



Technische
Hochschule
Georg Agricola

**Schriftliche Stellungnahme zur Anhörung
von Sachverständigen des Landtag Nordrhein-Westfalen**

Auftraggeber:

Der Präsident des Landtags Nordrhein-Westfalen mit Schreiben vom 23. Juni 2023

Sachverständige:

Prof. Dr. Tobias Rudolph
Fachbereichsleiter Geomonitoring am Forschungszentrum Nachbergbau

Prof. Dr. Christian Melchers
Vizepräsident der Technischen Hochschule Georg Agricola und
Leiter des Forschungszentrums Nachbergbau

Prof. Dr. Peter Goerke-Mallet
Senior Consultant am Forschungszentrum Nachbergbau

Datum: Bochum, 18. Juli 2023



Kurzfassung

Der Klimawandel, die gesellschaftlichen und die politischen Rahmenbedingungen machen eine umfassende Energiewende notwendig. Hierbei müssen die erneuerbaren Energien verstärkt genutzt werden. Für das Bundesland NRW bietet vor allem die Wärmewende und dabei die Nutzung von mitteltiefer und tiefer Geothermie ein großes Potential für diese Energiewende.

So haben ein Antrag der Fraktion der CDU und der Fraktion Bündnis 90/ Die Grünen sowie ein Antrag der Fraktion der FDP die verstärkte Nutzung der Geothermie im Bundesland NRW als Schwerpunkt. Beide Anträge forcieren die weitergehende Nutzung der Geothermie und die Erschließung des Untergrundes in NRW.

Mit dieser Stellungnahme wird aber empfohlen die Maßnahmen der Fraktionen um sechs Punkten zu erweitern:

- 1.) Beschleunigte Genehmigungsverfahren durch Möglichmacher
- 2.) Erweiterung des Geo- und Umweltmonitoring
- 3.) Schließung der Lücken bei den Geodaten - NRW ist unterexploriert!
- 4.) Aufbau von Programmen zur intensiven öffentlichen Beteiligung
- 5.) Aufbau einer Risikoversicherung
- 6.) Investitionskostenzuschuss für Folgeprojekte

Auch aus den Erfahrungen von Bereitstellungsprozessen von Georessourcen zeigt sich, dass heutzutage öffentliche Beteiligungsformate und umfassende Kommunikationsprogramme aufgebaut und umgesetzt werden müssen.

Die Gutachter empfehlen die Anträge und sehen mit den genannten sechs Punkten eine deutliche Inwertsetzung der Nutzung der mitteltiefen und tiefen Geothermie im Bundesland NRW. Diese Nutzung stellt einen wichtigen Baustein für die kommunale Wärmeplanung dar. Eine vollständige und transparente Einbeziehung der interessierten Bevölkerung im Veränderungsmanagement des Energiewandels führt zusätzlich zu wichtiger Unterstützung und Akzeptanz.



Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	2
Inhaltsverzeichnis.....	3
Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis.....	3
1. Veranlassung und Aufgabenstellung	4
2. Grundlagen	5
3. Ausgangslage	6
3.1. Antrag der Fraktion der CDU und der Fraktion Bündnis 90/ Die Grünen	6
3.2. Antrag der Fraktion der FDP	6
4. Bewertung.....	8
4.1. Grundlagen der Bewertung	8
4.2. Empfehlungen.....	12
5. Zusammenfassung	17
6. Literatur	19
7. Kontaktdaten	22

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der Erschließung von Lagerstätten (bergbaulicher Lebenszyklus) und die Maßnahmen des Monitoring.	8
Abbildung 2: Veränderung der Erfolgsquote von Bohrungen über unterschiedliche Projektphasen der geothermischen Erschließung des Untergrundes (nach IFC 2013).....	9
Abbildung 3: Darstellung des Einflusses der Verfügbarkeit von Geodaten im bergbaulichen Lebenszyklus auf den Wert eines Projektes (nach Hutchingson & Wabeke 2006 in Weijde 2008).	10
Abbildung 4: Aufbau von Transparenz durch einen wissenschaftlichen, unabhängigen Begleitprozess (WN2021).	11

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Nutzbare Unterlagen.	5
--------------------------------------	---

1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Auf Einladung des Präsidenten des Landtag Nordrhein-Westfalen mit Schreiben vom 23. Juni 2023 sind Prof. Dr. Tobias Rudolph und die Kollegen Prof. Dr. Christian Melchers sowie Prof. Dr. Peter Goerke-Mallet gebeten worden zu zwei Anträgen zur Nutzung tiefer geothermischer Energie in NRW eine wissenschaftlich-technische Stellungnahme abzugeben.

Aufgrund der globalen klimatologischen und energiepolitischen Veränderungen sowie geopolitischer Einflüsse ist es wichtig, dass alle Formen von erneuerbaren Energien zur Versorgung des Wärmesektors genutzt werden. Nur so kann die Energiewende in Deutschland und insbesondere die Wärmewende im Bundesland NRW erfolgreich und zügig umgesetzt werden.

Bei den erneuerbaren Energien hat es in NRW in der Vergangenheit, neben der Nutzung von oberflächennaher Geothermie, meist über lokal installierte Erdwärmesonden, bereits erste Forschungs- und Anwendungsprojekte zur Nutzung von mitteltiefer Geothermie gegeben (GD NRW 2011). Nun soll verstärkter Fokus auf die Nutzung der tiefen Geothermie gelegt werden umso eine höhere Eigenversorgung mit Wärme und auch Strom zu erzielen. Gleichzeitig soll die Technologie idealerweise flächendeckend in NRW Anwendung finden, da die so gewonnene Wärme in bereits sehr verbreitete Nah- und Fernwärmenetze eingespeist werden kann.

In der Vergangenheit hat eine intensive Nutzung von untertägigen Georessourcen in NRW stattgefunden (u.a. energetische und metallische Rohstoffe). Die Erkundung und Erschließung war aber immer auf die später gewonnenen Rohstoffe bezogen. Hierbei hat nur sehr begrenzt eine Erkundung auf bzw. Nutzung von tiefer Geothermie stattgefunden. Daher liegen für den tieferen Untergrund regional zum Teil große geowissenschaftliche-technische Unsicherheiten vor, die sich auch in kommerziellen Risiken für die Umsetzung von Projekten zur tiefen geothermischen Nutzung zeigen.

Die Aufgabenstellung dieser Stellungnahme ist nun den Antrag der Fraktion der CDU gemeinsam mit der Fraktion Bündnis 90/ Die Grünen (Drucksache 18/4129) sowie den Antrag der Fraktion der FDP (Drucksache 18/3658) fachlich zu bewerten. Beide Anträge befassen sich inhaltlich mit der Nutzung von (tiefer) Geothermie in NRW und haben einen Beschlussteil.



2. Grundlagen

Für die Bearbeitung wurden durch den Landtag NRW zwei Anträge zur Verfügung gestellt (Tabelle 1). Die Anträge umfassen je die Ausgangslage und die Beschlussfassung.

Tabelle 1: Nutzbare Unterlagen.

Jahr	Dokumentation
2023	Landtag Nordrhein-Westfalen – 18 Wahlperiode – Drucksache 18/4129 vom 25.04.2023 Antrag der Fraktion der CDU und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN - Den schlafenden Riesen Geothermie wecken – kommunale und industrielle Wärmewende in Nordrhein-Westfalen voranbringen (Dokument MND18-4129.pdf)
2019	Landtag Nordrhein-Westfalen – 18 Wahlperiode – Drucksache 18/3658 vom 21.03.2023 Antrag der Fraktion der FDP - Klimafreundliche Energie für Nordrhein-Westfalen: Nutzung der Tiefengeothermie jetzt in die Breite bringen! (Dokument MND18-3658.pdf)

Die Unterlagen wurden durch die Unterzeichner sorgfältig bearbeitet, Inhalte und Aussagen kritisch auf fach- und sachliche Korrektheit, Plausibilität und Belastbarkeit geprüft und bewertet.

3. Ausgangslage

3.1. Antrag der Fraktion der CDU und der Fraktion Bündnis 90/ Die Grünen

Der Antrag der Fraktion der CDU und Bündnis 90/ Die Grüne thematisiert die Wende des Wärmemarktes und verweist darauf, dass aufgrund der hohen Siedlungsdichte bereits große Fernwärmeleitungssysteme in NRW vorhanden sind. Hieraus leitet sich die Möglichkeit ab, dass über die Nutzung der verschiedenen Methoden der Geothermie, von flacher, mitteltiefer und tiefer Geothermie, schneller die Klimaziele und eine nachhaltige Versorgung mit Wärme erreicht werden kann. Nur durch die Fokussierung auf die Geothermie und die Kopplung der unterschiedlichen geothermischen Methoden gelingt die Versorgung vom Einzelobjekt bis hin zum Quartier und/oder industrieller Prozesswärme. In der Vergangenheit hat der Fokus nur auf der Nutzung der flachen Geothermie mit Lösungen für Einzelobjekte (u.a. Wohngebäude) gelegen.

Eine geothermische Erkundung und daran gekoppelte Datenakquise des tieferen Untergrundes hat in Vergangenheit in NRW, trotz der umfangreichen Nutzung von tiefliegenden Georessourcen, nur sehr begrenzt stattgefunden. Gleichzeitig zeigt die Nutzung von tiefer Geothermie in anderen Bundesländern ein großes Potential. Daher hat es, um die Geodatenlücke zu schließen, erste tiefe und erfolgreiche seismische Erkundungen des Untergrundes im Münsterland (GD NRW 2023a) und im Rheinland (GD NRW 2023b) gegeben.

Daneben benötigt die konkrete Erkundung des tieferen Untergrundes umfassende Investitionen und ist daher ggf. ein Umsetzungshemmnis, auch aufgrund des Fündigkeitsrisikos. Die in Deutschland bereits vorliegenden Erfahrungen mit der Nutzung von tiefer Geothermie zeigen zusätzlich die Notwendigkeit der intensiven und breiten öffentlichen Beteiligung und Kommunikation mit allen Beteiligten.

Die beiden Fraktionen beauftragen damit die Landesregierung sich sehr detailliert mit dem Potential von mitteltiefer und tiefer Geothermie auseinanderzusetzen. Die wichtigsten Punkte sind zusammengefasst:

- 1.) Aufbau einer NRW Explorationsstrategie, mit der geothermischen Charakterisierung des Untergrundes durch den Geologischen Dienst NRW und Dritte, hin zu einem Masterplan Geothermie
- 2.) Beschleunigung der Genehmigungsverfahren und Harmonisierung der Rechtsrahmen (u.a. mit der Bundesebene)
- 3.) Sicherstellung der breiten, öffentlichen Akzeptanz
- 4.) Entwicklung eines Werkzeuges zur Reduktion des Fündigkeitsrisikos

3.2. Antrag der Fraktion der FDP

Der Antrag der Fraktion FDP thematisiert die emissionsfreie Wärmeversorgung. Neben der Optimierung und Verbesserung der Nachfrageseite muss auf der Angebotsseite eine effektive, wirtschaftliche und klimafreundliche Bereitstellung von Wärme erfolgen.



Zusätzlich zu intensiven Nutzung der oberflächennahen Geothermie bietet sich zukünftig in NRW die Möglichkeit tiefe Geothermie intensiver zu nutzen an. Der Bedarf an Wärme in dem Industrieland NRW ist hoch und daher sollte das geothermische Potential genutzt werden.

Es wird ein grundsätzlicher Handlungsbedarf in der Charakterisierung des Untergrundes, der fachlich-technischen Unterstützung von späteren Nutzern (u.a. Kommunen, Unternehmen) und in der Vereinfachung der Genehmigungsverfahren gesehen. Auch wird vor dem Hintergrund des Fündigkeitsrisikos, der hohen Investitionskosten für die Erschließung der tiefen Geothermie sowie der unzureichenden Investitionskostenförderung das Problem identifiziert, dass das Risiko von Fehlbohrungen durch kleinere und mittlere Unternehmen kaum tragbar ist.

Somit beantragt die FDP Fraktion zusammengefasst mehrer Punkte:

- 1.) Erarbeitung der geothermalen Charakterisierung von NRW und Integration der tiefen Geothermie sowie Aufbau eines Handlungs-/Nutzungskonzeptes für den Wärmemarkt
- 2.) Entwicklung von (markt-)wirtschaftlichen Werkzeugen zur Risikosteuerung
- 3.) Vereinfachung der Genehmigungsverfahren
- 4.) Öffentliche Akzeptanz fördern

4. Bewertung

4.1. Grundlagen der Bewertung

Der Lebenszyklus der Bereitstellung von Georessourcen umfasst energetische Rohstoffe, nicht-energetische und mineralische Rohstoffe, aber auch Wasser und Erdwärme. Der Zyklus läuft von der rechtlichen Genehmigung, über den Prozess der Aufsuchung und Nutzung bis hin zum Rückbau von Standorten zur Gewinnung sowie untertägigen Speicherung von Georessourcen und ist ein zeitlich langer Prozess mit einem lokalen, regionalen sowie überregionalen Einfluss (Rudolph, Yin & Goerke-Mallet 2023). Dies gilt auch für die Nutzung des geothermischen Tiefenpotentials, denn hierbei handelt es sich nur um eine andere Form der Erschließung und Inwertsetzung einer untertägigen Lagerstätte. Der Lebenszyklus unterliegt in rechtlicher Sicht dem Bundesberggesetz (BBergG) und umfasst mehrere Stufen mit einer unterschiedlichen Dauer der Umsetzung (Abbildung 1).



Abbildung 1: Darstellung der Erschließung von Lagerstätten (bergbaulicher Lebenszyklus) und die Maßnahmen des Monitoring.

In diesem Lebenszyklus sind verschiedene Ansätze zum Aufbau eines Prozessverständnisses erforderlich, um die geowissenschaftlich-technische Untergrundsituation, die technischen Möglichkeiten der Nutzung des geothermischen Tiefengradienten, die Interaktion von Natur, Umwelt und Mensch, sowie die wirtschaftswissenschaftlichen Aspekte im Lebenszyklus der Georessourcen zu verstehen.

Daher ist es wichtig von dem Punkt der Projektidee an, hier eine

- umfassende Recherche nach archivierten, vorhandenen Geodaten sowie
- moderne Akquise von Geodaten mittels geophysikalischer Methoden, u.a. 2D-Seismik und 3D-Seismik, durchzuführen (Hartmann et al. 2025),

durchzuführen. Nur so wird der bestmögliche Wert eines geothermischen Projektes erreicht, aber auch die Risiken einer Fehlbeurteilung vermindert. Es muss berücksichtigt werden, dass die Erfolgsquote von Erkundungsbohrungen auch mit einer umfassenden Datenintegration nicht zwangsläufig bei 100% liegt (Abbildung 2) (IFC 2013).

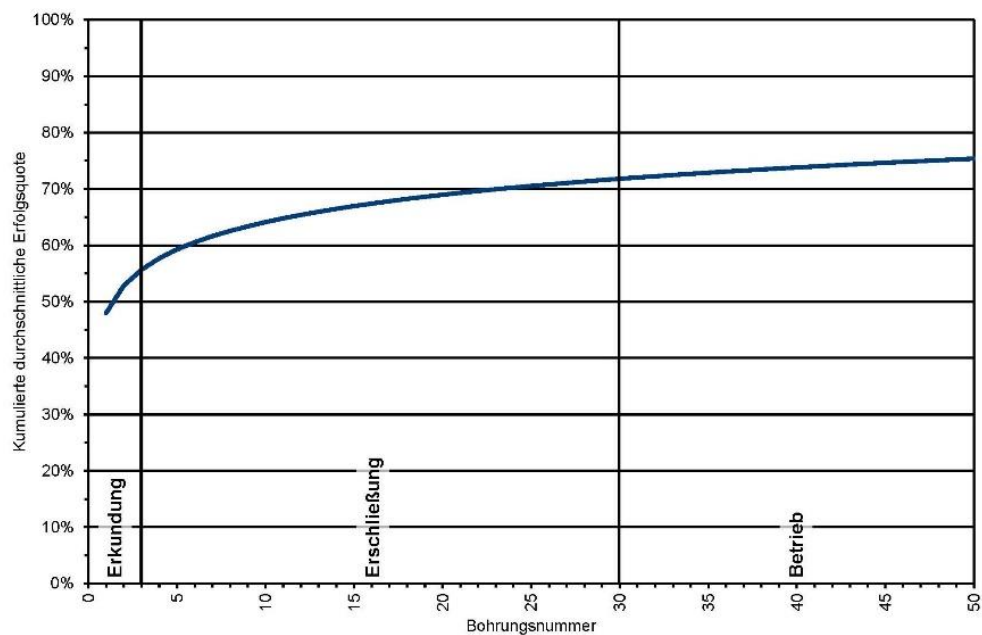


Abbildung 2: Veränderung der Erfolgsquote von Bohrungen über unterschiedliche Projektphasen der geothermischen Erschließung des Untergrundes (nach IFC 2013).

Die Erfolgsquote muss in der initialen Projektplanung berücksichtigt werden, umso die geowissenschaftlich-technischen Unsicherheiten zu identifizieren, zu mitigieren und im Risikomanagement eine Reduktion des Fündigkeitsrisikos zu erreichen. Es ist wichtig zu realisieren, dass es nur durch die vollständige und frühzeitige Datenintegration sowie Datenbewertung möglich ist, den tieferen Untergrund erfolgreich zu erschließen.

Ein „Überspringen“ einzelner Projektphasen und die damit verbundene schlechte Projektdefinition führt daher zu einer schlechten Projektumsetzung bzw. zu einem Scheitern des Projektes (Abbildung 3).

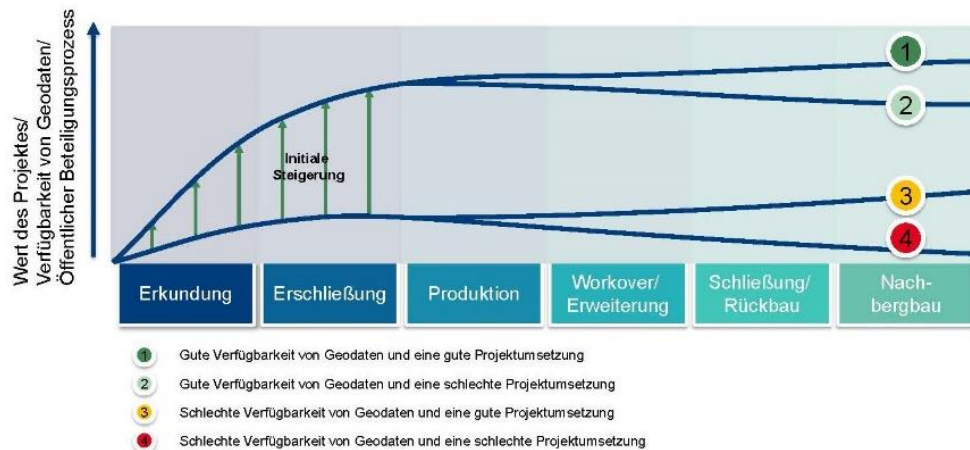


Abbildung 3: Darstellung des Einflusses der Verfügbarkeit von Geodaten im bergbaulichen Lebenszyklus auf den Wert eines Projektes (nach Hutchingson & Wabeke 2006 in Weijde 2008).

Die Erfolgsquote kann nur dadurch erhöht werden, wenn die komplexe Interaktion

- der räumlichen Ausdehnung der Lagerstätte in der Tiefe,
- der Verteilung der Lagerstätteneigenschaften,
- die Überlagerung der wechselseitigen Beeinflussungen von untertägigen Migrationspfaden, von geo-(hydro-)geomischen Prozessen und von geomechanischen Eigenschaften sowie
- deren dynamische Variationen im Lauf der Zeit

vollständig verstanden wird. Die Interaktion der Parameter hat zum Teil langfristige Auswirkungen auf die Prozesse in der Lagerstätte und an der Tagesoberfläche. Nur durch eine umfassende und integrierte Charakterisierung des Untergrundes lassen sich so die Unsicherheiten in der Lagerstätte minimieren aber auch die Effekte an der Tagesoberfläche verstehen.

Daraus resultiert die Notwendigkeit der integrierten Überwachung und des Aufbaus eines umfassenden Geo- und Umweltmonitoring (Abbildung 1) (Rudolph, Yin & Goerke-Mallet 2023).

Ein quasi-kontinuierliches Geo- und Umweltmonitoring und eine umfassende Akquise von Geodaten ermöglichen

- 1.) die Erkundung, die Erschließung sowie Entwicklung der geothermischen Lagerstätte und
- 2.) den Aufbau eines Prozessverständnisses für eine breite öffentliche Beteiligung.

Bedingt durch den technologischen Fortschritt und die gesellschaftlichen Veränderungen verliert der Rohstoffkonsument aber immer mehr den Bezug zum Lebenszyklus der Rohstoffbereitstellung und es kommt somit zu einer Entkopplung im Verständnis von technisch-naturwissenschaftlichen Prozessen (Abbildung 1, oberer Teil) (Rudolph et al. 2020). Daher werden auch trotz der Energiewende zum Teil nur die negativen Auswirkungen der untertägigen Erschließung von Lagerstätten auf den Menschen und die Umwelt wahrgenommen.

Es ist somit wichtig die zukünftige Erschließung von tiefen Lagerstätten unter dem Gesichtspunkt der gesellschaftlichen Betreiberverantwortung (engl. social-license-to-operate) nachhaltig zu gestalten und hierbei direkt die ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekte mitzudenken

(Goerke-Mallet & Melchers 2022, Goerke-Mallet et al. 2022, Goerke-Mallet et al. 2023). Das umfasst auch den Punkt, dass der bergbauliche Prozess in umgekehrter Reihenfolge gedacht werden muss um die 17. UN Nachhaltigkeitsziele (17 UN SDG) zu erreichen. Somit gilt es nicht nur die innere Sichtweise auf Basis von Genehmigungen, Umweltverträglichkeitsstudien usw., sondern auch die äußere Sichtweise durch die Öffentlichkeit und Interessensvertreter zu betrachten.

Die äußere Sichtweise betrachtet eine Vielzahl von Facetten wie Verlässlichkeit, Werte, Vertrauen, Kommunikation und Transparenz (Rudolph et al. 2020). Dies bedeutet eine starke Einbindung der Öffentlichkeit in die Prozesse und die Entscheidungen. Um die beschriebene gesellschaftliche Akzeptanz zu erreichen und um dem Aspekt der Risikominimierung zu genügen, ist es wichtig, dass eine umfassende Verfügbarkeit von Geodaten gegeben ist, professionelle Projektstrukturen vorhanden sind sowie ein integriertes und kontinuierliche Geo- und Umweltmonitoring aufgebaut und umgesetzt wird.

Die Projektabwicklung kann nur dann als nachhaltig bezeichnet werden, wenn das Handeln auf Fakten basiert und im Zuge der Beteiligung und Kommunikation mit allen Beteiligten hinreichend Transparenz erzeugt wird (Abbildung 4).

Einblick in die seismologischen Projektarbeiten in Albachten und Mecklenbeck

Auf der Suche nach erneuerbareren Wärmequellen

MÜNSTER-MECKLENBECK. „Wir möchten unsere Begeisterung für das Potenzial von Geothermie mit Ihnen teilen.“ Mit diesen Worten begrüßte der Geologe Prof. Dr. Tobias Rudolph die über 40 Teilnehmer, die laut einer Mitteilung der CDU der Einladung der Mecklenbecker und Albachtener Ortsunionen zu einer geführten abendlichen Besichtigung eines Messpunktes der derzeitigen seismologischen Erkundung Münsters gefolgt waren.

Der Geologische Dienst Nordrhein-Westfalen führt – wie berichtet – auf zwei Strecken zwischen Telgte und Nottuln sowie zwischen Sendenhorst und Havixbeck

seismologische Tiefenmessungen durch. Grundlage dafür ist der Landtagsbeschluss aus dem Jahre 2019, den Einsatz der Geothermie zu fördern, um die erneuerbaren Wärmepotenziale des Landes optimal nutzen zu können.

Dabei wird dem durch die Erdwärme aufgeheizten Wasser in vier bis sechs Kilometern Tiefe die Wärme entzogen. Der große Vorteil dieser klimafreundlichen, regenerativen Energie aus der Tiefe der Erde ist, dass sie witterungsunabhängig, ganzjährig und zu jeder Tageszeit zur Verfügung steht.

Ergebnisse aus früheren Untersuchungen lassen ver-

muten, dass das Münsterland ein großes Potenzial hat, diese klimafreundliche geothermische Energie für eine zukünftig dekarbonisierte Energieversorgung erschließen zu können.

Die Teilnehmer der Veranstaltung wurden am Handwerkskammer-Bildungszentrum in Mecklenbeck Zeuge, wie fünf 26 Tonnen schwere, mit großen hydraulisch betriebenen Platten ausgestattete sogenannte Vibrationsfahrzeuge Vibrationen erzeugten, die fünf Kilometer in den Boden dringen.

Ein Fachmann von der Spezialfirma DTM für geophysikalische Untersuchungen erläuterte, dass eine gro-

ße Zahl sogenannter Geophone von einem Team von Geologen und Technikern im 20-Meter-Abstand entlang der Messstrecke angebracht worden waren, um die erzeugten Bodenschwingungen digital an einen Messwagen zu übertragen und so ein Bild vom Boden in diesen großen Tiefen zu zeichnen. Mit ersten Ergebnissen sei Mitte 2022 zu rechnen.

„Die Perspektive, dass bei Erfolg der Erkundung ein erheblicher Teil des Energiebedarfs Münsters über diese re-

generative Form der Energiegewinnung gedeckt werden könnte, ist äußerst faszinierend. Das ist genau der technische Fortschritt, der uns bei der Klimawende entscheidend voranbringen kann“, resümierten die CDU-Ratsherren Ulrich Möllenhoff und Peter Wolfgarten.

Auch die Teilnehmer der Veranstaltung nahmen nach Angaben der Christdemokraten die Begeisterung für Geothermie, von der Tobias Rudolph bei der Begrüßung gesprochen hatte, mit nach Hause.



In der Nähe des Kreisverkehrs an der Mecklenbecker Straße sahen sich etliche Interessierte auf Einladung der Albachtener und Mecklenbecker CDU den Einsatz der Vibrations-Fahrzeuge an. Foto: CDU

Abbildung 4: Aufbau von Transparenz durch einen wissenschaftlichen, unabhängigen Begleitprozess (WN2021).

Denn alle Phase der untertägigen Lagerstättenentwicklung sind öffentlich sichtbar (Abbildung 1, unterer Teil). In Anbetracht der spezifischen räumlichen und zeitlichen Rahmenbedingungen der Nutzung untertägiger Lagerstätten und seiner dynamischen Betriebsweise ist die permanente

Wahrung der Glaubwürdigkeit und der Verlässlichkeit gegenüber der Öffentlichkeit eine enorme Herausforderung. Der Schlüssel zur Bewältigung dieser Herausforderungen liegt daher in einem kontinuierlichen Geo- und Umweltmonitoring und der Nutzung der Ergebnisse in öffentlichen Beteiligungsprozessen (Rudolph et al. 2020, Rudolph, Yin, Goerke-Mallet 2023).

Die Wichtigkeit der breiten, öffentlichen Beteiligung zeigt sich in NRW am Kavernenspeicher Epe zu der Frage von potentiellen Bergschäden, bergbaulich-induzierten und natürlichen Bodenbewegungen sowie daraus abgeleiteten, veränderten Hochwassergefährdungen. Hier wurde die lokale Bürgerinitiative Kavernenfeld Epe e.V. in eine Forschungskoooperation mit der Stadt Gronau, dem Technologieträger EFTAS GmbH, Münster und dem Forschungszentrum Nachbergbau als Leitung der Forschungskoooperation aufgenommen. So werden die Fragen wissenschaftlich zu beantwortet sowie auf die Ängste und Sorgen eingegangen. Die Forschungskoooperation wird von der Stadt Gronau getragen.

In diesem Prozess ist auch ein umfassendes öffentliches Beteiligungsformat aufgebaut worden, so dass ein kontinuierlicher Informationsfluss in alle Richtung erfolgt und damit ein technisches Prozessverständnis erzielt werden kann. Dies umfasste vier öffentliche Informationsveranstaltung zu den unterschiedlichen Fachthemen, eine Fahrradtour für die vor-Ort Themen sowie zahlreiche fachliche Termine mit Behörden und Unternehmen.

Durch diese Forschungskoooperation wurden die Betroffenen zu Beteiligten (www.monitoring-epe.de) (Rudolph et al. 2022a, Rudolph et al. 2022b, Rudolph et al. 2023). Der Erfolg der Arbeiten zeigt, dass nur durch eine wissenschaftlich unabhängige Bearbeitung ein vollständiger Diskurs erreicht werden kann. Daher ist es wichtig, dass in einem Prozess des zukünftigen Veränderungsmanagements, wie hier die Wärmewende, eine frühzeitige öffentliche Beteiligung aufgebaut wird, direkt von der ersten Idee an (Abbildung 1).

4.2. Empfehlungen

Der Antrag der Fraktion der CDU und der Fraktion Bündnis 90/ Die Grünen stellt die Ausgangslage richtig und umfassend dar. Der Antrag zeigt sehr deutlich die Notwendigkeit der Wärmewende in NRW und das Potential für das Bundesland. Hierfür wird insbesondere deutlich die Notwendigkeit weiterer technischer Maßnahmen als Beschlussvorlage aufgelistet.

Der Antrag der Fraktion der FDP beschreibt ebenfalls die korrekte Ausgangslage und stellt im Beschlussteil weitere, wichtige marktwirtschaftliche Maßnahmen dar.

In beiden Anträgen fehlen einige Punkte und eine größere Detailierung ist notwendig. Die hier gemachten Empfehlungen gehen auch weiter als das Eckpunktepapier der Bundesregierung (BMWK 2023a, BMWK 2022b).

1.) Beschleunigte Genehmigungsverfahren durch Möglichmacher

Begründung:

Die Beschleunigung und Harmonisierung der Genehmigungsverfahren unterstützt die Geschwindigkeit der Umsetzung der Wärmewende.

Maßnahmen:

- a. Auch zukünftig muss die Bergbehörde NRW (Bezirksregierung Arnsberg – Abt. 6 - Bergbau und Energie in NRW) zentral und konzentrierend zuständig für die Prüfung und Genehmigung bergbaulicher Vorhaben und die behördliche Aufsicht über die bergbaulichen Tätigkeiten sein. Hierzu gehört auch die Erschließung und Nutzung des geothermischen Tiefenpotentials im Bundesland NRW. Nur durch diese konzentrierende Funktion ist auch zukünftig eine Beschleunigung in den Genehmigungsverfahren umsetzbar.
- b. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass bei den Aufsichtsbehörden (Bergbehörde NRW) und weiteren Behörden auf Landesebene (Geologischer Dienst NRW, zuständige Wasserbehörden) das entsprechende Fachpersonal vorzuhalten und auch weiter aufzubauen ist. Nur durch eine ausreichende Verfügbarkeit von Fachpersonal sind Betriebsplan-, Beteiligungsverfahren und Genehmigungen fristgerecht und damit die Wärmewende beschleunigt umsetzbar.
- c. Insbesondere sollten Förderprogramme initiiert werden, die den Kommunen und den Städten es ermöglichen geowissenschaftlich-technisches Fachpersonal in den eigenen kommunalen und städtischen Behörden und Einrichtung aufzubauen um vor-Ort die kommunale Wärmeplanung zu steuern.
- d. Zusätzlich müssen Förderprogrammen zur Ausbildung/Weiterbildung und/oder Aufbau von Bachelor-/Masterprogrammen für Studierenden an den Universitäten und Hochschulen der angewandten Wissenschaften zum Aufbau von weiteren Kompetenz zur Geothermie in NRW initiiert werden. In diesen Förderprogrammen muss vor allem der Fokus auf die anwendungsnahe Ausbildung gelegt werden um praxisnah ausgebildete Absolvent:innen als Fachpersonal direkt für den Arbeitsmarkt zur Verfügung zu haben.

2.) Erweiterung des Geo- und Umweltmonitoring

Begründung:

Aufgrund der Entkopplung der Rohstoff-/Energiekonsumenten von geowissenschaftlich-technischen Prozessen, vor allem bei der Bereitstellung von Georessourcen aus dem Untergrund ist es in der Wärmewende in NRW wichtig, dass der Prozess transparent überwacht wird. Nur so lassen sich Veränderungen erkennen und, wenn Grenzwerte überschritten werden, Gegenmaßnahmen einleiten. In Deutschland wird die Überwachung bergbaulicher Prozesse durch das Bundesberggesetz (BBergG) und Verordnungen (u.a. Markscheider-Bergverordnung, Markscheider-Bergverordnung) geregelt. Moderne Formen des Geo- und Umweltmonitoring ermöglichen nun aber zusätzlich, dass ein zeitlich und räumlich hochauflösendes Monitoring (24/7) aufgebaut werden kann. Dies dient dazu schleichende Risiken aber auch natürliche Veränderungen (z.B. natürliche Bodenbewegungen aufgrund von Bodenschumpfungen ausgelöst durch Trockenheit) von induzierten Ereignissen (z.B. bergbauliche Bodenbewegungen) zu differenzieren.

Ein zeitlich und räumlich hochauflösendes Monitoring umfasst beispielsweise für jeden Standort ein mikroseismisches Überwachungsnetzwerk mit >4 Stationen zur Detektion und Lokalisierung von mikroseismischen Erschütterungsereignissen (Seismisches Ortungsnetzwerk) sowie Aufzeichnung der Bodenschwinggeschwindigkeiten (Erschütterungsnetzwerk).

Zusätzlich können die Methoden der Radarsatellitenfernerkundung zur flächigen und zeitlich hochauflösenden Detektion von Bodenbewegungen genutzt werden.

Auch sind Maßnahmen zu Überprüfung der Bohrlochintegrität/-dichtigkeit (Steigleitung, Verrohrung, Zementation) und der regelmäßigen Kontrolle (idealerweise alle 5 Jahre und/oder direkt bei Anomalien) anzuwenden umso eine Interaktion von Fluiden aus dem verrohrten Bohrloch heraus mit dem umlagernden Gebirge, Gesteinsschichten und Grundwasserleiter, zu verhindern (BVEG 2021).

Diese Maßnahmen sind idealerweise nicht nur von dem verantwortlichen Markscheider durchzuführen, sondern auch wissenschaftlich neutral zu begleiten.

Maßnahme:

- a. Entwicklung von vereinheitlichten Empfehlungen zur raum-zeitlichen Überwachung von Standorten zur Nutzung des geothermischen Tiefenpotentials mit den Methoden des integrierten Geo- und Umweltmonitoring, die im Rahmen von Nebenbestimmungen in der Zulassung von Betriebsplänen abgebildet werden.
- b. Öffentliche Bereitstellung der Ergebnisse aus dem zeitlich und räumlich hochauflösendes Monitoring (Ansatz nach INSPIRE – Infrastructure for Spatial Information in Europe)

3.) Schließung der Lücken bei den Geodaten - NRW ist unterexploriert!

Begründung:

Trotz mehrerer Jahrhunderte der untertägigen Nutzung von Georessourcen ist die Verfügbarkeit von Geodaten zum tiefen Untergrund lückenhaft. Dies gilt insbesondere in Regionen von NRW wo es in der Vergangenheit keine untertägige Rohstoffnutzung geben hat. Aber auch die Regionen mit einer früheren Nutzung des tieferen Untergrundes (u.a. Ruhrgebiet) haben Lücken in den Geodaten zum Untergrund. NRW ist unterexploriert!

Maßnahmen:

- a. Diese (Geo-)Datenlücken sind aktiv im Beteiligungsmanagement zu kommunizieren damit keine falsche Erwartungshaltung bei den interessierten Projektentwicklern und Unternehmen, den Kommunen sowie Nutzer:innen aufkommt.
- b. Gesteuert durch u.a. den GD NRW sind Projektprogramme/-planungen aufzubauen die die Schließung der (Geo-)Datenlücke mittels der modernen seismischen Erkundung (2D-Seismik und darauf aufbauend 3D-Seismik) sowie ersten Erkundungsbohrung mit umfangreichen bohrlochphysikalischen und lagerstättendynamischen Datenakquisitionsprogrammen aktiv abbildet. Hierbei sind die Unsicherheiten zu identifizieren und entsprechen zu mitigieren um im Risikomanagement eine Verringerung des Risikos eines Fehlschlages zu erreichen. Nur so sind die umfassenden Vorabinvestition in ein geothermisches Projekt in Wert zu setzen.

- c. Öffentliche Bereitstellung der Ergebnisse aus der untertägigen Erschließung des Untergrundes (Ansatz nach INSPIRE – Infrastructure for Spatial Information in Europe) (ggf. ähnlich wie der Bereitstellung des Untergrunddaten des Norwegian Petroleum Directorate (<https://www.npd.no/en/>))

4.) Aufbau von Programmen zur intensiven öffentlichen Beteiligung

Begründung:

Die Projekte im Kontext des Veränderungsmanagements erfordern umfassende Beteiligungsformate um Transparenz und Verständnis aufzubauen und um eine Interaktion zu erreichen. Dies ist mehr, als nur der Aufbau von Kommunikationswegen (eine Richtung des Informationsflusses). Nur so kann die interessierte Öffentlichkeit mitgenommen werden und es wird ein konstanter, faktenbasierter Diskurs erreicht. Besonders, wenn die Projekte zur geothermischen Erschließung des Untergrundes auf Schwierigkeiten treffen (u.a. seismische Erschütterungsereignisse der Geothermiebohrung Poing im Stadtgebiet von München (SZ 2016, LT NRW 2018), Bodenbewegungen der Geothermie Bohrung Landau (Focus 2015, SWR 2022)).

Maßnahme:

- a. Bereitstellung von Fördermitteln und daran gekoppelten Werkzeugen zum Aufbau von wissenschaftlich-unabhängigen Beteiligungs-/Begleitformaten neben den landeseigenen Informationsmaßnahmen (u.a. über den Geologischen Dienst NRW und die Bergbehörde NRW). Nur durch wissenschaftlich-unabhängige Beteiligungs-/Begleitformate sind ein erfolgreiches Veränderungsmanagement und damit eine klimafreundliche Wärmegewinnung möglich.

5.) Aufbau einer Risikoversicherung

Begründung:

Die Beschreibung der untertägigen, geothermischen Lagerstättensituation und damit verbundenen Unsicherheiten erfolgt im ersten Schritt mit Methoden von der Tagesoberfläche aus u.a. mit Machbarkeitsstudien über archivierte und vorhandene (Geo-)daten, sowie im zweiten Schritt über 2D-Seismik, 3D-Seismik. Im dritten Schritt werden die erste(n) Erkundungsbohrung(en) abgeteuft. Die Erkundungsbohrung(en) und die folgende(n), weitere(n) Erschließungsbohrung(en) können bei erfolgreicher Erreichung der Lagerstättensektion und Test der Lagerstättensektion in spätere Produktionsbohrungen für den operativen Betrieb umgewidmet werden. Die Erkundung des Untergrundes mittels Tiefbohrungen verlangt aber hohe Investitionen, die von Projektentwicklern (u.a. Kommunen und/oder von Unternehmen) ohne entsprechenden Erfahrungen und/oder Portfolio ggf. bei technischen Fehlschlägen nicht vollumfänglich getragen werden können. Dies zeigen die Erfahrungen und Maßnahmen von Unternehmen bspw. aus der Exploration und Produktion von Kohlenwasserstoffen.

Maßnahme:

- a. Aufbau eines (bundesweit) einheitlichem Werkzeug zur Risikominimierung. Hierzu empfiehlt es sich das Modell einer Versicherung, bei der, gesteuert vor allem durch das Land NRW, eine Risikogemeinschaft aufgebaut wird und durch die Prämienzahlung das finanzielle Risiko



minimiert wird. Hier sollte das Land NRW in Führung gehen und nicht auf Entwicklungen auf Bundesebene warten, um die zeitliche Entwicklung des Werkzeuges steuern zu können. Dieses Modell ist vor allem für die Regionen in NRW wichtig, in denen keine Erfahrungen zum tieferen Untergrund vorliegen. So bekommt bei einem technischen Fehlschlag, wie das Nichterreichen der Lagerstättensektion und/oder prognostizierter Temperaturfenster, der Projektentwickler die Investitionskosten ersetzt.

6.) Investitionskostenzuschuss für Folgeprojekte

Begründung:

Eine alleinige Fokussierung auf die Initiierung von Maßnahmen zur Wärmewende ist aufgrund der Größenordnung für NRW nicht ausreichend. Auch Folgemaßnahmen und –projekte sind hierbei in den Blick zu nehmen.

Maßnahme:

- a. Aufbau eines Modells zum Investitionskostenzuschuss wenn für Regionen umfassende Erkenntnisse zum geothermischen (Tiefen-)Potential vorliegen und die untertägigen Unsicherheiten minimiert wurden. Dieses Modell wird für die geothermische Erschließung in Bayern und insbesondere im Großraum München erfolgreich angewendet. Hier dient der Investitionskostenzuschuss dazu, dass sich eine „geprüfte“ Technik durchsetzt und im Bundesland Bayern weiter zur Anwendung kommt.

5. Zusammenfassung

Die globalen klimatologischen und energiepolitischen Veränderungen machen eine weitgehende Veränderung der Energiebereitstellung hin zu einer klimafreundlichen und emissionsreduzierten Energieversorgung notwendig. Hierzu müssen die erneuerbaren Energien sehr deutlich in den Fokus genommen werden. Für NRW steht in der Wärmewende nun die Nutzung der mitteltiefen und tiefen Geothermie im Vordergrund.

Hierzu liegen zwei Anträge der Fraktion der CDU und der Fraktion Bündnis 90/ Die Grünen sowie der Fraktion der FDP zur Stellungnahme vor. Beide Anträge unterstützen die weitere Fokussierung auf die Nutzung der tiefen Geothermie und stellen weitere Schritte in Form von Beschlüssen vor. Der Antrag der CDU und Bündnis 90/ Die Grünen hat seinen Schwerpunkt in der technischen Ebene, der Antrag der FDP in marktwirtschaftlichen Aspekten. Grundsätzlich sind beide Anträge sehr ähnlich und haben das Ziel die Nutzung der Geothermie im Bundesland NRW weiterzuentwickeln und zu zentralen Säule der Energieversorgung aufzubauen.

Die gesellschaftliche Akzeptanz (engl. social-license-to-operate) im Lebenszyklus von Projekten zur Bereitstellung von Georessourcen ist aktuell ein wichtiges Thema. Die fehlende Akzeptanz im Veränderungsmanagement der Energiewende als Komponente für die Reputation von Projekten hat sich in den letzten Jahren vergrößert. Ursächlich ist das gestiegene Umweltbewusstsein der Öffentlichkeit, der Wunsch nach mehr Transparenz und tiefergehendem technischen Verständnis sowie die Wahrnehmung von Schadenereignissen. Die Forderung der Öffentlichkeit nach mehr Informationen hinsichtlich der Erkundung, der Erschließung, dem Betrieb und der Stilllegung eines Standortes stellt die Verantwortlichen vor neue Herausforderungen. Ein wesentliches Instrument hierzu ist ein angepasstes Geo- und Umweltmonitoring kombiniert mit einem den Interessensgruppen entsprechenden öffentlichen Diskurs. Dieser soll die notwendigen Informationen sowohl für das Chancen-Risiken-Management der Projektbeteiligten als auch für deren Kommunikation und Wissenstransfer mit allen Stakeholdern liefern.

Aus diesen Gründen wird empfohlen eine Konkretisierung der Beschlussteile mit sechs Maßnahmen durchzuführen:

- 1.) Beschleunigte Genehmigungsverfahren durch Möglichmacher:
Aufbau von Programmen für Fachpersonal zur Umsetzung und Beschleunigung des Genehmigungsprozesses
- 2.) Erweiterung des Geo- und Umweltmonitoring:
Aufbau von verpflichtenden Empfehlungen zur vollständigen Prozessüberwachung und Bereitstellung der Geodaten als offene Geodaten
- 3.) Schließung der Lücken bei den Geodaten - NRW ist unterexploriert!:
Aufbau Projektprogramme/-planungen zur Schließung der Lücken in den Geodaten zum tieferen Untergrund und öffentliche Bereitstellung der gewonnen Geodaten und Interpretationen
- 4.) Aufbau von Programmen zur intensiven öffentlichen Beteiligung:
Bereitstellung von Fördermitteln und daran gekoppelten Werkzeugen zum Aufbau von



wissenschaftlich-unabhängigen Beteiligungs-/Begleitformaten neben den landeseigenen Informationsmaßnahmen

- 5.) Aufbau einer Risikoversicherung:
Aufbau eines (bundesweit) einheitlichen Werkzeuges zur Risikominimierung mittels einer Versicherung
- 6.) Investitionskostenzuschuss für Folgeprojekte:
Aufbau eines Modells zum Investitionskostenzuschuss zur weiteren Verbreitung der Technologie

Mit der Vernetzung dieser Maßnahmen wird so eine maximale Inwertsetzung der Technologie zur Nutzung der mitteltiefen und tiefen Geothermie erreicht. Auch kann nur so eine umfassende Akzeptanz dieser neuen Technologie in der Öffentlichkeit erreicht werden.

Die Gutachter der Stellungnahme begrüßen ausdrücklich die vorliegenden Anträge. Insbesondere der Beschlussteil der Fraktion der CDU und der Fraktion Bündnis 90/ Die Grünen enthält konkrete und durch die Landesregierung umsetzbare Vorschläge und stellt einen wichtigen Baustein für die kommunale Wärmeplanung dar.

6. Literatur

- BMWK (2022a): Geothermie für die Wärmewende – Bundeswirtschaftsministerium startet Konsultationsprozess. – [Online im Internet: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/11/20221111-geothermie-fuer-die-waermewende.html>, Stand 4. Juli 2023]
- BMWK (2022b): Eckpunkte für eine Erdwärmekampagne - Geothermie für die Wärmewende. – 6 S. [Online im Internet: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/eckpunkte-geothermie.pdf?__blob=publicationFile&v=1, Stand 4. Juli 2023]
- BVEG (2021): Leitfaden Bohrungsintegrität. – 107 S. 5 Abb., 2 Tab., 5 Anh. [Online im Internet: https://www.bveg.de/wp-content/uploads/2021/09/BVEG-Leitfaden-Bohrungsintegritaet_Technische-Regel.pdf, Stand 24. Juni 2023]
- Focus (2015): Bodenhebungen in Landau: Verschiedene Ansichten zur Ursache. - [Online im Internet: https://www.focus.de/regional/rheinland-pfalz/kommunen-bodenhebungen-in-landau-verschiedene-ansichten-zur-ursache_id_4826069.html, Stand 24. Juni 2023]
- GD NRW (2011): Geothermie in Nordrhein-Westfalen - erkunden bewerten · nutzen. – 20 S. [Online im Internet: https://www.gd.nrw.de/zip/broschuer_geothermie.pdf, Stand 6. Juni 2023]
- GD NRW (2023a): Geothermale Charakterisierung des Münsterlandes. - [Online im Internet: <https://www.seismik.nrw.de/geothermale-charakterisierung-des-muensterlandes>, Stand 19. Juni 2023]
- GD NRW (2023b): Seismik Rheinland. – [Online im Internet: <https://www.seismik.nrw.de/seismik-rheinland>, Stand 19. Juni 2023]
- Goerke-Mallet, P.; Melchers, C. (2022): The Mine Life Cycle and the United Nations 2030 Agenda – A Sustainability Analysis = Der bergbauliche Lebenszyklus und die Agenda 2030 der Vereinten Nationen – eine Nachhaltigkeitsanalyse. In: Mining Report Glückauf 158 (1), S. 59-71. <https://doi.org/10.48771/a8cx-dr76>
- Goerke-Mallet, P.; Melchers, C.; Rudolph, T. (2022): Bergbau und Nachhaltigkeit – ein Zielkonflikt? In: Bergbau 73 (6), S. 248-254. Online verfügbar unter: <https://doi.org/10.48771/eern-2r82>
- Goerke-Mallet, P.; Rudolph, T.; Melchers, C.; Brune, J. (2023): The United Nations 2030 Agenda: A Challenge for Mining and for the Monitoring of Mining Activities. GeoResources Journal (2-2023), pp. 29–36. [Online im Internet: <https://www.georesources.net/download/GeoResources-Journal-2-2023.pdf>, Stand 11. Juli 2023]
- Hartmann, H. v., Beilecke, T., Buness, H., Musmann, P. & Schulz, R. (2015): Seismische Exploration für tiefe Geothermie. – Geologisches Jahrbuch, Reihe B (104), 271 S., 171 Abb. 7 Tab.

Hutchinson, R. & Wabeke, H. (2006): Shell Opportunity and Project Management Guide. Shell International Exploration and Production B.V. [Unveröffentlicht]

IFC (2013): Success of Geothermal Wells: A global study. – 80 S. 19 Abb., 5 Tab., 4 Anh. [Online im Internet: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/22970ec7-d846-47c3-99f5-e4a65873bd3b/ifc-drilling-success-report-final.pdf?MOD=AJPERES&CVID=jYIcyTW>, Stand 20. Juni 2023]

LT NRW (2018): Sitzung des Ausschusses für Wirtschaft, Energie und Landesplanung am 31. Oktober 2018 „Wärmepotentiale nutzen-Einsatz der Geothermie erleichtern“ Antrag der Fraktion der CDU und der Fraktion der FDP, Drucksache 17/2562 Stellungnahme zur Tiefen Geothermie.- [Online im Internet: <https://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/MMST17-897.pdf>, Stand 24. Juni 2023]

Rudolph, T., Yin, X. & Goerke-Mallet, P. (2023): Umfassende Definition des Geo- und Umweltmonitoring aus den nachbergbaulichen Erfahrungen im Ruhrgebiet. - Z. Dt. Ges. Geowiss. (J. Appl. Reg. Geol.), 173 (4), S. 513–531, 14 Abb., 2 Tab. [<https://doi.org/10.1127/zdgg/2022/0335>]

Rudolph, T., Goerke-Mallet, P., Brune, J. & Kretschmann, J. (2020): Geomonitoring zur Schaffung gesellschaftlicher Akzeptanz im Bergbau. – EEK S. 37-40, 5 Abb. [<https://doi.org/10.19225/201103>]

Rudolph, T., Goerke-Mallet, P., Homölle, A., Poplawski, M., Mütterthies, A., Perrevort, H., Teuwsen, S. & Yang, C.H. (2022a): Das „Puzzle Bodenbewegung“ im Kavernenfeld Epe - Teil 1 – Wie eine Forschungskoooperation die Puzzelteile zu einem Bild zusammensetzt. – S. 42-53, 10 Abb., 1 Tab.; EEK [<https://doi.org/10.19225/221002>]

Rudolph, T., Goerke-Mallet, P., Homölle, A., Poplawski, M., Mütterthies, A., Perrevort, H., Teuwsen, S. & Yang, C.H. (2022b): Das „Puzzle Bodenbewegung“ im Kavernenfeld Epe - Teil 2 – Wie eine Forschungskoooperation die Puzzelteile zu einem Bild zusammensetzt. – S. 46-52, 12 Abb.; EEK [<https://doi.org/10.19225/221104>]

Rudolph, T., Goerke-Mallet, P., Homölle, A., Mütterthies, A., Perrevort, H., Teuwsen, S., Tomlik, C. & Yang, C.H. (2023): Öffentliche Beteiligung im Geomonitoring – Das Fallbeispiel aus dem Kavernenfeld Epe. – S. 3-13, 7 Abb., 1 Tab.; Markscheidewesen

SWR (2022): Nach missglückter Erdwärme-Bohrung - So will Staufen verhindern, dass sich die Erde weiter hebt.- [Online im Internet: <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/suedbaden/bohrungen-gegen-risse-100.html>, Stand 24. Juni 2023]

SZ (2016): Geothermie - Warum in Poing die Erde bebt. - [Online im Internet: <https://www.sueddeutsche.de/muenchen/geothermie-warum-in-poing-die-erde-bebt-1.3312381>, Stand 24. Juni 2023]

Weijde, Gerard Albert van der. 2008. "Front-End Loading in the Oil and Gas Industry: Towards a Fit-For-Purpose Front-End Development Phase." Master Thesis, Delft University of Technology. [Online im Internet <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:020b04bf-5ddf-44b7-acf7-2141be505afa/datastream/OBJ/download>, Stand 19. Juni 2023]

WN (2021): Westfälische Nachrichten vom 19. November 2021 (Druckversion) - Einblick in die seismologischen Projektarbeiten in Albachten und Mecklenbeck - Auf der Suche nach



erneuerbareren Wärmequellen. [Online in Archiv:

https://reader.wn.de/wnmuensterwest/526/article/1484988/23/10/render/?token=59bbeafaof3coec7ef2acda7c56e7968&vl_platform=ios&vl_app_id=de.wn.epaper&vl_app_version=6.4.3, Stand 12. Juli 2023]



7. Kontaktdaten

Technische Hochschule Georg Agricola (THGA)

Forschungszentrum Nachbergbau (FZN)

Herner Straße 45

44787 Bochum

T.: +49 (234) 968 3276

F.: +49 (234) 968 3417

www.thga.de,

www.nachbergbau.org

Kontakt Sachverständige:

Prof. Dr. Tobias Rudolph

tobias.rudolph@thga.de

Prof. Dr. Christian Melchers

christian.melchers@thga.de

Prof. Dr. Peter Goerke-Mallet

peter.goerke-mallet@thga.de