

scriptum

Geowissenschaftliche

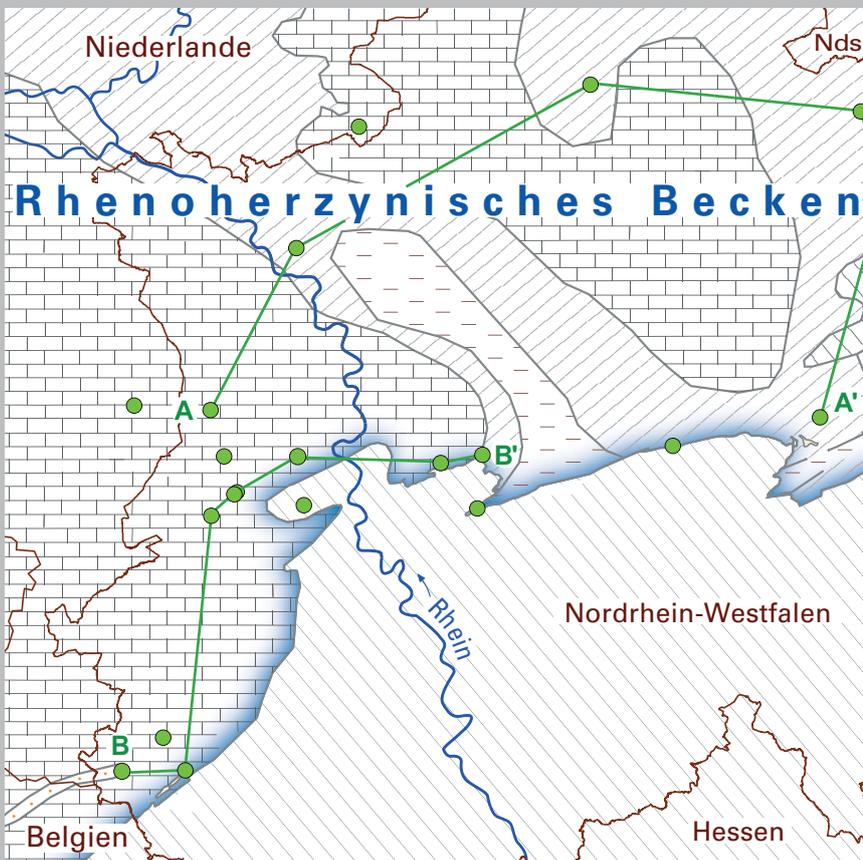
Arbeitsergebnisse
aus Nordrhein-Westfalen

online

16

Das Rhenoharzynische Becken – ein hydrothermales Reservoir für NRW und Nordwesteuropa?

Von Martin Arndt, Tobias Fritschle, Martin Salamon & Anna Thiel



Das Rhenoharzynische Becken – ein hydrothermales Reservoir für NRW und Nordwesteuropa?

Von Martin Arndt, Tobias Fritschle, Martin Salamon & Anna Thiel
Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen – Landesbetrieb –
De-Greiff-Str. 195, 47803 Krefeld, E-Mail: interreg_geothermie@gd.nrw.de

Zitierweise: ARNDT, M.; FRITSCHLE, T.; SALAMON, M.; THIEL, A. (2020): Das Rhenoharzynische Becken – ein hydrothermales Reservoir für NRW und Nordwesteuropa? – *scriptumonline*, **16**: 11 S., 3 Abb.; Krefeld. – [https://www.gd.nrw.de/pr_bs_scriptumonline.htm – <[scriptumonline-16_2020-09.pdf](https://www.gd.nrw.de/pr_bs_scriptumonline-16_2020-09.pdf)>]

Inhalt

1	Einleitung	4
2	DGE-ROLLOUT und hydrothermale Reservoirs in NRW	6
3	Ausblick	10
4	Literatur	10
	Impressum	11

Kurzfassung:

Eine klimaneutrale Wärmeerzeugung kann durch den Einsatz von hydrothermalen Tiefengeothermie erreicht werden. Das transnationale Projekt „Roll-out of Deep Geothermal Energy in North-West Europe“ (DGE-ROLLOUT) untersucht eines der vielversprechendsten tiefengeothermischen Reservoirs in Nordwesteuropa (NWE), das Rhenoharzynische Becken. Ein wesentliches Ziel des Projektes ist die grenzüberschreitende Charakterisierung der unterkarbonischen Kohlenkalk-Gruppe (und im Nachgang der devonischen Massenkalk) in Belgien, Frankreich, Deutschland und den Niederlanden, um die Standortsuche für künftige Geothermiekraftwerke zu erleichtern und um eine CO₂-neutrale Wärmenutzung in NWE zu unterstützen. Durch das Zusammentragen und Auswerten des gemeinsamen Datenschatzes und durch die transnationale Erhebung neuer Daten aus Bohrungen und seismischen Kampagnen sollen Tiefe, Mächtigkeit, Struktur und Fazies dieses hydrothermalen Reservoirs charakterisiert und die bisher unbekannt tiefengeothermischen Potenziale der Karbonatgesteine im Rhenoharzynischen Becken ermittelt werden.

Schlagwörter:

DGE-ROLLOUT, hydrothermale Geothermie, Karbonatgestein, Kohlenkalk-Gruppe, Karbon, Massenkalk, CO₂-neutrale Wärmenutzung

1 Einleitung

Die wachsende Besorgnis über den Klimawandel bewegt unsere Gesellschaft. Auf der Suche nach Alternativen für die Energieversorgung nach dem Atom- und Kohleausstieg stehen Begriffe wie „klimaneutral“ oder „grüne Energie“ besonders im Fokus. Hierbei bietet die hydrothermale Tiefengeothermie Lösungen an. Die Technik ist seit Jahrzehnten bekannt, jedoch sind die natürlichen geologischen Potenziale des tiefen Untergrundes nicht immer gut erkundet oder den möglichen Nutzern bekannt.

Ein potenzielles, bislang in der Forschung vernachlässigtes tiefengeothermisches Reservoir sind die unterkarbonischen Karbonatgesteine des Rhenoharzynischen Beckens, die vor rund 350 Mio. Jahren in NWE abgelagert wurden. Das Rhenoharzynische Becken selbst ist ein im Silur bis Devon angelegtes Meeresgebiet, das sich am südlichen passiven Kontinentalrand des Paläokontinents Laurussia entwickelte und heute im Süden durch die Mitteldeutsche Kristallinschwelle begrenzt ist (Abb. 1). Aus dem anfänglich flachen Schelfmeer entwickelte sich ein Meeresbecken, in dem sich mehrere tausend Meter mächtige Sedimentschichten, mit eingeschalteten submarinen Vulkaniten, akkumulierten. Im Zuge der variszischen Orogenese wurde das Rhenoharzynische Becken geschlossen, aufgefaltet und teilweise erodiert. Dieser großtektonische Bereich, welcher von der Rheischen Sutur im Süden bis an den Rand der variszischen Front im Norden reicht, wird als Rhenoharzynische Zone bezeichnet und zieht sich durch ganz Nordwesteuropa (Abb. 1). Die aus den Sedimenten im Zuge der Diagenese entstandenen marinen Kalksteine, kalkhaltigen Tonsteine und weitere Siliziklastika bauen heute maßgeblich das Rheinische Schiefergebirge auf. Wesentliche Merkmale der karbonatischen Sedimentgesteine sind ihre weiträumige Verkarstung und großflächige Dolomitisierung, die ein erhöhtes geothermisches Potenzial dieser Schichten vermuten lassen.

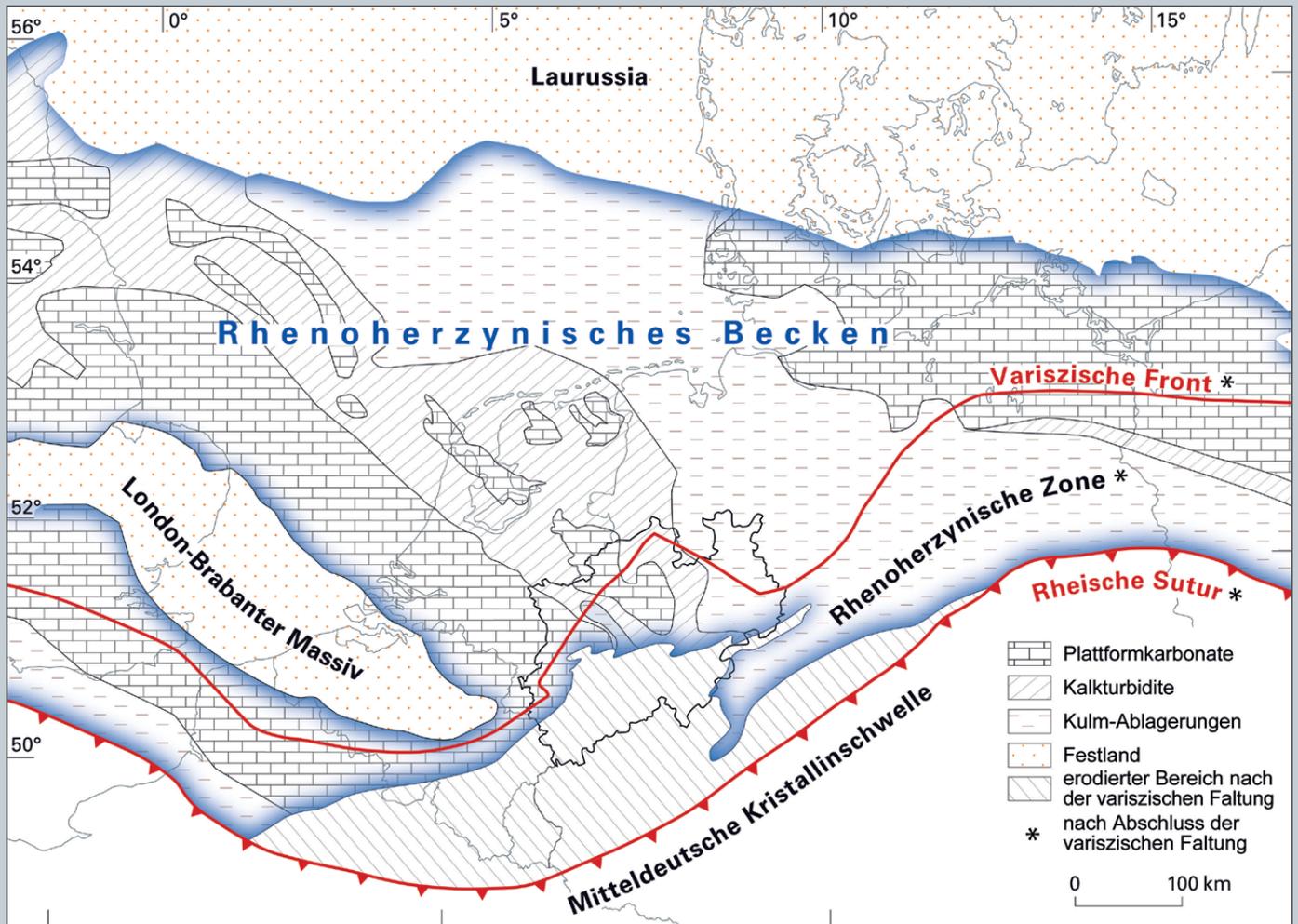


Abb. 1: Paläogeographische Darstellung des Rhenoherynischen Beckens zur Zeit des Unterkarbons mit Elementen der späteren variszischen Orogenese, verändert nach DOORNENBAL & STEVENSON (2010) und SMIT & VAN WEES & CLOETINGH (2018)

In den Ländern Nordwesteuropas gibt es nicht nur unterschiedliche Kenntnisstände hinsichtlich der praktischen Anwendung der Tiefengeothermie, sondern ebenso unterschiedliche Herangehensweisen an das Thema. In Belgien werden in der Wallonie bereits seit 1985 erfolgreich Geothermieanlagen betrieben, die Thermalwasser aus tief versenkten, unterkarbonischen Karbonatgesteinen fördern (LICOUR 2014). Solche Anlagen wurden in der jüngeren Zeit u. a. auch in Flandern (Mol) und in den Niederlanden nahe Venlo (z. B. Californië) mit dem Ziel errichtet, eine CO₂-neutrale Wärmenutzung für beispielsweise Fernwärmenetze oder Gewächshausbeheizungen zu erreichen. Hierbei dienen die Oberjura-(Malm-)Karbonate im Münchener Molassebecken als Vorbild (BÖHM et al. 2013), die seit über 15 Jahren geothermisch genutzt werden (RUEHLE & HAMM & SCHUBERT 2003).

Das Rhenoherynische Becken bietet aber auch weitere, bisher jedoch nicht genutzte hydrothermale Potenziale, die in Nordfrankreich, Belgien und den Niederlanden derzeit intensiv erforscht werden (DUPONT et al. 2013; LAURENT et al. 2019). Vor allem sind dabei die devonischen Karbonatgesteine (Massenkalke) zu nennen, die um das Brabanter Massiv, aber auch bis in das Nordseebecken (Kyle-Group), verbreitet sind (WHITBREAD & KEARSEY 2016). All diese Gesteine kommen auch im tiefen Untergrund von NRW vor.

Dennoch spielte das Rhenoherynische Becken in der Betrachtung als hydrothermales Reservoir bislang kaum eine Rolle. In den einschlägigen Publikationen und Online-Fachinformationssystemen

(<https://www.geotis.de/geotisapp/geotis.php>) werden in Deutschland lediglich der Oberrheingraben, das Molassebecken und das Norddeutsche Becken als hydrothermale Reservoirs angesehen (GANZ et al. 2013; AGEMAR et al. 2014), dementsprechend wird hydrothermale Geothermie derzeit auch nur dort weitläufig genutzt.

Diese Lücke soll nun mit dem Projekt DGE-ROLLOUT aus dem EU-Interreg-Programm von Nordwesteuropa geschlossen werden. Ziel des Projektes ist es, die Potenziale tiefer geothermaler Reservoirs in NWE besser einschätzen zu können, um Investoren und Politikern eine Entscheidungshilfe für neue Geothermie-Projekte zu bieten. Neben dem GD NRW als Lead Partner sind u. a. die geologischen Dienste Belgiens und Frankreichs sowie die Institutionen TNO (Nederlandse Organisatie voor Toegepastnatuurwetenschappelijk Onderzoek) und EBN (Energie Beheer Nederland B. V.) aus den Niederlanden Teil des grenzübergreifenden Konsortiums. Als Partner aus der deutschen Industrie konnten zudem die RWE Power AG und die DMT GmbH & Co. KG gewonnen werden.

2 DGE-ROLLOUT und hydrothermale Reservoirs in NRW

Im Fokus der Untersuchungen von DGE-ROLLOUT steht zunächst die Bestimmung von Tiefe, Mächtigkeit und Fazies der unterkarbonischen Kohlenkalk-Gruppe in NRW sowie in den angrenzenden Partnerländern. Die verkarsteten und dolomitierten Karbonatgesteine der Kohlenkalk-Gruppe werden als eines der ergiebigsten Reservoirs für tiefergeothermische Energie in NRW angesehen. Hierzu werden die bisherigen Ergebnisse tiefer Bohrprojekte aus unserem Bundesland wie z. B. Schwalmatal 1001 (BNUM: 139663; BNUM = Bohrungsnummer im Bohrungsportal www.bohrungen.nrw.de), Wachtendonk 1 (BNUM: 100556), Isselburg 3 (BNUM: 49623), Münsterland 1 (BNUM: 18018), Vermold 1 (BNUM: 33579), Vingerhoets 93 (BNUM: 44356) und Erlenbach 2 (BNUM: 257036) aufgearbeitet, digitalisiert und mit neugewonnenen Erkenntnissen aus Exploration und Wissenschaft verglichen und bewertet (Abb. 2 u. 3).

Im Verlauf des DGE-ROLLOUT-Projektes werden zudem durch den GD NRW vier Bohrungen in NRW abgeteuft. Diese sollen die Kohlenkalk-Gruppe oberflächennah beproben und zum einen dabei helfen, geothermisch relevante Merkmale der Karbonatgesteine (wie z. B. Verkarstung und Dolomitierung) genauer zu untersuchen und zum anderen eine Interpolation der Gesteinsschichten in den tiefen Untergrund erleichtern. Im Januar 2020 wurde die erste dieser vier Bohrungen im Raum Heiligenhaus durchgeführt. Die komplett gekerkerte Bohrung endete in einer Tiefe von 200 m und umfasst im Wesentlichen Karbonate der Heiligenhaus-Formation. Die zweite Bohrung ist für den Herbst 2020 im Bereich der Herzkammer Mulde vorgesehen.

Eine deutlich tiefere Bohrung ist auf dem Gelände des von der RWE Power AG betriebenen Braunkohlekraftwerks Weisweiler (bei Aachen) geplant. Unter der Leitung unseres Projektpartners, der Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie (IEG), soll Ende 2020 eine Explorationsbohrung mit einer voraussichtlichen Tiefe von knapp 1000 m in Angriff genommen werden. Das Ziel hierbei ist es, die Gesteine im Bereich der Inde-Mulde genauer zu erkunden, um die Möglichkeit



Abb. 2: Relevante Bohrungen für die hydrothermale Tiefengeothermie in NRW und Faziesverteilung der Karbonatgesteine zur Zeit des Unterkarbons in der transnationalen Region zwischen Belgien, Deutschland und den Niederlanden

zu erörtern, mittelfristig mit mehreren geothermischen Dubletten – und somit mit grüner Energie – das Fortbestehen des Kraftwerkes Weisweiler und des bereits vorhandenen Verteilernetzes nach dem Kohleausstieg gewährleisten zu können.

Neben den geplanten Bohrungen liegt ein weiterer Schwerpunkt des DGE-ROLLOUT-Projektes auf der Akquise und Interpretation seismischer Daten. So ist in Belgien im Bereich des Midi-Eifelienne-Aachen-Überschiebungskomplexes (westliche Verlängerung der Aachener Überschiebung) die Aufnahme zweier seismischer Profile mit einer Länge von jeweils etwa 20 km durch den belgischen Geologischen Dienst geplant. Neben der Charakterisierung der Tiefe und der Mächtigkeit des Kohlenkalk-Reservoirs ist auch das Verständnis der komplexen geotektonischen Situation in diesem Bereich ein Ziel.

Auch unsere Nachbarn aus den Niederlanden werden sich im Verlauf des DGE-ROLLOUT-Projektes hauptsächlich mit seismischen Interpretationen beschäftigen. Neben den finanziellen Mitteln aus diesem Projekt können unsere Partner von EBN und TNO zudem aus den reichhaltigen Fördermitteln des groß angelegten Explorationsprogramms SCAN (<https://www.nlog.nl/en/scan>) zurückgreifen. Im Rahmen dieser Projekte soll so der Untergrund der zentralen und südlichen Niederlande detailliert untersucht werden.

Durch die transnationale Kooperation der belgischen, niederländischen, französischen und deutschen Projektpartner werden die zuvor aufgeführten geologischen Fragestellungen über politische Grenzen hinweg betrachtet. Die Kooperation innerhalb des DGE-ROLLOUT-Projektes ermöglicht so-

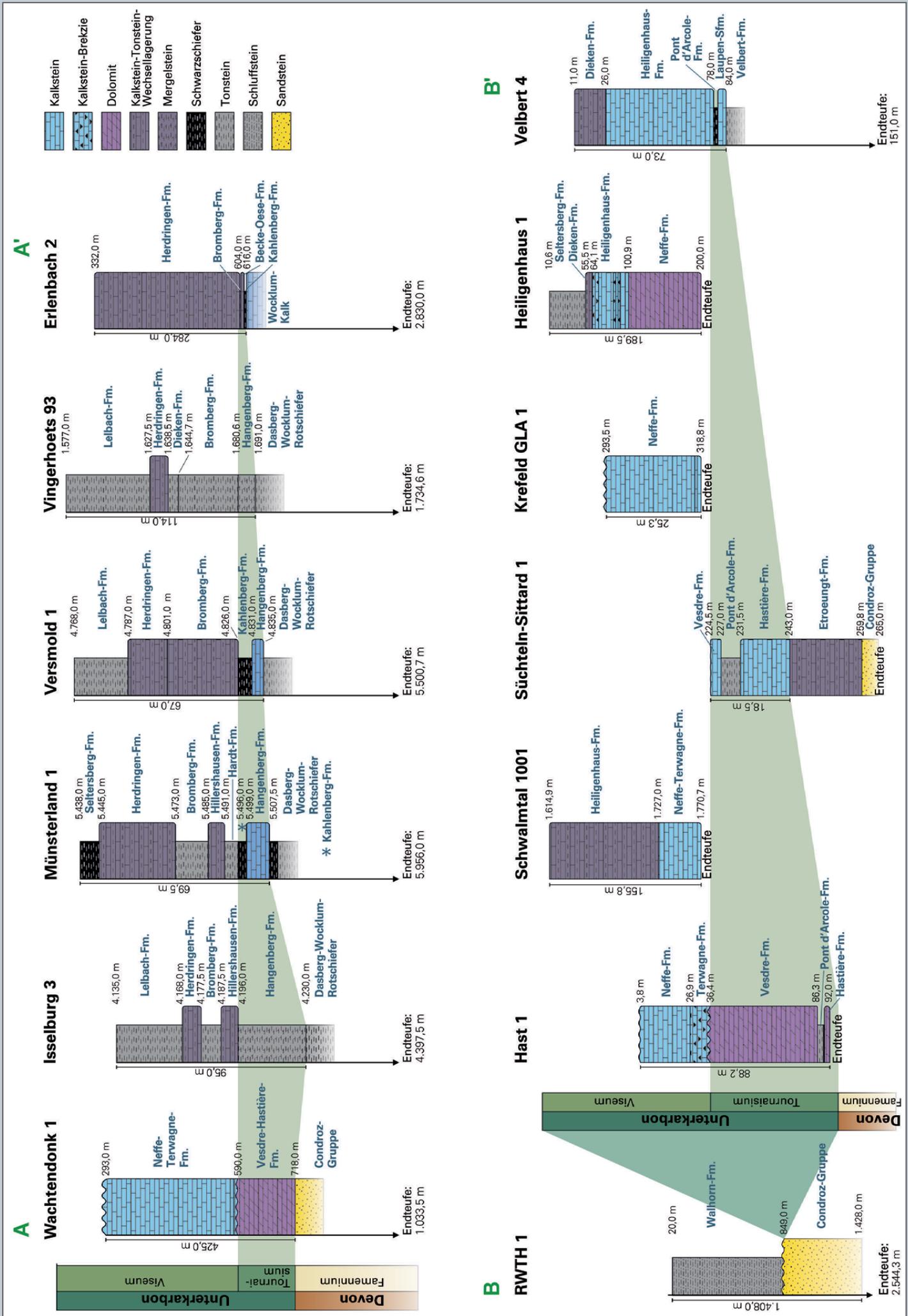


Abb. 3 : Vereinfachte lithologische Säulenprofile der für die hydrothermale Tiefengeothermie relevanten Bohrungen in NRW, die das Unterkarbon durchteuft haben. Die Sedimentgesteine sind in Relation zu ihrem Ablagerungszeitraum dargestellt, ausgehend von der Tournaisium-/Viséum-Grenze. Teufenangaben in Meter unter Geländeoberkante. Die Mächtigkeit des Unterkarbons ist seitlich der Profile angegeben. Lage der Bohrungen siehe Abbildung 2.

mit eine gemeinsame Einordnung der regionalen Gesteinsformationen im europäischen Vergleich. In diesem Zusammenhang ist es die vornehmliche Aufgabe des Projektes, grenzüberschreitend die Tiefe und Mächtigkeit der Kohlenkalk-Gruppe sowie die Verteilung der unterschiedlichen lithologischen Faziesräume (Abb. 2 u. 3) in NWE zu erfassen. Eine grenzübergreifende Interpretation der Ablagerungs- und Entwicklungsdynamik der Riffe und Becken während des Unterkarbons ist ein weiteres Ziel der gemeinsamen Arbeit. Daneben wird eine plausible transnationale Einordnung der sequenzstratigraphischen Einteilungen nach POTY (2016) und HERBIG (2016) angestrebt.

In NRW sollen hierfür zunächst mithilfe der Modellierungssoftware MOVE (Petroleum Experts Ltd.) Top und Basis des Unterkarbons in dem vorhandenen 3D-Untergrundmodell des Landes ergänzt werden. Dabei werden neben den zuvor genannten Bohrungen auch Informationen aus dem Datensatz des GD NRW, aus der integrierten geologischen Landesaufnahme, dem geotektonischen Störungskataster, der Tiefentektonik und der Kohlenvorratsberechnung mit einbezogen. Durch den Kohlenbergbau sind Faltenbau und Strukturgeologie der Steinkohlelagerstätten gut erschlossen. Aus der Lage der Flöze und den bekannten Mächtigkeiten der flözleeren Schichten kann somit die Oberfläche des Unterkarbons im tiefen Untergrund konstruiert werden.

Außerhalb der Steinkohlenreviere ist die Datengrundlage zum tiefen Untergrund (>1 000 m) in NRW eher gering. Ein Beispiel verdeutlicht die Datendichte: Aktuell liegen die zuvor genannten Tiefbohrungen in einem Abstand von 15 – 65 km zueinander (Abb. 2). Dazwischen ist die Datenlage des tiefen Untergrundes in der Regel unbekannt und lässt nur sehr wenige Rückschlüsse auf die hydrothermalen Potenziale des Kohlenkalks (oder des Massenkalks) zu. Die vorhandenen Seismiken in NRW aus den 1960er- bis 1990er-Jahren erreichen nur teilweise die entsprechenden Tiefen. Den Zielhorizont abbildende Seismiken liegen größtenteils nur analog vor und müssen zunächst digitalisiert werden. Falls digital vorhanden, werden die Seismiken nach Möglichkeit reprozessiert und Zeit-Tiefen-konvertiert, um im 3D-Modell abgebildet und interpretiert werden zu können.

Aus diesem Grund wurden mit der Unterstützung des Deutschen GeoForschungsZentrums (GFZ), Potsdam, aus dem DGE-ROLLOUT-Projekt heraus die Primär-Daten der DEKORP-Tiefenseismiken (Deutsches Kontinentales Reflexionsseismisches Programm) akquiriert. Ziel bei der Aufnahme der DEKORP-Seismiken (1984 – 1997) war es, Strukturen in der tiefen Erdkruste mit hochauflösenden Methoden zu untersuchen. Diese seismischen Profile, die geologische Schichten bis in eine Tiefe von ca. 15 km abbilden, decken große Bereiche des Ruhrgebietes und des Münsterlandes ab. Sie werden derzeit von unserem Projektpartner DMT GmbH & Co. KG reprozessiert, um neue Erkenntnisse zur Verbreitung und Tiefenlage der devonischen und karbonischen Karbonatreservoirs zu liefern.

Außerdem sollen die DEKORP-Seismiken dabei helfen, eine vermutlich unter dem Münsterland verborgene Karbonatplattform aufzuspüren, die als ein potenziell wichtiges hydrothermales Reservoir in NRW angesehen wird. Die Existenz einer solchen – vermutlich isolierten – Karbonatplattform ist wahrscheinlich, da sie ein Liefergebiet für die zahlreichen Kalkturbidite des Sauerlandes darstellt. Auch in den Niederlanden werden seismische Daten so interpretiert, dass sich im Rhenoherynischen Becken stellenweise isolierte devonisch-karbonische Karbonatplattformen bildeten (VAN HULTEN 2012).

3 Ausblick

Ein Hauptaugenmerk des DGE-ROLLOUT-Projektes ist es, basierend auf der vorhandenen Datengrundlage, die aktuellen Erkundungsmethoden anzuwenden und weiterzuentwickeln, um die Standortuche für zukünftige tiefengeothermische Anlagen zu erleichtern. Das Risiko, auf kein geeignetes Wasserreservoir bzw. auf nicht ausreichend heißes Wasser zu stoßen, muss vor dem Hintergrund der hohen Kosten für tiefe Bohrungen minimiert werden. Ein geringeres Fündigkeitsrisiko wird helfen, Investitionen in die Tiefengeothermie zu erleichtern. Ein nächster Schritt ist eine Standorterkundung durch 2D- und 3D-Seismiken, um dadurch eine umfangreiche Interpretation der Tiefenlage und der Mächtigkeit der Zielhorizonte gewährleisten zu können.

Im Zuge des Kohlenausstiegs und der Energiewende werden in der nahen Zukunft weitere Reservoirhorizonte untersucht werden müssen. Hier sind vor allem die mehrere hundert Meter mächtigen Massenkalken zu nennen, devonzeitliche Riffe, die sich weiträumig im Rhenoharzynischen Becken gebildet haben. Eine tiefengeothermische Erschließung dieser Massenkalken gibt es zwar bislang nicht, jedoch werden in NRW seit der Römerzeit heiße Thermalquellen (wie die Quirinusquelle in Aachen) aus diesen Gesteinen genutzt. Interessanterweise zeigen erste Untersuchungen der Massenkalken des Remscheid-Altenaer Sattels durch unseren Projektpartner Fraunhofer IEG vergleichbare petrophysikalische Eigenschaften wie die Malm-Karbonate in der Münchener Region (LIPPERT et al. 2019; HOMUTH 2014). Es scheint daher plausibel, dass die Massenkalken NRWs ein vergleichbares geothermisches Potenzial besitzen könnten, wie die bekannten Karbonate im Großraum München.

4 Literatur

- AGEMAR, TH.; ALTEN, J.-A.; GANZ, B.; KUDER, J.; KÜHNE, K.; SCHUMACHER, S.; SCHULZ, R. (2014) The Geothermal Information System for Germany – GeotIS. – Z. Dt. Ges. Geowiss. (German J. Geosci.), **165** (2): 129 – 144, 9 Abb., 3 Tab.; Stuttgart. – [DOI: 10.1127/1860-1804/2014/0060]
- BÖHM, F.; SAVVATIS, A.; STEINER, U.; SCHNEIDER, M.; KOCH, R. (2013): Lithofazielle Reservoircharakterisierung zur geothermischen Nutzung des Malm im Großraum München. – *Grundwasser* **18** (1): 3 – 13.
- DOORNENBAL, J. C.; STEVENSON, A. G. [Hrsg.] (2010): Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area: 354 S.; Houten (AEGE Publications B. V.).
- DUPONT, N.; KAUFMANN, O.; LICOUR, L.; RORIVE, A.; BAELE, J.-M. (2013): Advances in the Assessment of the Deep Geothermal Reservoirs of Hainaut, Belgium. – Conf. Paper Univ. Mons (Europ. Assoc. Geoscientists & Engineers).
- GANZ, B.; SCHELLSCHMIDT, R.; SCHULZ, R.; SANNER, B. (2013): Geothermal Energy Use in Germany. – European Geothermal Congress 2013 Pisa, Italy, 3 – 7 June 2013. – 16 S., 14 Abb., 4 Tab., Tab. A – G im Anh.
- HERBIG, H.-G. (2016): Mississippian (Early Carboniferous) sequence stratigraphy of the Rhenish Kulm Basin, Germany. – *Geologica belgica*, **19** (1 – 2): 81 – 110; Liège.
- HOMUTH, S. (2014): Aufschlussanalogstudie zur Charakterisierung oberjurassischer geothermischer Karbonatreservoirs im Molassebecken. – Diss. TU Darmstadt: 310 S.; Darmstadt.
- HULTEN, F. F. N. VAN (2012): Devono-carboniferous carbonate platform systems of the Netherlands. – *Geologica belgica* **15** (4): 284 – 296, 14 Abb., 2 Tab.; Liège.

- LAURENT, A.; AVERBUCH, O.; BECCALETTO, L.; CAPAR, L.; GRAVELEAU, F.; LACQUEMENT, F.; MARC, S. (2019): New insight on the 3D geometry of the Nord-Pas-de-Calais coal basin (N France) and its Devono-Carboniferous substratum by seismic imaging – contribution to a better definition of the low-energy geothermal resources. – Kölner Forum Geol. u. Paläont., **23**; Köln.
- LICOUR, L. (2014): The geothermal reservoir of Hainaut: the result of thermal convection in a carbonate and sulfate aquifer. – *Geologica belgica* **17** (1): 75 – 81; Liège.
- LIPPERT, K.; NEHLER, M.; BALCEWIC, M.; IMMENHAUSER, A.; BRACKE, R. (2019): Deep geothermal reservoir potential of Devonian carbonates in North Rhine-Westphalia: an outcrop analogue study. – Kölner Forum Geol. u. Paläont., **23**: 204 – 205; Köln.
- POTY, E. (2016) The Dinantian (Mississippian) succession of southern Belgium and surrounding areas: stratigraphy improvement and inferred climate reconstruction. – *Geologica belgica* **19** (1 – 2): 177 – 200; Liège.
- RUEHLE, W.; HAMM, J.; SCHUBERT, A. (2003): The Munich-Riem geothermal project; Das Geothermie-Projekt Muenchen-Riem. – *Geothermische Energie* **11** (3): 8 – 10.
- SMIT, J.; WEES, J.-D. VAN; CLOETINGH, S. (2018): Early Carboniferous extension in East Avalonia: 350 My record of lithospheric memory. – *Marine Petroleum Geology*, **92**: 1010 – 1027. – [<https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2018.01.004>]
- WHITBREAD, K.; KEARSEY, T. (2016): Devonian and Carboniferous stratigraphical correlation and interpretation in the Orcadian area, Central North Sea, Quadrants 7 – 22. – BGS Commercial Report CR/16/032: 74 S., 30 Abb., 1 Tab. im Anh.

<https://www.geotis.de/geotisapp/geotis.php>

<https://www.nlog.nl/en/scan>

Impressum

Alle Rechte vorbehalten

scriptum^{online}

Geowissenschaftliche Arbeitsergebnisse aus Nordrhein-Westfalen

© 2020 Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen – Landesbetrieb –

De-Greiff-Straße 195 · 47803 Krefeld · Postfach 10 07 63 · 47707 Krefeld

Fon 0 21 51 897-0 · poststelle@gd.nrw.de

www.gd.nrw.de

Satz und Gestaltung:

Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen

Für den Inhalt des Beitrags sind die Autoren allein verantwortlich.

scriptum^{online} erscheint in unregelmäßigen Abständen.

Kostenloser Download über www.gd.nrw.de

ISSN 2510-1331