

## Aufbau eines geothermischen Informationssystems für Deutschland

**Sandra Pester, Thorsten Agemar, Jessica-Aileen Alten, Klaus Kühne,  
Andreas-Alexander Maul, Sandra Schumacher, Rüdiger Schulz**

Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben  
Geozentrum Hannover

### Zusammenfassung

Das geothermische Informationssystem (GeotIS) bietet eine Zusammenstellung von Daten und Informationen über tiefe Grundwassersysteme in Deutschland, die für eine geothermische Nutzung in Frage kommen. Als internetbasiertes GIS erfüllt es die Forderung nach einer umfassenden, weitgehend maßstabsunabhängigen und stets aktualisierten Form eines Geothermie-Atlases. Ziel ist ein komfortabler Zugang zu den entscheidenden Parametern und damit eine Qualitätsverbesserung bei der Projektierung geothermischer Anlagen.

Das Informationssystem wird nach seiner Freischaltung jedem frei über das Internet zur Verfügung stehen. Über einen frei wählbaren Kartenausschnitt im Browser kann der Nutzer seine Recherche eingrenzen und die frei verfügbaren Daten zu einem bestimmten Gebiet abrufen. GeotIS stellt in seiner jetzigen Ausbaustufe Daten über Nordostdeutschland, den Oberrheingraben und das süddeutsche Molassebecken zur Verfügung. Im Internet ist das Projekt unter <http://www.geotis.de> zu finden.

### Das Projekt

Vor dem Hintergrund, den Anteil regenerativ erzeugter Energie an der Gesamtenergieversorgung der Bundesrepublik Deutschland in den nächsten Jahren auszubauen, fördert das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen im Bereich der tiefen Geothermie. Dazu zählt auch das Vorhaben "Aufbau eines geothermischen Informationssystems für Deutschland" (GeotIS), das unter dem Förderkennzeichen 0327542 gefördert wird.

Das Projekt wird unter Federführung des Leibniz-Instituts für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA-Institut), Hannover, mit Unterstützung des Wirtschaftsverbandes Erdöl- und Erdgasgewinnung (W.E.G.) umgesetzt. Projektpartner sind:

- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), München,
- Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover,
- Abteilung Umwelt im Regierungspräsidium Freiburg (RPF),
- Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG),  
Güstrow,
- Freie Universität (FU) Berlin, Arbeitsgruppe Hydrogeologie,
- Geothermie Neubrandenburg GmbH (GTN).

Tiefe Grundwasserleiter sind die Grundlage hydrogeothermischer Energiegewinnung. Um Aussagen über die hydrogeothermischen Ressourcen an einem Standort machen zu können, müssen die Eigenschaften der tiefen Grundwasserleiter möglichst genau abgeschätzt werden. In erster Linie geht es um zwei Fragen: wie heiß ist das Grundwasser und in welchen Mengen kann es gefördert werden? Letzteres, die Ergiebigkeit einer Förderbohrung, wird neben der eingesetzten Technik maßgeblich durch die hydraulischen Eigenschaften eines oder mehrerer Grundwasserleiter bestimmt.

Untergrundtemperaturen, sowie die Mächtigkeit und hydraulischen Eigenschaften der Grundwasserleiter, sind daher die bestimmenden Größen für das Fündigkeitsrisiko. Sie stellen die Hauptin-

halte des geothermischen Informationssystems dar und sind Entscheidungsgrundlage für die spätere geothermische Nutzung. Eine wirtschaftliche Verstromung geothermischer Energie setzt eine Temperatur des geförderten Wassers von mindestens 100 °C voraus. Bereits ab 60 °C können Grundwasserleiter zur direkten Wärmeabgewinnung genutzt werden. Ziel des Projektes ist die Qualitätsverbesserung bei der Projektierung geothermischer Anlagen und die Minimierung des Fündigkeitsrisikos. Trotz der vielen eingehenden Daten wird GeotIS aber keine lokale Machbarkeitsstudie ersetzen, da nicht alle Standort-spezifischen Details in eine automatisch generierte Berechnung einfließen können.

Im Grunde ist das geothermische Informationssystem als digitale Variante eines Geothermie-Atlases zu sehen, die weitgehend maßstabsunabhängig ist und stets in der aktuellsten Auflage zur Verfügung steht. Sowohl geowissenschaftliche Basisdaten als auch aktuelle Erkenntnisse und Ergebnisse werden bereitgestellt und kontinuierlich ergänzt.

Region	Horizont
Norddeutsches Becken	Speicherkomplex Lias-Rhät
	Mittlerer Buntsandstein
	Unterkreide-Sandsteine
	Dogger-Sandsteine
	Keuper-Sandsteine
Oberrheingraben	Oberer Muschelkalk
	Mittlerer Buntsandstein
Süddeutsches Molassebecken	Oberer Jura (Malm)

Tab. 1: Vielversprechendste Regionen und Horizonte hinsichtlich einer hydrogeothermischen Nutzung von Aquifere in Deutschland

Zunächst wird das Informationssystem im Wesentlichen Daten über tiefe Aquifere, die sich u. U. für eine hydrogeothermische Nutzung eignen, beinhalten, während die Möglichkeit anderer geothermischer Nutzungsarten vorerst nicht berücksichtigt wird. Daraus ergibt sich derzeit eine geographische Fokussierung auf die in dieser Hinsicht vielversprechendsten Gebiete in Deutschland, nämlich auf das Norddeutsche Becken, den Oberrheingraben und das Süddeutsche Molassebecken und dort insbesondere auf die in Tab. 1 aufgeführten stratigraphischen Horizonte. Weitere hydrogeothermisch interessante Regionen, wie das Thüringer Becken oder Gebiete Schleswig-Holsteins, sollen erst später in das Informationssystem einbezogen werden. Das System wird über das Internet frei zur Verfügung stehen, wobei die Eigentumsrechte an den Basisdaten in geeigneter Weise berücksichtigt werden (SCHULZ et al. 2007).

**Datengrundlage**  
**Bohrdaten**

Insgesamt werden für das GeotIS etwas mehr als 30.000 Bohrungen bearbeitet. Der überwiegende Teil der Bohrungen wurde im Rahmen der Kohlenwasserstoffexploration abgeteuft (ca. 27.000 in Deutschland). Darüber hinaus existieren Geothermie-, Thermal- und Mineralwasserbohrungen sowie Bohrungen des Bergbaus.

Die Fachdaten dürfen in der Regel aus rechtlichen Gründen nur von Nutzungsberechtigten verwendet werden und in ihrer originären Form nicht nach außen weitergegeben werden. Die Datenhaltung muss dieser Anforderung gerecht werden, indem den Internet-Nutzern nur die Stammdaten der Bohrungen zugänglich gemacht werden, also beispielsweise Parameter wie Eigentümer und Endteufe. Weitere Bohrungsdetails stehen dem Nutzer nur in generalisierter, abgeleiteter bzw. anonymisierter Form zur Verfügung. Diese Anforderung wird durch eine strikte Trennung der Datenhaltung von Arbeits- und Präsentationsdaten erfüllt.

## Hydraulische Daten

Verfügbare Quellen für hydraulische Daten sind das Fachinformationssystem (FIS) Kohlenwasserstoffe des LBEG, die Datenbestände der oben genannten Projektpartner und der so genannte „Hauptspeicher Bohrungsdaten“, ein Datenbestand, der sich im Besitz der Erdgas Erdöl GmbH (EEG) befindet und u. a. Testdaten aus der ehemaligen DDR enthält. Insgesamt muss jedoch gesagt werden, dass entsprechende Angaben zu den geothermisch relevanten Horizonten (Tabelle 1) nur in geringer Anzahl und nicht flächendeckend digital verfügbar sind.

Das FIS Kohlenwasserstoffe umfasst ca. 315.000 Datensätze mit Ergebnissen von Bohrkernuntersuchungen, die Permeabilitätsangaben beinhalten. Von den Projektpartnern wurden noch weitere hydraulische Daten zur Verfügung gestellt, die sich auf geothermisch relevante Horizonte beziehen. Es handelt sich dabei überwiegend um Messwerte hydraulischer Tests. Testdaten aus dem „Hauptspeicher Bohrungsdaten“ der EEG beziehen sich nur zu einem kleinen Teil auf geothermisch relevante Horizonte und enthalten nur wenige Transmissivitäts- oder Permeabilitätsangaben. Abbildung 1 zeigt als Beispiel die Verteilung der verfügbaren Hydraulikdaten für den Speicherkomplex Lias-Rhät in Nordostdeutschland.

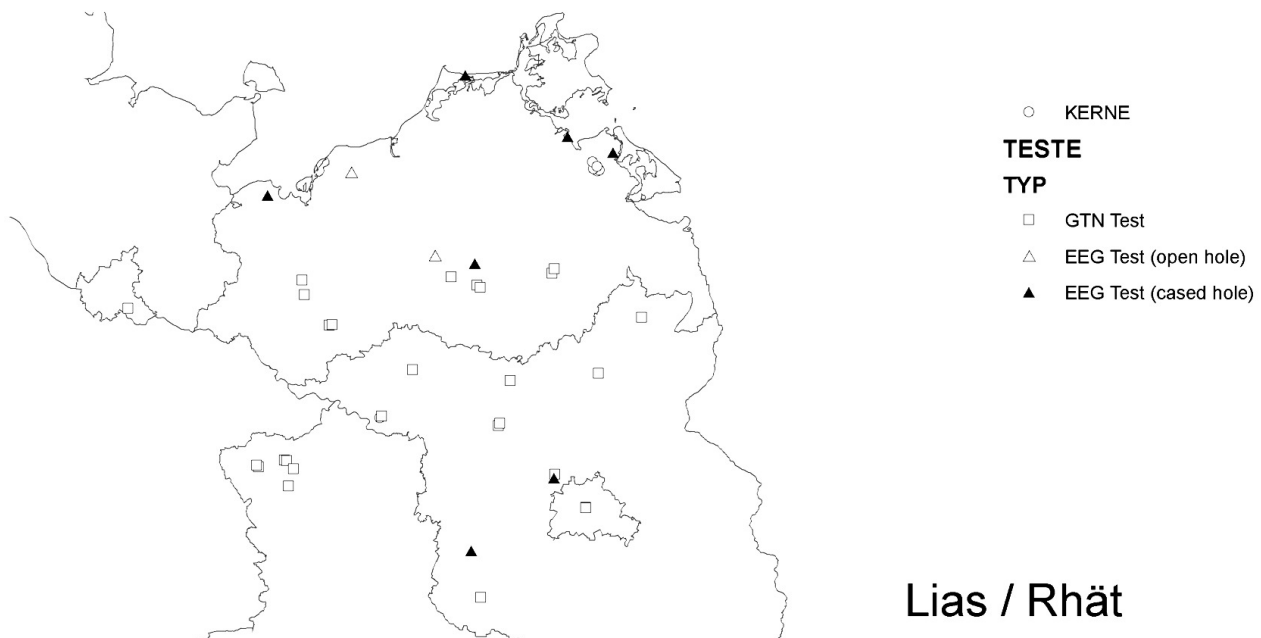


Abb. 1: Geographische Verteilung der digital verfügbaren Daten über hydraulische Eigenschaften des Speicherkomplexes Lias-Rhät im Nordosten Deutschlands. Datenquellen: Bohrkern aus dem FIS Kohlenwasserstoffe des LBEG, hydraulische Tests von GTN und hydraulische Tests aus dem „Hauptspeicher Bohrungsdaten“ der EEG.

## Temperaturdaten

Hauptdatenquelle für Aquifertemperaturen im geothermischen Informationssystem ist das Fachinformationssystem (FIS) Geophysik des GGA-Instituts (KÜHNE et al. 2003). Darin sind u. a. Informationen über das Temperaturfeld im Untergrund Deutschlands aus rund 10.000 Bohrungen gespeichert (vgl. Abb.2). Dabei handelt es sich um ungestörte und gestörte Temperaturlogs, Lagerstättentemperaturen sowie Bottom-Hole-Temperature-Messungen (BHT). Da diese Daten aufgrund der Messungen unterschiedliche Qualität haben, müssen sie ggf. korrigiert (extrapoliert) werden (SCHULZ & SCHELLSCHMIDT 1991). Langjährige Mittelwerte der Oberflächentemperatur vervollständigen die Temperaturinformation.

## Strukturdaten

Die Datenlage der Strukturdaten, die für die Darstellung des Untergrundes in den ausgewählten Regionen in Deutschland notwendig sind, ist so verschieden, dass für Nordostdeutschland, den

Oberrrheingraben und das Süddeutsche Molassebecken jeweils unterschiedliche Herangehensweisen erforderlich sind:

Für Nordostdeutschland stellen die Kartenwerke „Geothermische Ressourcen im Nordteil der DDR“ (ZENTRALES GEOLOGISCHES INSTITUT 1988-1990) und „Geologische Grundlagen zur Geothermienutzung in Nordost-Deutschland“ (GESELLSCHAFT FÜR UMWELT- UND WIRTSCHAFTSGEOLOGIE 1992) die wichtigsten Quellen für die Modellierung dar. Die darin enthaltenen Karten im Maßstab 1:200.000 bieten eine umfassende und genaue Darstellung der Basisflächen geothermisch relevanter mesozoischer Horizonte. Nachdem alle Kartenblätter, die die ausgewählten Speicherhorizonte im Norddeutschen Becken betreffen, durch das LUNG gescannt, georeferenziert und vektorisiert wurden, wurden diese mit Gocad weiter bearbeitet, wobei die Anpassung der Isolinien erfolgte. Die Basisflächen wurden anschließend auf Übereinstimmung mit den Bohrprofilen geprüft und bei Abweichungen entsprechend korrigiert. Die Topflächen wurden auf der Grundlage der Verbreitungslinien und der Bohrprofile unter Berücksichtigung der geologischen Strukturen erstellt.

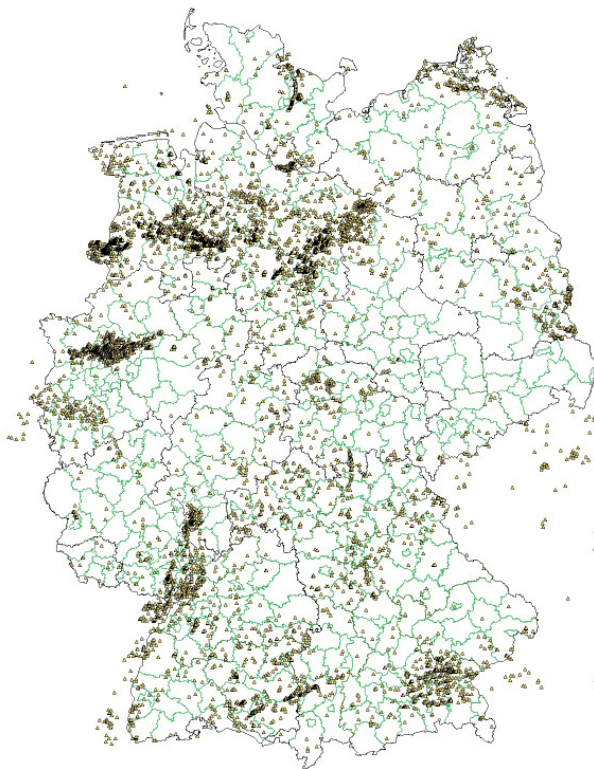


Abb. 2: Geographische Verteilung der Untergrundtemperaturdaten aus dem FIS Geophysik.

In Baden-Württemberg sind zwei Regionen für die tiefe Geothermie von Bedeutung: das Molassebecken im Südosten und der Oberrrheingraben. Letzterer lässt sich aufgrund der starken Bruchtektonik nur schwer modellieren. Grundlage der 2½D-Modellierung sind in beiden Regionen Seismik-Profile und Bohrungen. Die Abteilung Umwelt im RPF (Regierungspräsidium Freiburg) greift hier auf Seismikdaten der Kohlenwasserstoffindustrie zurück, die im Rahmen des Projekts gescannt, georeferenziert und vektorisiert werden. Für den Oberrrheingraben existieren 1031 seismische Sektionen, die im Rahmen des Projekts bereits digital aufbereitet wurden. Die Bearbeitung der 950

Sektionen des Molassebeckens wird im Laufe des Jahres 2008 abgeschlossen. Für den Oberrrheingraben ist auf der Basis der seismischen Daten eine Erstellung von 20 geologischen Querprofilen im Abstand von 10 km und ein bis zwei Längsprofilen geplant. Für das Molassebecken in Baden-Württemberg werden 5 Querprofile und 5 Längsprofile erstellt. Wie für das Gebiet in Nordostdeutschland wird auch für die Gebiete in Baden-Württemberg die Modellierung mit Gocad durchgeführt.

Für den Malm im bayerischen Teil des Molassebeckens wird eine vorhandene Karte vom Landesamt für Umwelt in München im Maßstab 1:500.000 verwendet. Allerdings wird nur für die Oberkante des Malm ein 2½D-Modell erstellt, da die Lage der Basis flächendeckend noch nicht kartiert ist.

### Anonymisierung der Daten

Ein Ziel des Geothermischen Informationssystems (GeotIS) ist die Darstellung und Präsentation thermischer und hydraulischer Daten im Internet, die für die Planung von Geothermieprojekten relevant sind. Hierzu zählen unter anderem die Porosität und die Permeabilität des Gesteins.

Aufgrund der Besitzrechte der Daten besteht die Vorgabe, diese Daten zu anonymisieren, so dass die im Internet öffentlich einsehbaren Daten nicht einer einzelnen Bohrung zugeordnet werden können. Die Darstellungsweise im Internet sieht vor, für die geothermisch relevanten Horizonte die vorhandenen Porositäts- und Permeabilitätsdaten nicht nur qualitativ (hohe Porosität/Permeabilität – niedrige Porosität/Permeabilität) zugänglich zu machen, sondern auch quantitative Aussagen zu machen, so dass ohne Anonymisierung die tatsächlichen Messdaten einsehbar wären. Obwohl in der Internetdarstellung weiterhin Zahlenwerte angezeigt werden, um die Spannbreite der Messwerte aufzuzeigen, werden die Messwerte verschiedener Bohrungen in einer Darstellung zusammengefasst und auf diese Art anonymisiert (vgl. Abb. 3). Dadurch erhält der Benutzer des Internetportals einen Eindruck über die Spannbreite und Verteilung der Porositäten und Permeabilitäten der einzelnen in der Region vorhandenen Horizonte, ohne die Messdaten einer Bohrung zuordnen zu können.

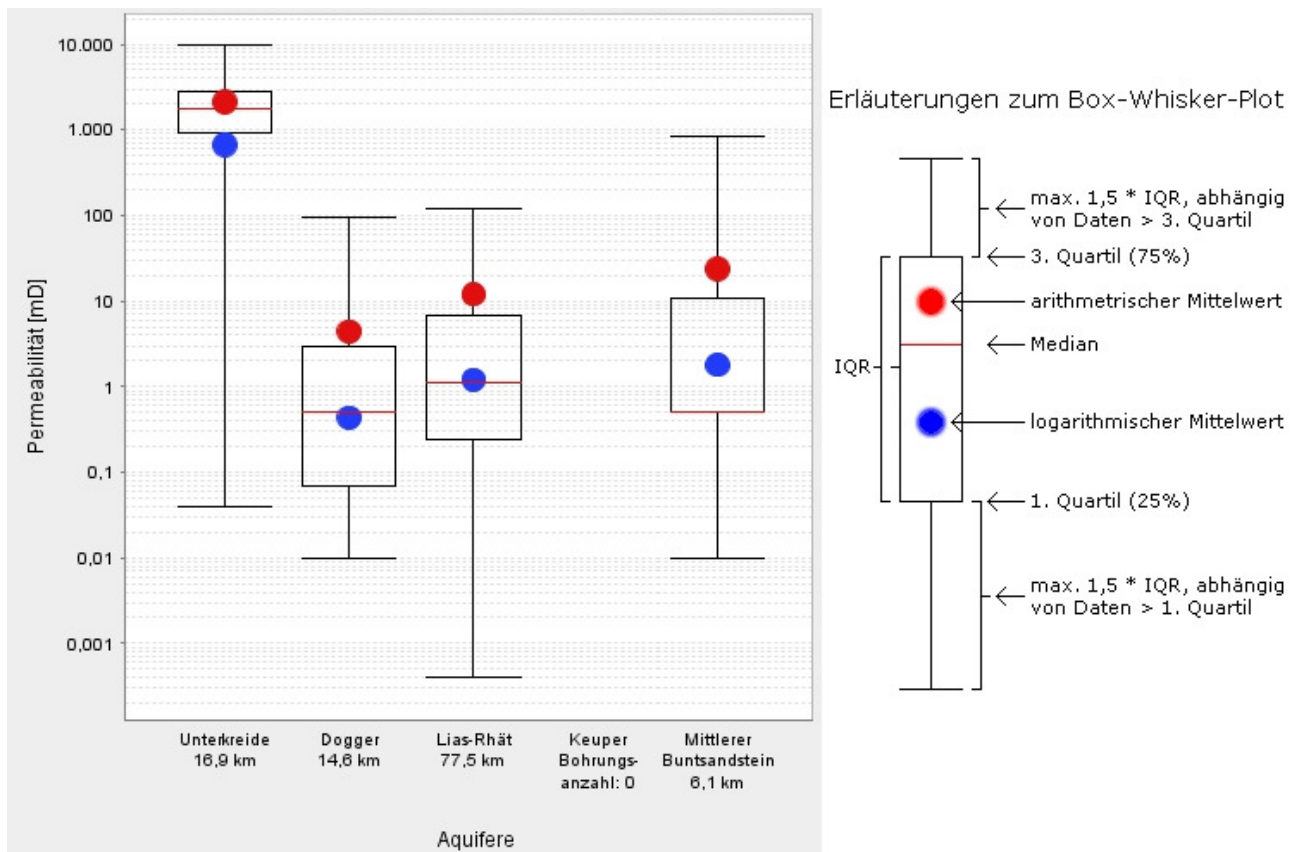


Abb. 3: Beispiel für die Darstellung von Permeabilitäten im Bereich Nordost-Deutschland. Bei der Abfrage der Werte für eine Bohrung müssen mindestens vier Bohrungen mit entsprechenden Daten zur Berechnung eines Box-Whisker-Diagramms im Umkreis von maximal 100 Kilometern in der jeweiligen stratigraphischen Einheit vorhanden sein, um so die Anonymisierung der Daten zu gewährleisten. Der Radius [km] beschreibt die Entfernung von der ausgewählten zur weitesten Bohrung.

Die Generalisierung der Temperaturdaten erfolgt über die Bestimmung des Temperaturfeldes, bei der alle Temperaturinformationen einer Region einer statistischen Analyse unterzogen werden und ein dreidimensionales Multigaussian Kriging unter Berücksichtigung des mittleren Temperaturgradienten durchgeführt wird (Universal Kriging). Auf diese Weise erhält man nicht nur eine Prognose

über die Temperaturverteilung im Untergrund, sondern auch die Varianz der interpolierten Temperaturwerte.

### Recherche-Oberfläche

Die Recherche in GeotIS erfolgt ausschließlich über das Internet. Die Recherche-Oberfläche ermöglicht die dynamische Generierung von interaktiven Karten, in denen Fachinformationen mit topographischen und statistischen Daten kombiniert werden. GeotIS baut auf den Erfahrungen auf, die das GGA-Institut bei der Entwicklung des Fachinformationssystems Geophysik (FIS GP) gewinnen konnte (KÜHNE et al. 2003).

Fachinformationen, wie die Lage von Seismik-Sektionen oder Bohrungen werden direkt auf der Karte dargestellt (Abbildung 4). Zur besseren räumlichen Orientierung können Verkehrswege, Städte, Grenzen und verschiedene andere topographische Informationen einzeln oder in Kombination ein- oder ausgeblendet werden (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, ATKIS® DLM250/1000, GN250/1000, VG250). Es ist selbstverständlich auch möglich, gezielt nach dem Namen einer Gemeinde oder einer Bohrung zu suchen. Zu Bohrungen und Seismik-Sektionen können darüber hinaus Metadaten in Form einer Tabelle abgerufen werden. Der Nutzer kann bis zu einem Maßstab von 1:20.000 in die Kartendarstellung hineinzoomen. Bei diesem Maßstabsfaktor können die einzelnen Bohrungen graphisch aufgelöst werden, auch wenn sie sich in enger Nachbarschaft befinden.

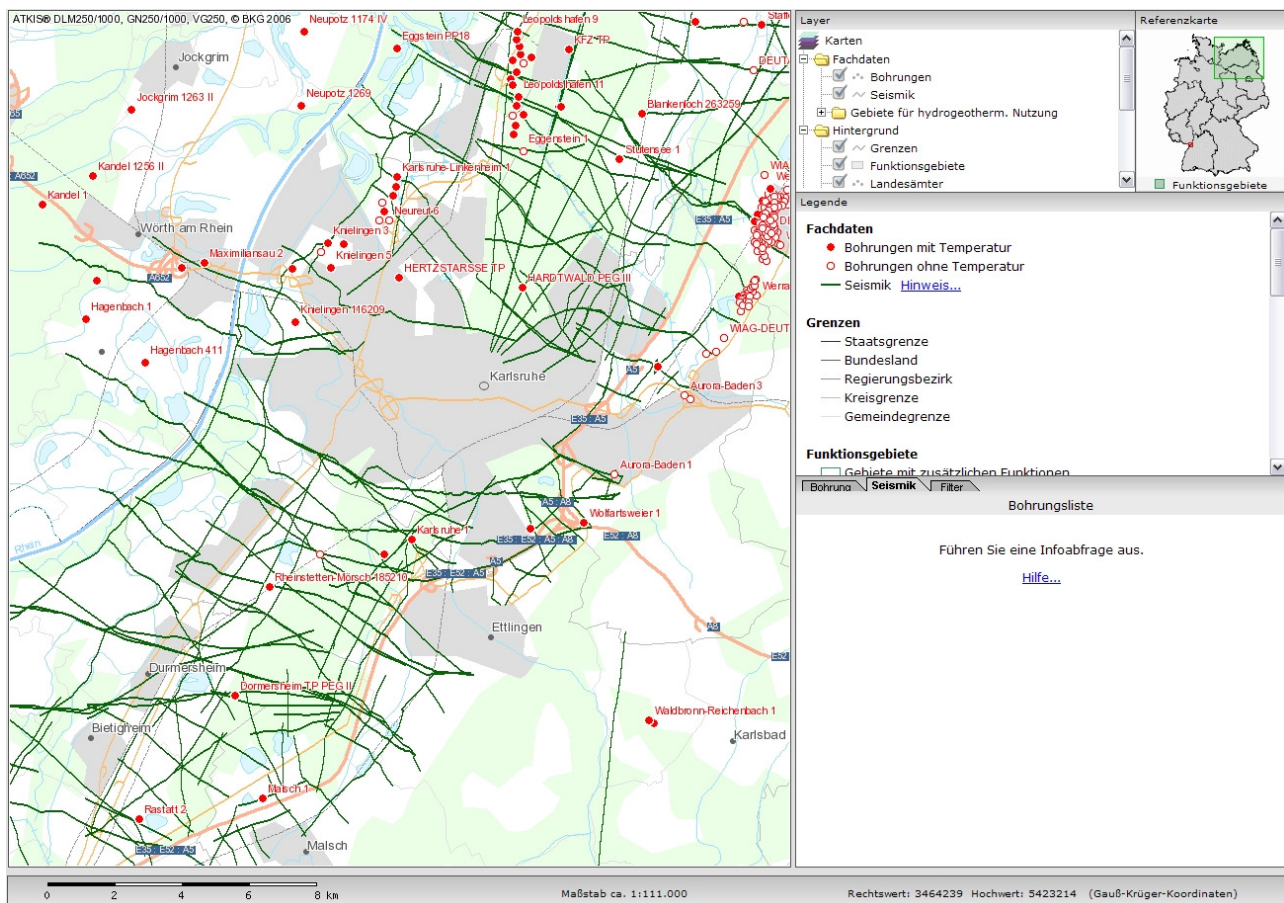


Abb. 4: Bildschirmausdruck der Recherche-Oberfläche. Auf der linken Seite befindet sich die Karte, auf der die Lage von Bohrungen und Seismikprofilen eingezeichnet sind. Auf der rechten Seite befinden sich Legende, Referenzkarte und weitere Kartenoptionen.

Detaillierten Einblick in den Untergrund bieten dynamisch generierte Vertikal- und Horizontalschnitte bis in eine Tiefe von maximal 5000 m unter NN. Der Vertikalschnitt ist im Prinzip ein geologisches Profil (Abbildung 5). Neben dem Verlauf geothermisch relevanter stratigraphischer Horizonte

werden auch naheliegende Bohrungen abgebildet. Auf Wunsch kann vom Nutzer auch der Temperaturverlauf in Form von Isolinien eingeblendet werden. Ein zusätzlicher Kartenausschnitt zeigt immer auch die geographische Lage des Profils.

Der Horizontalschnitt ermöglicht einen Blick sowohl auf die laterale Temperaturverteilung als auch auf die Stratigraphie in einer bestimmten Tiefe. Des Weiteren ist es möglich, die Temperaturverteilung an Basis und Top einer stratigraphischen Einheit abzubilden (Abbildung 6).

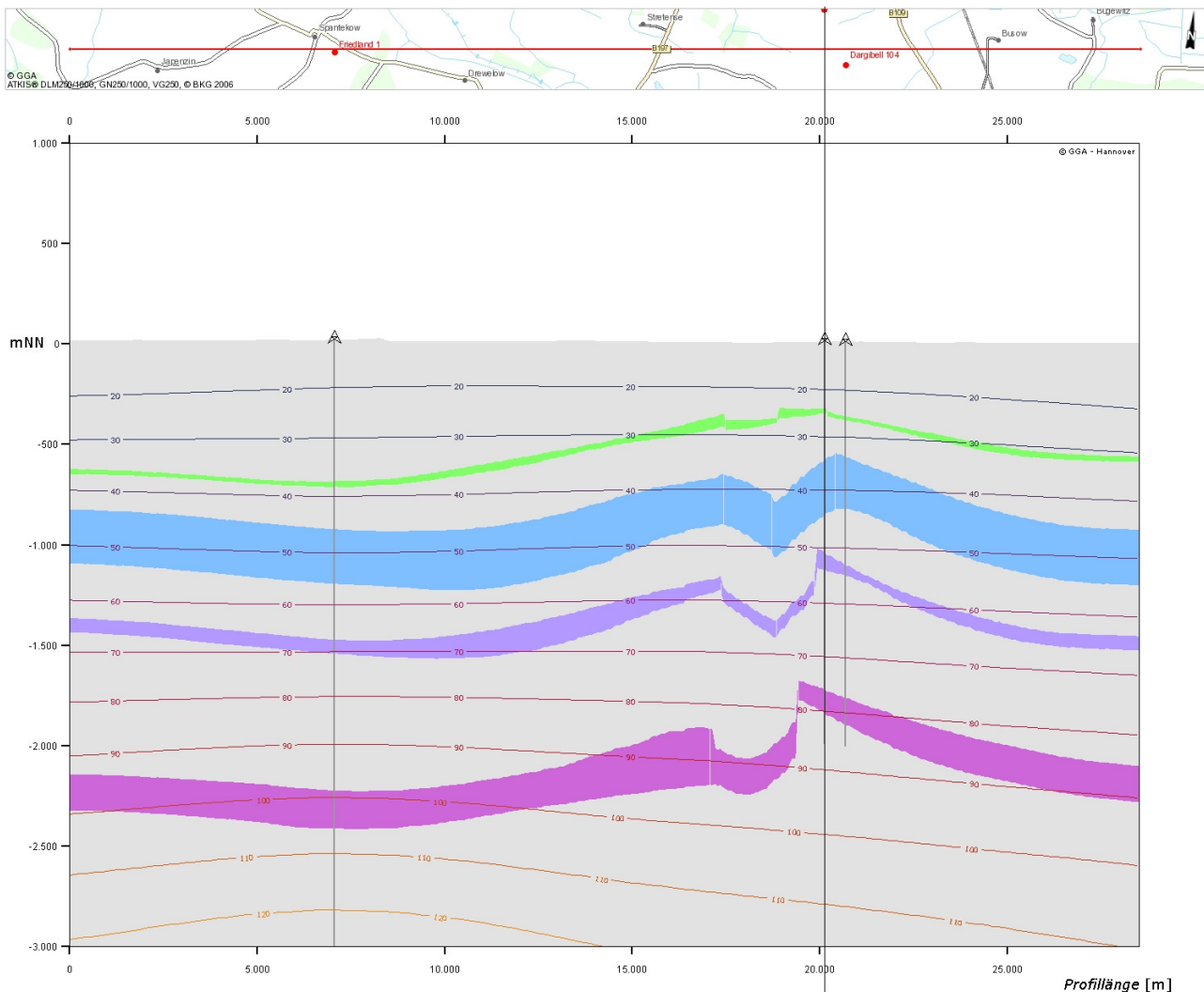


Abb. 5: Beispiel für einen Vertikalschnitt. Die Lage des Profils kann frei gewählt werden, im oberen Teil der Abbildung ist die Position auf der topographischen Karte eingeblendet. Die geothermisch relevanten Horizonte sind farblich gekennzeichnet und werden über eine Legende (hier nicht abgebildet) erklärt. Störungen werden als weiße, vertikale Linien dargestellt. Isolinien kennzeichnen den Temperaturverlauf. Bohrungen werden im Profil dargestellt, soweit sie im Kartenstreifen erscheinen. Überhöhung und maximale Tiefe können angepasst werden.

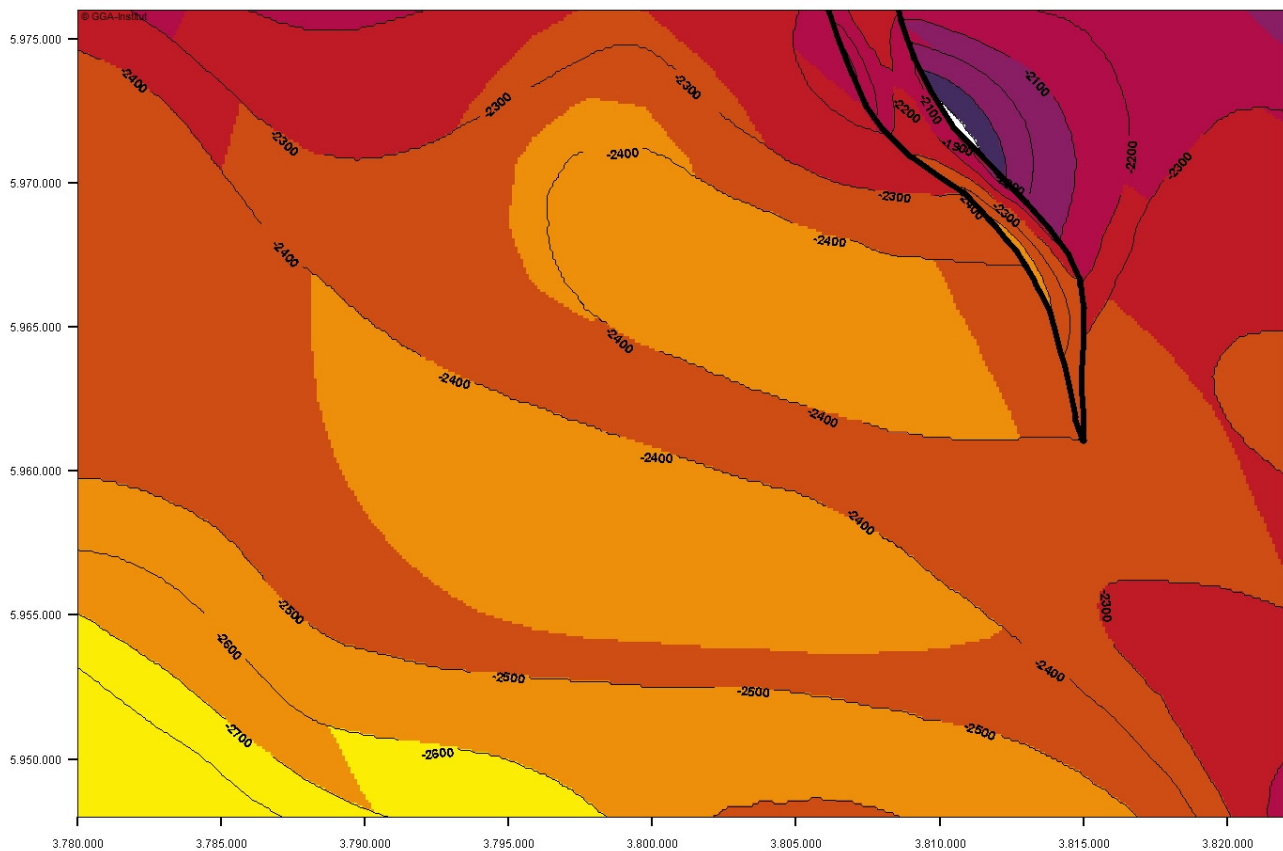


Abb. 6: Beispiel für einen Tiefenlinienplan einer stratigraphischen Einheit, hier Basis Mittlerer Buntsandstein in einem Gebiet in Nordostdeutschland. In Farbe (Legende nicht abgebildet) wird die Temperaturverteilung dargestellt.

### Verzeichnis Geothermischer Standorte

Seit Anfang 2008 ist unter [www.geotis.de](http://www.geotis.de) bereits das Verzeichnis Geothermischer Standorte nutzbar (PESTER et al. 2007). Datengrundlage dafür ist eine Tabelle aller tiefen geothermischen Anlagen in Deutschland, die sich in Betrieb, Bau und Planung befinden, die vom Personenkreis „Tiefe Geothermie“ der Ad-hoc-Arbeitsgemeinschaft Geologie des Bund/Länder-Ausschuss Bodenforschung (BLA-GEO) erstellt wurde. Die Standorte, die sich in Planung befinden, werden als interne Daten behandelt, da diese Daten ständigen Änderungen unterliegen.

Grundlage der Darstellung im Internet ist eine zoombare Deutschlandkarte; alternativ kann die Karte jedes einzelnen Bundeslandes über eine Auswahlbox ausgesucht werden.

Zur Recherche werden – wie beim Geothermischen Informationssystem auch – eine Reihe von Werkzeugen angeboten, die z. B. eine gezielte Suche nach Standorten ermöglichen. Über einen Filter kann man sich beispielsweise alle Anlagen in Deutschland – oder in einem ausgewähltem Gebiet – anzeigen lassen, deren Temperatur einen bestimmten Wert über- oder unterschreitet. Gleiches gilt für die Fließrate, Teufe, Leistung und Jahresproduktion bzw. eine beliebigen Kombination dieser Parameter.

In einem Infowindow werden tabellarisch die wichtigsten Parameter der ausgesuchten Anlagen (Name, Nutzungsart, Temperatur, Fließrate, Teufe und Produktionsdaten) aufgelistet. Durch einen Klick auf den einzelnen Standort erhält man einen vollständigen Überblick über alle Angaben der geothermischen Anlage einschließlich weiterführender Quellen, Literaturangaben und Links. Soweit vorhanden, sind auch Informationen wie Koordinaten, Angaben zu Stromerzeugung, Nutzhorizont und Erschließungskonzept aufgeführt.



Von besonderem Interesse für die Öffentlichkeit sind Angaben zur geothermisch installierten Leistung und zur genutzten Energie. Leider werden nicht von allen Betreibern geothermischer Anlagen entsprechende Angaben gemacht, so dass sie in vielen Fällen berechnet werden müssen. Auf Wunsch werden die Daten für ein beliebig ausgewähltes Gebiet, ein bestimmtes Bundesland oder für die gesamte Bundesrepublik aufsummiert und graphisch aufbereitet. Das Ergebnis einer Recherche für ein ausgewähltes Gebiet (hier für einen Kartenausschnitt in Mecklenburg-Vorpommern) ist in Abbildung 7 dargestellt.

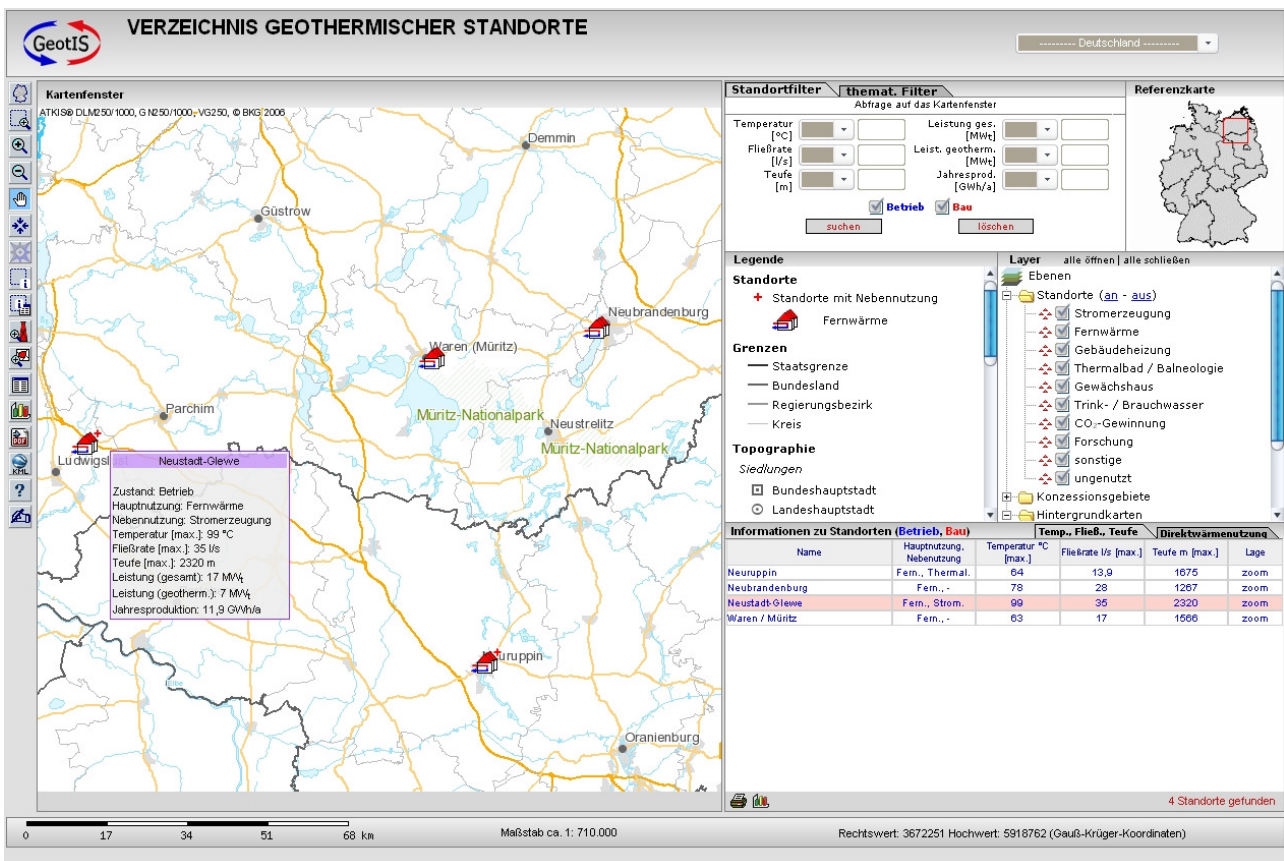


Abb. 7: Internet-Recherche im Verzeichnis geothermischer Standorte. Der Kartenausschnitt zeigt ein Gebiet in Mecklenburg-Vorpommern. Als Hintergrund sind Verwaltungsgrenzen und Topographie eingeblendet. Die Standorte werden sowohl in der Karte als auch mit den wesentlichen Daten in der Informationstabelle (rechts unten) angezeigt. Detaillierte Daten zum jeweiligen Standort können per Mausklick abgefragt werden.

## Ausblick

Das Projekt wurde im Januar 2006 begonnen. Das Informationssystem befindet sich noch in der Entwicklungs- bzw. Testphase. Die offizielle Freischaltung soll im Mai 2009 erfolgen. Über den Stand der Arbeiten kann man sich im Internet unter <http://www.geotis.de> oder auf den Webseiten des GGA-Instituts (<http://www.gga-hannover.de>) informieren. Die Projektseiten bieten aktuelle Informationen wie Ergebnisberichte, Tagungspräsentationen und Neuigkeiten. Insbesondere beinhalten sie das bereits fertig gestellte Verzeichnis geothermischer Standorte (VGS) mit zahlreichen Recherchefunktionen. Darüber hinaus ist geplant, das Geothermische Informationssystem in das von den geologischen Landesdiensten betriebene Internet-Portal InfoGEO.de (<http://www.infogeo.de>) einzubinden.

## Literaturverzeichnis

- KÜHNE, K., MAUL, A.-A. & GORLING, L. (2003): Aufbau eines Fachinformationssystems Geophysik. – Z. Angew. Geol., 2/2003: 48-53.
- GESELLSCHAFT FÜR UMWELT- UND WIRTSCHAFTSGEOLOGIE (1992): Geologische Grundlagen zur Geothermienutzung in Nordost-Deutschland (Kartenwerk 1:200.000). – Berlin.
- MALLET, J. L. (2002): Geomodeling. – Oxford University Press, New York.
- PESTER, S., SCHELLSCHMIDT, R. & SCHULZ, R. (2007): Verzeichnis geothermischer Standorte – Geothermische Anlagen in Deutschland auf einen Blick –. Geothermische Energie **56/57**: 4-8; Geeste.
- SCHULZ, R., AGEMAR, T., ALTEN, A.-J., KÜHNE, K., MAUL, A.-A., PESTER, S. & WIRTH, W. (2007): Aufbau eines geothermischen Informationssystems für Deutschland. – Erdöl Erdgas Kohle **123, 2**: 76-81; Hamburg.
- SCHULZ, R. & SCHELLSCHMIDT, R. (1991): Das Temperaturfeld im südlichen Oberrheingraben. – Geol. Jb., E48: 153-165; Hannover.
- ZENTRALES GEOLOGISCHES INSTITUT (1988-1990): Geothermische Ressourcen im Nordteil der DDR (Kartenwerk 1:200.000). – Berlin.