

Aufbau eines geothermischen Informationssystems für Deutschland

W. WIRTH, T. AGEMAR, J.-A. ALTEN, K. KÜHNE, A.-A. MAUL, S. PESTER und R. SCHULZ

Keywords: Tiefe Geothermie, Fündigkeitsrisiko, Informationssystem

Kurzfassung

Durch den Aufbau eines digitalen Informationssystems für geothermische Ressourcen in Deutschland wird der Forderung nach einer umfassenden, weitgehend maßstabsunabhängigen und stets aktualisierten Form eines geothermischen "Atlases" Rechnung getragen. Als digitales Informationssystem kann es neben, meist unveränderlichen, geowissenschaftlichen Basisdaten auch aktuelle Erkenntnisse und Ergebnisse enthalten und ständig ergänzt werden. Es soll zur Qualitätsverbesserung bei der Projektierung von geothermischen Anlagen dienen und das Fündigkeitsrisiko minimieren.

Das geothermische Informationssystem wird zunächst im Wesentlichen Daten über tiefe Aquifere, die sich u. U. für eine hydrogeothermische Nutzung eignen, beinhalten. Eine wesentliche Grundlage für die Bereitstellung der verwendeten Temperaturdaten bildet das bundesweite Fachinformationssystem Geophysik des GGA-Instituts. Zur Beschreibung der hydraulischen Eigenschaften des Untergrundes sollen u. a. Porositäts- und Permeabilitätsdaten aus Bohrungen der Kohlenwasserstoff-Industrie verwendet werden. Als Quelle für solche Industriedaten dient das Fachinformationssystem Kohlenwasserstoffe des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie. Ein Raummodell des Untergrundes wird der Speicherung, Berechnung und Visualisierung geologischer Strukturen und geophysikalischer Parameter dienen. Das geothermische Informationssystem wird nach Installation unter Berücksichtigung von Eigentumsrechten an den Daten jedem Benutzer über das Internet zur Verfügung stehen.

1. Das Projekt

Die Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, den Anteil regenerativ erzeugter Energie an der Gesamtenergieversorgung der Bundesrepublik Deutschland in den nächsten Jahren auszubauen. Vor diesem Hintergrund fördert das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) im Rahmen des 5. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung u. a. Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen auch im Bereich der tiefen Geothermie. Dazu zählt das Vorhaben „Aufbau eines geothermischen Informationssystems für Deutschland“ (GeotIS).

Das Projekt wird unter Federführung des 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,
- Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB), Freiburg,
- Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG), Güstrow,
- Freie Universität Berlin (FU), Arbeitsgruppe Hydrogeologie,
- Geothermie Neubrandenburg GmbH (GTN).

Das geplante digitale Informationssystem erfüllt die Forderung nach einer umfassenden, weitgehend maßstabsunabhängigen und stets aktualisierten Form eines Geothermieatlases. Es wird sowohl unveränderliche geowissenschaftliche Basisdaten, als auch aktuelle Erkenntnisse und Ergebnisse enthalten und kontinuierlich ergänzt werden.

Es wird einen ersten Überblick über Parameter liefern, die zur Bestimmung von Fündigkeitsrisiken entscheidend sind. Das Fündigkeitsrisiko ist nur eines von mehreren Risiken bei geothermischen Projekten. Die Nachhaltigkeit eines Reservoirs wird beispielsweise nicht durch das Fündigkeitsrisiko, sondern durch das Betriebsrisiko abgedeckt, technische Risiken, die Bohranlage und Bohrprozess betreffen, durch das Bohrrisiko. Da Exploration und Erbohrung der Reservoirs jedoch einen enormen Einfluss auf die Kosten eines Geothermieprojektes haben, kann eine Informationsquelle über zu erwartende Fündigkeitsrisiken einen besonders wichtigen Beitrag zur Qualitätsverbesserung bei der Projektierung geothermischer Anlagen darstellen. Konkrete, standortspezifische Fündigkeitsanalysen bleiben dabei jedoch lokalen Machbarkeitsstudien vorbehalten.

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 wegen ihrer geringeren Potentiale erst in einem späteren Schritt in das Informationssystem einbezogen werden.

Region	Horizont
Norddeutsches Becken	Speicherkomplex Lias-Rät
	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

Im Falle einer hydrogeothermischen Nutzung von Aquifere sind Aquifertemperatur und -ergiebigkeit, letztere repräsentiert durch die hydraulischen Eigenschaften des Aquifers und die Aquifermächtigkeit, die bestimmenden physikalischen Parameter für das Fündigkeitsrisiko. Sie machen somit die Hauptinhalte des geothermischen Informationssystems aus. Die geophysikalischen Parameter und geologischen Strukturen werden als dreidimensionales Raummodell gespeichert, das auch der Visualisierung und Parameterberechnung dient. Die Daten werden größtenteils in einem umfangreichen Datenbanksystem verwaltet und später über das Internet verfügbar sein, wobei die Eigentumsrechte an den Daten gewahrt werden müssen. Dementsprechend widmen sich die folgenden drei Abschnitte den Themen physikalische Parameter, Raummodell sowie Datenbanken und Internet.

2. Physikalische Parameter

2.1 Das Fündigkeitsrisiko

Aus dem Projektziel, Hinweise auf Fündigkeitsrisiken bereit zu stellen, ergibt sich unmittelbar eine Liste relevanter Parameter. Das Fündigkeitsrisiko ist das Risiko, ein geothermisches Reservoir mit einer (oder mehreren) Bohrung(en) in nicht ausreichender Quantität oder Qualität zu erschließen [1].

Unter der Qualität eines Reservoirs versteht man im Wesentlichen den Chemismus des Fluids. Da alle bisher in Deutschland angetroffenen Wässer hinsichtlich ihrer Zusammensetzung als für die geothermische Nutzung beherrschbar gelten, kann dieser Punkt im Normalfall als eher unkritisch angesehen werden. Das geothermische Informationssystem soll soweit verfügbar fluidchemische Parameter beinhalten. Im Folgenden wird jedoch nicht weiter auf dieses Thema eingegangen.

Als Maß für die Quantität dient die installierbare Leistung einer geothermischen Anlage:

$$P = \rho_F \cdot c_F \cdot Q \cdot (T_i - T_o)$$

mit P Leistung
 ρ_F Dichte des Fluids
 c_F (isobare) spezifische Wärmekapazität des Fluids
 Q Volumenstrom, Förderrate
 T_i, T_o (Input- bzw. Output-) Temperatur.

Mit T_i ist streng genommen die Temperatur am Bohrlochkopf gemeint. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass diese in guter Näherung mit der Aquifertemperatur übereinstimmt, was bei lang andauernder Förderung mit hohen Förderraten sicherlich der Fall ist.

Das Dupuit-Thiem-Theorem liefert eine einfache näherungsweise Darstellung der Förderrate Q:

$$Q = 2\pi k_f H \frac{s}{\ln(R/r)}$$

mit k_f Durchlässigkeitskoeffizient
 H Aquifermächtigkeit
 s Druckabsenkung
 R Einflussradius der Bohrung
 r Bohrlochradius.

Der Einflussradius R hängt von der Druckabsenkung und vom Durchlässigkeitskoeffizienten k_f ab.

$$R = R(s; k_f).$$

Damit ergibt sich insgesamt:

$$P = 2\pi \rho_F c_F k_f H \frac{s}{\ln\left(\frac{R(s; k_f)}{r}\right)} (T_i - T_o).$$

Gemessene hydraulische Daten liegen in d. R. als Permeabilitäten (bei Bohrkenuntersuchungen) oder als Transmissivitäten (bei hydraulischen Testen) vor. Um die installierbare Leistung in obiger Gleichung durch diese Parameter auszudrücken gelten folgende Zusammenhänge:

$$k_f = k \frac{\rho_F}{\nu_F} = k_f(k; \rho_F; \nu_F)$$

mit k Permeabilität
 ν_F Viskosität des Fluids

bzw.

$$T = k_f H \Rightarrow k_f = \frac{T}{H} = k_f(T; H)$$

mit T Transmissivität.

Für die Leistung ergibt sich somit:

$$P = 2\pi\rho_F c_F k \frac{\rho_F}{v_F} H \frac{s}{\ln\left(\frac{R(s; k; \rho_F; v_F)}{r}\right)} (T_i - T_o) =$$

$$= P(\rho_F; c_F; v_F; k; s; H; r; T_i; T_o)$$

bzw.

$$P = 2\pi\rho_F c_F T \frac{s}{\ln\left(\frac{R(s; T; H)}{r}\right)} (T_i - T_o) =$$

$$= P(\rho_F; c_F; T; s; H; r; T_i; T_o)$$

Die Parameter Druckabsenkung s , Bohrlochradius r und Output-Temperatur T_o sind für das geothermische Informationssystem nicht relevant, da es sich um von Menschen bestimmte technische Parameter handelt. Die Fluideigenschaften $\tilde{\rho}_F$, c_F und v_F sind lediglich von untergeordneter Relevanz; hierfür stehen Literaturwerte zur Verfügung. Als zentrale physikalische Parameter zur Beschreibung der Quantität eines Reservoirs bleiben somit die Aquifertemperatur T_i , die hydraulischen Untergrundeigenschaften Transmissivität T oder Permeabilität k und die Aquifermächtigkeit H .

Konkret erfolgt die Bestimmung des Fündigkeitsrisikos so, dass vom Projektbetreiber Grenzwerte für T_i und Q definiert werden, ab denen eine Bohrung als fündig gilt. Aus den verfügbaren Angaben zu den oben genannten Parametern wird dann die Wahrscheinlichkeit ermittelt, mit der diese Werte am Untersuchungsstandort erreicht werden [1].

2.2 Aquifertemperaturen

Hauptdatenquelle für Aquifertemperaturen im geothermischen Informationssystem ist das Fachinformationssystem (FIS) Geophysik des GGA-Instituts [2,3]. Darin sind u. a. Informationen über das Temperaturfeld im Untergrund Deutschlands aus rund 10.000 Bohrungen gespeichert (Abb. 1). Dabei handelt es sich um ungestörte und gestörte Temperaturlogs, Lagerstätten-temperaturen sowie Bottom-Hole-Temperature-Messungen (BHT). Lagerstätten-temperaturen liegen aufgrund der regelmäßigen, langjährigen Kontrolle der Förderbohrungen als Messwertreihen vor. Die Schwankungsbreite dieser Temperaturwerte liegt überwiegend unter 1 K. Ungestörte Temperaturlogs und Lagerstätten-temperaturen gelten als qualitativ optimale Daten. Sie werden keiner rechnerischen Korrektur unterzogen. Letzteres gilt ebenso für die gestörten Temperaturlogs. BHT-Messungen werden in fast allen Industriebohrungen unmittelbar nach Einstellen der Bohrarbeiten im Bohrloch tiefsten ausgeführt. Sie sind durch den Bohrvorgang (Spülungsumlauf) thermisch gestört. Da im Bohrloch tiefsten der störende Einfluss des Spülungsumlaufs auf das Temperaturfeld am geringsten ist, ist eine Korrektur

(Extrapolation) dieser BHT-Werte auf ungestörte Temperaturen möglich. In Abhängigkeit von der Standzeit nach Bohrende, der Spüldauer und der Anzahl der zur Verfügung stehenden Temperaturwerte werden unterschiedliche Extrapolationsverfahren verwendet [4]. Trotz der angewendeten Korrekturen können diese Werte im Gegensatz zu Lagerstätten-temperaturen und ungestörten Temperaturlogs noch mit Fehlern von ca. ± 5 K behaftet sein.

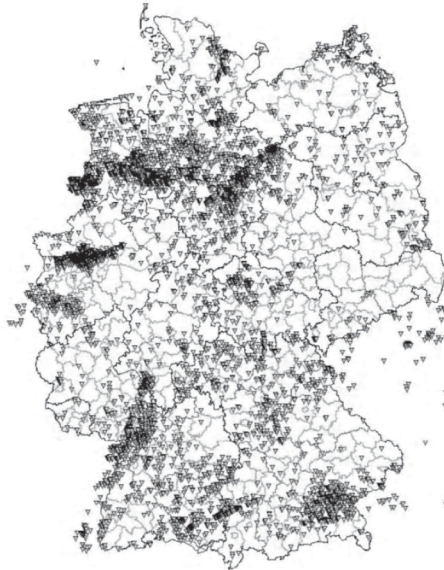


Abb. 1: Geographische Verteilung der Temperaturangaben aus dem FIS Geophysik des GGA-Institutes. Es enthält insgesamt Daten aus etwa 10.000 Bohrungen.

2.3 Hydraulische Untergrundeigenschaften

Verfügbare Quellen für Angaben über hydraulische Untergrundeigenschaften 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 Bohrungsdaten aus der ehemaligen DDR enthält. Insgesamt muss jedoch gesagt werden, dass entsprechende Angaben zu den geothermisch relevanten Horizonten (Tab. 1) nur in geringer Anzahl und nicht flächendeckend digital verfügbar sind.

Das FIS Kohlenwasserstoffe beinhaltet ca. 315.000 Datensätze mit Ergebnissen von Bohrkernuntersuchungen, die Permeabilitätsangaben beinhalten. Daneben liegen ca. 80.000 Datensätze mit Porositätsangaben vor, aus denen u. U. auf die Permeabilität geschlossen werden kann. Ein entsprechender Zusammenhang lässt sich beispielsweise über die Theorie von Pape et al. [5] herstellen. Ein Vergleich mit Untersuchungen aus dem FIS Kohlenwasserstoffe, bei denen Porositäten und Permeabilitäten bekannt sind, zeigt, dass diese Theorie zumindest in bestimmten Horizonten und im Bereich hoher Porositäten die gemessenen Permeabilitäten gut vorhersagt (Abb. 2).

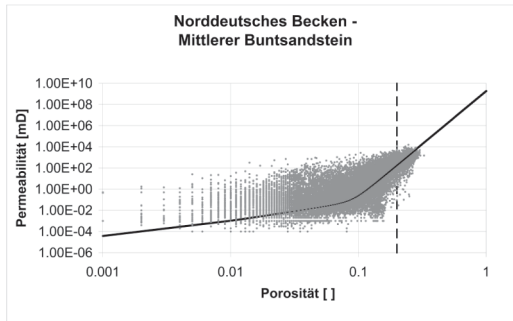


Abb. 2: Porosität-Permeabilitäts-Diagramm von Bohrkernuntersuchungen aus dem Mittleren Buntsandstein im FIS Kohlenwasserstoffe des LBEG (graue Punkte). Für Porositäten oberhalb von 20 % (gestrichelte Linie) sagt die theoretische Beziehung von Pape et al. [5] (durchgezogene Linie) die gemessenen Permeabilitäten gut voraus. Bei über 90% der Untersuchungen aus diesem Bereich unterscheiden sich gemessene und berechnete Permeabilität um weniger als einen Faktor 10. Im Bereich kleinerer Porositäten dagegen streuen die Messwerte sehr stark.

Bei obigen Angaben der Untersuchungszahlen können Mehrfachuntersuchungen an einer Probe enthalten sein. Insgesamt stammen die Daten aus nur 2.431 unterschiedlichen Bohrungen; pro Bohrung können bis zu ca. 4.000 Untersuchungen vorliegen.

Die Verteilung der Untersuchungen spiegelt naturgemäß sowohl geographisch als auch stratigraphisch das Interesse der Kohlenwasserstoffexploration wider. Etwa 80% der untersuchten Bohrungen liegen im Norddeutschen Becken. Der Rest konzentriert sich fast ausschließlich auf das Süddeutschen Molassebecken, den Oberrheingraben, das Thüringer Becken und den deutschen Teil der Nordsee. In Schleswig-Holstein überwiegen aufgrund der Dogger-Ölfelder nördlich der Elbe Untersuchungen aus dem Dogger. Im restlichen Teil des Norddeutschen Beckens dominieren Untersuchungen aus den Erdgas führenden Zechstein- und Rotliegendehorizonten. Im niedersächsischen Becken häufen sich wegen der dort vorkommenden Unterkreideölfelder Untersuchungen aus der Unterkreide. Im Oberrheingraben und im Süddeutschen Molassebecken sind Untersuchungen aus dem Tertiär vorherrschend, das dort einige Erdölvorkommen aufweist. Leider bedeutet dies, dass nur ein ausgesprochen kleiner Teil der Daten aus den geothermisch relevanten Horizonten stammt. Von den Projektpartnern werden weitere hydraulische Daten zur Verfügung gestellt, die sich zwar auf geothermisch relevante Horizonte beziehen, aber nur in relativ geringer Anzahl vorliegen. Es handelt sich dabei überwiegend um Messwerte aus hydraulischen Testen. Sie stammen aus Kohlenwasserstoff-, Geothermie-, Thermal- und Mineralwasserbohrungen sowie aus Bohrungen des Kalisalzbergbaus. Im Moment wird mit Daten aus etwa 30 Bohrungen aus dem baden-württembergischen Teil des Rheingrabens, etwa 30 Bohrungen aus dem bayerischen Molassebecken und etwa 50 Bohrungen aus Nordostdeutschland gerechnet. Die Testauswertungen werden i. d. R. Transmissivitätsangaben enthalten.

Der "Hauptspeicher Bohrungsdaten" der EEG beinhaltet weitere Daten aus hydraulischen Testen. Da diese im Zuge der Kohlenwasserstoffexploration gewonnen wurden, bezieht sich auch hier nur ein sehr geringer Teil auf geothermisch relevante Horizonte. Überhaupt enthält nur ein relativ kleiner Teil der Testdatensätze Transmissivitäts- oder Permeabilitätsangaben. Beschränkt man sich auf Datensätze mit Transmissivitäts- oder Permeabilitätsangaben aus geothermisch relevanten Horizonten, so liefert diese Datenquelle Angaben aus 29 Bohrungen, die in Open-Hole-Testen bestimmt wurden, und Angaben aus 24 Bohrungen, die in Cased-Hole-Testen bestimmt wurden.

Abb. 3 zeigt als Beispiel die Verteilung der verfügbaren Hydraulikdaten aus dem Lias-Rhät-Horizont in Nordostdeutschland. Das Beispiel verdeutlicht, dass digitale Hydraulikinformationen zu den geothermisch relevanten Horizonten nur spärlich vorhanden sind. Leider trifft dies auf die meisten anderen Horizonte aus Tab. 1 in ähnlichem, oder noch stärkerem Maße zu. Einzige Ausnahme ist der Mittlere Buntsandstein, über den etwas mehr Daten existieren.

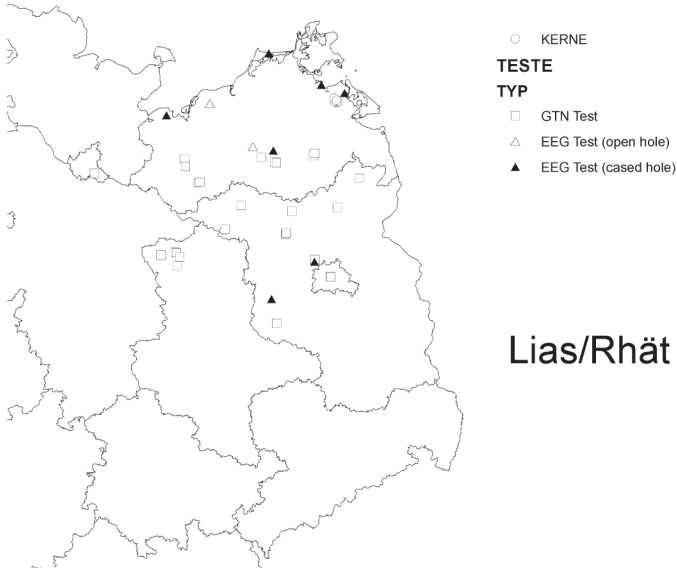


Abb. 3: Geographische Verteilung der digital verfügbaren Daten über hydraulische Eigenschaften des Lias-Rhät-Horizonts im Nordosten Deutschlands. Datenquellen: Bohrkerne aus dem FIS Kohlenwasserstoffe des LBEG, hydraulische Teste von GTN und hydraulische Teste aus dem "Hauptspeicher Bohrungsdaten" der EEG.

Da die in das Informationssystem aufzunehmenden hydraulischen Daten aus sehr unterschiedlichen Quellen stammen, ist ein enormer Arbeitsaufwand nötig, um diese zu homogenisieren und hinsichtlich ihrer Qualität zu prüfen.

2.4 Aquifermächtigkeiten

Bereits verfügbare geologische Informationen, die Auskunft über Aquifermächtigkeiten geben, sind geologische Profile aus dem FIS Kohlenwasserstoffe des LBEG und ein geothermisches Kartenwerk für Nordostdeutschland (z. B. [6]). Daneben könnte sich der Geotektonische Atlas für Nordwestdeutschland [7] als wichtige Informationsquelle erweisen, dessen Datenbasis sich auf geologische und geophysikalische Daten aus ca. 75.000 Tiefbohrungen sowie auf ca. 500.000 Profilkilometer Reflexionsseismik gründet. Für die Zielregionen in Süddeutschland soll versucht werden, soweit möglich aus Seismik- und Bohrungsdaten entsprechende Untergrundmodelle zu erstellen.

Das FIS Kohlenwasserstoffe enthält derzeit Profile aus ca. 13.000 Tiefbohrungen. Das so genannte Kartenwerk "Geothermische Ressourcen im Nordteil der DDR" besteht aus elf digitalisierten und vektorisierten Kartenblättern, die u. a. Tiefen und Mächtigkeiten der

geothermisch relevanten Aquifere darstellen. Abb. 4 zeigt die Lage von Bohrprofilen und Kartenblättern.

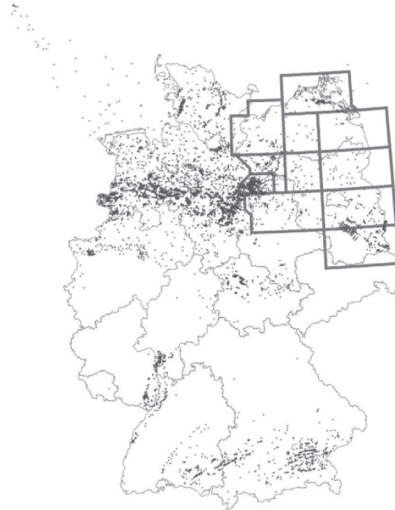


Abb. 4: Geographische Verteilung von verfügbaren geologischen Daten zur Bestimmung der Aquifermächtigkeiten. Dargestellt sind die Tiefbohrungen, aus denen geologische Profile im FIS Kohlenwasserstoffe des LBEG vorhanden sind (Punkte) und die elf Blätter des Kartenwerkes "Geothermische Ressourcen im Nordteil der DDR" (fett umrahmte Gebiete).

3. Raummodell

Geologische Strukturen und geophysikalische Parameter werden als dreidimensionales digitales Raummodell gespeichert. Das Raummodell dient neben der Speicherung der Visualisierung und z. T. auch der Berechnung von Parametern. Die geothermisch relevanten Aquifere werden darin als 2½D-Raster dargestellt.

Erster Schritt zur Erstellung des Raummodells ist die Umsetzung des Kartenwerkes "Geothermische Ressourcen im Nordteil der DDR" in Nordostdeutschland (Abb. 5). Dazu werden zunächst die digitalisierten und vektorisierten Karten mit dem Programm ArcGIS überprüft und nachbearbeitet. Daraufhin wird im Programmpaket Gocad [8] mittels "discrete smooth interpolation" die Basisfläche des jeweiligen Aquifers aus den vorhandenen Tiefenlinien erzeugt. Die Basisfläche wird mit vorhandenen Bohrungsdaten abgeglichen und gegebenenfalls angepasst. Letzter Umsetzungsschritt ist die Umrechnung in ein orthogonales Raster. Durch dieses sollen Geschwindigkeit und Speichernutzung des Systems optimiert werden.

Das Temperaturfeld im Untergrund wird durch Interpolation der verschiedenen Temperaturdaten (Temperaturlogs, BHT-Messungen, Lagerstättentemperaturen und Bodentemperaturen) als 3D-Raster abgebildet, wobei das eingesetzte Kriging-Verfahren auch Auskunft über die Zuverlässigkeit der Interpolation liefert.

5. Datenbank und Internet

Die Datenhaltung im geothermischen Informationssystem erfolgt überwiegend in einer relationalen Datenbank (Microsoft SQL Server 2000/2005), die die projektrelevanten Punkt- und Rasterdaten enthält. Im Augenblick umfasst die Datenbank 85 Tabellen mit insgesamt ca.

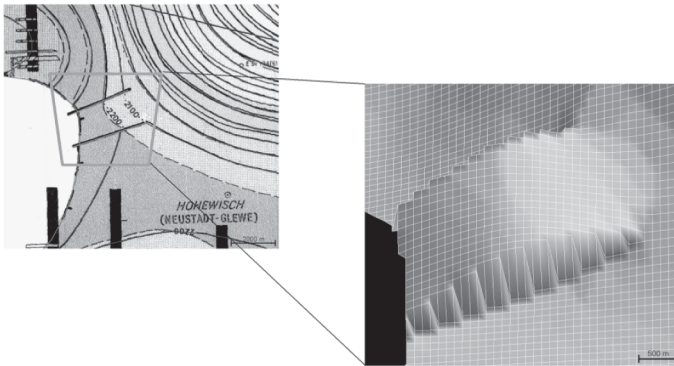


Abb. 5: Beispiel für die Umsetzung des Kartenwerkes “Geothermische Ressourcen im Nordteil der DDR” in ein dreidimensionales Raummodell. Linke Seite: Originales Kartenblatt Schwerin/Bad Doberan mit Tiefenlinien-Plot der Lias-Basis und dem als Umsetzungsbeispiel gewählten Teilgebiet (graues Viereck) mit zwei Störungen (gerade Linien) und Teilen eines Salzstockes (weiße Fläche). Rechte Seite: Resultierendes Raummodell in fünffacher Überhöhung.

2 Mio. Datensätzen. Die Generierung der Tabellen und deren Füllung sowie der Import von Daten aus den verschiedenen Quellen erfolgt durch ein umfangreiches System von Datenbankskripten und Java-Programmen. Dieser Ansatz wurde vor allem gewählt, um die Erstellung der Datenbank – z. B. im Fall struktureller oder inhaltlicher Änderungen der Datenquellen- – automatisch und damit sicher reproduzieren zu können.

Bezüglich des Datensatz-Mengengerüstes machen Bohrungsdaten den größten Teil der Daten aus, bezüglich des reinen Datenvolumens überwiegen die Rasterdaten des Raummodells.

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 im Wesentlichen nur noch bearbeitete, generalisierte bzw. anonymisierte Daten zur Verfügung gestellt werden. Diese Anforderung wird durch eine strikte Trennung der Datenhaltung von Arbeits- und Präsentationsdaten erfüllt (Abb. 6). Die Aktualisierung der Präsentationsdaten erfolgt automatisch unter Einsatz von Datenbank-Replikationsmechanismen.

Das geothermische Informationssystem wird dem Nutzer interaktiv über das Internet die fachlich benötigten Aussagen liefern. Der Vorteil einer solchen Lösung gegenüber einem herkömmlichen Kartenwerk liegt in der Verwendung jeweils aktueller Erkenntnisse und Daten, die – sobald sie in das Informationssystem eingepflegt sind – unverzüglich dem Nutzer zur Verfügung stehen.

6. Ausblick

Das Projekt wurde im Januar 2006 begonnen. Das Informationssystem soll Ende 2008 online sein. Über den Stand der Arbeiten kann man sich im Internet unter www.geotis.de oder auf den Webseiten des GGA-Instituts (www.gga-hannover.de) informieren. Die Projektseiten bieten aktuelle Informationen wie Ergebnisberichte, Tagungspräsentationen und Neuigkeiten. Insbesondere beinhalten sie ein bereits nutzbares Verzeichnis geothermischer Standorte mit zahlreichen Recherchierungsfunktionen [9].

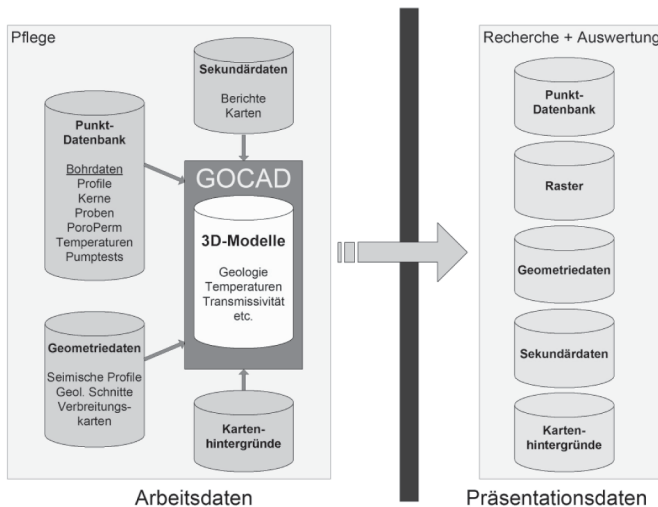


Abb. 6: Datenbankmodell des geothermischen Informationssystems mit Trennung von Arbeits- und Präsentationsdaten.

Literatur

- [1] Schulz, R., Jung, R. & Schellschmidt, R. (2005): Assessment of probability of success for hydrogeothermal wells. - Proceedings World Geothermal Congress 2005, 24.-29.04.2005, Antalya, Turkey: Paper 407; 6 p..
- [2] Kühne, K. (2006): Das Fachinformationssystem Geophysik und seine Nutzung über das Internet. - In: Merkel, B., Schaeben, H., Wolkersdorfer, C. & Hasche-Berger, A. (Hrsg.): GIS - Geowissenschaftliche Anwendungen und Entwicklungen, Wiss. Mitteilungen des Instituts für Geologie, 31: 227-231.
- [3] Kühne, K., Maul, A.-A. & Gorling, L. (2003): Aufbau eines Fachinformationssystems Geophysik. - Z. Angew. Geol., 2/2003: 48-53.
- [4] Schulz, R. & Schellschmidt, R. (1991): Das Temperaturfeld im südlichen Oberrheingraben. - Geol. Jb., E48: 153-165.
- [5] Pape, H., Clauser, C. & Iffland, J. (1999): Permeability prediction based on fractal pore-space geometry. - Geophysics, 64(5):1447-1460.
- [6] Zentrales Geologisches Institut (1989): Geothermische Ressourcen im Nordteil der DDR (1), Blatt Schwerin / Bad Doberan (1:200.000).
- [7] Baldschuhn, R., Binot, F., Fleig, S. & Kockel, F. (2001): Geotektonischer Atlas von Nordwest-Deutschland und dem Deutschen Nordseesektor - Strukturen, Strukturentwicklung, Paläogeographie. - Geol. Jahrbuch A 153: 88 S., 3CDs; Hannover.
- [8] Mallet, J. L. (2002): Geomodeling. - Oxford University Press, New York.
- [9] Pester, S. & Schulz, R. (2007): Verzeichnis geothermischer Standorte - Geothermische Anlagen in Deutschland auf einen Blick. - Geothermische Energie Bd. 56 (eingereicht). Wolfgang Wirth, GGA-Institut, Stilleweg 2, 30655 Hannover
Wolfgang.Wirth@gga-hannover.de