

# Aufbau eines geothermischen Informationssystems für Deutschland

Sandra Pester, Klaus Kühne, Andreas-Alexander Maul, Rüdiger Schulz

GGA-Institut, Stilleweg 2, 30655 Hannover, sandra.pester@gga-hannover.de

Ein Internet-basiertes Informationssystems für tiefe Geothermie wird am GGA-Institut in Zusammenarbeit mit mehreren Projektpartnern im Rahmen eines vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit geförderten Projektes zurzeit aufgebaut. Zunächst wird das geothermische Informationssystem Daten über hydrogeothermische Ressourcen in Deutschland enthalten, eine spätere Erweiterung für den Bereich von Störungszonen und Hot-Dry-Rock-Verfahren wird möglich sein. Das Ziel des Projektes ist die Qualitätsverbesserung bei der Projektierung von geothermischen Anlagen und die Minimierung des Fündigkeitsrisikos. Die dafür entscheidenden Parameter sind die Fördermenge  $Q$  und die Temperatur  $T$ , die aus dem im Aufbau befindliche Fachinformationssystem Hydraulik und dem bereits existierende Fachinformationssystem Geophysik zu Verfügung gestellt werden. Für die Umsetzung der Aufgaben im EDV-Bereich wird eine relationale Datenbank mit allen projektrelevanten Daten entstehen, Raummodelle als Grundlage für die Visualisierung und die Berechnungen von geothermischen Ressourcen erstellt und die Verfügbarkeit über das Internet realisiert.

The establishment of an internet based geothermal information system is a project promoted by the Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. It is going to be developed by the Leibniz Institute for Applied Geosciences in collaboration with project partners. At first, the geothermal information system will contain data about hydrogeothermal resources in Germany. A later extension for the area of faults and Hot Dry Rock technology will be possible. The purpose of the project is to improve the quality at the development of geothermal power plants and the minimization of the exploration risk. The important parameters for that are the production rate  $Q$  and the temperature  $T$ . These are provided by the hydraulic information system which is going to be established and the already existing geophysics information system. To realise the computing-tasks, a relational database with all the relevant data for the project and underground models are going to be developed. These will be a base for the assessment of probability of success for geothermal projects.

---

## 1 Einleitung

Geothermische Energie ist eine regenerative Energiequelle, die ganzjährig und unabhängig von meteorologischen Voraussetzungen zur Verfügung steht; sie kann in Deutschland mittels verschiedener Verfahren genutzt werden. Ziel der Bundesregierung ist, die Geothermie als eine einheimische, alternative Energiequelle zu fördern und eine Aussage darüber zu erhalten, ob eine wirtschaftliche Nutzung der Geothermie in den nächsten Jahren möglich ist.

Die Investitionsentscheidungen für die Nutzung von tiefer Erdwärme werden durch Erfolgswahrscheinlichkeiten bestimmt. Um die Datengrundlage für Ermittlung dieser Wahrscheinlichkeiten zu verbessern, soll eine geothermische Infrastruktur entwickelt werden.

## 2 Das Projekt

Das Vorhaben "Aufbau eines geothermischen Informationssystems für Deutschland" (GeotIS) wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) unter dem Förderkennzeichen 0327542 gefördert; Projektträger ist das Forschungszentrum Jülich (PTJ). Das Projekt ist im Januar 2006 angelaufen und hat eine Laufzeit von 3 Jahren.

Das Projekt wird in Gemeinschaftsarbeit unter der Federführung des Instituts für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA-Institut) durchgeführt. Zu den Projektpartnern zählen:

- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), vormals Bayrisches Geologisches Landesamt, München
- Geothermie Neubrandenburg GmbH (GTN), Neubrandenburg

- Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover
- Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB), Freiburg
- Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG), Güstrow
- Ludwig-Maximilian-Universität(LMU), Arbeitsgruppe Hydrogeologie, München.

Im Rahmen dieses Projektes wird ein geothermisches Informationssystem für hydrogeothermische Ressourcen im tiefen Untergrund Deutschlands entstehen, das Daten über tiefe, für geothermische Nutzung geeignete Aquifere enthält. Die Einschränkung auf die hydrogeothermische Nutzung wird aus Zeit- und Personalgründen getroffen; es werden jedoch die Voraussetzungen geschaffen, das Informationssystem hinsichtlich geothermischer Nutzung für Hot-Dry-Rock (HDR)-Verfahren und im Bereich von Störungszonen entsprechend auszubauen.

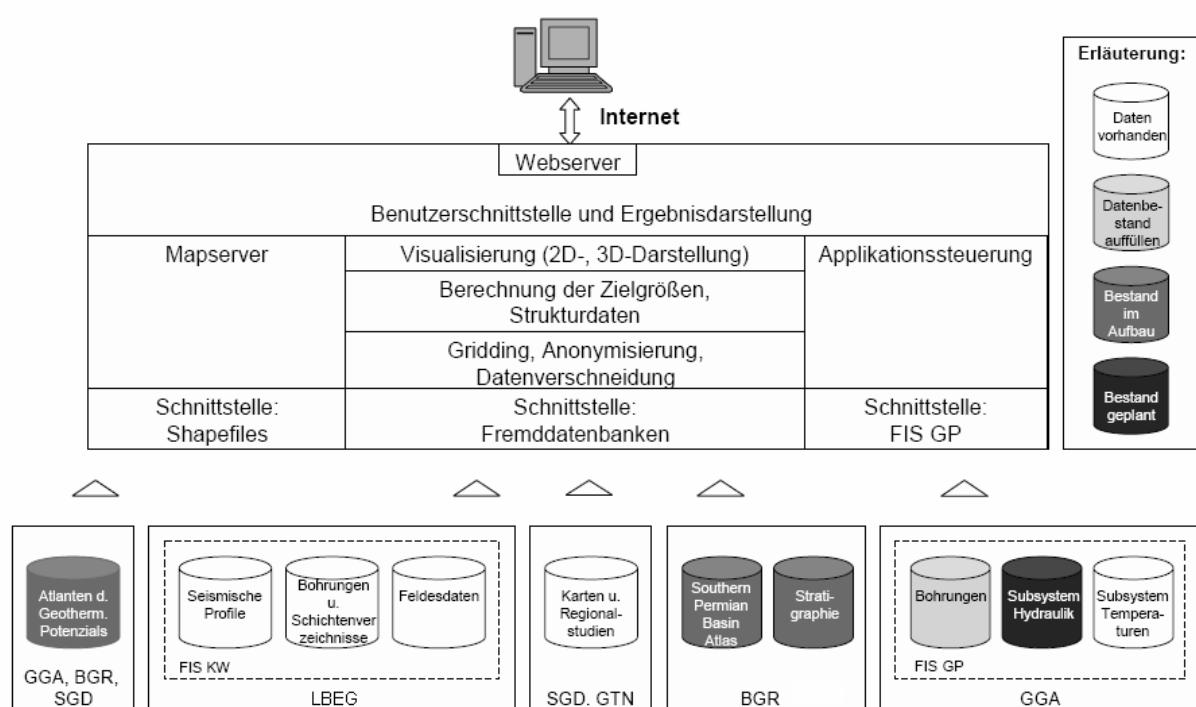
Ziel des Aufbaus des geothermischen Informationssystems ist die Lieferung von Fündigkeitsvorhersagen an wählbaren Lokalitäten. Es soll zur Qualitätsverbesserung bei der Projektierung von geothermischen Anlagen und zur Abschätzung des Fündigkeitsrisikos geothermischer Projekte dienen.

Die Forderung nach einer umfassenden, weitgehend maßstabsunabhängigen und stets aktualisierten Form eines geothermischen „Atlas“ kann nur durch ein digitales geothermisches Informationssystem erfüllt werden. Dies muss neben meist unveränderlichen, geowissenschaftlichen Basisdaten auch aktuelle Ergebnisse und Erkenntnisse enthalten und ständig ergänzt werden.

Das System wird jedem Benutzer über das Internet zur Verfügung stehen; dabei sind Eigentumsrechte an den Basisdaten in geeigneter Weise zu berücksichtigen. Die IT-Lösung wird auf dem Fachinformationssystem Geophysik (FIS GP) aufbauen (KÜHNE 2006) und unter anderem eine Formularsuche und den UMN-Mapserver integrieren. Das Architekturmodell des geothermischen Informationssystems unter Einbeziehung der vorhandenen und zugänglichen Datenbestände ist in Abb. 1 dargestellt.

### 3 Regionen und Horizonte

Die wichtigsten Regionen für eine hydrogeothermische Nutzung sind das Norddeutsche Becken, der Oberrheingraben und das Süddeutsche Molassebecken. Für diese drei Regionen werden die für die geothermische Nutzung interessanten Horizonte ausgewählt und in das geothermische Informationssystem aufgenommen (Tab. 1). Die Auswahl der Horizonte wurde von den jeweilig



**Abb. 1:** Architekturmodell des geplanten geothermischen Informationssystems unter Einbeziehung der vorhandenen und zugänglichen Datenbestände (SCHULZ et al. 2005).

**Tab. 1: Regionen und wichtigste Horizonte für hydrogeothermische Nutzung.**

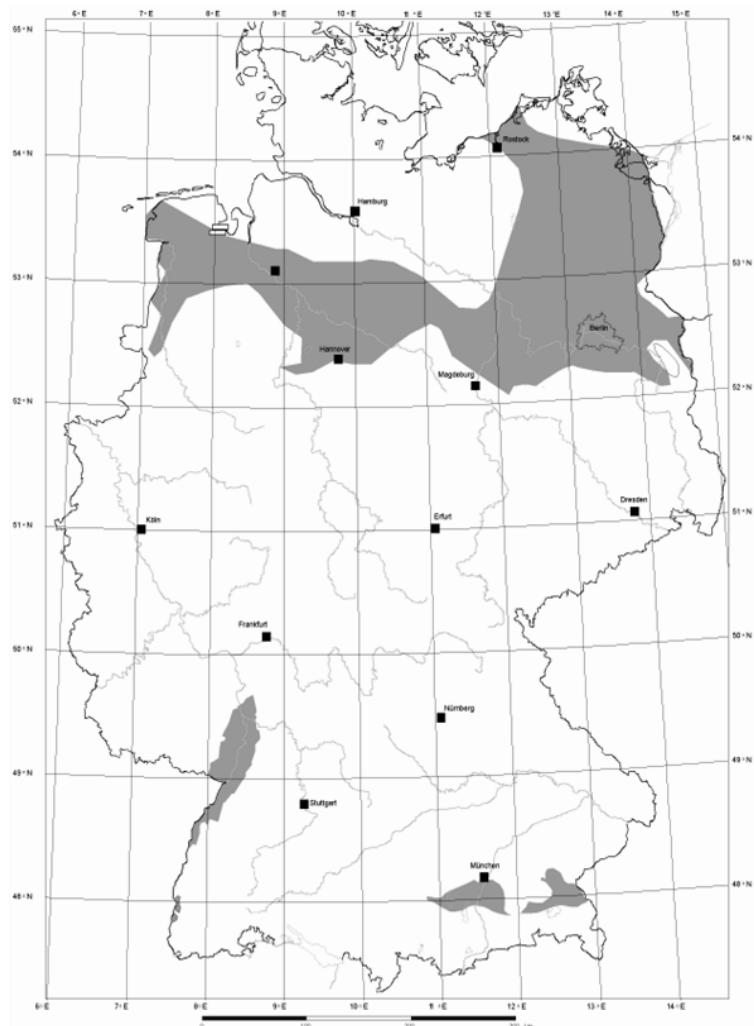
Region	Horizont	Art
Norddeutsches Becken	Speicherkomplex Lias-Rät	porös
	Mittlerer Buntsandstein	klüftig-porös
	Rotliegend-Sandsteine	klüftig-porös
	Unterkreide-Sandsteine	porös
	Dogger-Sandsteine	porös
	Keuper-Sandsteine	porös
Oberrheingraben	Oberer Muschelkalk	klüftig
	Mittlerer Buntsandstein	klüftig-porös
Süddeutsches Molassebecken	Malm	karstig-klüftig

zuständigen Projektpartnern durchgeführt, da diese die besten regionalen Kenntnisse besitzen.

In Deutschland existieren noch weitere Aquifere und Regionen mit entsprechenden Voraussetzungen, z. B. im Thüringer Becken; sie sollen in einem zweiten Schritt in das geothermische Informationssystem aufgenommen werden.

Für eine geothermische Stromproduktion müsste in den Aquiferen eine Temperatur von über

100 °C herrschen. Die dafür in Deutschland in Frage kommenden Gebiete sind in Abb. 2 dargestellt. Da das geothermische Informationssystem kein reiner „Stromatlas“ sein soll, sondern auch die direkte Wärmegewinnung eine Rolle spielt, für die Temperaturen über 60 °C erforderlich sind, werden die ausgewählten Regionen wesentlich größer sein, als in Abb. 2 dargestellt.

**Abb. 2: Für geothermische Stromerzeugung interessante Gebiete (SCHELLSCHMIDT *et al.* 2005).**

## 4 Fündigkeitsrisiko

Das Fündigkeitsrisiko bei geothermischen Bohrungen ist das Risiko, ein geothermisches Reservoir mit einer (oder mehreren) Bohrung(en) in nicht ausreichender Quantität oder Qualität zu erschließen (SCHULZ *et al.* 2005).

Die Quantität wird definiert über die installierbare Leistung einer geothermischen Anlage:

$$P = \rho_F c_F Q(T_i - T_o) \quad (\text{Gl.1})$$

mit	$P$	Leistung	[W]
	$\rho_F$	Dichte des Fluids	[kg m <sup>-3</sup> ]
	$c_F$	(isobare) spezifische Wärmekapazität	[J kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]
	$Q$	Volumenstrom, Förderrate	[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
	$T_i, T_o$	(Input- bzw. Output-) Temperatur	[K] oder [°C]

Unter Qualität in der Definition versteht man im Wesentlichen die Zusammensetzung (Chemismus) des Fluids. Alle bisher bei geothermischen Bohrungen in Deutschland angetroffenen Wässer galten hinsichtlich ihrer Zusammensetzung für geothermische Nutzung, zwar mit unterschiedlichem technischen Aufwand, als beherrschbar.

Nicht durch das Fündigkeitsrisiko abgedeckt wird die „Nachhaltigkeit“, d.h. die dauerhaft ausreichende Energieabgabe; dies ist Teil des Betriebsrisikos:

$$E = P\Delta t \quad (\text{Gl. 2})$$

mit	$E$	Energie	[J]
	$P$	Leistung, wie oben definiert	[W]
	$\Delta t$	Zeitdauer der Förderung	[s]

Somit sind die entscheidenden Parameter für das Fündigkeitsrisiko die Fördermenge  $Q$  und die Temperatur  $T_i$ , die durch die Lagerstätten-Temperatur abgeschätzt werden kann. Daten über die Temperaturen im Untergrund liegen in dem vom GGA-Institut aufgebauten, bundesweiten Fachinformationssystem Geophysik vor, das Untergrundtemperaturwerte aus ca. 10.000 Bohrungen in Deutschland enthält (KÜHNE 2006).

Zusätzlich wird ein Fachinformationssystem Hydraulik aufgebaut. Dafür sollen entsprechende Kennwerte u.a. aus Daten wie Porositäten und Permeabilitäten („Poroperm“) von Industriebohrungen, die im Fachinformationssystem Kohlenwasserstoffe (FIS KW) des LBEG vorliegen, abgeleitet werden (Abb. 1). Prinzipiell muss die

Datengrundlage für diesen Bereich noch analysiert werden. Darüber hinaus werden auch hydraulische Daten aus anderen Tiefbohrungen, z.B. Testdaten von Geothermiebohrungen und Ergebnisse von Thermalwasserbohrungen, zur Verfügung stehen.

## 5 IT-Lösung

### 5.1 Datenbanken

Als Basis des geothermischen Informationssystems dient eine relationale Datenbank, die gegenwärtig aufgebaut wird. Sie wird alle projektrelevanten Daten enthalten. Einen wichtigen Teil dabei machen die zur Verfügung stehenden Bohrungsdaten aus; dazu zählen u. a. Stamm- und Metadaten, wie Koordinaten, Eigentümer und Zweck der Bohrung, und Fachdaten wie Profil-, „Poroperm“ und Testdaten.

Für die Arbeiten innerhalb des Projektes, wie z.B. die Modellierung, werden die Fachdaten verwendet. Diese Daten dürfen jedoch häufig aus rechtlichen Gründen nicht an Dritte weitergegeben werden, so dass später für die Nutzung über den Internetzugang nur bearbeitete und anonymisierte Daten zur Verfügung stehen werden. Für die Anonymisierung werden entsprechende Verfahren entwickelt.

Ein wichtiger Aufgabenschwerpunkt innerhalb des Projektes ist die Homogenisierung von Daten, die vielfach aus verschiedenen Quellen und Bearbeitungen stammen. Dies betrifft zum Beispiel die Bohrprofile, von denen häufig mehrere pro Bohrung existieren. Zusätzlich sind die Schichtenverzeichnisse je nach Herkunft der Bohrungen durch unterschiedliche Symbolschlüssel kodiert (ATS, Symbolschlüssel Geologie und Symbolschlüssel der DDR).

Auch die Qualität der Daten und deren Wichtung und Bewertung wird für das Projekt eine große Rolle spielen.

### 5.2 Raummodell

Eine weitere Aufgabe wird die Erstellung von Raummodellen sein. Damit wird die grafische Darstellung des geologischen Untergrunds umgesetzt; sie dienen der Berechnung der geothermischen Ressourcen und bilden die Grundlage für Berechnungen von Fündigkeitsvorhersagen. Um der erforderlichen hohen Detailauflösung gerecht zu werden, ist eine Zellgröße von 100 m x 100 m als Arbeitsgrundlage vorgesehen.

Für das Raummodell werden zunächst Gauß-Krüger-Koordinaten verwendet, da auch die Topografiekarten von Deutschland in diesem Koordinatensystem vorliegen. Sobald die europaweite Umstellung auf UTM-Koordinaten erfolgt und die Topografiekarten entsprechend vorliegen, kann auch für das geothermische Informationssystem eine Umstellung erfolgen.

Die geologischen und geophysikalischen Daten für das GeotIS werden überwiegend auf der Grundlage von Rasterdaten bereitgehalten und verarbeitet werden. Bei der Darstellung von Bohrungen, der räumlichen Verteilung von Parametern (z.B. Temperatur) etc. werden hauptsächlich Vektordaten zum Einsatz kommen.

Zur Bearbeitung der Vektordaten ist der Einsatz von ArcGIS vorgesehen, die Visualisierung wird mittels UMN-Mapserver erfolgen. Des Weiteren ist die Anwendung von geostatistischen Methoden wie Kriging für physikalische Untergrundparameter und Lage von Schichten geplant.

### 5.3 Internet

Das geothermische Informationssystem soll digital über das Internet zur Verfügung stehen. Die Nutzung der GeotIS-Internet-Schnittstelle wird in zwei Betriebsmodi möglich sein:

- Der Standardmodus ist für Benutzer ohne spezielle geowissenschaftliche Vorkenntnisse (z. B. Entscheidungsträger in Kommunen, Verbänden usw.) vorgesehen.
- Der Expertenmodus bietet erweiterte Recherche- und Anzeigemöglichkeiten für Fachleute aus den Geowissenschaften und unterstützt auch den Zugang zu verwendeten Basisdaten.

Zentrale Komponente der GeotIS-Softwarelösung ist eine Webmapping-Anwendung (interaktive Karte), über die der Benutzer geografisch navigieren und recherchieren kann. Wählbare Kartenhintergründe unterstützen die Standortsuche:

- Topografie, Satellitenbilder und Gemeindegrenzen dienen zur Navigation,
- Schutz- und Abaugebiete zeigen Konflikte mit konkurrierenden Nutzungsarten auf,
- Lagekarten für Bohrungen und Messungen mit klickbaren Symbolen unterstützen den Zugang zu Meta- bzw. Basisdaten oder Grafiken.

Ein Mausklick in die interaktive Karte soll dem Benutzer Informationen über die geothermische Energieigkeit des Standortes und über die Sicherheit dieser Aussage anzeigen.

Der Expertenmodus bietet zusätzlich:

- Eine formularbasierte überregionale Suche nach geeigneten Standorten. Diese Suche wird durch fachliche Vorgaben gesteuert.
- Diverse Visualisierungsmöglichkeiten für Untergrundmodelle (Horizontal- und Vertikalschnitte über die Geologie und geophysikalische Parameter, Projektion auf Aquifere, 3D-Darstellungen),
- Anzeige von Basisdaten (z. B. seismische Profile),
- Statistische Auswertungen.

## 6 Ausblick

Das Projekt wurde im Januar 2006 begonnen, über den Stand der Arbeiten kann man sich auf den Webseiten des GGA-Instituts ([www.gga-hannover.de](http://www.gga-hannover.de)) informieren. Die unter *IT-Lösung* aufgeführten Punkte beziehen sich vor allem auf die Umsetzung von EDV-Aufgaben wie Datenbank, Raummodell und Internet. Auf die Realisierung der inhaltlichen Fragen wird zu einem späteren Zeitpunkt näher eingegangen.

## 7 Literaturhinweise

KÜHNE, K. (2006): Das Fachinformationssystem Geophysik und seine Nutzung über das Internet. – Ext. Abstract, 57. Berg- und Hüttenmännischer Tag, 22.-23.06.2006, Freiberg.

SCHELLSCHMIDT, R., SANNER, B., JUNG, R. & SCHULZ, R. (2005): Geothermal Energy Use in Germany. - In: Proc. of the World Geothermal Congress: 12 p., 24.-29.04.2005; Antalya, Turkey.

SCHULZ, R., KÜHNE, K., MAUL, A. & ZSCHOCKE, A. (2005): Machbarkeitsstudie zur Erstellung eines geothermischen Atlas für Deutschland. – Endbericht UBA Vorhaben 204 41 131, Archiv-Nr.125 483; Hannover.