



# Geologische Informationen und Bewertungskriterien für eine Raumplanung im tieferen Untergrund

erarbeitet für den Bund-Länder-Ausschuss Bodenforschung (BLA-GEO)

durch die Staatlichen Geologischen Dienste der Deutschen Bundesländer  
und die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)  
sowie das Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG)

WITTENBERG, SEPTEMBER 2012

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b>	<b>Seite</b>
1. Einführung .....	2
2. Geowissenschaftliche Grundlagen für die unterirdische Raumplanung .....	3
2.1 Geowissenschaftliche Daten und Informationen .....	3
2.2 Geowissenschaftliche Bewertungskriterien .....	5
3. Schlussfolgerungen und Empfehlungen .....	7



## 1. Einführung

Seit einiger Zeit werden an den tieferen geologischen Untergrund zunehmende Nutzungsanforderungen gestellt. Diese beginnen unterhalb der konventionellen Planungsebene und reichen bis in einige Kilometer Tiefe. Neben etablierten Nutzungen wie beispielsweise die Gewinnung von tiefen Heil- und Mineralwässern, Thermalwässern, die untertägige Gewinnung von Rohstoffen, untertägigen Erdgas- und Erdölspeichern und der Betrieb von Untertagedeponien, erscheinen neue Nutzungsmöglichkeiten, die künftig eine größere Rolle spielen werden. Hierzu gehören die verstärkte Nutzung der tiefen Geothermie, die untertägige Speicherung von Kohlendioxid, die untertägige Speicherung von Energieträgern aus erneuerbaren Energien (Wasserstoff, Methan, Druckluft) und die Gewinnung nicht-konventioneller Kohlenwasserstoffe.

Die Nutzung geowissenschaftlicher Planungsgrundlagen der Staatlichen Geologischen Dienste von Bund und Ländern (SGD) durch die Träger der Raumordnung und Regionalplanung ist in Deutschland etabliert. Diese Planungsgrundlagen beschreiben und bewerten die natürlichen Ressourcen des Untergrundes. Sie basieren in aller Regel auf geowissenschaftlichen Punkt-, Linien- und Flächendaten, die von den SGDn selbst erhoben werden, oder Daten Dritter, die den Bohrchiven der SGD der Länder auf Grundlage des Lagerstättengesetzes (LagerstG) zu übermitteln sind. Die Beschreibung und Bewertung der Böden, der Gesteine des oberflächennahen wie des tieferen Untergrundes sowie der darin ablaufenden Prozesse ist in Deutschland originäre Aufgabe der SGD. Alle Informationen über den Untergrund werden bei den SGDn gebündelt, archiviert und langfristig gesichert. Die vereinheitlichte und nachvollziehbare Regionalisierung der Eingangsinformationen, die Festlegung von Bewertungskriterien und Bewertungsschemata, die Klassifizierung von Flächen sowie die GIS-gestützte Umsetzung aller Arbeitsschritte bis zur Produktbildung gehören zu den Kernaufgaben der SGD. Diese Tätigkeiten und Fachkunde sind gleichfalls Kernkompetenz und Alleinstellungsmerkmal der SGD.

Die SGD blicken auf eine langjährige Praxis und Erfahrung bei der Erstellung solcher Planungsgrundlagen zurück. Hierdurch werden Kompetenz und Kontinuität in der Bearbeitung gewährleistet. Die SGD haben einen öffentlichen Auftrag. Ihre Arbeitsweisen und Handlungsstrategien sind weniger auf standortbezogene als auf regionale, landesweite und länderübergreifende Betrachtungen ausgerichtet. Die Fachbehörden der Länder sind erster Ansprechpartner für geologischen Sachverstand erfordernde Planungen im Rohstoff-, Energie-, Umwelt-, Agrar- und Infrastruktursektor.

Bisher standen dabei Planungen an der Erdoberfläche im Vordergrund und damit oberflächennahe geowissenschaftliche Begebenheiten bis zu Eindringtiefen von üblicherweise einigen Zehner Metern. Somit lag der Fokus bisher auf Böden, oberflächennahen Grundwasservorkommen, oberflächennahen mineralischen Rohstoffen und Geogefahren. In weiten Teilen Deutschlands, insbesondere in den Entwicklungs- und Verdichtungsräumen, ist seit Jahrzehnten ein zunehmender Druck durch konkurrierende Flächennutzungen vorhanden. Die qualitativen Anforderungen an Planungen nehmen zu, und damit auch die Anforderungen an Aussagekraft und Belastbarkeit der geowissenschaftlichen Planungsgrundlagen. Aufgrund der vergleichsweise hohen Informationsdichte über den oberflächennahen Untergrund ist es





Steinkohle- und Salzbergbau). Aufgrund der Explorations- und Produktionstätigkeiten der Industrie liegen in diesen Gebieten umfassendere Informationen vor, jedoch häufig nur für räumlich eng begrenzte Teilbereiche. An anderen Stellen fehlen Daten zum tieferen Untergrund weitgehend. Neben der inhomogenen Verteilung in der Fläche nimmt die Anzahl an Bohraufschlüssen und damit der Kenntnisstand mit zunehmender Tiefe progressiv ab. Beispielsweise erreichen in Niedersachsen von insgesamt mehr als 330.000 Bohrungen nur knapp 10 % Tiefen von mehr als 100 m und lediglich 3 % Tiefen von mehr als 800 m. Die überwiegende Zahl der Tiefbohrungen und der geophysikalischen Untersuchungen ist bis zu mehreren Jahrzehnten alt. Vor allem geophysikalische Verfahren haben sich seitdem weiterentwickelt und führen heute zu einer besseren Datenqualität. Der über lange Zeiträume gesammelte Datenbestand ist daher qualitativ inhomogen. Moderne Verfahren erlauben heute zwar eine differenzierte Beschreibung des tieferen Untergrunds, aber flächen- oder gar raumdeckende geophysikalische Informationen liegen nur aus begrenzten, gut untersuchten Gebieten mit Aufsuchungstätigkeiten der Industrie vor.

### **Datengrundlage und Informationsbereitstellung**

Die bei den SGDn verfügbaren Daten, Informationen und Produkte basieren auf qualitätsgesicherten Erhebungsverfahren. Externe Daten und Informationen werden kontinuierlich bewertet und eingepflegt. Die fallweise erforderliche Interpolation von Daten über Erkenntnislücken hinweg wird mit dem bei den SGDn vorhandenen geowissenschaftlichen Sachverstand neutral und fachgerecht durchgeführt. Unschärfen hierbei werden deutlich benannt.

Traditionell erfolgt die Publikation von Geofachdaten in Form von Karten und Dokumentationen. Der Einsatz von GIS-Werkzeugen erlaubt eine 2D-Darstellung in Kartenform. Der Trend geht dabei eindeutig in Richtung digitaler Informationssysteme und Datendienste. Die Vorgaben der Europäischen Gemeinschaft durch die EU-Richtlinie INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe, Annex II und III) für raumbezogene, digitale Daten überdecken quasi das gesamte Themenspektrum im Aufgabenkatalog der SGD. Karteninformationen liegen in den SGDn in unterschiedlichen Maßstäben und zu vielfältigen geowissenschaftlichen Themen vor. Harmonisierte Kartendaten für das gesamte Bundesgebiet im Übersichtsmaßstab 1:200.000 werden beispielsweise für die Themen Geologie oder Bodenkunde erarbeitet. Das gemeinsame Internet-Portal der SGD ([www.infogeo.de](http://www.infogeo.de)) führt zu den Karten- und Produktverzeichnissen der jeweiligen Dienste.

Die 2D-Darstellungsform wird den tatsächlichen Gegebenheiten des tieferen Untergrundes nicht gerecht. Moderne 3D-Modellierungs- und Visualisierungstechniken schaffen deutlich weiter reichende Möglichkeiten. So können beispielsweise geometrische aber auch physikalische und chemische Begebenheiten des Untergrundes im Hinblick auf unterschiedliche Nutzungsmöglichkeiten räumlich visualisiert werden. Darüber hinaus bilden diese Modelle die Grundlage für numerische Simulationen zur quantitativen Beschreibung von Prozessen im Untergrund, beispielsweise zur Bewertung der Auswirkungen von Vorhaben auf das Grundwasser. Vorteile werden insbesondere bei komplexen geometrischen Strukturen deutlich. Darüber hinaus werden diese modernen Instrumente für die Prognose von Oberflächenabsenkungen bzw. Bergschäden im Umfeld von Bergbauvorhaben eingesetzt.



In vielen Bundesländern liegen heute schon raumdeckende 3D-Übersichtsmodelle des Untergrundes vor oder sind in Arbeit. Darüber hinaus werden derzeit in den SGDn für zahlreiche Betrachtungen in größeren Maßstäben weit detailliertere Untergrundmodelle entwickelt und Anwendungen, wie beispielsweise Potenzialbewertungen, darauf aufgebaut.

## 2.2 Geowissenschaftliche Bewertungskriterien

Die geowissenschaftliche, sicherheitstechnische und wirtschaftliche Bewertung von Nutzungen des tieferen Untergrundes erfordert neben Daten und Informationen auch Bewertungskriterien. Für die hier in Rede stehenden Nutzungen sind die nachfolgenden geowissenschaftlichen Kriterien in unterschiedlicher Gewichtung maßgebend: Die Tiefenlage, Mächtigkeit und Ausdehnung von geologischen Körpern (z.B. von Speicher- und Barrierehorizonten), deren natürlich vorhandene Porosität und Permeabilität, deren rohstoffgeologische Kennwerte (z.B. Gehalt und Verteilung von Nutzmineralien), die Temperatur und die Wärmestromdichte, das Vorhandensein und die Beschaffenheit von geologischen Störungen und anderen Wegsamkeiten für Fluide und Gase, Fluid- und Gasdrücke, die Speichereffizienz, das Gefährdungspotenzial für Grundwasservorkommen sowie das Gefährdungspotenzial durch natürliche und induzierte Seismizität. Sie ergeben sich mehr oder weniger alle aus der jeweiligen geologischen Situation von betrachteten Standorten oder Gebieten. Die Anwendbarkeit dieser Kriterien hängt dabei sehr stark von der Quantität und Qualität der zur Verfügung stehenden Daten und Informationen ab. Dies gilt sowohl für die Bewertung einzelner Nutzungen als auch möglicher Nutzungskonkurrenzen.

An einem Standort schließen sich unterschiedliche Nutzungen in unterschiedlicher Tiefenlage nicht grundsätzlich aus. Geologische Formationen mit guten Speichereigenschaften können in verschiedenen Stockwerken des Untergrundes auftreten und unterschiedlich genutzt werden. Dabei ist sicherzustellen, dass keine Beeinflussung der Nutzungen untereinander eintritt. Umgekehrt können geologische Körper oder Speichergesteinsformationen des tieferen Untergrundes (z.B. poröse Sandsteine) bei entsprechender Tiefenlage und ausreichendem Porenraumvolumen grundsätzlich für unterschiedliche Nutzungen geeignet sein (z.B. zur Erdgas- und CO<sub>2</sub>-Speicherung und für die tiefe Geothermie). In diesen Fällen sind über die vorgenannten Kriterien hinaus ergänzende Kriterien heranzuziehen, um zwischen den Nutzungsoptionen zu differenzieren.

Daneben ist zu berücksichtigen, dass sich Nutzungen durch sekundäre Effekte (z.B. Änderungen des Fluid- oder Gasdruckes) ausschließen können. Eine besondere Bedeutung kommt hierbei der Betrachtung der Auswirkungen auf das Grundwasser zu, das durch nahezu alle Untergrundnutzungen berührt sein kann.

In Deutschland liegen langjährige Erfahrungen bei der Entwicklung geowissenschaftlicher Kriterien vor, insbesondere bei den SGDn. Anerkannte geowissenschaftliche Kriterienkataloge existieren bereits für mehrere Nutzungsoptionen. Bewertungskriterien für eine vergleichende Bewertung unterschiedlicher Nutzungsoptionen des tieferen Untergrundes sind bisher nicht erstellt. Abbildung 1 stellt mögliche Nutzungskonkurrenzen im tieferen Untergrund gegenüber. Grundlegend für die Gegenüberstellung sind die jeweiligen geowissenschaftli-



chen Kriterien wie vorstehend beschrieben. Für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle werden gegenwärtig neue gesetzliche Regelungen entwickelt. Da derzeit keine Kriterien für die Abwägung mit anderen Nutzungen abschließend festgelegt sind, wird diese Nutzung in Abbildung 1 nicht betrachtet.

Wesentlich ist die Feststellung, dass sich aus der Gegenüberstellung von Nutzungen in der Matrix kein pauschaler Ausschluss von Nutzungsoptionen ableiten lässt. Ein Ausschluss verschiedener Nutzungen kann erst als Ergebnis der detaillierten Betrachtung eines konkreten Standortes im Rahmen einer Einzelfallentscheidung fachlich begründet erfolgen.

	Endlagerung radioaktiver Abfälle	CCS	Salznutzung (innerhalb Salzstruktur)	Solegewinnung (außerhalb Salzstruktur)	Flache Geothermie (< 400m)	Tiefe Geothermie (> 400m)	KW (konventionell)	KW (nicht-konventionell)	Porenspeicher	Nutzbares Grundwasser	Wasserversenkung (Disposal)
Endlagerung radioaktiver Abfälle	x										
CCS		x									
Salznutzung (innerhalb Salzstruktur)			x								
Solegewinnung (außerhalb Salzstruktur)				x							
Flache Geothermie (< 400m)					x						
Tiefe Geothermie (> 400m)						x					
KW (konventionell)							x				
KW (nicht-konventionell)								x			
Porenspeicher									x		
Nutzbares Grundwasser										x	
Wasserversenkung (Disposal)											x

**Abb. 1:** Mögliche Nutzungskonkurrenzen im tieferen Untergrund

Zur lokalen Veränderung der Permeabilität wird die Frac-Technik verwendet, welche Anwendung bei mehreren Nutzungen finden kann, beispielsweise bei der Förderung von nicht-konventionellen Kohlenwasserstoffen und bei der Tiefengeothermie. Welche Beeinflussungen diese Technik wiederum auf andere Nutzungen im unterirdischen Raum hat, kann nicht pauschal beantwortet werden. Hier ist, wie bei fast allen in Abbildung 1 gegenübergestellten Nutzungen, immer die detaillierte Einzelfallprüfung an einem konkreten Standort erforderlich.



### 3. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Das räumliche Abbilden der geologischen Strukturen mit geophysikalischen Methoden (3D-, 4D-Seismik, Gravimetrie, Magnetik, Elektromagnetik etc.) und durch das linienhafte und hochaufgelöste Erfassen der Gesteinsfolgen und -materialien in Bohrungen anhand von Probenentnahmen und bohrlochgeophysikalischen Messungen ist ein wesentlicher Bestandteil der Erkundung des tieferen Untergrundes. Bundesweit gesehen ist derzeit festzustellen, dass Informationsdichte und -qualität für eine Raumplanung im tieferen Untergrund insgesamt doch selektiv, inhomogen, unscharf, inkonsistent und für viele Nutzungsarten unzureichend sind. Exploration und Datenerhebung durch die öffentliche Hand finden insbesondere im tieferen Untergrund nur in Ausnahmefällen statt. Hier sind die SGD auf Daten privatwirtschaftlicher Exploration angewiesen.

Aufgrund der bestehenden Wissensdefizite kommen die bisher von Bund und Ländern durchgeführten Studien und Projekte zum tieferen Untergrund im Wesentlichen zu „Potenzialabschätzungen“ oder „Potenzialbewertungen“ für bestimmte Nutzungsoptionen. Derart abgegrenzte Flächen und Räume im Untergrund weisen also nicht zwingend Eignungen für bestimmte Nutzungsvarianten nach, sondern sind in der Regel Bereiche, die für bestimmte Nutzungsoptionen als „weiter untersuchungswürdig“ bewertet werden. Flächen- oder raumdeckende Potenzialdarstellungen für Nutzungen des unterirdischen Raumes sind auf Grundlage der heutigen Kenntnislage daher nur kleinmaßstäblich sinnvoll (Maßstab 1:200.000 – 1:1.000.000). Nur bei bereits vorhandenen Nutzungen sind auf Grund der lokal vorliegenden geowissenschaftlichen Erkenntnisse regional begrenzt höhere Auflösungen möglich.

Für eine künftige, auf geowissenschaftlichen Grundlagen basierende unterirdische Raumplanung bzw. Raumordnung sind umfängliche, konsistente und verlässliche Daten über den geologischen Aufbau des Untergrundes, seine physikalischen und chemischen Eigenschaften sowie über die dort ablaufenden natürlichen und anthropogen verursachten Prozesse erforderlich. Diese Informationsgrundlagen sind derzeit nicht raumdeckend vorhanden. Lediglich in einigen lokal begrenzten Teilräumen ist eine Einzelfallbeurteilung hinsichtlich der Nutzungsmöglichkeiten möglich bzw. gegeben.

Für eine unterirdische Raumplanung müssen aus Sicht der SGD Ziele formuliert werden, welche Merkmale des Untergrundes für diese Aufgabe in welcher Güte notwendig und für eine evtl. Gesetzgebung erforderlich sind. Hierauf ist die Entwicklung bzw. Weiterentwicklung der Erkundungstechnologie auszurichten. Die dafür notwendige Forschung und Entwicklung sowie Demonstration in den Forschungsinstitutionen und der Industrie sind dementsprechend zu gestalten und zu fördern. Insbesondere werden die raumdeckende Erfassung, Auswertung, Zertifizierung und Bereitstellung von Untergrunddaten durch die SGD verstetigt werden müssen. Ebenso werden eine Qualitätssteigerung der messungsbasierten Informationen und die Entwicklung neuer effizienter und kostengünstiger Mess- und Auswerteverfahren zu erfolgen haben. Darüber hinaus wird die Weiterentwicklung und nationale wie europaweite Standardisierung von 3D-Datenvorhaltungs- und Datenauswertungsstrukturen als Schlüsselkompetenzen für eine moderne Raumplanung im tieferen Untergrund voranzutreiben sein.



Aus Sicht der SGD sind weiterhin Bewertungskriterien festzulegen, die den bestehenden Datengrundlagen Rechnung tragen. In der Regel liegen à priori keine hinreichenden Daten und Informationen für die abschließende Bewertung von Nutzungsoptionen des tieferen Untergrunds vor. Von daher ist vor Beginn eines Bewertungsverfahrens festzulegen, wie ein ggf. erforderlicher Lückenschluss auf der Daten- und Informationsebene in einem Verfahrensablauf erfolgen soll. Die Bewertungskriterien bzw. Kriterienkataloge müssen bereits im Vorfeld eines Bewertungsverfahrens vollständig, systematisch und definiert vorliegen. Auch die Auswahl der Kriterien und ggf. dafür herangezogene Indikatoren und Indikatorwerte, müssen im Vorfeld hinreichend begründet werden, insbesondere Kriterien für eine vergleichende Bewertung unterschiedlicher Nutzungsoptionen. Kriterien, Indikatoren und Indikatorwerte sollten fachlich allgemein anerkannt sein.

**Die SGD verfügen über die erforderlichen Basisinformationen auf der Datenebene und die Schlüsselkompetenzen auf der Bewertungsebene. Sie sind unter den erforderlichen Rahmenbedingungen die kompetenten Fachbehörden für die geologischen Aspekte einer Raumplanung im tieferen Untergrund.**

#### **Die Staatlichen Geologischen Dienste Deutschlands (SGD)**

Die Zuständigkeit für Geologie und Rohstoffe in Deutschland liegt bei den Bundesländern. Daher besitzt jedes Bundesland eine eigene Organisation, die die Aufgabe des Staatlichen Geologischen Dienstes des jeweiligen Bundeslandes wahrnimmt. Für die Aufgaben des Bundes im Bereich der Geowissenschaften ist die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) zuständig. Die Staatlichen Geologischen Dienste sind selbständige, neutrale und unabhängige wissenschaftliche Fachbehörden. Sie liefern Beratung und Dienstleistung für Politik, Behörden, Wirtschaft und Gesellschaft auf höchstem Niveau. Sie sammeln, werten aus und interpretieren systematisch geowissenschaftliche Daten und stellen sie mit modernen Techniken Dritten zur Verfügung. Zu ihren wesentlichen Produkten zählen geowissenschaftliche Informationssysteme, Karten, Fachveröffentlichungen und Bohrarchive. Die erfolgreiche Aufgabenerfüllung basiert auf und erfordert ein langjähriges und nachhaltiges Vorhalten von Informationen und Wissen und kann daher nicht von der Wirtschaft, von Universitäten, von außeruniversitären Forschungseinrichtungen und anderen staatlichen Stellen geleistet werden, da geowissenschaftliche Arbeitsbereiche in diesen Einrichtungen je nach Schwerpunktsetzung kurzfristigen Ressourcenschwankungen unterliegen. Die SGD stehen für die dauerhafte Aufrechterhaltung dieser Fachkompetenz. Die SGD arbeiten mit anderen wissenschaftlichen Institutionen und der Wirtschaft zusammen und kooperieren national wie international mit vergleichbaren Institutionen, um Erfahrungen anderer Länder zu nutzen und durch Synergien Kosten zu sparen.

#### **Aufgabenverteilung zwischen der BGR und den Staatlichen Geologischen Diensten der Bundesländer**

Die Staatlichen Geologischen Dienste der Bundesländer sind für geowissenschaftliche Aufgaben in den jeweiligen Ländern zuständig. Die sichere und nachhaltige Nutzung des Untergrundes in Deutschland setzt voraus, dass die hierfür geologisch relevanten Daten der Länder grenzübergreifend harmonisiert, zusammengefasst und einheitlich bewertet werden. Diese Aufgabe nimmt die BGR federführend in Abstimmung mit den SGDn der Bundesländer wahr und greift dabei auch auf die Angaben der Länder zurück. Die zusammengefassten Darstellungen in Form von Karten und Modellen haben dabei in der Regel einen Maßstab von 1:200.000 und kleiner.