



Foto: R. Pierau

Explorationsrelevante Gesteine für hydrothermale Tiefengeothermie in Niedersachsen



Niedersachsen

Titelbild

Karte explorationsrelevanter Sandsteine des Valanginium mit folgenden beispielhaften Datengrundlagen und Arbeitsutensilien (im Uhrzeigersinn von oben links): Kiste mit Dünnschliffen, Laptop mit Darstellung eines digitalen Bohrlochlogs, Zeichenutensilien, Abbildung einer Korrelation von Bohrlochprofilen und Proben.

Foto: R. Pierau

© Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
Referat L2.4 – Geologische Grundlagen
Referat L3.6 – Energieressourcen, Geothermie

Stand: Mai 2026

Stilleweg 2
30655 Hannover
Tel. 0511 643 0
Fax. 0511 643 2304
Mail. GeolLandesaufnahme@lbeg.niedersachsen.de

Download unter: www.lbeg.niedersachsen.de

Bearbeiter: Pierau, R., Schöner, R., Wirth, W., Engeler, A., Fischer, K., Koch, R., Rudzitis, E.
Erstellung Karten: Dieler, S., Kollmann, C.

Explorationsrelevante Gesteine für hydrothermale Tiefengeothermie in Niedersachsen

Einleitung

Die Gewinnung von Erdwärme mittels hydrothermaler Tiefengeothermie gilt, nach Erfahrungen aus anderen Bundesländern und Nachbarstaaten, bei entsprechend geeigneten geologischen Bedingungen als erfolgreich erprobte, klimaschonende und regenerative Form der Energiegewinnung. Um dieser Technologie auch in Niedersachsen den Weg zu ebnen, erarbeitet das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) Kartenserien zu Verbreitung und hydraulischen Eigenschaften besonders explorationsrelevanter Gesteine, als Grundlage für die Suche nach geeigneten Standorten für hydrothermale Tiefengeothermieprojekte. In Serien dieser Art liegen derzeit Themenkarten über Sandsteine des Valanginium, Sandsteine der Bückeberg-Gruppe beide aus der Zeit der Unterkreide und Sandsteine der Exter-Formation („Rhät“) aus der Zeit des Oberen Keuper vor.

Als explorationsrelevant für Tiefengeothermie können grundsätzlich alle geologischen Einheiten bezeichnet werden, bei denen nach bisherigen Erfahrungen weitere Untersuchungen zur tiefengeothermischen Nutzbarkeit sinnvoll erscheinen. Die hier dargestellten Betrachtungen konzentrieren sich auf regional zusammenhängende Gesteinseinheiten mit einer Mächtigkeit von mehr als fünf Metern, für die nach qualitativer Einschätzung gute Wasserdurchlässigkeiten und Temperaturen im möglicherweise nutzbaren Bereich vermutet werden, und die aufgrund dieser Eigenschaften per se als explorationsrelevant für hydrothermale Tiefengeothermie betrachtet werden. Diese Gesteine werden als tiefe Grundwasserleiter oder Aquifere bezeichnet (Stober et al., 2016). Ob und inwieweit dies einen tatsächlichen Untersuchungsaufwand rechtfertigt, hängt in der Regel von weiteren Faktoren, wie z. B. dem Vorhandensein von Wärmeabnehmern und von Finanzierungsmöglichkeiten für konkrete Projekte ab und ist im Einzelfall zu entscheiden.

Die vorliegenden Karten dienen unterschiedlichen Akteuren in unterschiedlicher Weise:

- Projektentwicklern und potenziellen Geothermienutzern bei der Auswahl erfolgversprechender Standorte und somit bei der Reduzierung des so genannten Fündigkeitsrisikos, welches derzeit eines der Hauptthemen für den weiteren Ausbau der Tiefengeothermie in Niedersachsen darstellt, sowie
- staatlichen Stellen bei der gezielten Förderung der Tiefengeothermie, indem z. B. eventuelle zukünftige Fördermaßnahmen Gebiete begünstigen, die sich als besonders explorationsrelevant darstellen.

Die Karten basieren überwiegend auf Daten aus der Erkundung und Gewinnung von Kohlenwasserstoffen. Die Verwendung dieser Daten und die Veröffentlichung der Karten erfolgt über die Regelungen des Geologiedatengesetzes (GeoIDG) hinaus mit Zustimmung des Bundesverbandes Erdgas, Erdöl und Geoenergie (BVEG). Somit sind die Karten Ausdruck dafür, wie entscheidend der Wissenstransfer aus der Erdöl-/Erdgasbranche für die Entwicklung der Tiefengeothermie ist. Gleichzeitig sind sie Beispiel für einen gelungenen Informationsaustausch zwischen Industrie und staatlichem geologischem Dienst.

Die Erstellung der Karten ist außerdem ein typisches Beispiel für die geologische Grundlagenarbeit des LBEG. Ihre Anwendung wird zukünftig ein wichtiges Werkzeug in dessen Beratungstätigkeit im Bereich der Tiefengeothermie darstellen.

Der folgende Abschnitt enthält allgemeine Informationen zu verwendeten Datengrundlagen, Methoden und Darstellung der Kartenserien. In den darauffolgenden Abschnitten werden die Grundlagen

für die Kartierung der einzelnen betrachteten Gesteine sowie die Verbreitung dieser Gesteine beschrieben.

Die vollständigen Kartenserien mit den zugehörigen Themenkarten zu diesem Bericht sind im NIBIS®-Kartenserver des LBEG öffentlich verfügbar (<https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>). Dort sind sie

unter dem Reiter Themenkarten/Geologie zu finden. Zusätzlich werden sämtliche Daten der Kartenserie in Form von weiterverarbeitbaren Dateiformaten (Shape- oder Geopackage-Datei von Flächen- und Punktdaten der dargestellten Werteklassen) über den NIBIS®-Kartenserver kostenfrei zur Verfügung gestellt.

Datengrundlage, Methode und Darstellung

Als Datengrundlagen für die Kartenserien wurden Schichtenverzeichnisse, Bohrkernproben, geophysikalische Messungen und im Einzelfall weitere Daten verwendet. Detaillierte Angaben zu den Datengrundlagen für die Kartierung einzelner Horizonte finden sich in den folgenden Abschnitten. Aus den Schichtenverzeichnissen wurden jeweils Top und Basis der untersuchten geologischen Stufe, Angaben zur Lithologie und sedimentologische Beschreibungen der betrachteten Gesteine entnommen. In den Schichtenverzeichnissen werden für bestimmte Gesteine lokale Begriffe verwendet (z.B. Bentheim Sandstein oder Kopf-Sandstein), die hier übernommen wurden.

Die Bohrkernproben wurden hinsichtlich der Lithologie, Korngröße und Sedimentstrukturen untersucht. Aus dem Material der Bohrkernproben wurden Teilproben entnommen, um u.a. Porositäts- und Permeabilitätsmessungen, und wenn möglich biostratigraphische Untersuchungen durchzuführen. Damit wurden die vorhandenen Daten punktuell ergänzt. Die Ergebnisse der Kernuntersuchungen wurden zur Auswertung der jeweils zugehörigen geophysikalischen Bohrlochmessungen (entweder Eigenpotential- oder Gamma-Ray-Logs) herangezogen, da sich die lithologischen Änderungen in den Messverläufen wiederfinden. So konnten mittels eines charakteristischen „Referenzmusters“ der Bohrlochmessungen kartierbare Einheiten identifiziert und auf Bohrungen ohne Kernmaterial übertragen werden. Die zeitliche Eingrenzung der kartierbaren Einheiten erfolgte nach vorhandenen biostratigraphischen Daten. Für die laterale Korrelation der kartierbaren Einheiten wurden die geophysikalischen Bohrlochmessungen nach überregionalen und beckenweit

verfolgbaren Trends untersucht. Die Untersuchung der Verbreitung explorationsrelevanter Abfolgen und nicht explorationsrelevanter Gesteine wie beispielsweise geringdurchlässiger Tonsteine erfolgte entlang von sich kreuzenden Profilschnitten. Eine exakte Abgrenzung der einzelnen Kartiereinheiten ist aufgrund der Datendichte und der Projektion einer geologischen Abfolge (Volumen) auf eine Kartenebene (Fläche) oft nicht möglich. Großräumige Verzahnungs- bzw. Übergangsbereiche zwischen zwei Kartiereinheiten werden als schraffierte Flächen dargestellt. Die Überlagerung von zwei Sandsteineinheiten werden als vertikal schraffierte Fläche abgebildet. Die Bereiche in direkter Nähe zu Salzstockflanken wurden nicht näher untersucht. Lokale Änderungen der Mächtigkeit, Lithofazies und Gesteinseigenschaften in diesen Bereichen bleiben daher unberücksichtigt.

In den Kartenserien im NIBIS®-Kartenserver des LBEG bildet jeweils eine Verbreitungskarte der geologischen Einheit die Grundkarte, auf der folgende sieben Kartenthemen dargestellt sind:

- Belegpunkte (verwendete Daten)
- Tiefenlage Top/Hangendgrenze und
- Gesamtmächtigkeit der betrachteten geologischen Einheit,
- Mächtigkeit,
- Porosität,
- Permeabilität und
- Transmissibilität explorationsrelevanter Gesteine

Die ausgewerteten Parameter der Tiefbohrungen werden als Werteklassen angezeigt, deren Einteilung nach geologischen, nutzungsbezogenen und kartographischen Gesichtspunkten erfolgte. Dabei

wurden unter anderem Aspekte wie die von Beutler et al. (1994) definierten Parameter für geothermisch nutzbare Aquifere und die Lesbarkeit der Karten berücksichtigt.

Die Karte der Belegpunkte zeigt, von welchen Bohrungen Schichtenverzeichnisse, geophysikalische Bohrlochmessungen und Bohrkerne sowie welche Geländeaufschlüsse für die Erstellung der Verbreitungskarte verwendet wurden. Die Tiefenlage der Hangendgrenze und die Gesamtmächtigkeit basiert auf der Auswertung der Schichtenverzeichnisse. Angaben zur Mächtigkeit der Sandsteine stammen aus der Auswertung von Bohrlochmessungen sowie aus den Schichtverzeichnissen. Die Porosität ist in 5 % bis 10 % Intervallen und die Permeabilität in 125

Millidarcy bis 500 Millidarcy Intervallen bzw. entsprechende Angaben in m^2 ausgewiesen. Beide Parameter wurden aus den Informationen der Kohlenwasserstoff-Datenbank des LBEG und, falls vorhanden, aus Bohrlochmessungen berechnet. In den Karten sind die unterschiedlichen Datengrundlagen durch verschiedene Symbole gekennzeichnet. Die Transmissibilität (Darstellung in 2,5 Darcymeter bis 10 Darcymeter Intervallen bzw. Angaben in m^3) ergibt sich aus deren Mächtigkeit und der jeweiligen Permeabilität und ist entsprechend der Berechnungsgrundlage in unterschiedlichen Symbolen dargestellt.

Explorationsrelevante Sandsteine des Valanginium

Grundlagen der Kartierung

Die Verbreitung, die Tiefenlage, die Mächtigkeit und die grundlegenden hydraulischen Eigenschaften der für tiefegeothermische Anwendungen explorationsrelevanten Sandsteine des Valanginium in Niedersachsen wurden im Maßstab 1:500.000 kartiert (Abb. 1). Für die Erstellung der Kartenserie wurden insgesamt 505 Schichtenverzeichnisse, 248 digital verfügbare geophysikalische Bohrlochmessungen und 35 Bohrkerne von Tiefbohrungen der Kohlenwasserstoff-Industrie ausgewertet.

Das Valanginium ist eine geologische Stufe der Unterkreide und umfasst den Zeitraum von ca. 140 bis

133 Millionen Jahren. Die Grundlage der Verbreitungskarte bildet der Paläogeographische Atlas der Unterkreide von Nordwestdeutschland (Schott, 1969), in dem die Umriss der Verbreitung sowie die Lithologie der Sedimentgesteine der Unterkreide im Niedersächsischen Becken dargestellt sind. Gebiete, in denen nach Schott (1969) Ablagerungen der Unterkreide vorhanden sein sollen, Informationen aus Tiefbohrungen entweder nicht vorliegen oder nicht ausgewertet wurden, sind in der Verbreitungskarte als Gebiete mit unzureichender Kenntnis der Lithologie ausgewiesen.

Verbreitung und Mächtigkeit der kartierten Einheiten

Für das Valanginium wurden insgesamt drei regional verbreitete Sandsteine kartiert, die sich stellenweise für eine hydrothermale Nutzung eignen können. Diese Sandsteineinheiten sind im westlichen Teil des Beckens der Bentheim Sandstein, im zentralen Bereich des Beckens der Dichotomiten-Sandstein und im Ostteil der Hauptsandstein. Im zentralen Bereich des Niedersächsischen Beckens sind Tonsteine mit Einschaltungen von Siltstein, Tonmergelstein und lokal geringmächtigem Sandstein zu finden (Abb. 1.).

Die Verbreitung des Bentheim Sandstein erstreckt sich auf einen ca. 70 km langen Nord-Süd und ca. 10 km bis maximal 40 km Ost-West gerichteten Bereich von Bad Bentheim im Süden über Nordhorn bis nördlich von Meppen (Abb. 2). Die Ablagerung des Bentheim Sandstein erfolgte in einer flachen Meeresbucht, vermutlich in unmittelbarer Nähe zur Küstenlinie. Der Bentheim Sandstein kann maximale Mächtigkeiten von teilweise mehr als 50 m erreichen. Ostwärts in Richtung Beckenzentrum nimmt der Sandgehalt und damit die Mächtigkeit

schnell ab und ist östlich des kartierten Übergangsbereiches nicht mehr nachweisbar.

Der Dichotomiten-Sandstein besitzt eine Nord-Süd-Ausdehnung von ca. 10 km bis 15 km und erstreckt sich über etwa 90 km bis maximal 100 km in West-Ost-Richtung von Goldenstedt über Sulingen bis ca. Nienburg/Weser (Abb. 3). Die größten Mächtigkeiten von mehr als 40 Metern werden im nördlichen Verbreitungsbereich der Einheit erreicht. In Richtung Süden verringert sich die Mächtigkeit des Dichotomiten-Sandstein über relativ kurze Distanzen. Auch für den Dichotomiten-Sandstein wird eine Ablagerung in einem ehemaligen flachen Küstenbereich angenommen.

Der östliche Bereich des Niedersächsischen Beckens wird weitgehend von dem sogenannten Hauptsandstein eingenommen (Abb. 4). Die Verbreitung des Hauptsandstein erstreckt sich ca. 50 km in Nordost-Südwest-Richtung und etwa 40 km in West-Ost-Richtung in einem Gebiet zwischen Celle, Gifhorn und Peine. Die komplette Abfolge des Hauptsandstein ist im Mittel ca. 20 m bis 25 m mächtig und kann im Zentrum des Verbreitungsgebietes Mächtigkeiten bis maximal 45 m erreichen (Abb. 7). Für den Hauptsandstein ist ein mariner Ablagerungsraum nahe der ehemaligen Küstenlinie anzunehmen. Die Sandfracht wurde vermutlich durch Flüsse in das flache Küstenmeer transportiert.

Explorationsrelevante Sandsteine der Bückeberg-Gruppe (Ober-Berriasium)

Grundlagen der Kartierung

Die Verbreitung, die Tiefenlage, die Mächtigkeit und die grundlegenden hydraulischen Eigenschaften der für tiefengeothermische Anwendungen explorationsrelevanten Sandsteine der Bückeberg-Gruppe in Niedersachsen wurden im Maßstab 1:500.000 kartiert (Abb. 5). Für die Erstellung der Kartenserie wurden insgesamt 402 Schichtverzeichnisse, 176 digital verfügbare geophysikalische Bohrlochmessungen und 16 Bohrkern von Tiefbohrungen der Kohlenwasserstoff-Industrie ausgewertet. Weiterhin wurden 2 Bohrkern des LBEG, ein Bohrkern der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe sowie 7 Geländeaufschlüssen für die Erstellung der Kartenserie verwendet.

Die Bückeberg-Gruppe wird in den höheren Teil des Berriasium eingestuft (Erbacher et al., 2018), welches die älteste geologische Stufe der Unterkreide darstellt und den Zeitraum von ca. 145 bis 140 Millionen Jahren umfasst. Die hier verwendete Untergliederung in die „obere“, „mittlere“ und „untere“ Bückeberg-Gruppe für die kartierten Einheiten ist informell und als relativ anzusehen. In der Bückeberg-Gruppe werden die vorwiegend tonige Isterberg-Formation, die lokal vorkommende Oesede-

Formation, die Deister-Formation mit der vorwiegend sandigen Barsinghausen-Subformation und der vorwiegend tonigen Osterwald-Subformation sowie die wechselnd sandig-tonige Fuhse-Formation unterschieden (Erbacher et al., 2018). Die Grundlage der Verbreitungskarte bildet der Paläogeographische Atlas der Unterkreide von Nordwestdeutschland (Schott, 1969), in dem die Umrisse der Verbreitung sowie die Lithologie der Sedimentgesteine der Unterkreide im Niedersächsischen Becken dargestellt sind sowie der Geotektonischer Atlas von Nordwest-Deutschland und dem deutschen Nordsee-Sektor (Baldschuhn et al., 2001). Die von Schott (1969) kartierte Verbreitungsgrenze des Berriasium sowie die durch die Beckeninversion erodierten Bereiche wurden in die vorliegende Karte übernommen und stellenweise nach neueren Informationen modifiziert. Gebiete, in denen nach Schott (1969) Ablagerungen der Unterkreide vorhanden sein sollen, aber Informationen aus Tiefbohrungen entweder nicht vorliegen oder nicht ausgewertet wurden, sind in der Verbreitungskarte als Gebiete mit unzureichender Kenntnis der Lithologie ausgewiesen.

Verbreitung und Mächtigkeit der kartierten Einheiten

Für das Berriasium wurden insgesamt vier regional verbreitete Sandsteine kartiert, die sich stellenweise für eine hydrothermale Nutzung eignen können. Im östlichen bis zentralen Bereich des Niedersächsischen Beckens sind die Fuhse- und die Deister-Formation verbreitet, die aus Sandstein, Siltstein, Tonstein und lokal Kohlelagen aufgebaut sind. Eine vergleichbare lithologische Zusammensetzung besitzt die am Südrand des Verbreitungsgebietes lokal vorkommende Oesede-Formation. Für die vorliegende Kartenserie konnte der sogenannte Kopf-Sandstein der Fuhse-Formation im Ostteil des Beckens und die Sandsteine der Barsinghausen-Subformation (Deister-Formation) am Übergang zum zentralen Bereich des Beckens als regional zusammenhängende Sandsteineinheiten auskartiert werden. Im zentralen und westlichen Bereich des Niedersächsischen Beckens herrschen Tonsteine der Isterberg-Formation mit Einschaltungen von Siltstein, Tonmergelstein, Schill-Kalksteine und lokal geringmächtigem Sandstein vor (Abb. 5).

Der Kopf-Sandstein der Fuhse-Formation stellt die jüngste, regional zusammenhängende Sandstein-einheit im oberen Teil der Bückeberg-Gruppe dar. Eine biostratigraphische Einstufung des Kopf-Sandstein liegt bislang nicht vor. Die Ausdehnung erstreckt sich auf ein etwa 40 x 30 km großes Gebiet im Raum zwischen Celle, Burgdorf, Peine und dem westlichen Stadtrand von Gifhorn (Abb. 6). Die Ablagerung des Kopf-Sandstein erfolgte in einem küstennahen Bereich eines Binnenmeeres. Der Kopf-Sandstein besteht aus einer einzelnen Sandstein-Einheit, die im zentralen Verbreitungsbereich Mächtigkeiten von 20 bis 40 m erreicht und sich sukzessive auf weniger als 5 m in den Randbereichen reduziert (Abb. 7).

Die Sandsteine der Barsinghausen-Subformation aus dem mittleren Teil der Bückeberg-Gruppe sind

in den Rehburger Bergen, im Harri, Bückeberg („Obernkirchener Sandstein“), Deister, Süntel und Nesselwald aufgeschlossenen. Diese finden ihre Fortsetzung im tiefen Untergrund in der Schaumburger- und Deister-Mulde. Die im Untergrund in einem lokal begrenzten Nordost-Südwest ausgerichteten Gebiet zwischen Celle und Hannover ausgebildete Sandsteine können als zeitliches Äquivalent zu diesen aufgeschlossenen Sandsteinvorkommen gedeutet werden (Abb. 6). Eine exakte stratigraphische Einordnung liegt aufgrund der Fossilarmut nicht vor, sodass die Korrelation mit einer gewissen Unsicherheit verbunden bleibt. Die Sandsteine können als Küstenablagerungen im Übergangsbereich zwischen Festland und einem sehr flachen Binnenmeer gedeutet werden. Die Zufuhr der Sande erfolgte vermutlich über Flüsse aus südlichen, östlichen und nördlichen Richtungen, die dann im Gebiet des ehemaligen Küstenstreifens abgelagert wurden. Anhand von Bohrlochmessungen können mindestens zwei deutlich ausgebildete Sandschüttungen nachgewiesen werden, die in der Regel Mächtigkeiten jeweils von ca. 10 bis 20 m erreichen (Abb. 7). Darüber hinaus kommen in der Deister- und Fuhse-Formation sowie der Oesede-Formation weitere Sandsteine vor, die jedoch nicht weiter auskartiert wurden. Die Abfolge besteht dabei aus einer Wechsellagerung von Fein- bis Mittelsandsteinen, Siltstein, Tonstein und lokal geringmächtigen Kohlelagen. In der Regel sind die Sandsteinlagen geringmächtig, nur lokal werden Mächtigkeiten von mehr als 20 Meter erreicht. Die Ablagerung der Sandsteine erfolgte in einem von Flüssen durchzogenen Niederungsgebiet mit Altarmen und lokal ausgebildeten Mooren. In den Übergangsbereichen zur tonig dominierten Isterberg-Formation sind küstennahe Ablagerungen zu erwarten.

Explorationsrelevante Sandsteine der oberen Exter-Formation (Rhät, Oberer Keuper, „Contorta-Schichten“)

Grundlagen der Kartierung

Die Verbreitung, die Tiefenlage, die Mächtigkeit und die grundlegenden hydraulischen Eigenschaften der für tiefengeothermische Anwendungen explorationsrelevanten Sandsteine der oberen Exter-Formation in Niedersachsen wurden im Maßstab 1:500.000 kartiert (Abb. 8). Für die Erstellung der Kartenserie wurden insgesamt 1152 Schichtenverzeichnisse und geophysikalische Bohrlochmessungen sowie 15 Bohrkerne von Tiefbohrungen der Kohlenwasserstoff-Industrie ausgewertet. Außerdem wurden 10 Geländeaufschlüsse gesichtet.

Die Exter-Formation ist Teil des Oberen Keuper (Nitsch et al., 2011), der den jüngsten Teil der Trias darstellt und vor etwas mehr als 200 Millionen Jahren abgelagert wurde. Die hier kartierten Einheiten beziehen sich auf den in den Schichtenverzeichnissen der Kohlenwasserstoff-Datenbank einheitlich verwendeten Begriff „Mittelrhät“, welcher vergleichbar mit den „Contorta-Schichten“ (STD, 2016) ist. Im Oberen Keuper finden sich fluviatile und deltaische

Ablagerungen, die von einem aus Skandinavien kommenden Flusssystem in das Norddeutsche Becken transportiert wurden (Franz et al., 2015). Hier zeigt sich ein Trend von sandig dominierten Ablagerungen im Nordosten Deutschlands, die sukzessive in Richtung Westen und zentrales Niedersachsen toniger werden.

Die Grundlage der Verbreitungskarte bildet der Geotektonische Atlas von Nordwest-Deutschland und dem deutschen Nordsee-Sektor (Baldschuhn et al., 2001). Die hier kartierte Verbreitungsgrenze des Rhät wurden in die vorliegende Karte übernommen und stellenweise nach generalisierten Informationen aus der Geologischen Karte 1:25.000 von Niedersachsen modifiziert. Bedingt durch die Halokinese und großräumige Hebungs- und Senkungsprozesse im Niedersächsischen Becken sind große Bereiche innerhalb der Verbreitung der Exter-Formation erodiert und werden als Gebiete ohne Ablagerungen dargestellt.

Verbreitung und Mächtigkeit der kartierten Einheiten

Bei der Identifizierung der Ablagerungsräume wurden die neu ausgewerteten Bohrungsdaten auf Grundlage der Arbeiten von Battermann (1989) und Franz et al. (2015) den drei übergeordneten Einheiten Deltaebene, Deltafront und Offshore zugeordnet. Ablagerungen der Deltaebene sind nahezu im gesamten nordöstlichen und östlichen Teil Niedersachsens verbreitet (Abb. 8). Innerhalb dieser Verbreitung können drei separate Gebiete als Deltaebene kartiert werden: Ein kleiner, nördlicher Bereich an der Elbmündung, ein zentrales Gebiet, das sich südlich von Hamburg bis Celle und ins Wendland erstreckt (Abb. 9) sowie in ein südliches Gebiet im Harzvorland zwischen Goslar, Braunschweig und Peine (Abb. 10). In der Deltaebene sind Fein- bis Mittelsandsteine zu finden, die als Sedimente fluviatiler Verteilerrinnen interpretiert werden und das

Hauptziel für eine geothermische Nutzung darstellen.

Das zentrale Verbreitungsgebiet zwischen Hamburg und Celle hat eine Ausdehnung von ca. 100 x 110 km und bedeckt, abzüglich der erodierten Bereiche, eine Fläche von ca. 5500 km². Die Sandschüttungen erfolgten hier über Flüsse, die von Skandinavien kommend, über den Ostseeraum und Mecklenburg-Vorpommern ein Deltasystem bis nach Niedersachsen aufbauten (Franz et al., 2015). Die Verteilerrinnen sind in den Bohrkernen und aufgrund des typischen blockigen Musters der Eigenpotential- oder Gamma-Ray-Logs auch in den Bohrlochmessungen erkennbar (Abb. 11). Sie bestehen aus amalgamierten fluviatilen Rinnenfüllungen und erreichen Mächtigkeiten zwischen 5 und 40 m, in Ausnahmefällen auch über 40 m. Erhebliche kleinräumige Mächtigkeitsschwankungen solcher Sandsteine

sprechen dafür, dass die Verteilerrinnen vermutlich wenige Kilometer breit sind und lateral mit Siltsteinen, Tonsteinen und lokal geringmächtigen Sandsteinen innerhalb der Deltaebene wechseln. Seismische Untersuchungen im Nordosten von Mecklenburg-Vorpommern zeigen, dass Verteilerrinnen innerhalb des Rhät mäandrierend ausgebildet sind (Bello-Rujana et al., 2026). Es ist plausibel, dass sich auch in Niedersachsen Verteilerrinnen mit mächtigeren Sandsteinen über größere Entfernungen bis zur Deltafront erstrecken (Franz et al., 2015). Auf eine landesweite, modellhafte Darstellung solcher Verteilerrinnen alleine aus den verwendeten Bohrungsdaten wurde jedoch bewusst verzichtet, da sich viele unterschiedliche, ähnlich plausible Lösungen entwickeln ließen. Unter Verwendung weiterer Daten (insbesondere Seismik) bestehen jedoch Chancen, einzelne nutzungsrelevante Verteilerrinnen im lokalen bis ggf. regionalen Maßstab zu kartieren.

Die im Harzvorland kartierte Deltaebene hat eine Ausdehnung von 50 x 60 km und bedeckt eine Fläche von ca. 1400 km² (Abb. 10). Hier wird nach Appel (1981) ein Deltasystem mit eng verzahnten deltalisch-marinen und terrestrischen Ablagerungen vermutet, welches von einem südlich gelegenen Liefergebiet versorgt wird. Amalgamierte Sandsteine sind in Bohrlochmessungen zu beobachten, bleiben allerdings unterhalb von 20 m Mächtigkeit.

Die im Bereich der Elbmündung kartierte Deltaebene ist nur durch eine Bohrung belegt.

An die Deltaebene schließt sich etwa im Bereich Cuxhaven, Bremervörde, Buxtehude, in einem schmalen Streifen von Schneverdingen über die Wedemark bis in die Hildesheimer Börde sowie in einem Gebiet zwischen Burgdorf und Gifhorn die Deltafront an. In der Deltafront finden sich Feinsandstein-Tonstein-Wechselfolgen, Siltsteine und Tonsteine. Lokal können Fein- bis Mittelsandsteine vorhanden sein, die nach Bohrkernbeschreibung als Barren interpretiert werden und beispielsweise die Mündungsbarren eines Deltas darstellen können. In Bohrlochmessungen sind diese Barren aufgrund der „Trichterform“ der Eigenpotenzial- oder Gamma-Ray-Logs (von der Basis der Barre nach oben hin abnehmende Messwerte, siehe Abb. 11) zu identifizieren. Die Mächtigkeit dieser Barren schwankt zwischen wenigen Metern und maximal 27 Metern. Trotz der teilweise ausreichenden Mächtigkeit dieser Sandsteine sprechen die Abschätzungen aus Bohrlochmessungen und wenige verfügbare Untersuchungen an Bohrkernmaterial dafür, dass die für geothermische Zwecke notwendigen Durchlässigkeiten vermutlich nicht erreicht werden.

Der Offshore-Bereich ist durch marine Tonsteine, Siltsteine und lokal geringmächtige Feinsandsteine charakterisiert und deckt den westlichen und zentralen Bereich Niedersachsens ab. In dieser Einheit gibt es keine Hinweise auf geothermisch nutzbare Sandsteine.

Literatur

Appel, D. (1981): Petrographie und Genese der Sandsteine des Unter- und Mittelrät im nördlichen Harzvorland (Ostniedersachsen), Mitteilungen Geologisches Institut Universität Hannover, 133 S.

Baldschuhn, R., Binot, F., Fleig, S., Kockel, F., Best, G., Brückner-Röhling, S., Deneke, E., Frisch, U., Hoffmann, N. und Jürgens, U. (2001): Geotektonischer Atlas von Nordwest-Deutschland und dem deut-

schen Nordsee-Sektor: Strukturen, Strukturentwicklung, Paläogeographie, Geologisches Jahrbuch, Reihe A, 88 S., 3 CD-ROMs.

Batterman, K. (1989): Das Rhät (Oberer Keuper) im östlichen Niedersachsen, Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, 14: 101-116

Bello-Rujana, L., Franz, M., Lubo-Robles, D. und Moeck, I. (2026): 3D-seismic channel-floodplain geomorphology of the Rhaetian Distributive Fluvial System in the North German Basin: an integrated workflow with machine learning for geothermal prospects, *Geothermics* 135: 103532, <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2025.103532>

Beutler, G., Röhling, H.-G., Schulz, R., Werner, K. H., Rockel, W., Becker, U., Kabus, F., Kellner, T., Lenz, G. und Schneider, H., (1994): Regionale Untersuchung von geothermischen Reserven und Ressourcen in Nordwestdeutschland, Endbericht (Archiv-Nr. 111758), Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover

Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.) (2016): Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2016, GeoForschungsZentrum, Potsdam

Erbacher, J., Hiss, M., Luppold, F. W. und Mutterlose J. (2018): Bückeberg-Gruppe, In Litholex [Online-Datenbank], Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hannover). Letzte Änderung 24.09.2018 [Datum der Recherche 05.10.2021], Datensatz 2008144, <https://litholex.bgr.de>

Franz, M., Wolfgramm, M., Barth, G., Nowak, K., Zimmermann, J., Budach, I. und Thorwart, K. (2015): Verbundprojekt: Identifikation hydraulisch geeigneter Bereiche innerhalb der mesozoischen Sandsteinaquifere in Norddeutschland, Schlussbericht, Technische Bergakademie Freiberg, 317 S.

Nitsch, E., Barnasch, J., Dittrich, D., Farrenschon, J., Franz, M., und Heunisch, C. (2011): Exter-Formation, In Litholex [Online-Datenbank], Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hannover). Letzte Änderung 16.02.2011 [Datum der Recherche 22.04.2022], Datensatz 5000006, <https://litholex.bgr.de>

Schott, W. (1969): Paläogeographischer Atlas der Unterkreide von Nordwestdeutschland: mit einer Übersichtsdarstellung des nördlichen Mitteleuropa, Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover

Stober, I., Fritzer, T., Obst, K., Agemar, T., Schulz, R., Weber, J. und Wissing, L. (2016): Tiefe Geothermie: Grundlagen und Nutzungsmöglichkeiten in Deutschland, Leibniz-Institut für Angewandte Geowissenschaften, Hannover, 87. S.

Tabellen und Abbildungen

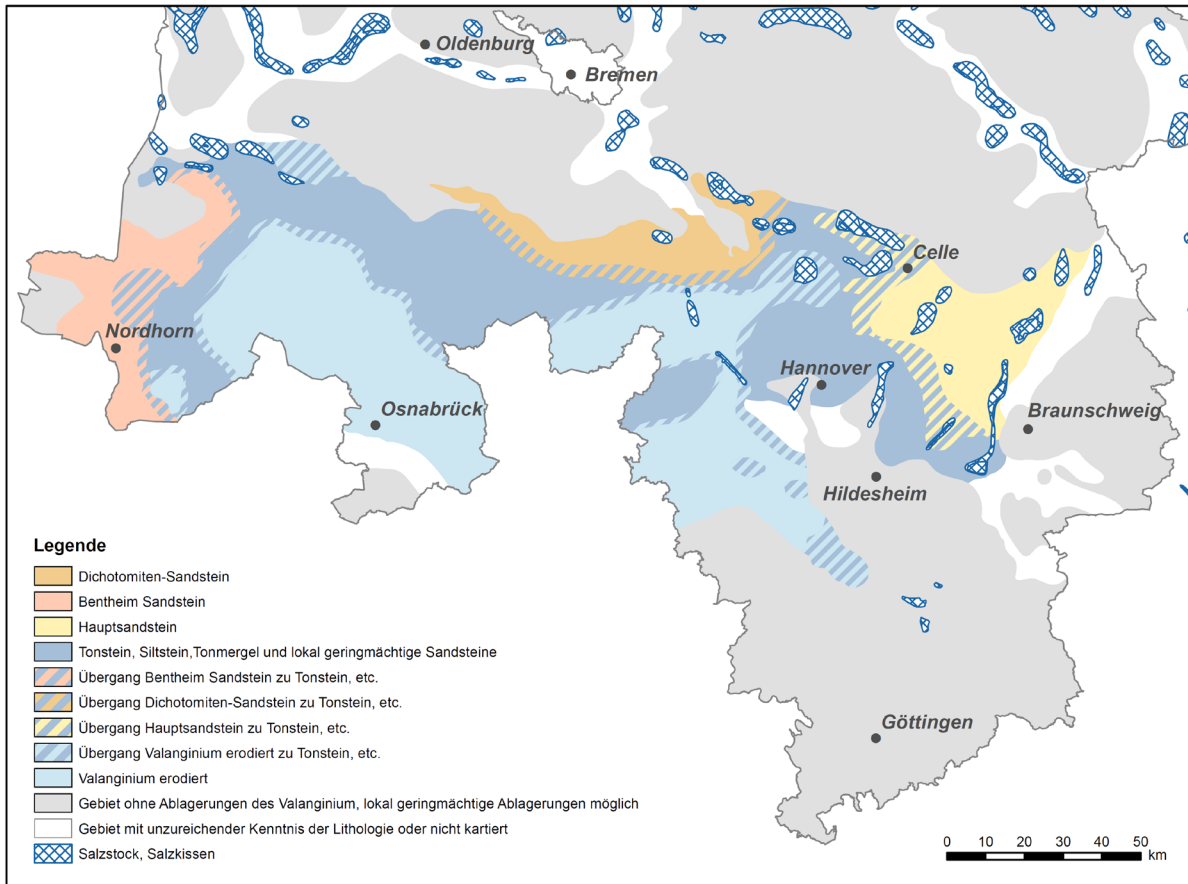


Abb. 1: Vereinfachte Verbreitungskarte von explorationsrelevanten Sandsteinen des Valanginium im Niedersächsischen Becken.

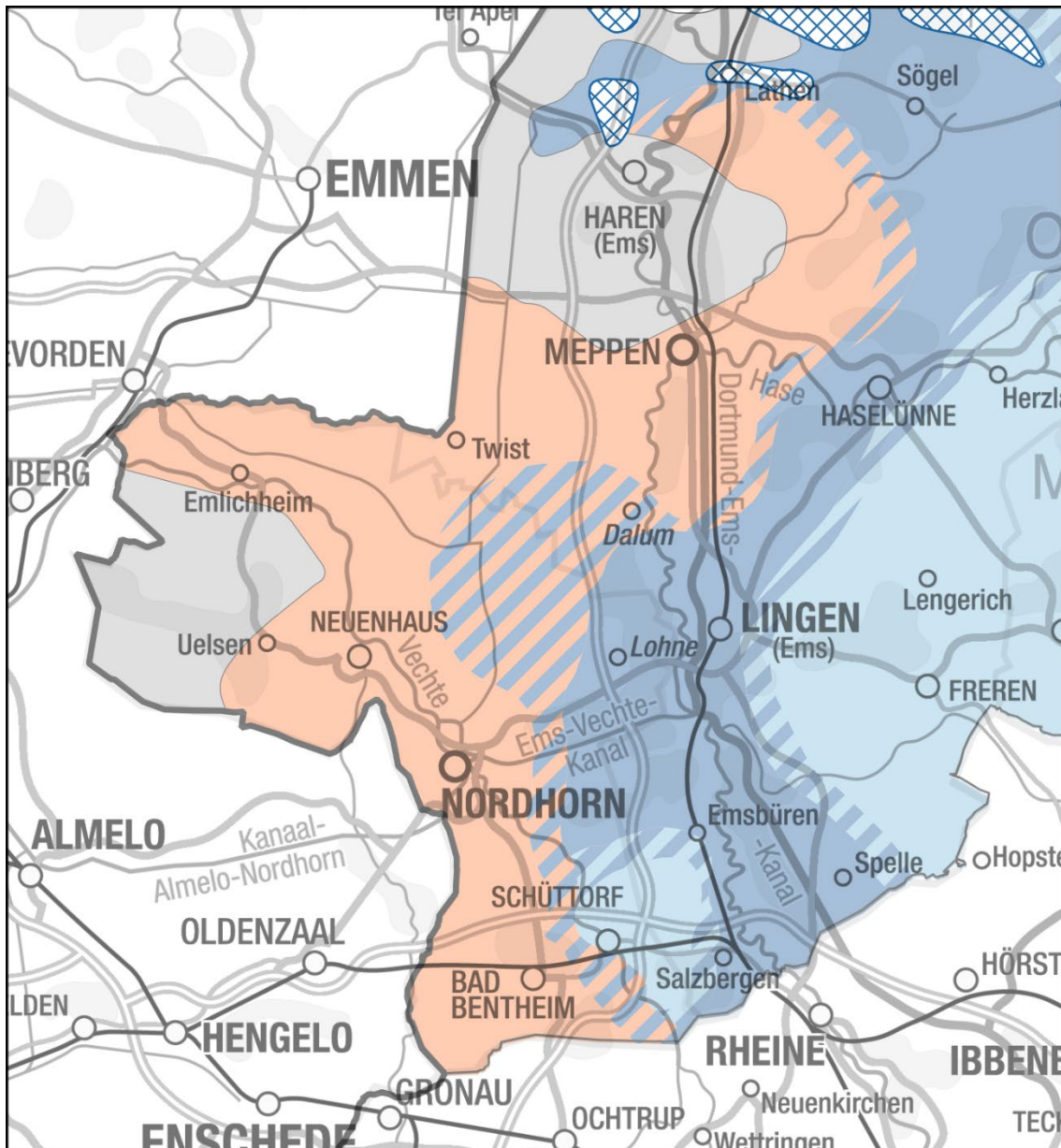


Abb. 2: Vereinfachte Darstellung der Verbreitung des Bentheim Sandstein in Niedersachsen zwischen Meppen, Nordhorn und Bad Bentheim (Legende siehe Abb. 1). Der Kartenausschnitt zeigt in rötlichen Farben die Verbreitung des Bentheim Sandstein und stellt in den rötlich/blau schraffierten Flächen den Übergang zu den altersgleichen Tonsteinen (in blau) dar. In den grauen Bereichen sind keine, oder nur sehr geringmächtige Ablagerungen des Valanginium zu finden.

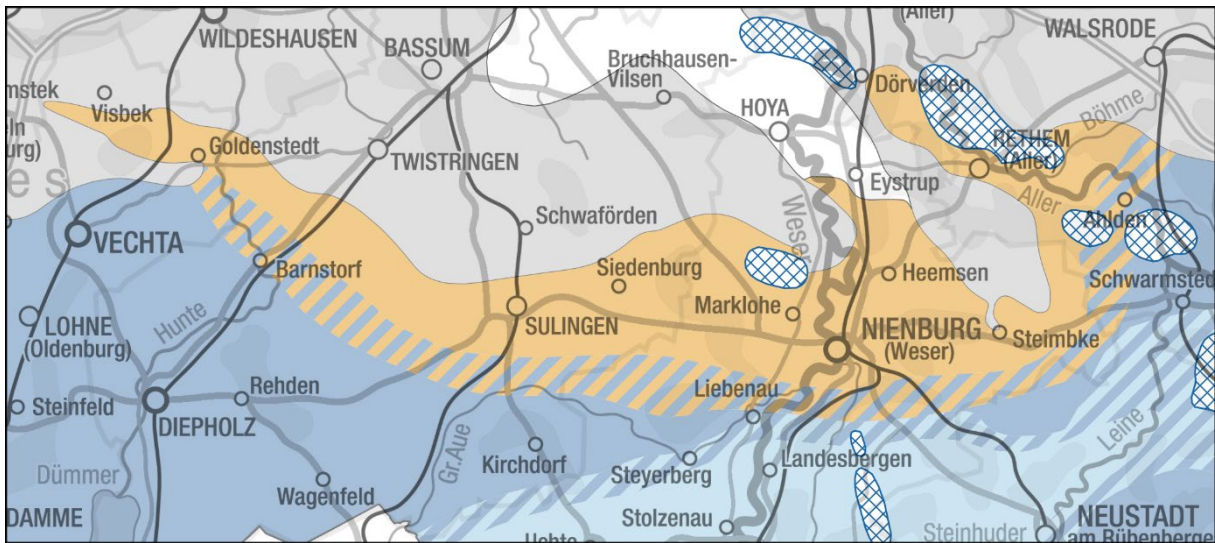


Abb.3: Vereinfachte Darstellung der Verbreitung des Dichotomiten-Sandstein zwischen Goldenstedt, Sulingen bis östlich von Nienburg/Weser (Legende siehe Abb. 1). Der Kartenausschnitt zeigt in orangen Farben die Verbreitung des Dichotomiten-Sandstein und stellt in den orange/blau schraffierten Flächen den Übergang zu den altersgleichen Tonsteinen (in blau) dar. In den grauen Bereichen sind keine, oder nur sehr geringmächtige Ablagerungen des Valanginium zu finden.

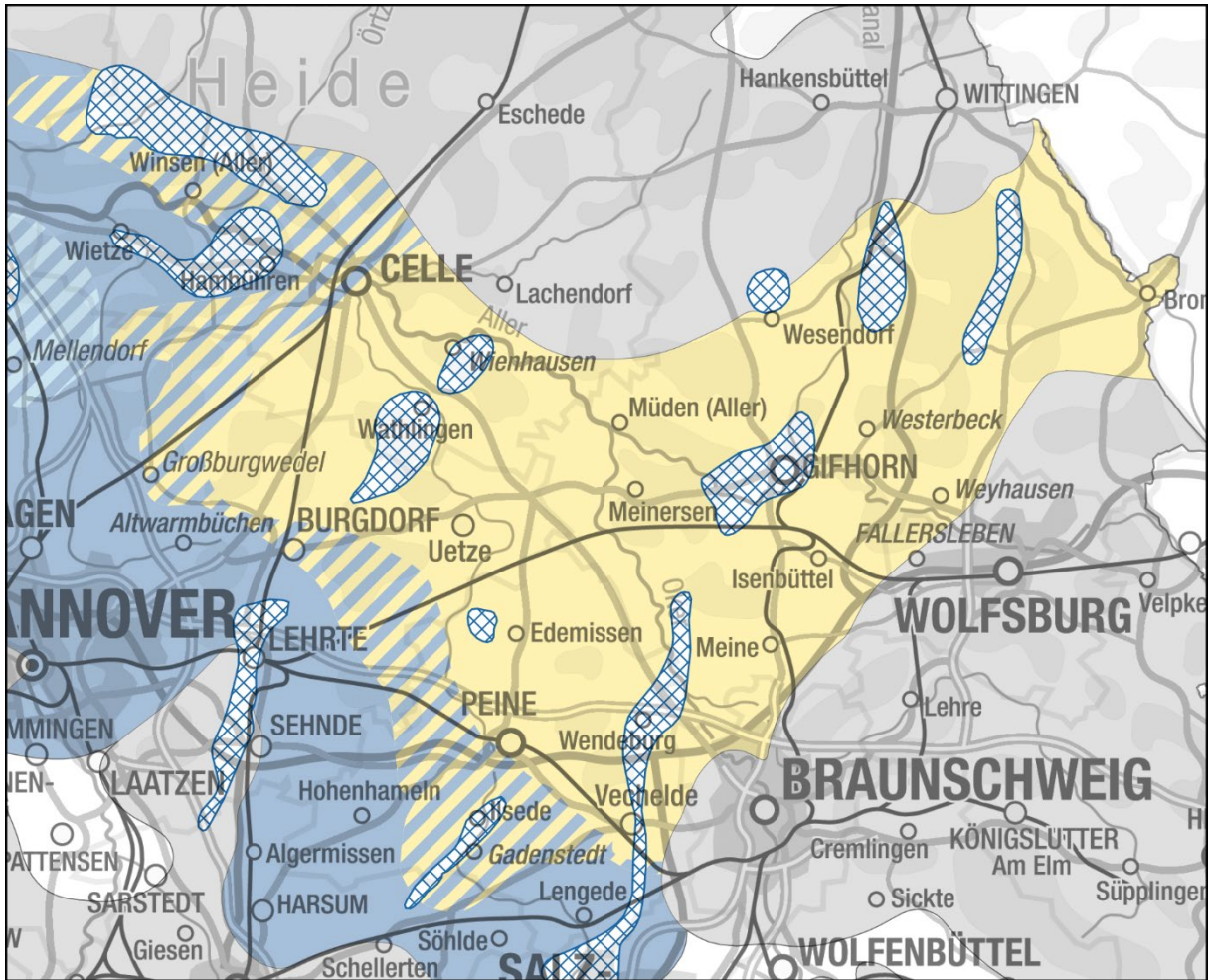


Abb. 4: Vereinfachte Darstellung der Verbreitung des Hauptsandstein im Gebiet zwischen Celle, Gifhorn und Peine (Legende siehe Abb. 1). Der Kartenausschnitt zeigt in gelben Farben die Verbreitung des Hauptsandstein und stellt in den gelb/blau schraffierten Flächen den Übergang zu den altersgleichen Tonsteinen (in blau) dar. In den grauen Bereichen sind keine, oder nur sehr geringmächtige Ablagerungen des Valanginium zu finden.

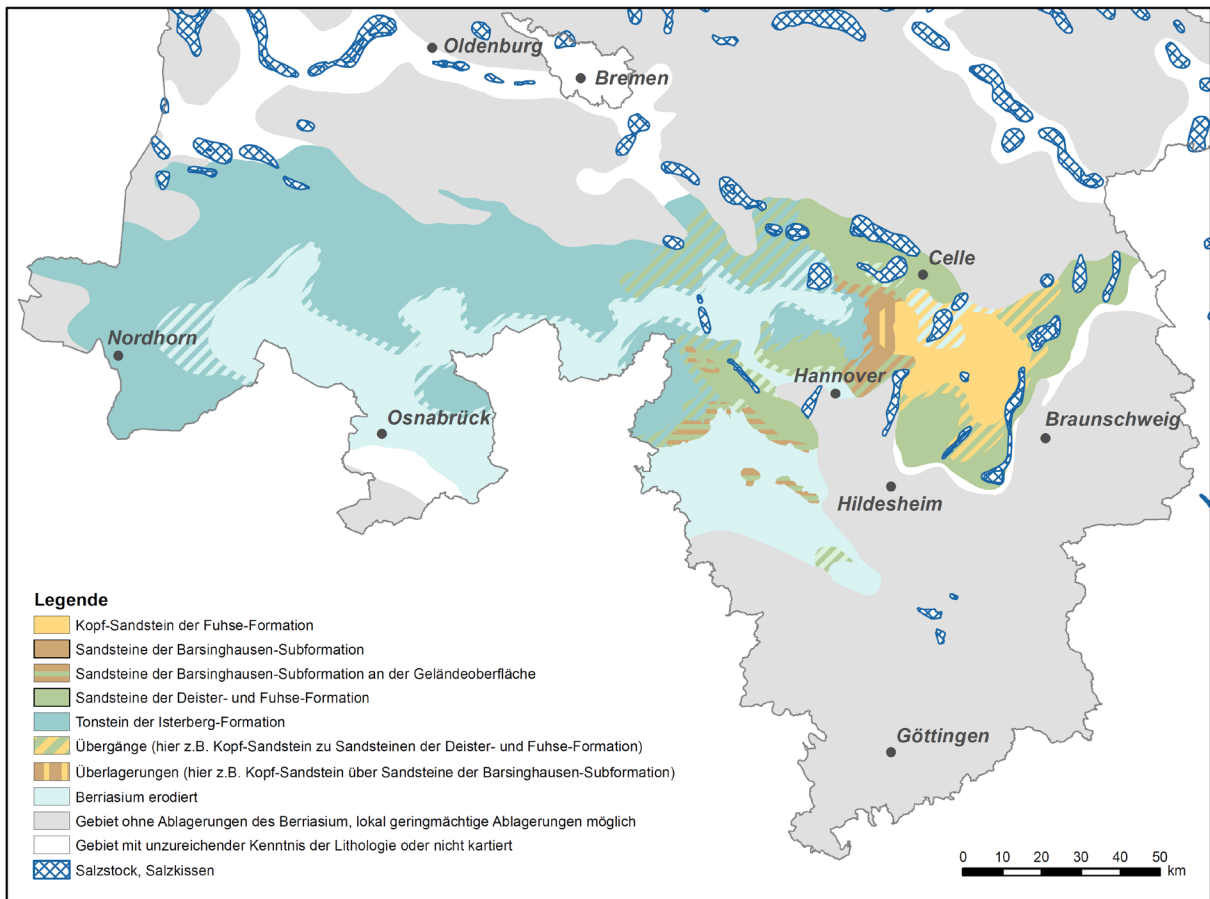


Abb. 5: Vereinfachte Verbreitungskarte von explorationsrelevanten Sandsteinen der Bückeberg-Gruppe (Berriasium) im Niedersächsischen Becken.

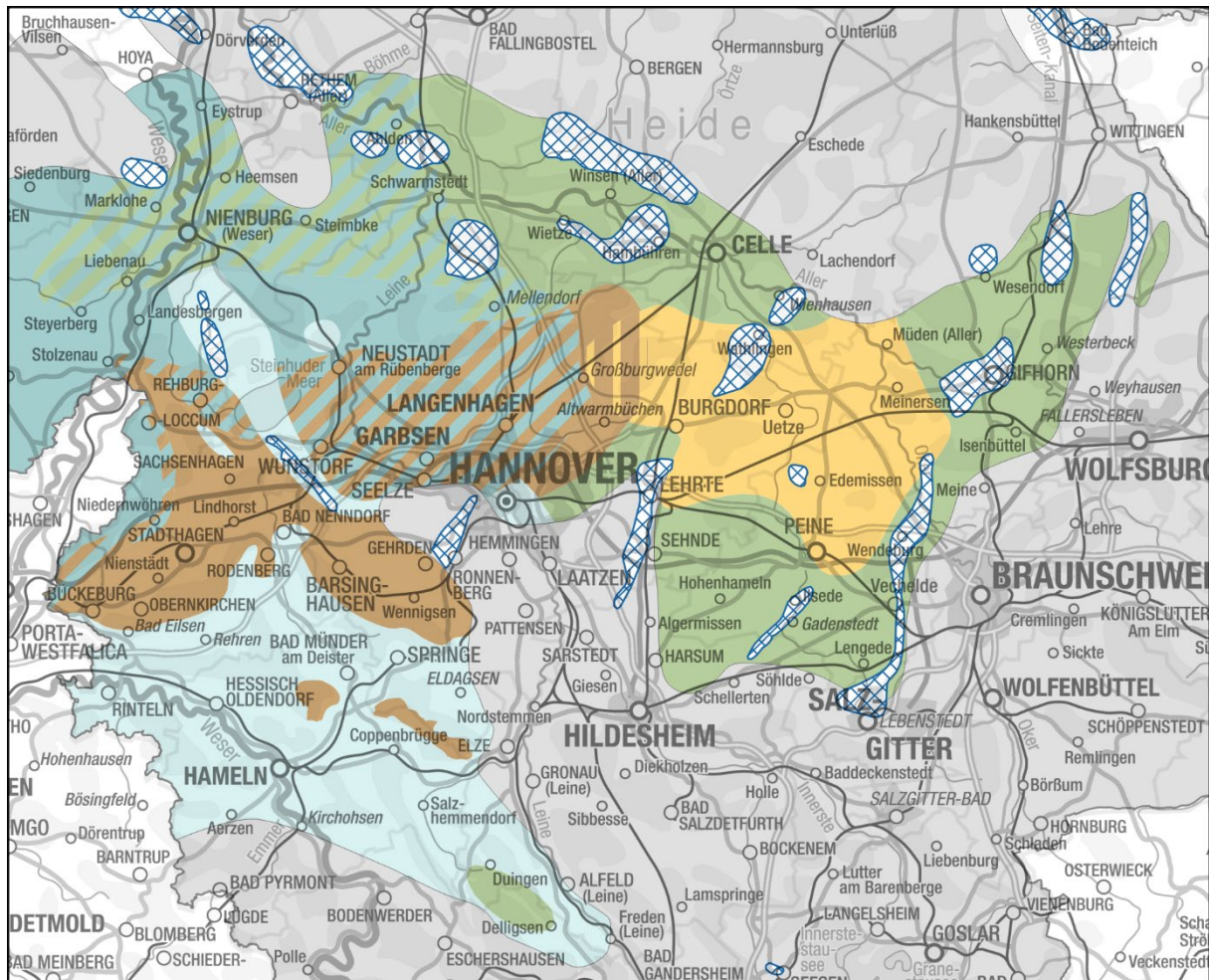


Abb. 6: Vereinfachte Darstellung der Verbreitung der explorationsrelevanten Sandsteine der Bückeberg-Gruppe (Ober-Berriasium) im zentralen und östlichen Teil des Niedersächsischen Beckens (Legende siehe Abb. 5). Der Kartenausschnitt zeigt in gelben Farben die Verbreitung des Kopf-Sandstein der Fuhse-Formation. Dieser Sandstein ist die geologisch jüngste kartierbare Sandsteineinheit der Bückeberg-Gruppe. Die Sandsteine der Barsinghausen-Subformation wurden im mittleren Abschnitt der Bückeberg-Gruppe gebildet und sind in einem Gebiet südlich von Celle bis Hannover zu finden. An der Geländeoberfläche sind vergleichbare Sandsteine in den Höhenzügen der Rehburger Berge, Harri, Bückeberg („Obernkirchener Sandstein“), Deister, Süntel und Nesselwald aufgeschlossen. Diese finden ihre Fortsetzung im tiefen Untergrund in der Schaumburger- und Deister-Mulde. In dem vertikal schraffierten Bereich im Raum Großburgwedel überlagern sich die älteren Sandsteine der Barsinghausen-Subformation und der jüngere Kopf-Sandstein. Die in grün kartierten Gebiete umfassen eine nicht weiter differenzierte Abfolge aus Sandstein, Siltstein, Tonstein, und lokal geringmächtigen Kohlelagen der Fuhse- und Deister-Formation aus der mittleren bis unteren Bückeberg-Gruppe.

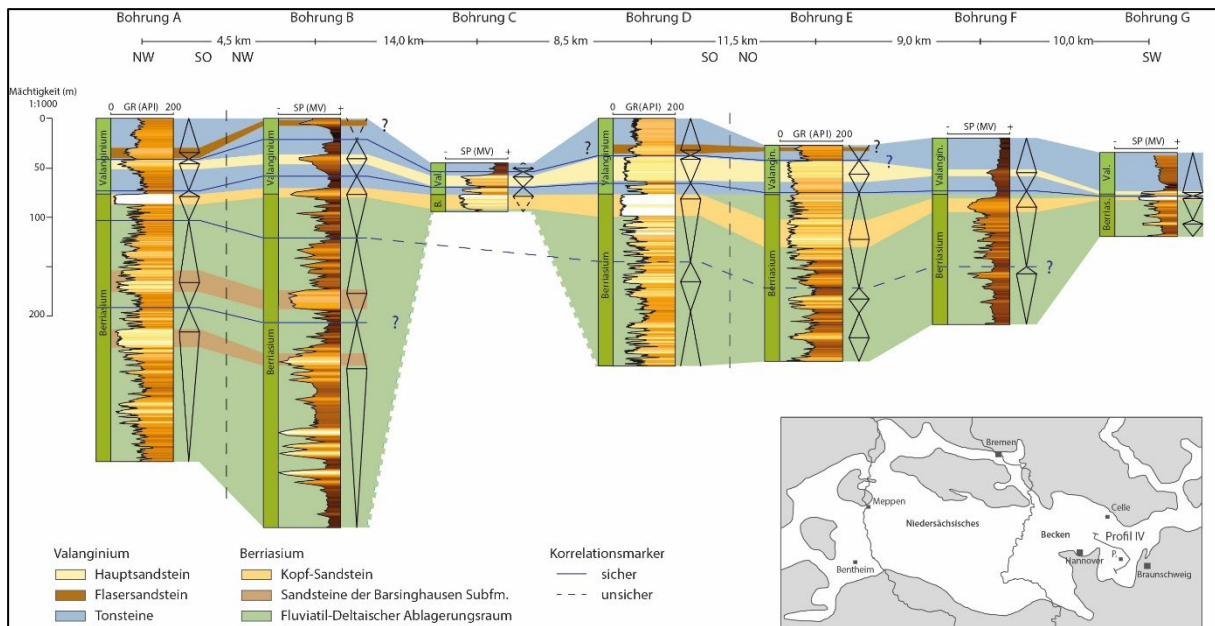


Abb. 7: Vereinfachter Profilschnitt mit explorationsrelevanten Sandsteinen der Unterkreide (Valanginium und Berriasium) im östlichen Niedersachsen. Der Profilschnitt ist am Übergang vom Valanginium zum Berriasium nivelliert. Korreliert wurde anhand von überregionalen regressiv-transgressiv-Trends. Die kartierten Sandsteine der Bückeberg-Gruppe (Berriasium) und des Valanginium sind in gelben und braunen Farben gekennzeichnet. Im Ostteil des Niedersächsischen Beckens überlagern sich lokal mehrere explorationsrelevante Sandsteine der Unterkreide, wie z.B. im Bereich um die Bohrungen D und E, wo der Haupt sandstein (Valanginium) über dem den Kopf-Sandstein (Berriasium) liegt. Im NW-Teil des Profilschnitts (Bohrungen A und B) sind die Sandsteine der Barsinghausen-Subformation (Bückeberg-Gruppe, Berriasium) in der typischen Ausbildung sichtbar. Im Hangenden finden sich noch die distalen Ausläufer des Kopf-Sandstein sowie des Haupt sandstein mit reduzierter Mächtigkeit.

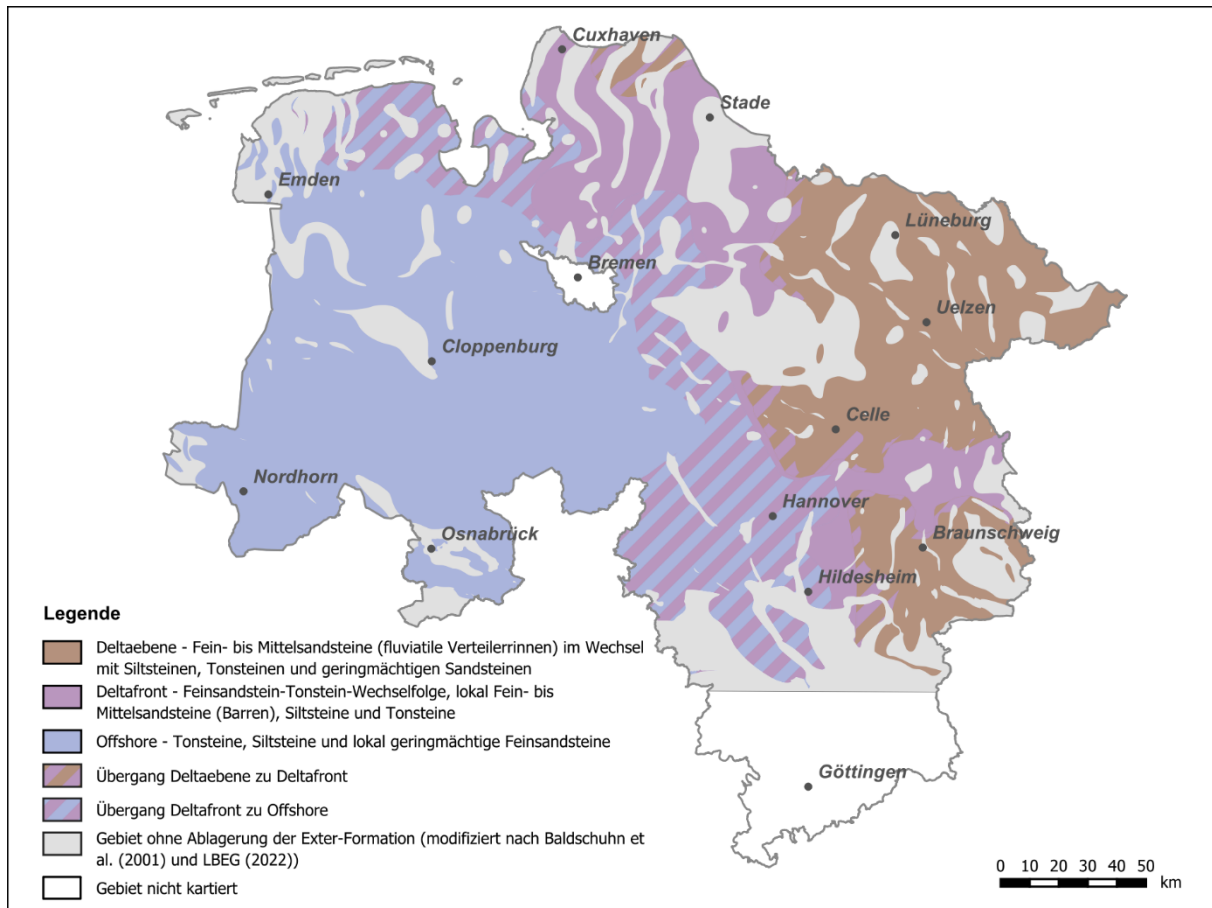


Abb. 8: Vereinfachte Verbreitungskarte von explorationsrelevanten Sandsteinen der oberen Exter-Formation (Rhät, Oberer Keuper, „Contorta-Schichten“) in Niedersachsen.

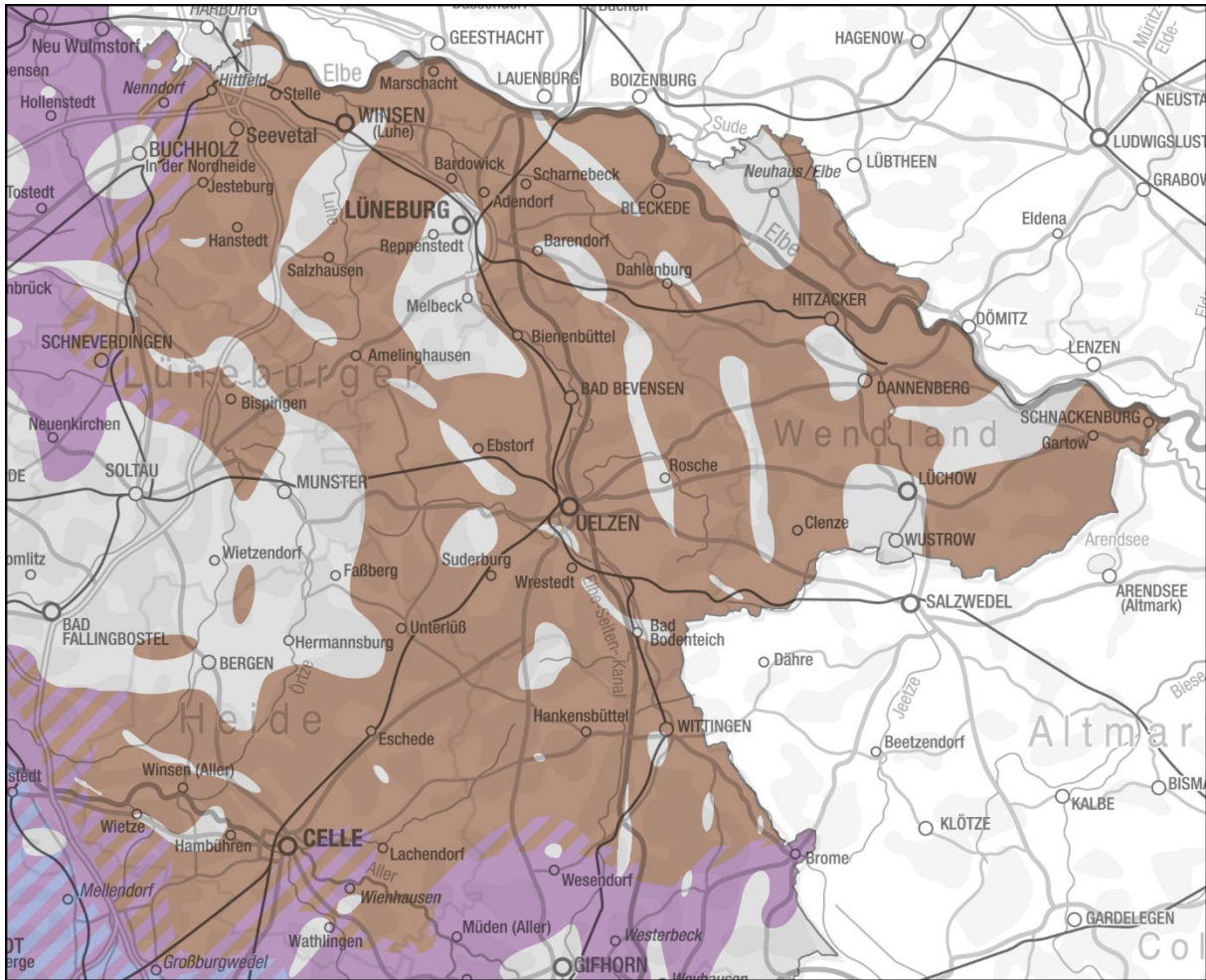


Abb. 9: Vereinfachte Darstellung der Verbreitung der Deltaebene im Gebiet zwischen Hamburg, Celle, Wittlingen bis in das Wendland (Legende siehe Abb. 8). Der Kartenausschnitt zeigt in braunen Farben die Verbreitung der Deltaebene und stellt in den braun/violett schraffierten Flächen den Übergang zur Deltafront (in violett) dar. In den grauen Bereichen sind keine Ablagerungen der Exter-Formation zu finden.

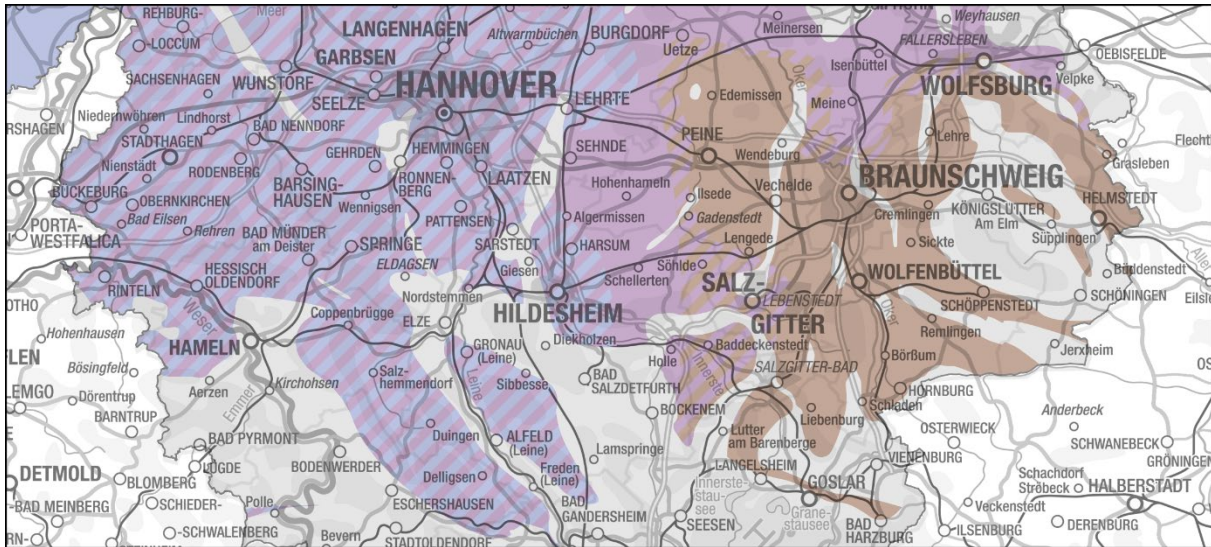


Abb. 10: Vereinfachte Darstellung der südlichen Verbreitung der Exter-Formation (Legende siehe Abb. 8). Im nördlichen Harzvorland zwischen Goslar, Braunschweig und Peine befindet sich die südliche Deltaebene (braune Farbe). Nördlich und westlich davon schließt sich in einem relativ schmalen Streifen die Deltafront (violette Farbe) an, die dann in einem breiten Bereich von Hildesheim, Hameln bis weit über Hannover in den Offshore-Bereich übergeht (schraffierte Fläche). In den grauen Flächen sind keine Ablagerungen der Exter-Formation zu finden.

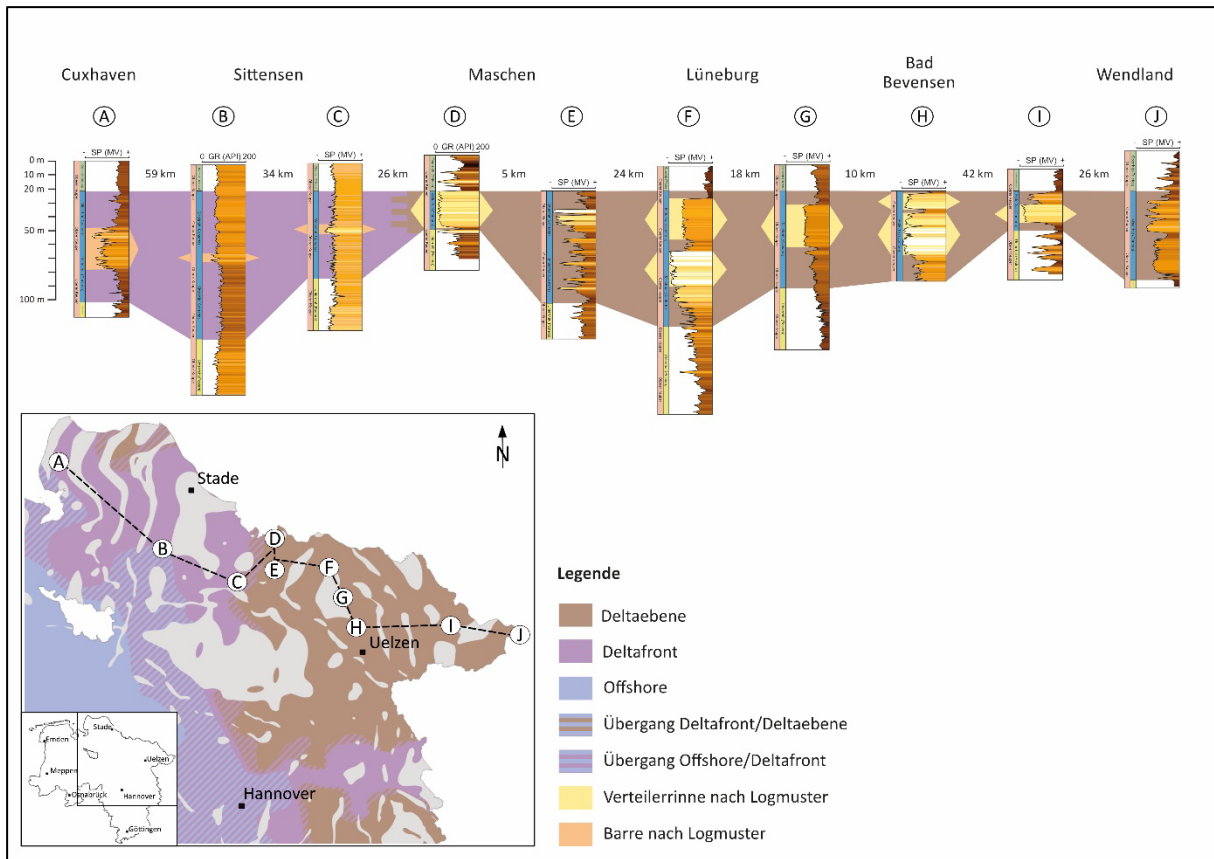


Abb. 11: Vereinfachter Profilschnitt der oberen Exter-Formation vom nordwestlichen Niedersachsen (Cuxhaven) über den Südraum von Hamburg (Maschen) bis in das östliche Wendland. In der Deltaebene finden sich lokal amalgamierte Sandsteine, die als Verteilerrinnen interpretiert werden (siehe „blockiges“ Logmuster in den in Bohrungen D, F, G und H) und die innerhalb weniger Kilometer in Siltsteine, Tonsteine und lokal geringmächtigen Sandsteine übergehen (Bohrung E und J). Die Deltafront befindet sich im Bereich der Bohrungen A bis C und besteht aus Feinsandstein-Tonstein-Wechselfolgen, Siltsteinen und Tonsteinen. Lokal sind Fein- bis Mittelsandsteine vorhanden, die anhand ihrer „trichterförmigen“ Bohrlochmesskurven als Barren interpretiert werden (z. B. Bohrung B).

Erläuterungen

Aquifer

Als Aquifere werden Gesteinskörper bezeichnet, die Grundwasser leiten und abgeben können. In der Tiefengeothermie bezieht sich der Begriff auf tiefliegende Grundwasserleiter, die in wirtschaftlich relevanten Mengen Thermalwasser liefern können, in der Regel aber kein nutzbares Trinkwasser enthalten.

Fündigkeit, Fündigkeitsrisiko

Eine Bohrung für hydrothermale Tiefengeothermie gilt i. d. R. dann als fündig, wenn ein geologischer Zielhorizont erbohrt wird, der

- tief genug liegt, um ausreichende Temperaturen aufzuweisen,
- von Natur aus oder nach Anwendung technischer Maßnahmen (z. B. hydraulische Stimulation) wasser-durchlässig genug ist, um ausreichende Mengen an Flüssigkeiten und Gase daraus fördern zu können und
- chemisch so beschaffen ist, dass das daraus geförderte Fluid technisch handhabbar ist.

Das Fündigkeitsrisiko ist das Risiko eine solche Bohrung niederzubringen, aber z. B. aufgrund zu geringer Fördermenge, zu geringer Fördertemperatur oder nicht handhabbarer Wasserqualität nicht den notwendigen Wärmegewinn daraus zu erzielen.

Hydrothermale Tiefengeothermie

Bei hydrothermalen tiefengeothermischen Systemen wird natürlich im Untergrund vorhandenes Wasser aus Tiefen von mehr als 400 Metern als Wärmeträgermedium über mindestens eine Förder- und mindestens eine Reinjektionsbohrung zwischen Untergrund und Erdoberfläche zirkuliert und ein Teil der darin gespeicherten Erdwärme gewonnen.

Mächtigkeit

Als Mächtigkeit bezeichnet man in der Geologie den Abstand zwischen der oberen und unteren Begrenzungsfläche einer Gesteinseinheit, also beispielsweise die Dicke eines Sandsteins.

Porosität

Als Porosität eines Gesteins bezeichnet man das Verhältnis seines Hohlraumanteils zu seinem Gesamtvolumen. Betrachtet man das gesamte Hohlraumvolumen, spricht man von Gesamtporosität. Betrachtet man den Hohlraumanteil, durch den Flüssigkeiten oder Gase effektiv strömen können, spricht man von effektiver Porosität.

Permeabilität

Die Permeabilität beschreibt die Durchlässigkeit eines porösen Gesteins gegenüber Flüssigkeiten oder Gasen.

Transmissibilität

Die Transmissibilität ist das Produkt aus Durchlässigkeit (Permeabilität) und der Mächtigkeit des Aquifers und stellt eine wichtige Kenngröße für die Beurteilung der Eigenschaft eines Aquifers, Flüssigkeiten zu transportieren, dar.