom 17.04.2020 69 0

(Kriterium: Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten)

Im Hinblick auf die Veränderbarkeit der vorhandenen Gebirgsdurchlässigkeit / Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten. Wasserlösliche Gesteine sind z.B. Karbonate, Salinalgesteine oder Gips. Karstphänomene zeugen davon.

Sehr gut geeignet sind die folgenden fünf Methoden:

Gut geeignet sind die folgenden zwölf Methoden:

Weniger gut geeignet sind die folgenden acht Methoden:

Abb. 7: Darstellung geeigneter Erkundungsmethoden für das Erkundungsziel „Vorkommen wasserlöslicher Gesteine in den Gebirgsformationen“. Die farbigen Punkte kennzeichnen den Prüfstatus der jeweiligen Methode (siehe Text). Die Kürzel K, S, T und D kennzeichnen eine Eignung für die Wirtsgesteine Kristallingestein, Steinsalz, Tongestein und „Diverses Gestein“, also in vielen Fällen gleichbedeutend mit Deckgebirge.

Der Punkt in den jeweiligen Methodenkacheln symbolisiert, ob eine Methode anwählbar ist und in der BGR eine Qualitätsprüfung durchlaufen hat (grün), sich in Überarbeitung ohne bisherige Prüfung befindet und trotzdem anwählbar ist (gelb) oder sich in Be-/Überarbeitung befindet und daher noch nicht (wieder) frei gegeben ist (rot). Der Status hat auch Auswirkungen auf die Kennzeichnung der Methode in der Beschreibung und im Export in PDF. Eine Methode mit gelbem Punkt bekommt in der Web-Darstellung und im PDF-Export einen Entwurfsstatus (Abschnitte 3.5.1 und 3.5.2). Die Kürzel K, S, T und D kennzeichnen eine Eignung für die Wirtsgesteine Kristallingestein, Steinsalz, Tongestein und „Diverses Gestein“, also in vielen Fällen gleichbedeutend mit Deckgebirge.

3.5 *Methoden*



Die Fachinformationen zu Methoden können über die Ziele angesteuert werden, wie in den Abschnitten 3.2 bis 3.4 erläutert, jedoch auch direkt über die Methodenauswahl auf der Startseite (Abb. 3) und anschließend über das Fenster „Methodenauswahl“ (Abb. 8). Hier können innerhalb der Datenbankanwendung einzelne, in der Datenbank hinterlegte Methoden für die Recherche ausgewählt werden. Die Auswahl kann in Abb. 8 eingegrenzt werden, indem in einem Drop-Down – Menü eine Disziplin gesetzt wird. Es können auch Filter mit Hilfe von Filterbuttons gesetzt werden. Methoden können alternativ über ein weiteres Drop-Down – Menü auch direkt angesteuert werden (Abb. 9). Die Kacheln zeigen Methodennamen, die in Einzelfällen um gängige Kurzformen ergänzt sind.

Innerhalb der Datenbank folgt die Zuordnung der eingepflegten Erkundungsmethoden der „klassischen“ Gliederung nach geowissenschaftlichen Fachdisziplinen:

- Fernerkundung,
- Geochemie,
- Geohydraulik,
- Geologie,
- Geomechanik,
- Geophysik,
- Hydrogeologie und
- Mineralogie.

SUPPORT Gem-DB@bgr.de

[Impressum](#) | [Datenschutzerklärung](#) | [Kontakt](#) | LOGOUT

[Startseite](#) / [Methodenauswahl](#)

Methodenauswahl

-- Methode direkt auswählen --

Geologie

Filter löschen

Filter anzeigen

Suchfeld anzeigen






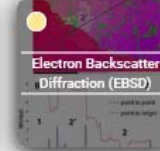












 Auflicht- und Durchlicht-Mikroskopie	 Biostratigraphische Ansprache (Makro- und Mikrofossilien)	 Bohrkernaufnahme / -ansprache	 Computertomographie (CT)	 Dilatometer (Labor)	 Electron Backscatter Diffraction (EBSD)
 Elektronenspin-Resonanz-Datierung	 Faziesanalyse	 Geologische Kartierung	 Geomorphologische Analyse	 Kathodolumineszenz-Mikroskopie	 Lumineszenz-Datierung
 Mikrothermometrie	 Oberflächenanalyse mittels Gasadsorptionsgerät	 Porositäts- und Dichtebestimmung (Heliumpyknometer)	 Rasterelektronen-Mikroskopie	 Röntgen-Struktur-Goniometrie	 Spülprobenanalyse

Abb. 8: Methodenauswahl. Hier werden nur Methoden der Fachdisziplin Geologie angezeigt, weil sie im entsprechenden Drop-Down Menü ausgewählt wurde. Methoden können zudem über ein weiteres Drop-Down – Menü direkt oder über eine Filterfunktion angewählt werden. Die farbigen Punkte kennzeichnen den Prüfstatus der jeweiligen Methode.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass einige Fachdisziplin-übergreifenden Erkundungsmethoden mehrdeutig sind, d. h. sich ggf. mehr als einer Disziplin zuordnen lassen. Aus organisatorischen und technischen Gründen im Rahmen der Bearbeitung wurde für diese Methoden dann eine Fachdisziplin für die Zuordnung ausgewählt.

Zum Berichtsstand sind über 140 Erkundungsmethoden in der Datenbank angelegt. Die Datenbank befindet sich derzeit noch in der Bearbeitung. Generell werden vorrangig etablierte, marktübliche und marktverfügbare Methoden angelegt. Es ist davon auszugehen, dass einige, für bestimmte Fragestellungen relevante Methoden noch nicht (umfänglich) erfasst wurden, z. B. weil sie technisch / wissenschaftlich noch nicht etabliert sind oder über eine nur geringe Marktverfügbarkeit verfügen, aber ggf. unabdingbar zur Erreichung spezifischer Erkundungsziele sind.

Methodenauswahl

-- Methode direkt auswählen --

- Methode direkt auswählen --
- (Litho)Faziesanalyse (Geologie)
- Aeroelektromagnetik (Geophysik)
- Aerogravimetrie (Geophysik)
- Aeromagnetik (Geophysik)
- Aeroradar (EMR, GPR) (Geophysik)
- Aeroradiometrie (Geophysik)
- Altersdatierung von Grundwasser mit Kohlenstoff-14 (Hydrogeologie)
- Altersdatierung von Grundwasser mit Tritium/Tritium-He (Hydrogeologie)
- Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) (Geochemie)
- Atomemissionsspektrometrie (AES) (Geochemie)
- Auflicht- und Durchlichtmikroskopie (Geologie)
- Biostratigraphische Ansprache (Makro- und Mikrofossilien) (Geologie)
- Bohrkernaufnahme/-ansprache (Geologie)
- Bohrloch: Akustische Eigenschaften (AL, Sonic) (Geophysik)
- Bohrloch: Bohrlochgeometrie (BA, CAL, DEV) (Geophysik)
- Bohrloch: Dichte (GC, LDT) (Geophysik)
- Bohrloch: Dipmeter (DIP) (Geophysik)
- Bohrloch: Gammastrahlung (GR, GRS) (Geophysik)
- Bohrloch: Geochemische Charakterisierung (NG, EBS) (Geophysik)

Aeroelektromagnetik
(Geophysik)

Aerogravimetrie
(Geophysik)

Altersdatierung von Grundwasser mit Tritium/Tritium-He
(Hydrogeologie)

Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)
(Geochemie)

Atomemissionsspektrometrie (AES)
(Geochemie)

Auflicht- und Durchlicht-Mikroskopie
(Geologie)

Biostratigraphische Ansprache (Makro- und Mikrofossilien)
(Geologie)

Bohrkernaufnahme /-ansprache
(Geologie)

Bohrloch: Akustische Eigenschaften
(Geophysik)

Bohrloch: Bohrlochgeometrie
(Geophysik)

Bohrloch: Dichte
(Geophysik)

Bohrloch: Dipmeter
(Geophysik)

Bohrloch: Gammastrahlung
(Geophysik)

Bohrloch: Geochemische Charakterisierung
(Geophysik)

Bohrloch: Gravimetrie
(Geophysik)

Bohrloch: Image Logs (OPT, BHTV, FMI, OBI)
(Geophysik)

Bohrloch: Mag. Suzeptibilität
(Geophysik)

Bohrloch: Neutronenporosität
(Geophysik)

Bohrloch: Nuklearmagnetische Resonanz
(Geophysik)

Bohrloch: Radar (EMR, GPR)
(Geophysik)

Abb. 9: Methodenauswahl mit Hilfe eines Drop-Down – Menüs, in dem jede Methode direkt angesteuert werden kann. Die farbigen Punkte kennzeichnen den Prüfstatus der jeweiligen Methode.

B3.2/B50161-16/2021-0002/001

Stand: 25.01.2021

3.5.1 Methodenvisualisierung innerhalb des Web-Auftritts

Nach Auswahl einer Methode erscheint die entsprechende Methodenbeschreibung innerhalb der Web-Oberfläche (Abb. 10). Beispielhaft wird hier die bereits geprüfte Methode „Nuklearmagnetische Resonanz von der Oberfläche“ angezeigt. Über das am rechten Rand der Darstellung angezeigte PDF-Symbol kann die Beschreibung in eine PDF-Datei exportiert und außerhalb der Datenbank weiterverwendet werden (Abschnitt 3.5.2). Die Methode ist BGR-intern von einer zweiten Instanz gegengelesen (geprüft) worden und würde demnach in der Methodenauswahl (z. B. Abb. 8 oder Abb. 9) einen grünen Punkt bekommen.

SUPPORT GeM-DB@bgr.de
[Impressum](#) | [Datenschutzerklärung](#) | [Kontakt](#) |
LOGOUT




[Startseite](#) / [Methodenauswahl](#) / [Lesen der Methode](#)

Nuklearmagnetische Resonanz von der Oberfläche

geprüft



Allgemeines zu der Methode

Das nichtinvasive Nuklearmagnetische Resonanz-Verfahren von der (Erd-)Oberfläche (SNMR) dient zum direkten Nachweis von fließfähigem Grundwasser in porösen Gesteinsformationen und wird somit üblicherweise zur Erkundung und Charakterisierung von Aquifersystem bis in eine Tiefe von ca. 100 m eingesetzt (Behroozmand et al., 2014; Müller-Petke und Yaramanci, 2015). Die Messmethode wird zu den Elektromagnetischen (EM) Verfahren gezählt und üblicherweise als Sondierungsmethode, also als eindimensionales (1D) Verfahren, eingesetzt. Analog zu anderen EM-Verfahren lassen sich jedoch mehrere SNMR-Messpunkte im Gelände zu profil- oder flächenhaften Aussagen zusammenfassen. Echte 2- oder 3D Anwendungen der SNMR hingegen sind sehr zeitaufwendig und im Vergleich zur 1D Variante ist das Eindringvermögen deutlich reduziert.

SNMR nutzt den quantenmechanischen Effekt des Nuklearmagnetismus von Protonen in den (Grund-)Wassermolekülen. Diese besitzen durch ihren Kernspin ein magnetisches Moment, welches im Erdmagnetfeld ausgerichtet ist. Durch die Überlagerung ganzer Spin-Ensembles entsteht die sogenannte Spin-Magnetisierung, die durch Einwirkung von geeigneten FM-Feldern gezielt manipuliert werden kann. Bei der üblichen Anwendung der 1D SNMR, auch magnetische Resonanzsondierung bzw. MRS genannt, werden an der Oberfläche kreis- oder quadratförmige Kabelspulen als Transmitter- und Receiver-Antennen ausgelegt (Spulendurchmesser: 10 bis 150 m, siehe auch Abb.1 im upload-Bereich). Der Transmitter erzeugt ein pulsformiges EM Wechselfeld, dessen Frequenz mit der Larmorfrequenz der Protonenspins im Untergrund übereinstimmt. Der Anregungspuls lenkt die Protonenspin-Magnetisierung im Erfassungsbereich des Spulensystems aus ihrer Gleichgewichtslage im Erdmagnetfeld aus. Wird der Puls abgeschaltet, kehren die Protonenspins in ihre Gleichgewichtslage zurück und induzieren dabei ihrerseits ein EM Feld und damit eine messbare



99
§
📄
📄
1



Abb. 10: Darstellung einer Methodenbeschreibung nach Auswahl einer Methode; hier Nuklearmagnetische Resonanz von der Oberfläche. Über das am rechten Rand angezeigte PDF-Symbol kann die Beschreibung in eine PDF-Datei exportiert werden.

3.5.2 Methodendarstellung in PDF

Die Nutzung der Exportfunktion erzeugt im Browser eine PDF-Darstellung der aktuell ausgewählten Erkundungsmethode inkl. Inhaltsverzeichnis. Die Datei kann anschließend mit Hilfe der Browserfunktionen einer weiteren Verwendung zugeführt werden (Abb. 11).

The screenshot shows a PDF viewer interface with a sidebar on the left containing a table of contents. The main content area displays a document page with the following elements:

- Title:** Nuklearmagnetische Resonanz von der Oberfläche
- Text:** A detailed description of the non-invasive Nuclear Magnetic Resonance (SNMR) method for surface geology. It explains the principle of the method, its application in hydrogeology, and the physical basis of the measurement. The text mentions that SNMR is used to detect and characterize aquifers up to a depth of approximately 100 meters. It also notes that the method is often used in conjunction with other geophysical methods like EM-IP.
- Figure:** A 2D plot titled 'Inversion result'. The vertical axis is 'Depth [m]' ranging from 0 to 60. The horizontal axis is 'Relaxation time T_2 [s]' on a logarithmic scale from 10^{-2} to 10^0 . A color scale on the right indicates 'Partial water content [-]' from 0.01 to 0.06. A lithology column on the far right shows layers labeled 'ms', 'fs', 'fs', 'fs', 'fs', 'fs', 'ms'. A black line is overlaid on the plot, showing a peak in water content around 10-20 meters depth.
- Footer:** GeM-DB logo, date '24.01.2021, 13:18:03', and page number 'Seite 1 von 10'.

Abb. 11: Darstellung einer Methodenbeschreibung in einem Web-Browser nach Export in eine PDF-Datei; hier „Nuklearmagnetische Resonanz von der Oberfläche“ mit Zeitstempel. Es können mögliche Exportfunktionen des Browsers genutzt werden, um die Datei lokal zu speichern.

3.6 Infomaterial

Grundlegend für das Verständnis der Inhalte der Datenbank sind Zusatzinformationen. Dazu gehören die gesetzliche Grundlage (StandAG), auf deren Basis die Erkundungsziele und Erkundungsmethoden zusammengestellt wurden und Berichte, die im direkten Zusammenhang mit den Inhalten, d. h. den Erläuterungen zu den Methoden stehen. Diese Dokumente können über den Bereich „Infomaterial“ in Abb. 3 abgerufen werden (Abb. 12).

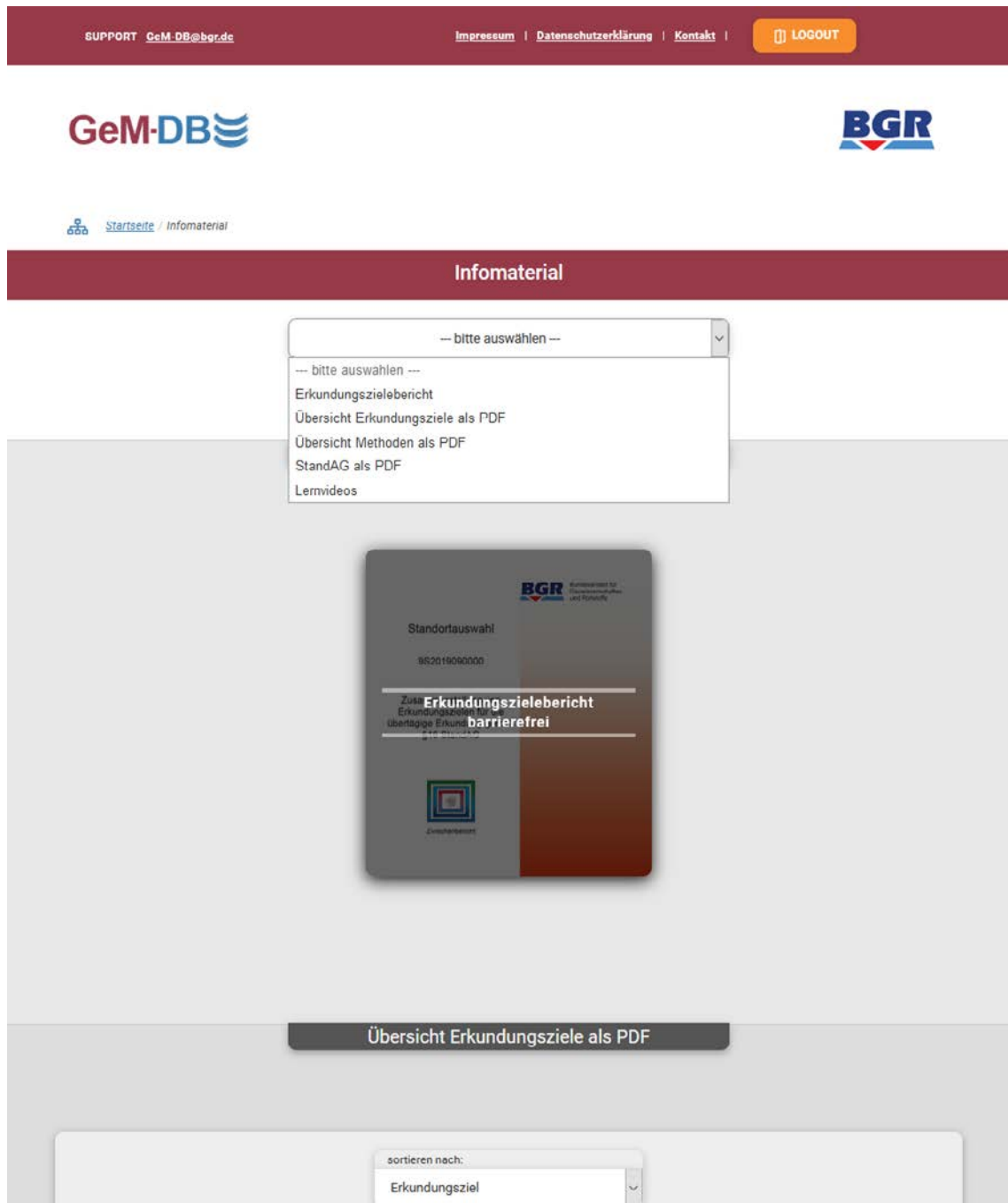


Abb. 12: Darstellung eines Teils der über Pull-Down – Menü oder Kacheln abrufbare Informationsmaterialien, die als Zusatz die Inhalte der Datenbank um Rahmeninformationen ergänzen.

4 BGR-interner Zugriff auf die Methodendatenbank GeM-DB

Die in der GeM-DB enthaltenen geowissenschaftlichen Fachinformationen sind auch beim BGR-internen Zugriff über eine Web-Oberfläche erreichbar. Über Module, die in der Oberfläche zur Verfügung gestellt werden, werden die Art und der Umfang der Zugriffsmöglichkeiten gesteuert. Es wird hier zusammenfassend beschrieben, welche Zugriffsmöglichkeiten in der BGR auf die Datenbank existieren, um den extern Lesenden einen Eindruck von den weiteren Möglichkeiten der Datenbank zu vermitteln.

4.1 Personenbezogene Rollen in der Datenbank

Die Zugänglichkeit einzelner Module ergibt sich aus der Rolle, die eine Nutzerin oder ein Nutzer zugewiesen bekommt. Es werden folgende Rollen unterschieden (in der Reihenfolge zunehmender Berechtigung):

- *Lesender Zugriff:* Jede Person, die Zugang zur Datenbank hat, darf lesen. Das gilt sowohl für Methoden als auch für zusätzlich bereitgestelltes Informationsmaterial.
- *Schreibender Zugriff:* Autorinnen und Autoren (Methoden-Experten) haben für vorher festgelegte Erkundungsmethoden schreibenden und lesenden Zugriff.
- *Prüfender Zugriff:* Personen, die Methoden prüfen, dürfen Methodeninhalte lesen und zusätzlich entsprechend zu nutzende Prüffunktionen anwenden, u. a. für die Freigabe von geprüften Methoden (Prüfvermerke, siehe Abschnitt 4.2).
- *Administrativer Zugriff:* Für den Nutzerkreis der Datenbank, der administrierend tätig ist, stellt die Datenbank eine Vielzahl von Modulen zur Verfügung, die gezielt für bestimmte Tätigkeiten ausgewählt werden können.

4.2 Module der BGR-internen Web-Oberfläche

Für die BGR-internen Nutzer der Datenbank stehen rollenabhängig eine Reihe von Modulen zur Verfügung. Abgesehen von der Rolle des Datenbankentwicklers verfügen Administratorinnen oder Administratoren über die umfassendsten Rechte in der interaktiven Arbeit mit der Datenbank GeM-DB. Ihnen stehen alle der im Folgenden aufgeführten Module zur Verfügung (Abb. 13):

- **Lesen:** Im internen Lesen-Bereich der Web-Oberfläche können Informationen über Erkundungsmethoden und Erkundungsziele lesend eingesehen werden. Sofern Methoden noch nicht qualitätsgeprüft sind, werden sie als Entwurf gekennzeichnet.
 - Methoden können über eine Kacheldarstellung, über Drop-Down Menü oder über eine Filter-Funktion angesteuert werden.
 - Erkundungsziele können entsprechend dem StandAG oder entsprechend dem Erkundungszielebericht (Kneucker et al. 2020) angesteuert werden. Hier können zu den Zielen passende Erkundungsmethoden recherchiert werden.
 - Innerhalb einer Methode können eine PDF-Ausgabe der eingepflegten Informationen und
 - der „Schreiben“-Bereich der Methode angesteuert werden, sofern die Leserin oder der Leser auch über „Schreiben“-Rechte verfügt.
- **Schreiben:** Im „Schreiben“-Bereich muss zuerst analog zum „Lesen“-Bereich eine Methode angesteuert werden. Hier gibt es die Möglichkeiten,
 - Allgemeines zur Methode einzupflegen, also allgemeine Beschreibungen der ausgewählten Methode und Inhalte für die festgelegten Attribute beizusteuern.
 - Zudem können Verknüpfungen der ausgewählten Methode zu den in der Datenbank hinterlegten Erkundungszielen hergestellt werden.
 - Es können Abbildungen der Methode beigefügt werden,
 - ergänzende Textdokumente hochgeladen oder
 - Literaturzitate hinzugefügt werden.
 - Es können die Prüfergebnisse der Prüfenden eingesehen und mit Hilfe einer Chat-Funktion mit den Prüfenden in Austausch getreten werden.

- Es können zudem Inhalte der gewählten Methode in eine andere, noch nicht editierte Ziel-Methode kopiert werden, sofern Schreibrechte auch für die Ziel-Methode existieren. Hierüber kann das Editieren einer Ziel-Methode vereinfacht werden, sofern sie Ähnlichkeiten zur Quell-Methode aufweist.

- *Prüfen*: Prüfende Personen müssen ebenfalls zuerst eine der für sie freigeschalteten Methoden auswählen und bekommen eine Ansicht, die dem Lesen-Bereich ähnelt. Zusätzlich bekommen sie jedoch farbige “Buttons“ zu sehen. Mit Hilfe der Buttons können Prüfvermerke zu dem allgemeinen Teil, den Attributen, den Zitaten und den Zieleverknüpfungen erzeugt werden, die die Schreibberechtigten der jeweiligen Methode über eine Chatfunktion für das Editieren der Methode berücksichtigen können. Der Informationsaustausch über die Chat-Funktion wird so lange fortgesetzt, bis Prüfende eine positives „OK“-Votum für die Inhalte abgeben. Ist eine Methode insgesamt mit „OK“ bewertet, wird sie im Lesen-Bereich und in der PDF-Ausgabe des Lesen-Bereichs nicht mehr als „Entwurf“ gekennzeichnet. Die Farbe des Punktes links oben auf der Methodenachel springt in dem Fall von Rot auf Grün (Abschnitt 3.5).

- *Admin*: Administrierende Personen haben viele Möglichkeiten, die Datenbank zu steuern. Admins dürfen in allen Methoden schreiben und prüfen. Die Steuerungsinstrumente der Admins sind, ohne hier jeweils auf Details einzugehen:
 - Benutzerverwaltung,
 - Methodenverwaltung,
 - Methodenstruktur,
 - Verwaltung des Literaturverzeichnisses,
 - Verwaltung des Zielekatalogs,
 - Zielestatistik,
 - Anzeige des Journals,
 - Backup der Datenbank,
 - (weitere) Admin Tools,
 - Admin Mailversand und Mailverteiler,
 - Upload von Emails für den Infobereich,
 - PDF-Export aller Methoden,

- QR-Code Erzeugung für Methoden,
- Ansicht eines Fehlerprotokolls.
- *Infomaterial:* Infomaterialien des BGR-internen Bereichs sind:
 - PDF-Dateien des StandAG,
 - des Erkundungszieleberichts,
 - Bedienungsanleitungen für Schreibende und Prüfende,
 - ein inoffizielles Glossar,
 - PDF-Export für die Erkundungsziele in inhaltlich reduzierter Listenansicht,
 - PDF-Export für Erkundungsmethoden in Listenansicht,
 - Datenbankdiagramme,
 - Lernvideos zur Benutzung der Datenbank,
 - E-Mails/Newsletter der wichtigsten Informationen, die im Laufe der Zeit an BGR-interne Nutzer verschickt worden waren.
- *Literaturverzeichnis:* Hier können alle Schreibenden bereits vorhandene Zitate mit ihren Methoden verknüpfen oder neue Zitate einpflegen. Hier werden die Zitate auch hinsichtlich einheitlicher Darstellung in der Datenbank im Nachhinein editiert.
- *Ticketsystem:* Mit Hilfe des Ticketsystems können Nutzer der Datenbank Kontakt mit dem Entwickler der Datenbank aufnehmen, um mögliche Probleme oder Unklarheiten zu melden oder um Optimierungsvorschläge zu geben.
- *Journal:* Im Journal kann die Aktivität in der Nutzung oder beim Einpflegen von Inhalten festgehalten werden.
- *Versions-Historie:* In der Versions-Historie werden die Hauptentwicklungsschritte der Datenbank schriftlich in einem „Log“ festgehalten.
- *Backup Datenbank:* Mit Hilfe dieses Moduls können Backups der Datenbank jederzeit, unabhängig von vordefinierten Backup-Zeiten durchgeführt werden.

Die BGR-internen Module werden weiterhin optimiert.

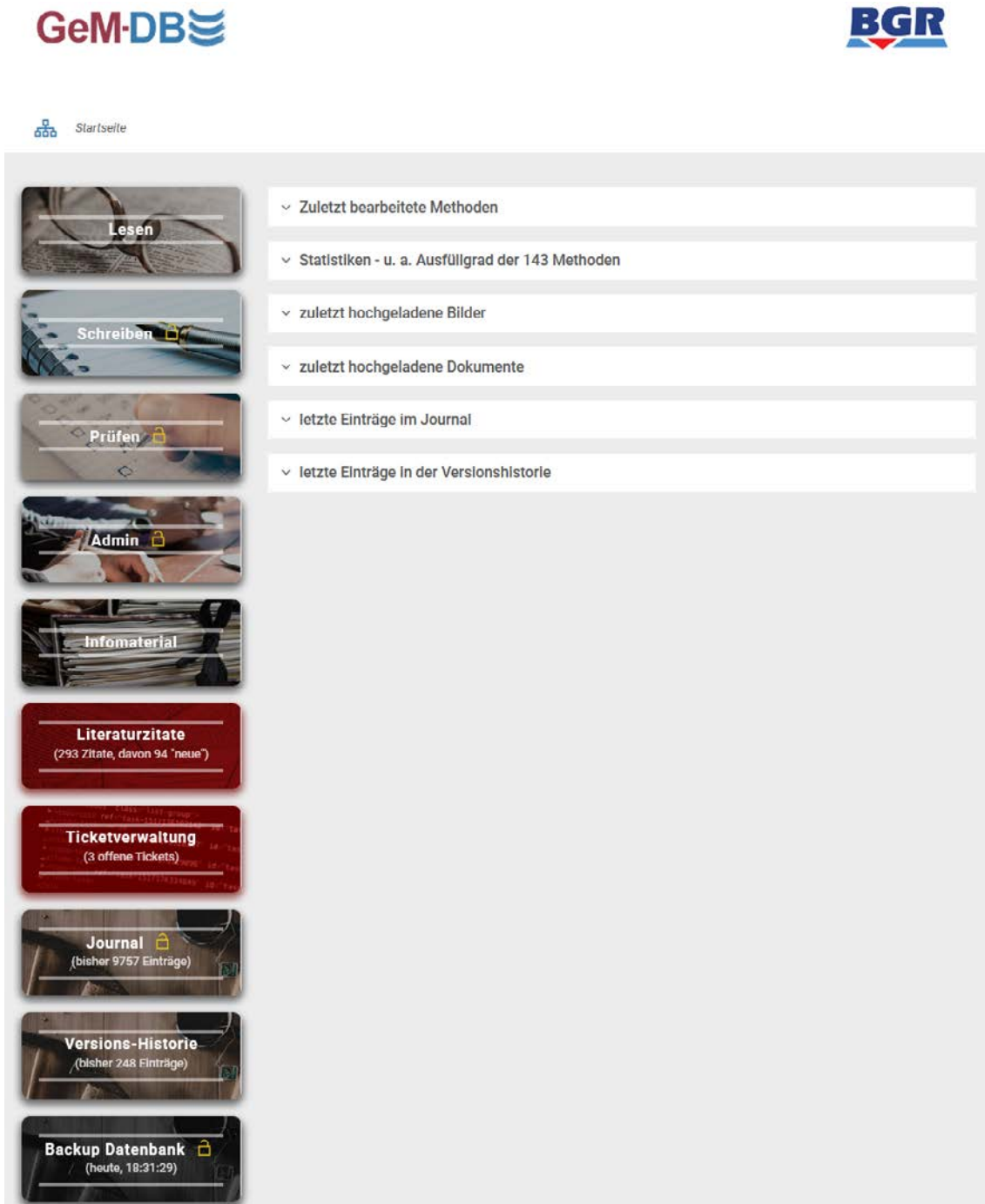


Abb. 13: Fenster der Startseite der Web-Oberfläche der Datenbank GeM-DB in der BGR-internen Ansicht.

5 Zusammenfassung

Im Rahmen der Arbeitspakete GeoMePS und ZuBeMERk wird, basierend auf einer Auswertung von Literatur und von Erfahrungen in Standorterkundungsprogrammen und bisherigen Endlagerprojekten, der aktuelle Stand der Technik zu übertägig und in Bohrungen einsetzbaren geowissenschaftlichen und geophysikalischen Untersuchungsmethoden erarbeitet. Dabei werden oberflächen-, luft- und bohrloch-gestützte Methoden einbezogen und hinsichtlich einer möglichen Anwendung im Zuge der übertägigen Erkundung gemäß StandAG eingeordnet. Die bisherige Methodenzusammenstellung ist in Form einer relationalen Datenbank dokumentiert worden.

Ein Kernelement der im Rahmen der beiden Arbeitspakete durchgeführten Methodensammlung bildet eine für die speziell für diese Recherche entwickelte Datenbankanwendung: Geowissenschaftliche Methoden – Datenbank (GeM-DB). Hier werden die Informationen zu Erkundungsmethoden mit für den Standortauswahlprozess definierten Erkundungszielen verknüpft. Die Methodendatenbank GeM-DB ist so aufgebaut, dass sie z. B. an mögliche technische Entwicklungen kontinuierlich angepasst werden oder bei Bedarf auch um weitere Informationen erweitert werden kann.

Im vorliegenden Bericht wird die Benutzung der Web-Oberfläche von GeM-DB für die Recherche in Bezug auf die Methoden und Ziele beschrieben. Die in der Datenbank zusammengetragenen Informationen sollen eine Grundlage für ein zukünftig zu erstellendes, Disziplinen-übergreifendes Erkundungsprogramm für Standortregionen in den Teilgebieten, separiert nach den drei Wirtsgesteinstypen (Steinsalz, Ton- und Kristallingestein) bilden. Aufbauend auf dieser datenbankbasierten Methodenzusammenstellung und auf der ergänzenden Auswertung von nationalen und internationalen Fallstudien, die in die Datenbank rückgekoppelt werden, sollen in der weiteren Projektbearbeitung konkrete Empfehlungen für Erkundungsprogramme zur übertägigen Standorterkundung im Rahmen der Standortauswahl erarbeitet werden.

Literaturverzeichnis

- Kneuker, T., Bartels, A., Bebiolka, A., Beilecke, T., Frithjof, B., Beushausen, M., Frenzel, B., Jähne-Klingberg, F., Lang, J., Lippmann-Pipke, J., May, F., Mertineit, M., Noack, V., Pollok, L., Reinhold, K., Rummel, L., Schubarth-Engelschall, N., Schumacher, S., Stück, H. L. & Weber, J. R. (2020). Zusammenstellung von Erkundungszielen für die übertägige Erkundung gemäß § 16 StandAG. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Zwischenbericht; 78 S.; Hannover. Geschäftszeichen B3.2/B50161-17/2020-0001/001.
- Kneuker, T.; Beilecke, T.; Pollok, L.; Schubarth-Engelschall, N.; Semroch, R.; Dlugosch, R. (2021). Datenbankbasierte Zusammenstellung geowissenschaftlicher Erkundungsmethoden für die übertägige Standorterkundung gemäß §16 StandAG. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Zwischenbericht; in Vorbereitung; Hannover.
- StandAG (2017). Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle. Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 16 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist (Standortauswahlgesetz - StandAG).

Abkürzungsverzeichnis

AP	Arbeitspaket
BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
GeM-DB	Geowissenschaftliche Methoden – Datenbank
GeoMePS	Zusammenstellung und Bewertung von geowissenschaftlichen Methoden und Programmen für die übertägige Standorterkundung
GZH	Geozentrum Hannover
PDF	Portable Document Format
PHP	PHP: Hypertext Preprocessor
SQL	Structured Query Language
StandAG	Standortauswahlgesetz
ZuBeMErk	Zusammenstellung und Bewertung von geophysikalischen Methoden zur übertägigen Erkundung

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abb. 1: GeM-DB-Login auf https://gem-db.bgr.de .	7
Abb. 2: Darstellung der 29 Tabellen, über die die fachlichen und organisatorischen Inhalte der Methodendatenbank GeM-DB organisiert sind.	8
Abb. 3: Ansicht der Startseite für externe (lesende) Nutzer der Datenbank GeM-DB.	10
Abb. 4: Darstellung der Erkundungsziele nach der Sortierung im Erkundungszielebericht der BGR (Kneucker et al. 2020). Über die mit Unterstrichen versehenen Kriterien können passende geowissenschaftliche Erkundungsmethoden recherchiert werden.	11
Abb. 5: Darstellung der Erkundungsziele nach Kriterien und Anforderungen des StandAG. Über die mit Unterstrichen versehenen Kriterien können passende geowissenschaftliche Erkundungsmethoden recherchiert werden.	13
Abb. 6: Darstellung der Erkundungsziele nach Kriterien des StandAG. Die Kriterien sind in Kachelform aufgeführt.	14
Abb. 7: Darstellung geeigneter Erkundungsmethoden für das Erkundungsziel „Vorkommen wasserlöslicher Gesteine in den Gebirgsformationen“. Die farbigen Punkte kennzeichnen den Prüfstatus der jeweiligen Methode (siehe Text). Die Kürzel K, S, T und D kennzeichnen eine Eignung für die Wirtsgesteine Kristallingestein, Steinsalz, Tongestein und „Diverses Gestein“, also in vielen Fällen gleichbedeutend mit Deckgebirge.	15
Abb. 8: Methodenauswahl. Hier werden nur Methoden der Fachdisziplin Geologie angezeigt, weil sie im entsprechenden Drop-Down Menü ausgewählt wurde. Methoden können zudem über ein weiteres Drop-Down – Menü direkt oder über eine Filterfunktion angewählt werden. Die farbigen Punkte kennzeichnen den Prüfstatus der jeweiligen Methode.	17
Abb. 9: Methodenauswahl mit Hilfe eines Drop-Down – Menüs, in dem jede Methode direkt angesteuert werden kann. Die farbigen Punkte kennzeichnen den Prüfstatus der jeweiligen Methode.	19
Abb. 10: Darstellung einer Methodenbeschreibung nach Auswahl einer Methode; hier Nuklearmagnetische Resonanz von der Oberfläche. Über das am rechten Rand angezeigte PDF-Symbol kann die Beschreibung in eine PDF-Datei exportiert werden.	20
Abb. 11: Darstellung einer Methodenbeschreibung in einem Web-Browser nach Export in eine PDF-Datei; hier „Nuklearmagnetische Resonanz von der Oberfläche“ mit Zeitstempel. Es können mögliche Exportfunktionen des Browsers genutzt werden, um die Datei lokal zu speichern.	21
Abb. 12: Darstellung eines Teils der über Pull-Down – Menü oder Kacheln abrufbare Informationsmaterialien, die als Zusatz die Inhalte der Datenbank um Rahmeninformationen ergänzen.	22
Abb. 13: Fenster der Startseite der Web-Oberfläche der Datenbank GeM-DB in der BGR-internen Ansicht.	27