

Potenzialkarten und Charakterisierung von CO₂-Speicherstrukturen im Land Hessen

G2

MATTHIAS KRACHT & ANNE KÖTT

1 Einleitung

Das „Speicher-Kataster Deutschland“ ist ein gemeinsames Projekt der Bundesländer und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Es zielt auf die systematische Zusammenstellung von Informationen über unterirdische CO₂-Speicherregionen. Hierzu wurden Potenzialkarten von Speicher- und Barrieregesteinen sowie detaillierte geologische Charakterisierungen potenzieller Speicherregionen bzw. Speicherstrukturen auf der Basis bestehender Datenbestände erzeugt und unter den Bundesländern abgeglichen.

Die bundesweit einheitliche Erfassung und Interpretation von Informationen über Speicher- und Barrieregesteine dient der qualifizierten Beratung von

Politik, Öffentlichkeit und Wirtschaft durch die zuständigen Fachbehörden.

Im Rahmen des oben genannten Informationssystems wurde das HLUG durch die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) beauftragt, die Speicher- und Barrieregesteine im Gebiet des Landes Hessen zu erfassen und zu bearbeiten. Die in diesem Vertrag festgelegten Untersuchungen sind mit der Vorlage des Endberichtes bei der BGR jetzt abgeschlossen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass in Hessen keine ausreichend großen und sicheren Speicherstrukturen vorhanden sind, um eine effektive und nachhaltige Einspeisung von CO₂ zu ermöglichen.

2 Definitionen

Um eine länderübergreifende Nutzung der Daten im „Speicher-Kataster Deutschland“ zu ermöglichen, wurden im Vorfeld gemeinsame Auswahlkriterien zur Definition der zu bearbeitenden Speicher- und Barrieregesteine erstellt. Außerdem war die Abstimmung mit den sechs an Hessen angrenzenden Bundesländern erforderlich, um die hier getroffenen Aus-

sagen auch über die Landesgrenzen hinaus machen zu können. Zur Festlegung der Funktionstüchtigkeit eines Speichers ist es erforderlich, eine darüber liegende Barriere auszuweisen (siehe auch die allgemeine Einführung zur Speicherthematik bei KÖTT & KRACHT, 2009).

Definition Speicherformation

Speicherformationen sind lithostratigraphisch definierte Schichtfolgen, in denen mehrere Horizonte mit Speichereigenschaften auftreten, die durch Horizonte ohne Speichereignung getrennt werden, die folgende Eigenschaften besitzen sollen:

- Top der Speicherformation mindestens 800 m unter Geländeoberfläche
- Nutzporosität > 10 %
- Permeabilität > 10 mD (milliDarcy)
- Nettomächtigkeit > 10 m
- Mindestspeichervolumen 0,1 km³

Definition Barriereformation

Ein Barriereformation besteht aus einem oder mehreren Horizonten von Gesteinen mit Barriereeignung, die durch Gesteinshorizonte ohne Barriereeignung getrennt werden, mit folgenden Eigenschaften:

- Basis der Barriereformation mindestens 800 m unter Geländeoberfläche
- Lithologie: Grundwassernichtleiter (z. B. Tonstein, Steinsalz, Anhydrit)
- Mindestmächtigkeit 20 m

3 Arbeitsschritte

Entsprechend der zwischen der BGR und dem HLOG vereinbarten Leistungsbeschreibung beinhaltet der Untersuchungsauftrag acht Arbeitsschritte, denen drei Phasen des Projekts zugeordnet wurden.

Phase I:

- a) Erstellung von Potenzialkarten von Speicher- und Barrieregesteinskomplexen und Barrieregesteinskomplexen des sedimentären Deckgebirges im Maßstab 1 : 1 000 000.
- b) Detaillierte kartographische Darstellung potenziell geeigneter Speicher- und Barrieregesteinskomplexe im Maßstab 1 : 300 000.
- c) Inventarisierung der Strukturen als strukturelle, stratigraphische und lithologische Speicherstrukturen.

Schwerpunkte der ersten Projektphase waren die kartographische Darstellung von Speicher- und Barrieregesteinskomplexen und – wenn möglich – die regionale Abgrenzung von Speicherregionen bzw. Speicherstrukturen, d. h. vorwiegend auf die Fläche bezogene Arbeiten.

Generell wurden die in Abb. 1 aufgeführten geologischen Horizonte bearbeitet, da diese am ehesten die Voraussetzung für eine Speicherung von CO₂

haben. Die Arbeitsschritte a bis c waren Gegenstand eines Zwischenberichts, der Ende 2009 der BGR übergeben wurde.

Phase II:

In der zweiten Projektphase wurden vom HLOG bestimmte Speicherregionen bzw. Speicherstrukturen ausführlicher bearbeitet. Dabei erfolgte eine standortspezifische geologische Charakterisierung der Speicher- und Barrieregesteine und die Dokumentation bestehender Datengrundlagen.

Phase III:

- a) Abschließende Prüfung der erfassten und dargestellten Daten (Qualitätssicherung).
- b) Erstellung eines Berichtes zum Teilprojekt „Potenzialkarten und Charakterisierung von Speicherstrukturen in Hessen“ in analoger und digitaler Form.

Die Projektphase III diente der Nachbereitung von Phase I und II, der Qualitätssicherung und Dokumentation der Projektarbeiten und der abschließenden Datenbereitstellung für das Projekt „Speicher-Kataster Deutschland“.

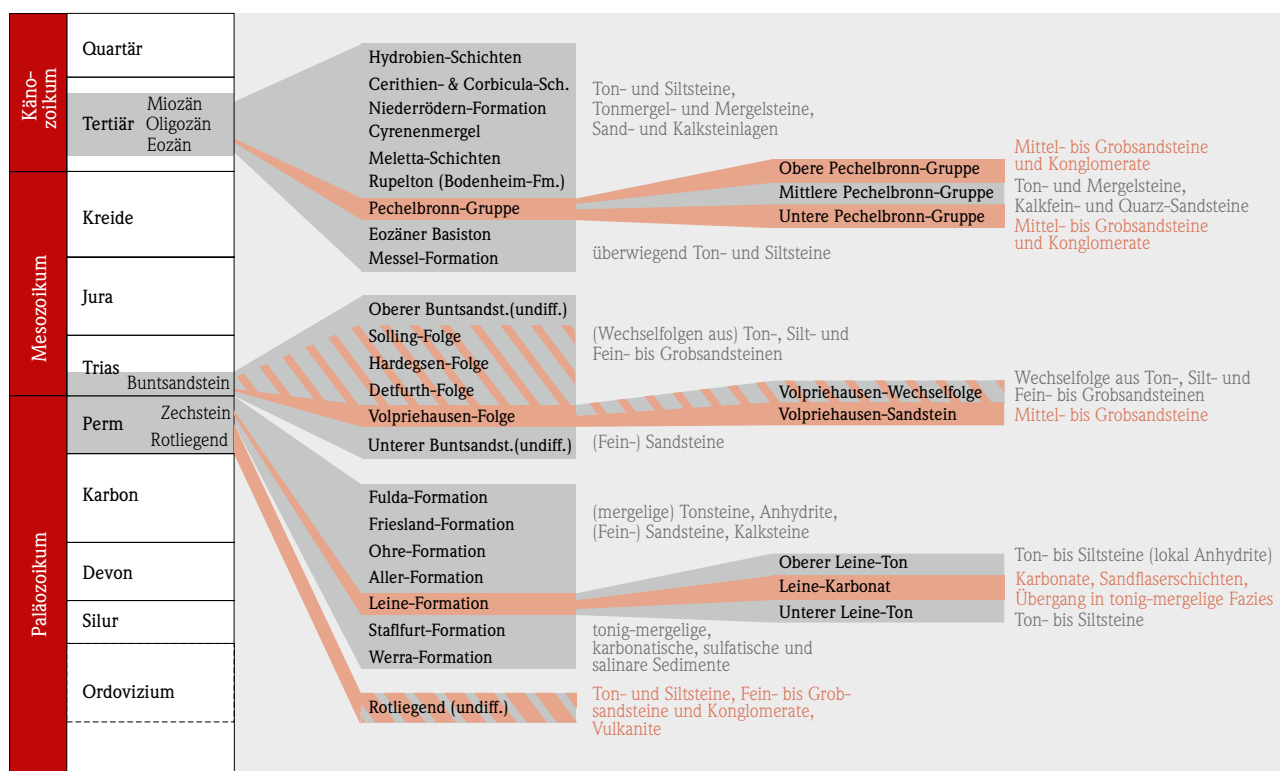


Abb. 1: Die für das Speicher-Kataster Deutschland zu untersuchenden Speicher- und Barrierekomplexe in Hessen (aus KÖTT & KRACHT, 2011).

4 Methodik und Datenbasis

Neben zahlreichen Veröffentlichungen zu den verschiedensten geologischen Themenbereichen stehen vor allem die Blätter der Geologischen Karte von Hessen 1:25 000 (GK25) z. T. mit Erläuterungen zur Verfügung. Allerdings liegen nur von etwa 1/3 der hessischen Landesfläche neuere Kartierungen (nach 1950) mit ausführlichen Erläuterungen vor. Diese geben aber einen guten Überblick über die Lage und Verbreitung sowie die lithologische Ausprägung der unterschiedlichen Gesteinseinheiten. Hydrogeologische Kartierungen und Untersuchungen zu Durchlässigkeiten geben Hinweise auf die nutzbaren Hohlräume der Einheiten sowie die Lage der Grundwasserleiter.

Die Schichtenverzeichnisse der Bohrungen aus dem Archiv des HLUg, die in analoger (Bohrkataster) und digitaler Form (Bohrdatenbank Hessen, BDH) vorlie-

gen, lassen Aussagen über die Tiefenlage der für die CO₂-Einlagerung in Frage kommenden Schichten zu. Es wurden ca. 10 000 Schichtenverzeichnisse von Bohrungen der Bohrdatenbank Hessen gesichtet und zur Ausarbeitung von Tiefenlinienplänen der für die CO₂-Speicherung interessanten geologischen Einheiten ausgewertet. Allerdings sind nur etwa 500 Bohrungen tiefer als 500 m und nur knapp 200 davon geben Auskunft über die Gesteine in über 800 m Tiefe; die meisten davon wurden im Bereich des Oberrheingrabens abgeteuf. Zusätzlich wurden die Informationen zu den Mächtigkeiten der geologischen Einheiten aus den Normalprofilen der geologischen Karten (GK 25) in die Auswertung der Schichtenverzeichnisse einbezogen.

Mithilfe des digitalen Höhenmodells wurden die Höhenlagen der Schichtausbisse aller in Frage kom-

menden geologischen Einheiten aus den geologischen Karten (GK 25) bezogen auf Normalnull [NN] bestimmt. Mit ArcGIS wurden die Schichtausbisse der geologischen Karten mit den vergleichbaren Schichtgrenzen der Bohrprofile verbunden und so die Schichtoberflächen in den Raum interpoliert. Geologische Störungen und dadurch bedingte Versätze der Gesteinsschichten wurden nur in wenigen

Fällen berücksichtigt. Je weniger Bohrungen in einer Region vorhanden waren, desto unsicherer war die Berechnung der Schichtoberfläche. Das Raster der Schichtoberfläche, welches auf NN-Werten beruht, wurde wiederum vom digitalen Höhenmodell abgezogen, so dass nun die jeweilige Tiefenlage unter der Geländeoberfläche ermittelt war.

5 Ergebnisse

Gebiete, die sich nicht für die Speicherung von CO₂ eignen, die sogenannten Ausschlussgebiete, sind aufgrund der Gesteinseigenschaften (z. B. fehlendem Hohlraumvolumen) und Strukturgeologie gut belegt. Dies trifft v. a. für das kristalline Grundgebirge des Odenwald und Spessart sowie die gefalteten und geschieferten Gesteine des Rheinischen Schiefergebirges zu.

5.1 Speichermöglichkeiten

Im Einzelnen wurden Nord- und Osthessen sowie der Oberrheingraben im Hinblick auf ihre **potenziellen CO₂-Speichermöglichkeiten** mit der dazu erforderlichen Tiefenlage untersucht. Detaillierte Untersuchungen erfolgten für die vier hessischen Speicherkomplexe (Rotliegend, Zechstein – Leine Karbonat, mittlerer Buntsandstein – Volpriehausen-Folge sowie Tertiär – Pechelbronn-Gruppe, siehe auch Abb. 1 aus KÖTT & KRACHT, 2011).

Die Gesteine des **Rotliegend**, die in Abb. 2 beispielhaft aus dem Bereich Oberrheingraben gezeigt werden, weisen regional eine ausreichende Tiefenlage und kumulative Mächtigkeit auf. Für die effektive Speicherung von CO₂ sind in Hessen nur die Rotliegend-Gesteine in der asymmetrischen Antiklinalstruktur bei Stockstadt im Oberrheingraben mit einem Speichervolumen von maximal 0,19 km³ geeignet. Der überlagernde Rupelton (Bodenheim-Formation) weist ausreichende Barriereigenschaften auf. Allerdings besteht hier bereits ein Nutzungskonflikt mit vorhandenen Erdgasspeichern in höheren Gesteinsstockwerken und geplanten tiefen Geother-

mievorhaben, d. h. auch diese sehr kleine Struktur kann für die Speicherung von CO₂ nicht genutzt werden.

Der karstartig erweiterte Kluftgrundwasserleiter des **Leine-Karbonats** ist nur eingeschränkt als Speichergestein geeignet, da die Speichersicherheit aufgrund der lithologischen Eigenschaften der Deckschichten nicht gegeben ist und ausreichend große Antiklinalstrukturen nicht vorhanden sind. Außerdem besteht ein Nutzungskonflikt mit der Versenkung von Salzabwasser der Kaliindustrie. Die Volpriehausen-Wechselfolge erreicht nur in einem sehr begrenzten Gebiet im Raum Kassel die nötige Tiefenstufe von 800 m unter Geländeoberkante. Ausreichender Schutz ist durch die überlagernden Deckschichten (Kluftgrundwasserleiter!) nicht gegeben.

Im Oberrheingraben ist neben den Gesteinen des Rotliegend die tertiäre **Pechelbronn**-Gruppe potenziell zur CO₂-Speicherung geeignet. Die tertiären Pechelbronn-Schichten im Oberrheingraben haben zwar durch ihre Eigenschaft als Erdöl-Speichergestein ihre potenzielle Eignung als CO₂-Speicher bewiesen, die ausgewiesenen Antiklinalstrukturen weisen jedoch ein zu geringes Speichervolumen auf.

Die kumulativen Mächtigkeiten der Speichersande innerhalb der Pechelbronn-Gruppe liegen zwischen 0 und 32 m und variieren von Bohrung zu Bohrung. Dies wird besonders deutlich in Abb. 3 a, wo die Bohrungen mit Speichermächtigkeiten > 10 m als grüne Punkte dargestellt sind, diejenigen ohne ausreichende Mächtigkeit als rote Punkte. Als gelbe Punkte sind die Bohrungen abgebildet, in denen

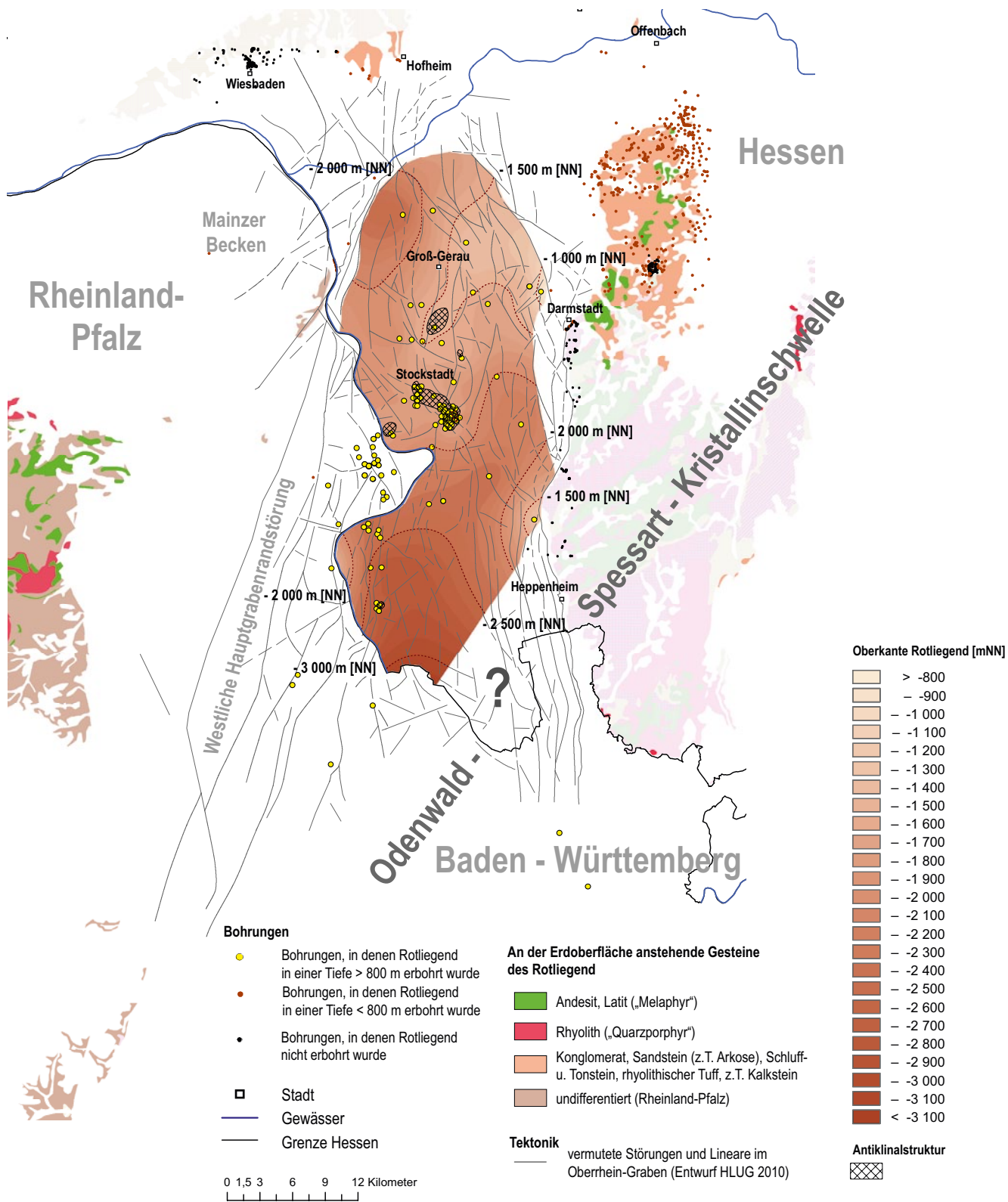


Abb. 2: Verbreitung und Tiefenlage [mNN] des Rotliegend im hessischen Teil des Oberrheingrabens mit einer Tiefe größer 800 m unter Gelände (aus KÖTT & KRACHT, 2011).

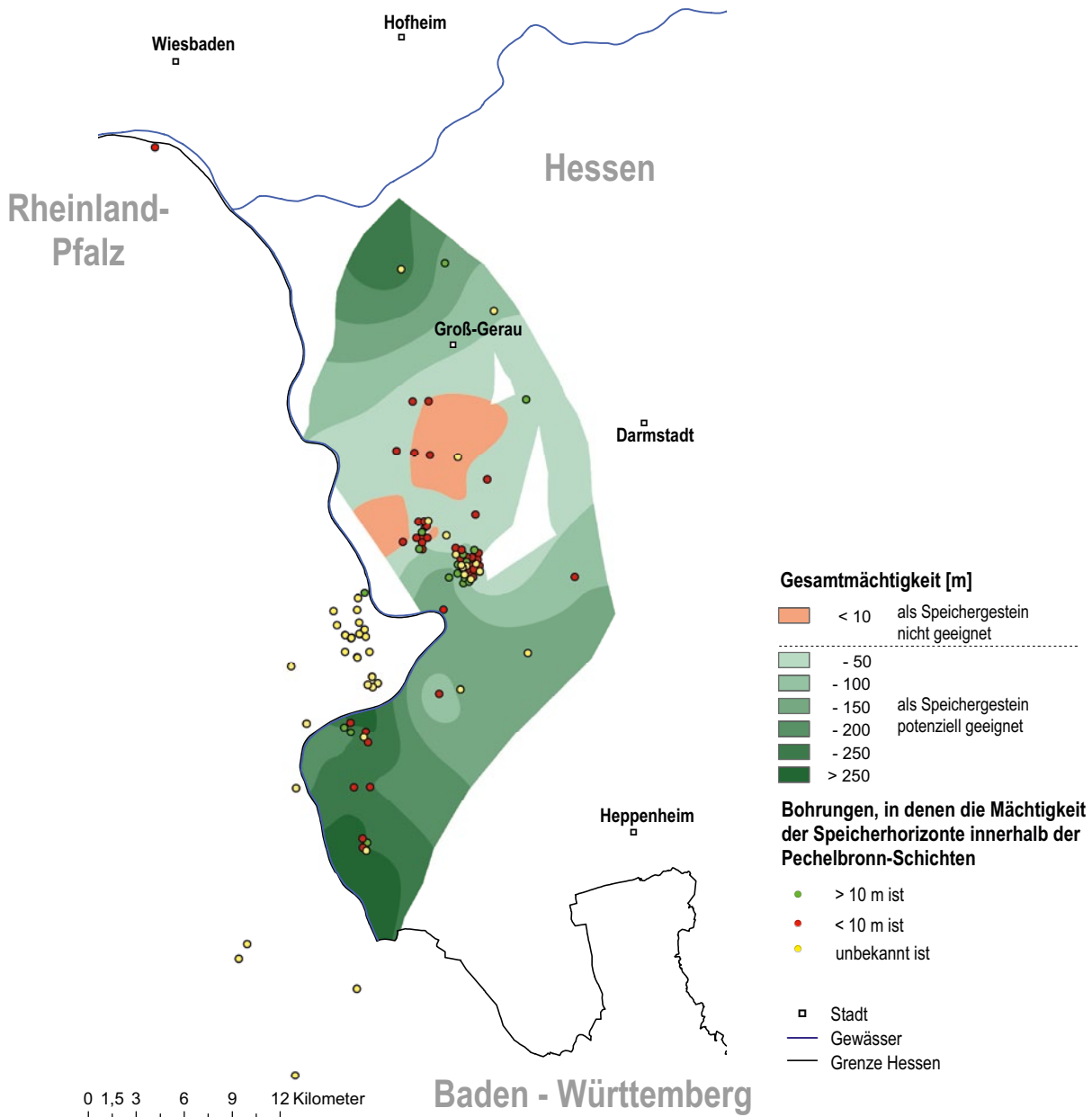


Abb. 3 a: Mächtigkeiten der tertiären Pechelbronn-Gruppe im hessischen Teil des Oberrheingrabens (aus KÖTT & KRACHT, 2011).

entweder keine detaillierte Schichtbeschreibung vorlag oder die durchteufte Mächtigkeit < 10 m ist.

Die zur CO₂-Speicherung nötige Tiefenlage von 800 m unter Geländeoberkante wird für die Oberkante der Pechelbronn-Gruppe in deren gesamten Verbreitungsgebiet im hessischen Oberrheingraben erreicht. Sie wurde in Tiefen zwischen 1 200 und 2 600 m unter Geländeoberkante erbohrt. Die nordwestliche Verbreitungsgrenze bildet, wie auch für das

Rotliegend-Vorkommen, die westliche Hauptgrabenrandstörung, die etwa zwischen Rüsselsheim und Oppenheim verläuft. Die Oberkante der Pechelbronn-Gruppe liegt zwischen -1 300 m (bei Worfelden) und -3 000 m unter Geländeoberkante im Süden.

Drei kleinere Antiklinalstrukturen befinden sich bei Dornheim, Wolfskehlen und Stockstadt (Abb. 3 b). Die Speicherstrukturen bei Dornheim und Wolfskehlen liegen allerdings in einem Bereich, in dem die Ge-

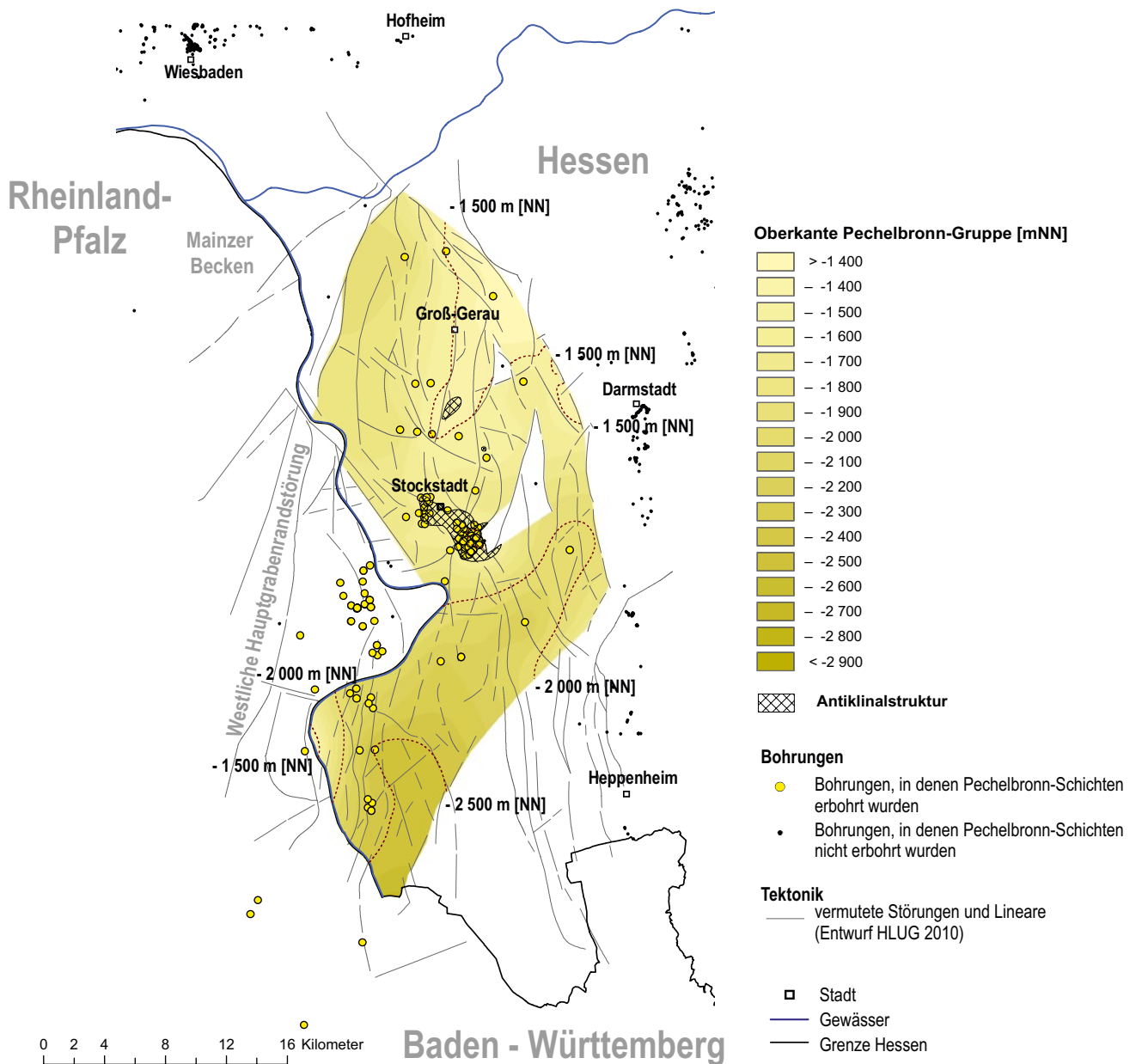


Abb. 3 b: Verbreitung und Tiefenlage [mNN] der tertiären Pechelbronn-Gruppe (aus KÖTT & KRACHT, 2011).

sammächtigkeit bzw. Speichermächtigkeit weniger als 10 m beträgt. Sie kommen also für die Einspeisung von CO₂ nicht in Frage. Die Mächtigkeiten der Speichergesteine in der Antiklinalstruktur bei Stockstadt sind von Bohrung zu Bohrung unterschiedlich und liegen zwischen 0 und 32 m. Bei einer Fläche von ca. 9 km², einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 16 m und einer Porosität von 22 % ergibt sich ein Speichervolumen von 0,03 km³, welches weit unter dem festgelegten Mindestwert von 0,1 km³ liegt.

5.2 Barrieren

Allein die 50–100 m mächtigen Ton- und Tonmergelsteine des Rupelton (Bodenheim-Formation) dürfte ausreichende Barriereigenschaften besitzen, um sowohl die Rotliegend-Gesteine als auch die Pechelbronn-Gruppe (siehe dort) ausreichend abzudecken. Das Vorkommen von Erdöl in den Pechelbronn-Schichten belegt die potenzielle Dichtigkeit der Abdeckgesteine.

6 Ausblick

Eine erste Bewertung der Eigenschaften der potenziellen Speichergesteine und Barrieregesteine ist bei KÖTT & KRACHT, 2009 zu finden. Auch auf die neu gewonnenen Datensätzen wurden dieser Bewertung unterzogen. Dies erfolgte nach den oben genannten projektspezifischen Vorgaben und den im Laufe des Projektes gewonnenen Erkenntnissen. Dabei wurde folgende Unterteilung gewählt:

- ungeeignet
- bedingt geeignet bzw. weiterer Erkundungsbedarf erforderlich
- grundsätzlich geeignet (aber weitere Einzelfallbetrachtung erforderlich)
- allgemeine, keine oder unzureichende Angaben

Zusammenfassend ist festzustellen, dass in Hessen keine ausreichend großen und sicheren Speicherstrukturen vorhanden sind, um eine effektive und

nachhaltige Einspeisung von CO₂ zu ermöglichen (KÖTT & KRACHT, 2011).

Die hier zusammengestellten Daten können auch für andere Speichermöglichkeiten wie die Untergrundspeicherung von Erdgas oder Druckluft sowie die Gewinnung des Erdwärmepotenzials für Heizung und Stromerzeugung in Betracht gezogen werden. Der Erkenntnisgewinn aus diesem Projekt fließt auch in das Projekt „3D-Modellierung der tiefeingeothermischen Potenziale von Hessen“ ein (SASS et al., 2010) und umgekehrt. Andere Anwendungen aus diesem Projekt heraus sind die Betrachtungen zu Nutzungskonflikten im tiefen Untergrund (FRITSCHÉ & KRACHT, 2010 sowie KRACHT & FRITSCHÉ, 2010) und den dazu gehörigen Geopotenzialen (KRACHT et al., 2010).

Literatur

FRITSCHÉ, J.-G. & KRACHT, M. (2010): Tiefe Geothermie in Hessen: Überblick zum derzeitigen Stand und zu Nutzungskonflikten. – Kurzfassung, Tagung der Fachsektion Hydrogeologie in der DGG (FH-DGG), SDGG, Heft 67, Hannover

KÖTT, A. & KRACHT, M. (2009): Potenziale der CO₂-Speicherung in Hessen – eine Grundlage zur klimafreundlichen geo- und energietechnischen Nutzung des tiefen Untergrundes.– Umwelt und Geologie, Wiesbaden.

KÖTT, A. & KRACHT, M. (2011): Möglichkeiten der CO₂-Speicherung in tiefen Aquiferen Hessens.– SDGG, Heft 74, im Druck, Hannover.

KRACHT, M. & FRITSCHÉ, J.-G. (2010): Nutzungskonflikt CCS versus Tiefe Geothermie auch in Hessen?– 5. Tiefengeothermie- Forum, 15.09.2010; Darmstadt.

KRACHT, M., FRITSCHÉ, J.-G., ARNDT, D., BÄR, K., HOPPE, A. & SASS, I (2010): 3-D Model of Deep Geothermal Potentials in Hesse.– GeORG-Workshop, 18.11.2010; Freiburg (www.geopotenziale.org).

SASS, I., BÄR, K., ARNDT, D., FRITSCHÉ, H.-G., GÖTZ, A., HEGGEMANN, H., HOPPE, A., HOSELMANN, C., KRACHT, M., KÖTT, A., LIEDMANN, W. & STÄRK, A. (2010): Stand des 3D-Modells der geothermischen Tiefenpotenziale in Hessen.– 5. Tiefengeothermie-Forum, 15.09.2010; Darmstadt.