



**FRIEDRICH NAUMANN  
STIFTUNG** Für die Freiheit.

# TIEFEN- GEOTHERMIE

Potentiale und Ausgestaltung des institutionellen Rahmens

Bauhaus-Universität Weimar / Professur IWM, Fraunhofer IEG, Kanzlei W2K

# Impressum

## Herausgeberin

Friedrich-Naumann-Stiftung für die Freiheit  
Truman-Haus  
Karl-Marx-Straße 2  
14482 Potsdam-Babelsberg

🌐/freiheit.org

📘/FriedrichNaumannStiftungFreiheit

📺/FNFreiheit

📷/stiftungfuerdiefreiheit

## Verfasst von

Marten Westphal  
Bauhaus-Universität Weimar, Professur Infrastrukturwirtschaft und -management (IWM)

Prof. Dr. Thorsten Beckers  
Bauhaus-Universität Weimar, Professur Infrastrukturwirtschaft und -management (IWM)

Prof. Dr. Rolf Bracke  
Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie (IEG)

Prof. Dr. Georg Hermes  
Goethe-Universität Frankfurt am Main / Kanzlei W2K

Leonhard Thien  
Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie (IEG)

Lukas Vorwerk  
TU Berlin, Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP) / Professur IWM

Dr. Holger Weiß, LL.M.  
Kanzlei W2K

## Redaktion

Liberales Institut der Friedrich-Naumann-Stiftung für die Freiheit  
Maximilian Luz Reinhardt, Referent für Wirtschaft und Nachhaltigkeit

## Kontakt

Telefon +49 30 220126-34  
Telefax +49 30 690881-02  
E-Mail [service@freiheit.org](mailto:service@freiheit.org)

## Stand

September 2023

## Hinweis zur Nutzung dieser Publikation

Diese Publikation ist ein Informationsangebot der Friedrich-Naumann-Stiftung für die Freiheit. Die Publikation ist kostenlos erhältlich und nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf nicht von Parteien oder von Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden (Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie Wahlen zum Europäischen Parlament).

## Lizenz

Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

# Inhalt

<b>EXECUTIVE SUMMARY</b> .....	<b>6</b>
<b>VORBEMERKUNGEN</b> .....	<b>8</b>
<b>1. EINLEITUNG</b> .....	<b>9</b>
<b>2. TECHNISCHE, TECHNISCHE-SYSTEMISCHE UND TECHNISCH-ÖKONOMISCHE GRUNDLAGEN</b> .....	<b>12</b>
2.1. Abgrenzung und Einsatzpotentiale der Tiefengeothermie.....	12
2.2. Zukünftige gesamtsystemische Bedeutung der Tiefengeothermie im Allgemeinen und für die Wärmeversorgung im Speziellen .....	13
2.3. Projektablauf, Fündigkeitsrisiko und mögliche Risikomanagement-Aktivitäten .....	16
2.3.1 (Projekt-)Schritte des Projektablaufs.....	16
2.3.2 Fündigkeitsrisiko und mögliche Risikomanagement-Aktivitäten .....	18
2.3.2.1 Verwendung des Begriffs „Risiko“ und Einordnung des Fündigkeitsrisikos (sowie speziell des Abbruchrisikos sowie des Performancerisikos).....	18
2.3.2.2 Entwicklung des Fündigkeitsrisikos im Projektverlauf .....	18
2.3.2.3 Entscheidungstheoretische Erkenntnisse und (mögliche) Risikomanagement-Maßnahmen bezüglich des Fündigkeitsrisikos .....	19
<b>3. (INSTITUTIONEN-)ÖKONOMISCHE GRUNDLAGEN UND RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DIE (ZUKÜNFTIGE) REALISIERUNG VON TG-VORHABEN UND DIE AUSGESTALTUNG DES DIESBEZÜGLICHEN INSTITUTIONELLEN RAHMENS</b> .....	<b>21</b>
3.1. Rationalität der Ermittlung des Potentials der Tiefengeothermie und dessen Berücksichtigung (zukünftig in einer Systementwicklungsstrategie) durch den Bund .....	21
3.2. Kommunale Wärmeplanung: Berücksichtigung des „vor-Ort“-Potentials hinsichtlich Tiefengeothermie und mögliche Initiierung der Nutzung dieses Potentials.....	22
3.3. Finanzbeziehungen von TG-Vorhabenträgern und deren Bedeutung für die Allokation von (Fündigkeits-)Risiko sowie die Rationalität systemischer Finanzierungslösungen.....	24
3.4. Öffentliche Involvierung in Governance-Regime bezüglich der TG-Wärmeerzeugung und TG-Vorhabenträger adressierende Anreizregime im Kontext von Kontrahierungsproblemen.....	25

<b>4. PROJEKTSCHRITTE 1 UND 2 (VORERKUNDUNG UND 2-D-SEISMIK): AUFGABENZUORDNUNG UND FINANZIERUNGSVERANTWORTUNG .....</b>	<b>28</b>
4.1. Darstellung des Status quo .....	28
4.2. Normative (institutionen-)ökonomische Analyse .....	29
4.3. Reformbedarf und Reformoptionen unter Berücksichtigung grundgesetzlicher Vorgaben .....	29
<b>5. PROJEKTSCHRITTE 3 BIS 6 (3-D-SEISMIK BIS RESERVOIR-ERSCHLIESSUNG) UND GRUNDSATZFRAGEN: AUSGESTALTUNG DES INSTITUTIONELLEN RAHMENS .....</b>	<b>31</b>
5.1. Bei bestehender Zuordnung der TG-Vorhabenträger-Rolle gemäß BBergG .....	31
5.1.1 Allokation des Fündigkeitsrisikos im Zusammenspiel mit der Frage der finanziellen Unterstützung von TG-Vorhaben durch die öffentliche Hand .....	31
5.1.1.1 Annahme eines Förderbedarfs für TG-Vorhaben .....	31
5.1.1.1.1 Annahme eines Förderbedarfs für TG-Vorhaben.....	31
5.1.1.1.2 Normative (institutionen-)ökonomische Analyse .....	32
5.1.1.1.3 Reformbedarf und Reformoptionen unter Berücksichti- gung grundgesetzlicher Vorgaben .....	33
5.1.1.2 Ohne Förderbedarf tragfähige Vorhaben (nahezu in jedem Fall oder zumindest im Base-Case-Projektverlauf) .....	34
5.1.1.2.1 (Nahezu) in jedem Fall ohne Förderbedarf tragfähige Vorhaben .....	34
5.1.1.2.2 Zumindest im Base Case-Projektverlauf ohne Förder- bedarf tragfähige Vorhaben.....	34
5.1.1.3 Fazit .....	35
5.1.2 Koordinationserfordernisse.....	35
5.1.2.1 Koordination zwischen TG-Vorhabenträgern einerseits und kom- munaler Wärmeplanung und Wärmenetz-Betreibern andererseits .....	35
5.1.2.1.1 Koordination zwischen kommunaler Wärmeplanung und TG-Vorhabenträgern.....	35
5.1.2.1.2 Koordination zwischen TG-Vorhabenträgern und Wärmenetz-Betreibern.....	36
5.1.2.2 Koordination zwischen Systementwicklungsstrategie und Rahmen für kommunale Wärmeplanungen einerseits sowie Regime zur finanziellen Unterstützung von TG-Vorhaben mit öffentlichen Mitteln andererseits .....	36

5.2.	Bei Etablierung eines Aufgabenträger-Ansatzes hinsichtlich der Realisierung von TG-Vorhaben .....	36
5.2.1	Rationalität und Aufgabenzuordnung sowie grundsätzliche (verfassungs- und europa-)rechtliche Umsetzbarkeit .....	37
5.2.2	Beschaffungsstrategien auf AT-Seite sowie Finanzierung und Risikotragung durch den Bund.....	38
5.2.2.1	Beschaffungsstrategie auf AT-Seite und diesbezüglicher (übergeordneter) Rechtsrahmen .....	38
5.2.2.2	Finanzierung und Risikotragung durch den Bund .....	39
5.3.	Fazit .....	40
<b>6.</b>	<b>FAZIT .....</b>	<b>41</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>43</b>
	<b>VERZEICHNIS WEITERER QUELLEN .....</b>	<b>45</b>

# Executive Summary

Das Erreichen der in Deutschland angestrebten Klimaziele bis zum Jahr 2045 erfordert eine Transformation des Energiesystems und dabei auch der Wärmeversorgung. Bislang ist der Umbau der Wärmeversorgung jedoch nur zögerlich und mit einer (zu) niedrigen Umsetzungsgeschwindigkeit erfolgt. In diesem Zusammenhang ist nicht zuletzt auf die aktuell nur geringfügige Erschließung der Potentiale der Geothermie zur Wärmeversorgung im Allgemeinen und der Tiefengeothermie im Speziellen zu verweisen. Während das Potential hinsichtlich der Leistung der Wärmebereitstellung aus Tiefengeothermie auf bis zu 70 GW<sub>th</sub> beziffert wird, ist derzeit nur Wärmeerzeugungsleistung aus Tiefengeothermie von 417 MW<sub>th</sub> installiert und damit weniger als ein Prozent des Potentials erschlossen.

In diesem Kontext stellt sich die Frage, welche Hemmnisse hinsichtlich der Erschließung der Potentiale der Tiefengeothermie für die Wärmeversorgung der Gebäude im Bereich des institutionellen Rahmens für Tiefengeothermie-Vorhaben (TG-Vorhaben) bestehen und welche diesbezüglichen Reformen in Betracht zu ziehen sind.

Dabei ist nicht zuletzt die Allokation des Fündigkeitsrisikos zu thematisieren, welches sich aus den bei TG-Vorhaben vor und bei Projektbeginn bestehenden Kenntnisdefiziten hinsichtlich der konkreten geologischen Konstellation ergibt, die erhebliche Auswirkungen sowohl auf die energetische Leistung als auch auf die jährlich nutzbare Wärmeenergie haben kann. Aus Sicht von Trägern von TG-Vorhaben („TG-Vorhabenträger“) besteht insofern ein Risiko hinsichtlich der nutzbaren Wärmeenergie bei Inkaufnahme bestimmter Kosten, was wiederum in eine monetäre Dimension und insofern ein wirtschaftliches Risiko überführt werden kann.

Es bietet sich an, die Analysen zu Reformbedarf und -optionen hinsichtlich des institutionellen Rahmens nach den im Verlauf eines TG-Vorhabens zu durchlaufenden Phasen und Schritten zu strukturieren und zu unterteilen. Die „frühen Potential-Analysen und Exploration“ (Phase A.1) umfassen die Aufbereitung von vorliegenden (geologischen und weiteren) Daten (Schritt 1) und die Erstellung von 2-D-Seismiken (Schritt 2). Diese Schritte sind noch losgelöst von einem konkreten Standort der Bohrung. Bereits mit Bezug zu einem konkreten Standort der Bohrung sind dann „späte Potential-Analysen und Exploration“ (Phase A.2), die die Erstellung von 3-D-Seismiken (Schritt 3) und eine Testbohrung (Schritt 4) umfassen, sowie die Projektrealisierung (Phase B) durchzuführen, für die zunächst Tests der geologischen Formationen (Schritt 5) und schließlich die Reservoir-Erschließung (Schritt 6) erfolgen, für die die Testbohrung zu einer Produktionsbohrung ausgebaut und eine zweite Bohrung realisiert werden. Nach jedem dieser Projektschritte liegen genauere Informationen über das vorhandene geothermische Potential vor und damit einhergehend kann sich die Einschätzung hinsichtlich des Fündigkeitsrisikos verändern; bei einer entsprechenden negativen

Entwicklung bezüglich der Beurteilung des Fündigkeitsrisikos ist daher nach jedem Projektschritt ein Projektabbruch möglich. Neben den untertägigen Anlagen (im „Upstream-Bereich“) ist obertägig (im „Downstream-Bereich“) ein Heizwerk zu realisieren. Über ein Wärmenetz wird die Wärmeenergie an die Endabnehmer bzw. deren Gebäude geliefert.

Im Bereich der frühen Potential-Analyse zur ersten Einschätzung eines möglichen Tiefengeothermie-Projektes liegen die erforderlichen Daten in Deutschland in einer unzureichenden Weise vor. Zwar gibt es lokal begrenzt auch geologisch gut erkundete Gegenden, aber in vielen Gebieten Deutschlands ist das mögliche Tiefengeothermie-Potential kaum untersucht. Eine unzureichende Datenlage dürfte auch regelmäßig zu einer nicht effektiven Berücksichtigung der Tiefengeothermie in den in einigen Bundesländern bereits laufenden Prozessen der Erstellung kommunaler Wärmepläne führen.

Vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) ist in den Ende des Jahres 2022 veröffentlichten „Eckpunkte(n) für eine Erdwärmekampagne“ eine Ausweitung der Aktivitäten von Bund und Ländern hinsichtlich der Projektschritte 1 und 2 bei TG-Vorhaben angekündigt worden, was insofern positiv zu beurteilen ist, als es „in die richtige Richtung geht“. Allerdings sollten bei diesen Projektschritten von Bund und Länder die Aufgaben und Finanzierungspflichten deutlich weitergehender und letztendlich vollumfassend übernommen werden. Insbesondere mit Bezug zum Projektschritt 2 sind die im „Eckpunkte für eine Erdwärmekampagne“-Papier dargelegten aktuellen Planungen des BMWK als unzureichend einzuordnen.

Es bietet sich an, im Rahmen einer bundesweiten „Explorationskampagne“ flächendeckend und großräumig ein 2-D-seismisches Vorerkundungsprogramm durchzuführen, das auch eine Neubearbeitung und Interpretation von 2-D-Bestandsdaten umfasst. Ergänzend sollten mit der Explorationskampagne einige Testbohrungen zur Einordnung der Ergebnisse der 2-D-Seismiken gemäß vorab definierten Kriterien durchgeführt werden. Als Zeitraum für eine derartige Explorationskampagne scheint ein Zeitraum von 3 Jahren angemessen zu sein und auf Basis erster (grober) Kostenschätzung sollte ein Budget von etwa 300 Mio. € hierfür eingeplant werden. Als Vorbild für eine derartige bundesweite Explorationskampagne kann die „Seismik-NRW“-Kampagne dienen, die infolge eines Landtagsbeschlusses im Jahr 2019 vom Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie (MWIKE) des Landes NRW beauftragt und vom Geologischen Dienst des Landes ab dem Jahr 2021 umgesetzt wurde.

Eine erste Option wäre die Zuordnung der Aufgabe der Durchführung und Finanzierung einer derartigen bundesweiten Explorationskampagne an die Bundesländer. Gemäß Art. 104b Abs. 1 S. 1 Nr. 3 GG könnte eine umfassende Co-Finanzierung durch den Bund erfolgen.

Eine weitere Option zur verfassungskonformen Umsetzung wäre eine Zuordnung der Explorationskampagne als Aufgabe an den Bund gemäß Art. 87 Abs. 3 GG. Damit einhergehend würde der Bund nicht nur für die Durchführung, sondern auch für die (vollständige) Finanzierung der Explorationskampagne die Verantwortung tragen. Bei der Durchführung der Explorationskampagne würde der Bund auch umfangreich private Unternehmen einbinden können.

Unter Annahme des Fortbestehens des Status Quo, in dem die Rolle des TG-Vorhabenträgers einem Unternehmen gemäß Bundesberggesetz (BBergG) durch eine behördliche Bewilligung eines entsprechenden Antrags hinsichtlich der Gewinnung der geothermischen Energie zugeteilt wird, sollten wie folgt Reformen bezüglich des institutionellen Rahmens für TG-Vorhaben vorgenommen bzw. in Betracht gezogen werden:

- Die öffentliche Hand und dabei insbesondere der Bund sollte TG-Vorhabenträger grundsätzlich nicht vollständig, aber dennoch weitgehend gegen das Fündigkeitsrisiko absichern. Diese Absicherung sollte integriert mit einem Regime zur (etwaigen) finanziellen Unterstützung von TG-Vorhaben durch den Bund konzipiert werden, die zwar gesamtwirtschaftlich vorteilhaft und im Rahmen einer kommunalen Wärmeplanung vorgesehen, jedoch aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht rentabel sind. Dabei ist bedeutsam, dass die entsprechenden Regelungen so ausgestaltet werden, dass der Rückgriff auf und die Nutzung der entsprechenden (Finanzierungs- und Risikoallokations- bzw. Anreiz-)Regime „Transaktionskosten-arm“ erfolgen kann; so kann eine größere Anzahl an TG-Vorhaben auf eine effiziente Weise adressiert werden.
- Eine gewisse Übernahme von Fündigkeitsrisiko und dabei speziell (Fündigkeits-)Performance-Risiko durch die Nachfrager ist ebenfalls zu empfehlen. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass eine grundsätzliche Reform bzw. die Prüfung einer entsprechenden Reform hinsichtlich des Regulierungs-Regimes stattfinden sollte, das die Beziehung eines TG-Vorhabenträgers (bzw. – auch das Wärmenetz berücksichtigend – eines Tiefengeothermie nutzenden Wärmeversorgers) zu seinen Nachfragern adressiert.
- Die Vorstellungen zur Aufnahme und zum Ausmaß der Wärmegewinnung aus TG-Vorhaben sowie zum Vertrieb dieser Wärmeenergie von TG-Vorhabenträgern müssen keinesfalls mit den im Rahmen einer kommunalen Wärmeplanung festgelegten diesbezüglichen Planungsentscheidungen übereinstimmen. Hier können Koordinationsprobleme auftreten, deren Lösung im institutionellen Rahmen für TG-Vorhaben vorbereitet werden sollten. Dies gilt in analoger Weise für (mögliche) Koordinations- (und dabei nicht zuletzt auch Macht-)Probleme zwischen TG-Vorhabenträgern und Wärmenetzbetreibern, die ggf. durch (Sektor-)spezifische Regelungen adressiert werden sollten.

Ein Übergang vom bergrechtlichen zu einem Aufgabenträger-Ansatz (AT-Ansatz), bei dem einem durch Landesrecht definierten öffentlichen Aufgabenträger die Rolle des TG-Vorhabenträgers zugeordnet wird, kann Vorteile im Hinblick auf eine effektive Ausnutzung des Potentials der Tiefengeothermie für die Wärmeversorgung der Gebäude bieten und u.U. zu Kostenreduktionen bei TG-Vorhaben aus Sicht von Nachfragern und Steuerzahlern führen. Ferner kann ein AT-Ansatz dazu beitragen, die Koordination zwischen TG-Vorhabenträgern einerseits und sowohl kommunalen Wärmeplanungen als auch Wärmenetz-Betreibern andererseits auf eine effiziente Weise zu gewährleisten. Der Wechsel vom bergrechtlichen zu einem AT-Ansatz für die Zuordnung der TG-Vorhabenträger-Rolle kann in dieser Kurzstudie nicht abschließend beurteilt, sollte jedoch genauer geprüft werden.

Sperrwirkungen des Verfassungs- und Europarechts bezüglich der vorstehend thematisierten Reformoptionen sind nicht ersichtlich bzw. erscheinen überwindbar.

# Vorbemerkung

Die vorliegende Kurzstudie ist im Auftrag der Friedrich-Naumann-Stiftung für die Freiheit von der Professur Infrastrukturwirtschaft und -management (IWM) an der Bauhaus-Universität Weimar, der Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie (IEG) und der Kanzlei W2K erstellt worden. Die Professur IWM hat dabei die (institutionen-)ökonomischen Analysen durchgeführt und die interdisziplinäre Zusammenarbeit der Partner koordiniert.<sup>1</sup> IEG ist für die technisch-systemischen und technisch-ökonomischen Themen (einschließlich Risikobeurteilungen, Kostenschätzungen etc.) verantwortlich gewesen und hat umfangreich mit der Professur IWM bei der Beurteilung von Hemmnissen und Reformbedarfen sowie Reformoptionen hinsichtlich der Nutzung der Potentiale der Tiefengeothermie zusammengearbeitet. Die Kanzlei W2K in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Georg Hermes hat die (unions- und verfassungs-) rechtlichen Analysen durchgeführt.

Die Autoren danken Benjamin Pfluger (Fraunhofer IEG) für wertvolle Hinweise und kritische Anmerkungen, die insbesondere Kapitel 3 betreffen. Außerdem danken die Autoren mehreren Praktikern aus Unternehmen und Verbänden für die Möglichkeit zum Austausch und für inhaltliche Unterstützung.

Vor dem Hintergrund der Regelungen in Punkt II.8 des Ethikkodexes des Vereins für Socialpolitik („Darf eine wissenschaftliche Arbeit, ein Bericht oder ein Gutachten nicht ohne vorherige Zustimmung Dritter zum Inhalt veröffentlicht werden, soll dieser Sachverhalt bei der Veröffentlichung kenntlich gemacht werden.“) erklären diejenigen Autoren dieser Kurzstudie, die Mitglied des Vereins für Socialpolitik sind bzw. die als Ökonomen tätig sind und sich damit einhergehend dem Ethikkodex des Vereins für Socialpolitik verpflichtet fühlen, Folgendes:

Zwischen der Friedrich-Naumann-Stiftung für die Freiheit als Auftraggeber der Kurzstudie und den Auftragnehmern (Professur IWM, IEG und Kanzlei W2K) ist vereinbart worden, dass auch die Auftragnehmer ab dem 7. Monat nach Fertigstellung der Kurzstudie über ein (eigenständiges) Recht zu deren Veröffentlichung verfügen. Angaben gemäß Punkt II.5 des Ethikkodexes des Vereins für Socialpolitik („In wissenschaftlichen Arbeiten sollen Sachverhalte benannt werden, die potentiell zu Interessenskonflikten oder Befangenheit der verfassenden Personen führen könnten. Diese Regel soll nach Möglichkeit auch bei Veröffentlichungen in nicht-wissenschaftlichen Medien angewandt werden.“) können im Übrigen den persönlichen Webseiten derjenigen Autoren entnommen werden, die Mitglied des Vereins für Socialpolitik sind bzw. die als Ökonomen tätig sind und sich damit einhergehend dem Ethikkodex des Vereins für Socialpolitik verpflichtet fühlen.

An einigen Stellen dieser Studie sind u. U. einzelne Textpassagen aus anderen Publikationen der beteiligten Autoren in unveränderter oder nur leicht veränderter Form übernommen worden, ohne dass dies unbedingt gemäß den üblichen Zitierregeln angezeigt ist.

Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Kurzstudie das generische Maskulinum verwendet. Die in dieser Kurzstudie verwendeten Personenbezeichnungen und personenbezogenen Hauptwörter beziehen sich – sofern nicht anders kenntlich gemacht – auf alle Geschlechter.

<sup>1</sup> Von der Professur IWM ist bei der Erstellung dieser Kurzstudie Lukas Vorwerk miteinbezogen worden. Lukas Vorwerk ist am Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP) der TU Berlin tätig, aber regelmäßiger wissenschaftlicher Kooperationspartner der Professur IWM.



# 1. Einleitung

## Thematische Einordnung

Das Erreichen der in Deutschland angestrebten Klimaziele bis zum Jahr 2045 erfordert eine Transformation des Energiesystems und dabei auch der Wärmeversorgung. Bislang ist der Umbau der Wärmeversorgung jedoch nur zögerlich und mit einer (zu) niedrigen Umsetzungsgeschwindigkeit erfolgt. In diesem Zusammenhang ist nicht zuletzt auf die aktuell nur geringfügige Erschließung der Potentiale der Geothermie zur Wärmeversorgung im Allgemeinen und der Tiefengeothermie im Speziellen zu verweisen. Auch vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) ist auf dieses Defizit kürzlich hingewiesen worden.<sup>2</sup> In BRACKE / HUENGES (2022) wird das Potential hinsichtlich der Leistung der Wärmebereitstellung aus Tiefengeothermie auf bis zu 70 GW<sub>th</sub> beziffert, worüber eine Wärmemenge von 300 TWh bezogen werden könnte.<sup>3</sup> Allerdings ist derzeit nur Wärmeerzeugungsleistung aus Tiefengeothermie von 417 MW<sub>th</sub> installiert und damit weniger als ein Prozent des Potentials erschlossen.<sup>4</sup>

Eine wesentliche Herausforderung bei der Erschließung der Potentiale der Tiefengeothermie stellt der Umgang mit dem bei Tiefengeothermie-Vorhaben („TG-Vorhaben“) vorliegenden so genannten „Fündigkeitsrisiko“ dar. Dieses Risiko ergibt sich aus den bei TG-Vorhaben zunächst bestehenden Kenntnisdefiziten hinsichtlich der konkreten geologischen Konstellation, die erhebliche Auswirkungen sowohl auf die energetische Leistung als auch auf die (bei einer langfristig ausgerichteten „Nutzungsstrategie“) jährlich nutzbare Wärmeenergie haben kann, welche bei Inkaufnahme bestimmter Kosten für die technische Umsetzung des Vorhabens erzielbar sind. Aus Sicht von (Vorhaben-)Trägern von TG-Vorhaben („TG-Vorhabenträger“) besteht insofern ein Risiko hinsichtlich der nutzbaren Wärmeenergie bei Inkaufnahme bestimmter Kosten, was wiederum in eine monetäre Dimension und insofern ein wirtschaftliches Risiko überführt werden kann. Bei einer negativen Ausprägung des Fündigkeitsrisikos kann aus (betriebs-)wirtschaftlicher Sicht der Abbruch eines TG-Vorhabens durch dessen (Vorhaben-)Träger geboten sein, was auch als „Abbruchgefahr“ bzw. „Abbruchrisiko“ oder „Fündigkeits-Abbruchrisiko“ eingeordnet werden kann. Andernfalls (wenn kein Abbruch erfolgt) ist jedenfalls die wirtschaftliche Performance durch das Fündigkeitsrisiko beeinflusst, was auch als „Performancerisiko“ oder „Fündigkeits-Performancerisiko“ bezeichnet werden kann. Beim Durchlaufen der einzelnen Schritte der Realisierung eines TG-Vorhabens wird der Kenntnisstand über die konkrete geologische Konstellation stets besser und das Fündigkeitsrisiko nimmt somit ab.

Aus (betriebs-, aber auch aus gesamt-)wirtschaftlicher Sicht besonders bedeutsam ist deshalb eine Verbesserung des Kenntnisstands hinsichtlich der konkreten geologischen Konstellation in besonderer Weise im Vorfeld von Projektschritten, bei denen höhere Kosten „versenkt“ werden.

Bislang erfolgt regelmäßig nur in einem relativ begrenzten Umfang eine Absicherung von TG-Vorhabenträgern gegen das Fündigkeitsrisiko durch die öffentliche Hand. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob durch eine umfangreichere Übernahme des Fündigkeitsrisikos durch die öffentliche Hand oder auch durch das Kollektiv der Wärme- bzw. Energienachfrager die Realisierung von TG-Vorhaben auf eine sinnvolle Weise gefördert werden kann. In diesem Zusammenhang ist – mögliche (verfassungs- und europa-)rechtliche Restriktionen hier nicht thematisierend – zunächst zu berücksichtigen, dass bei der öffentlichen Hand sowohl der Bund als auch die Länder und Kommunen (und damit deren jeweiligen Haushalte) für eine Risikoübernahme in Betracht kommen können. Auf Seiten der Nachfrager stellt sich insofern ebenfalls eine „Ebenen-Frage“ als nicht nur die Wärmenachfrager „vor Ort“, sondern u. U. (z. B. im Rahmen von denkbarer Umlage- oder Sonderabgabelösungen) auch das deutschlandweite Kollektiv der Energienachfrager als Träger von Fündigkeitsrisiko in Betracht kommen. In diesem Zusammenhang kann im Übrigen darauf verwiesen werden, dass das „Windrisiko“ bei Windenergieanlagen über lange Zeit im Rahmen des EEG-Umlageregimes teilweise von den deutschen (Strom-)Nachfragern übernommen worden ist; erst seit der Absenkung der EEG-Umlage auf null – was einer Abschaffung der EEG-Umlage gleichkam – zum Juli 2022 erfolgt diese Risikoübernahme durch den Klima- und Transformationsfonds (KTF).<sup>5</sup> Zu beachten ist jedoch, dass Risikozuordnungen stets auch Anreizwirkungen entfalten und dass Risikozuordnungen daher im Rahmen der Ausgestaltung von Anreizregimen und unter Berücksichtigung von Kontrahierungsfragen zu beurteilen sind.

TG-Vorhaben sind Bestandteile lokaler Wärme- und Energiesysteme. Damit einhergehend besteht ein Koordinationsbedarf zwischen einem TG-Vorhaben bzw. Entscheidungen bezüglich eines TG-Vorhabens und anderen (System-)Elementen des entsprechenden lokalen Wärme- und Energiesystems bzw. diesbezüglichen Entscheidungen. Dabei ist vor allem zunächst auf die Koordinationserfordernisse zwischen einem (geplanten) TG-Vorhaben und einer (nach dem vorliegenden Gesetzentwurf der Bundesregierung<sup>6</sup> zukünftig verpflichtend vorzunehmenden) kommunalen Wärmeplanung hinzuweisen.<sup>7</sup> Sodann liegt ein Koordinationserfordernis zwi-

<sup>2</sup> Vgl. BMWK (2002a).

<sup>3</sup> Vgl. BRACKE / HUENGES (2022).

<sup>4</sup> Vgl. BUNDESVERBAND GEOTHERMIE (2023).

<sup>5</sup> Vgl. BMWK (2022b).

<sup>6</sup> Auf aktuelle Bestrebungen zur Etablierung kommunaler Wärmeplanungen bzw. eines diesbezüglichen institutionellen Rahmens auf Bundesebene wird in Abschnitt 3.2 noch eingegangen.

<sup>7</sup> In den Ländern werden Wärmeplanungen in der Regel auf kommunaler Ebene stattfinden; dies muss jedoch nicht der Fall sein, worauf in Abschnitt 3.2 noch eingegangen werden wird. Vereinfachend wird in dieser Kurzstudie dennoch von „kommunaler Wärmeplanung“ (bzw. „kommunalen Wärmeplanungen“) gesprochen.

schen einem TG-Vorhaben und der lokalen Wärmeerzeugung sowie dem Wärmenetz vor, mit dem Wärme zu den Endverbrauchern transportiert wird. Die Etablierung eines institutionellen Rahmens, der die Koordination zwischen TG-Vorhaben auf der einen sowie kommunaler Wärmeplanungen und Wärmenetzen auf der anderen Seite auf eine effektive und effiziente Weise gewährleistet, stellt eine weitere Herausforderung hinsichtlich der Ausnutzung der bestehenden Potentiale der Tiefengeothermie dar.

#### *Thematischer Fokus und wesentliche (Untersuchungs-)Grenzen, Zielsystem sowie Vorgehen und Analysetiefe*

In dieser Kurzstudie werden insbesondere mit Bezug zur Allokation des Fündigkeitsrisikos Reformbedarfe hinsichtlich des institutionellen Rahmens für TG-Vorhaben herausgearbeitet und diesbezügliche Reformoptionen identifiziert, die zu einer Beseitigung wesentlicher Hemmnisse hinsichtlich der Nutzung der Potentiale der Tiefengeothermie führen können bzw. dürften. Da die Allokation von Risiko in Verbindung steht mit der Zuordnung von Aufgaben und Verantwortlichkeiten, ist z.T. auch die Zuständigkeitsverteilung für und bei der Realisierung von TG-Vorhaben in die Analysen einzubeziehen. Damit einhergehend wird ferner die erforderliche Koordination zwischen TG-Vorhaben zur Gebäudewärmeversorgung einerseits sowie kommunalen Wärmeplanungen und Wärmenetzen andererseits berücksichtigt und diesbezügliche Reformbedarfe und -optionen hinsichtlich des institutionellen Rahmens für TG-Vorhaben werden thematisiert. Die Analysen weisen – nicht zuletzt aufgrund von Ressourcen- und speziell Zeitrestriktionen bei der Erstellung dieser Kurzstudie – folgende Grenzen auf:

- Die Analysen beziehen sich auf TG-Vorhaben zur hydrothermalen Wärmergewinnung. Die in Deutschland bislang kaum angewandte, aber aktuell z.T. intensiv thematisierte und diskutierte Option der petrothermalen Systeme der Wärmergewinnung aus Tiefengeothermie wird nicht berücksichtigt.
- Oberflächennahe Geothermie, bei der geothermische Energie in einem Bereich bis zu einer Tiefe von 400 m gewonnen wird, wird nicht berücksichtigt.
- Im Fokus steht die Wärmergewinnung zur Wärmeversorgung von Gebäuden. Nicht bzw. allenfalls am Rande berücksichtigt wird die Realisierung von TG-Vorhaben zur Gewinnung von Prozesswärme für Industriebetriebe etc. Damit einhergehend wird auch auf Verteilungsfragen zwischen Wärmenutzern im Gebäude- und im Industriebereich (und Möglichkeiten zum Umgang mit diesen Verteilungsfragen) nicht eingegangen.

- Nicht berücksichtigt werden TG-Vorhaben zur Stromerzeugung. Nicht ausgeschlossen aus den Analysen ist jedoch die Option der Wärmeerzeugung im Rahmen von TG-Vorhaben im Zusammenspiel mit dem Einsatz von (Groß-)Wärmepumpen.
- Nicht eingegangen wird auf die Option der Wärmergewinnung aus Tiefengeothermie im Zusammenspiel mit der Ausbeutung von sonstigen unterirdisch lagernden Ressourcen (wie z.B. von Rohstoffen wie Lithium).
- Ausgeklammert sind planungs- und genehmigungsrechtliche Fragestellungen hinsichtlich TG-Vorhaben.

Für die Beurteilung eines Reformbedarfs sowie von Reformoptionen hinsichtlich des institutionellen Rahmens für TG-Vorhaben ist ein Zielsystem erforderlich. Als Ziel wird erstens eine effektive Erschließung des aus (gesamt-)wirtschaftlicher Sicht vorliegenden Potentials zur Nutzung der Tiefengeothermie zur Wärmergewinnung angesehen. Zweitens soll die Nutzung dieses Potentials insofern auf eine effiziente Weise erfolgen, als dass die dafür (zur Abdeckung der anfallenden Kosten) erforderlichen Ausgaben auf Seiten der (Wärme- und Energie-)Nachfrager sowie ergänzend der Steuerzahler, die u.U. aufgrund einer Bezuschussung von TG-Vorhaben aus Haushaltsmitteln „involviert“ sind, so gering wie möglich sein sollen.<sup>8</sup>

Bei den ökonomischen Analysen in dieser Kurzstudie wird umfangreich auf grundlegende Erkenntnisse der Neuen Institutionenökonomik (NIÖ) im Allgemeinen und der Transaktionskostentheorie im Besonderen zurückgegriffen.<sup>9</sup> Eine besondere Bedeutung spielen ferner (z.T. explizit und oftmals implizit) die grundlegenden institutionenökonomischen Überlegungen von HAYEK (1945), von dem auf die Bedeutung der Verteilung von Wissen sowie die Eignung unterschiedlicher Wirtschaftssysteme und diesbezügliche Determinanten hingewiesen wird. Diese Überlegungen sind für die Beurteilung von Aufgabezuweisungen an private und öffentliche Akteure sowie die Eignung von Governance-Formen zur Umsetzung öffentlich getroffener (Bereitstellungs-)Entscheidungen von erheblicher Relevanz. Ergänzend fließen insbesondere Erkenntnisse aus den Bereichen der Wohlfahrtsökonomik sowie der Industrie- und Netzwerkökonomik in die Analysen ein. Angemerkt sei, dass aufgrund der Ressourcen- und dabei vor allem Zeitrestriktionen bei der Erstellung dieser Kurzstudie Analysen nicht ansatzweise in einer Tiefe dargestellt werden können, die im Hinblick auf eine möglichst unkomplizierte intersubjektive Nachvollziehbarkeit wünschenswert wären. In diesem Zusammenhang wird die Anwendung von Erkenntnissen der Neuen Institutionenökonomik und der weiteren relevanten Theoriegebiete i.d.R. nicht explizit erläutert,

<sup>8</sup> Im Übrigen ist dieses Zielsystem aufgrund des Ziels der Begrenzung von Haushaltsausgaben bzw. der Minimierung der Belastung von Steuerzahlern (unter der Berücksichtigung eines gegebenen Finanzierungsbeitrags von den Wärme- und Energie-nachfragern) als kompatibel mit dem haushaltsrechtlichen Wirtschaftlichkeitsgebot einzuordnen.

<sup>9</sup> Vgl. zur Transaktionskostentheorie z.B. WILLIAMSON (1990). Vgl. zur Anwendung der Neuen Institutionenökonomik (NIÖ) im Allgemeinen und der Transaktionskostentheorie im Besonderen bei der Analyse (institutionen-)ökonomischer Fragestellungen in Infrastruktursektoren z.B. VORWERK ET AL. (2023).

sondern erfolgt überwiegend implizit.<sup>10</sup> Basis für ökonomische Analysen zu konkreten wirtschaftspolitischen Fragestellungen ist ein Verständnis für technisch-systemische und technisch-ökonomische Gegebenheiten sowie Markt- und Akteurskonstellationen. Die diesbezüglichen Darstellungen können in dieser Kurzstudie ebenfalls oftmals nur in einer verkürzten Weise erfolgen. Juristische Analysen können in dieser Studie nur selektiv und zu ausgewählten besonders bedeutsamen Fragestellungen erfolgen und sind darauf ausgerichtet, die Rahmensezung und vor allem wesentliche Sperrwirkungen des Verfassungs- und Europarechts herauszuarbeiten, die bei der Gestaltung von Reformoptionen für den institutionellen Rahmen für TG-Vorhaben zu beachten sind.

Z.T. ist es in dieser Kurzstudie (wiederum aufgrund von Ressourcen- und speziell Zeitrestriktionen bei der Erstellung) nicht möglich, thematisierte Reformoptionen (absolut und relativ) abschließend zu beurteilen. Zumindest können dann jedoch Hinweise auf Reformbedarfe und -optionen gegeben werden, denen nachgegangen und die noch im Rahmen (weiterer) ökonomischer und juristischer Analysen vertieft geprüft und ausgearbeitet werden sollten. Insbesondere muss regelmäßig weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, ggf. erforderliche Involvierungen der öffentlichen Hand in die Finanzierungsflüsse näher zu betrachten sowie gebotene öffentliche Involvierungen im Rahmen von Beschaffungs- und Regulierungsregimen näher und unter Berücksichtigung von Kompetenzverteilungen im Mehrebenen- bzw. föderalen System zu beleuchten, um im Kontext von spezifischen Investitionen sowohl auf Seiten von TG-Vorhabenträgern als auch (Wärme-)Nachfragern sowie Betreibern komplementärer Systemelemente (wie Wärmenetzen) effiziente (Governance-) Lösungen zu identifizieren.

### Struktur dieser Kurzstudie

Die Kurzstudie besteht aus mehreren Kapiteln, die zwei Teilen zugeordnet werden können. Der erste, grundlegende Teil umfasst die Kapitel 2 und 3:

- In Kapitel 2 werden technische, technisch-systemische und technisch-ökonomische Grundlagen hinsichtlich der Tiefengeothermie dargestellt.
- In Kapitel 3 werden wesentliche (institutionen-)ökonomische Grundlagen und Rahmenbedingungen hinsichtlich der Realisierung von TG-Vorhaben und der Ausgestaltung des diesbezüglichen institutionellen Rahmens aufgezeigt.

Aufbauend auf dem grundlegenden und die weiteren Analysen vorbereitenden ersten Teil werden im zweiten Teil der Kurzstudie in den Kapiteln 4 und 5 mit Bezug zu den (Projekt-)

Schritten eines TG-Vorhabens Reformbedarfe hinsichtlich des institutionellen Rahmens für TG-Vorhaben herausgearbeitet und diesbezügliche Reformoptionen identifiziert, wobei neben der Allokation des Fündigkeitsrisikos auch weitere Hemmnisse hinsichtlich der Nutzung der Potentiale der Tiefengeothermie thematisiert werden:

- In Kapitel 4 werden die Projektschritte 1 und 2 (Vorerkundung und 2-D-Seismik) untersucht und dabei die grundsätzliche Aufgabenzuordnung und die Finanzierungsverantwortung betrachtet.
- Kapitel 5 beleuchtet die Projektschritte 3 bis 6 (3-D-Seismik bis Reservoir-Erschließung) und Grundsatzfragen. Dabei wird zunächst in Abschnitt 5.1 davon ausgegangen, dass die Zuordnung der Rolle des TG-Vorhabenträgers gemäß den aktuellen Regelungen im Bundesberggesetz (BBergG) erfolgt. Im anschließenden Abschnitt 5.2 wird ein Übergang zu einem Aufgabenträger-Ansatz für TG-Vorhaben thematisiert.

Im abschließenden Kapitel 6 wird ein Fazit gezogen, welches die wesentlichen Ergebnisse sowie einen Hinweis auf noch vertieft zu betrachtende Fragestellungen enthält.

<sup>10</sup> Zu methodischen Herausforderungen der Analyse von (konkreten) Handlungsoptionen im Bereich der (Wirtschafts-)Politik und der Regulierung vgl. im Übrigen z.B. COLANDER (1992) und COLANDER (2017).

## 2. Technische, technische-systemische und technisch-ökonomische Grundlagen

### 2.1 Abgrenzung und Einsatzpotentiale der Tiefengeothermie

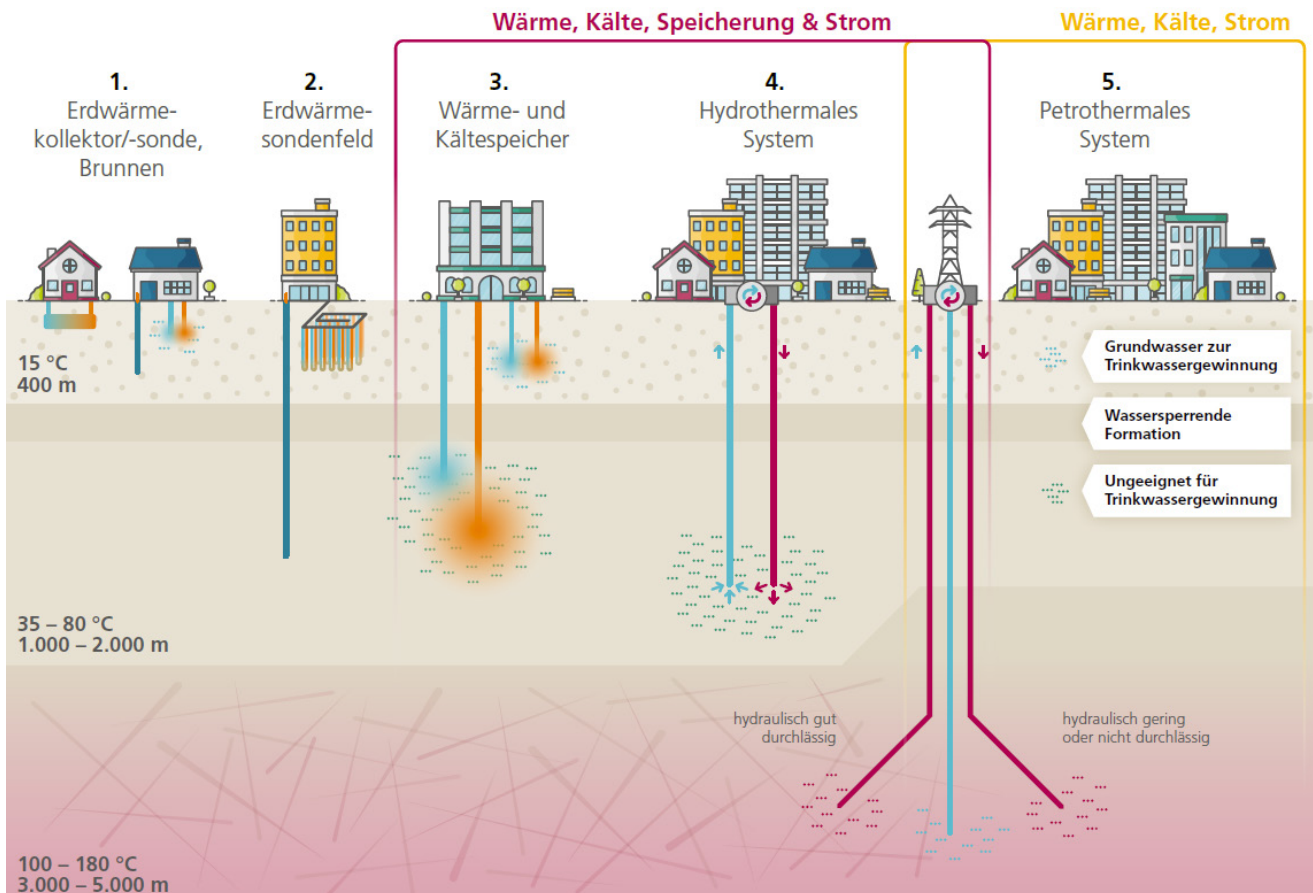
Geothermische Energie ist die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der Oberfläche der festen Erde. Erdwärme steht generell überall und jederzeit zur Verfügung. Bei sachgerechter Bewirtschaftung ist sie praktisch unerschöpflich. Mit zunehmender erschlossener Tiefe steigt dabei das Temperaturniveau, welches nutzbar gemacht werden kann. In Deutschland steigt die Temperatur mit zunehmender Tiefe im Mittel um 3 K pro 100 m an.<sup>11</sup> In wenigen Gebieten Deutschlands, z.B. im Oberrheingraben, gibt es geothermische Anomalien, die lokal zu einem höheren geothermischen Gradienten führen.

Geothermische Systeme lassen sich unter verschiedenen Gesichtspunkten klassifizieren. Es bieten sich – wie in Abbildung 1 dargestellt – die Unterteilung in oberflächennahe Geothermie und Tiefengeothermie an. Bei der oberflächennahen

Geothermie wird die geothermische Energie dem oberflächennahen Bereich der Erde bis ca. 400 m entzogen. Hierfür stehen Techniken wie Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden oder auch Grundwasserbrunnen zur Verfügung. Die energetische Nutzung kann auch unter Einbezug von Wärmepumpen erfolgen.

Die Tiefengeothermie umfasst Systeme, bei denen die geothermische Energie über Tiefbohrungen erschlossen wird. Eine Abgrenzung der Tiefengeothermie gegenüber anderen geothermischen Nutzungsvarianten ist insofern notwendig, da sich die eingesetzten Techniken zur Erschließung und Nutzung der geothermischen Quelle vielfältig unterscheiden (z.B. hinsichtlich Temperaturniveau, erzielbarer Leistung je Anlage, Bohr- und Erschließungstechnik, finanziellem Aufwand je Anlage, Dauer der Projektplanung und -umsetzung, Belastbarkeit und Verfügbarkeit der notwendigen Eingangsparameter des Untergrundes).

Abbildung 1: Überblick geothermischer Systeme



<sup>11</sup> Der mittlere Temperaturanstieg wird als Temperaturgradient bzw. als Geothermischer Gradient bezeichnet

In dieser Kurzstudie werden hydrothermale Systeme der Tiefengeothermie adressiert. Hydrothermale Geothermie basiert auf der Nutzung heißer Thermalwasser, die sich auf natürlichen Poren-, Kluft- und Bruchsystemen – also durch Hohlräume im Untergrund – bewegen. Die Nutzung erfordert an einem Standort mindestens eine Förder- und eine Verpressbohrung, die über eine thermalwasserführende Gesteinsschicht verbunden sind. Aus dem geförderten Wasser wird Übertage (d.h. an der Erdoberfläche) die Energie an den jeweiligen Abnehmer weitergegeben und das abgekühlte Wasser über die Verpressbohrung in die Lagerstätte zurückgeführt. Ein solcher Thermalwasserkreislauf kann sowohl die natürlichen Temperaturverhältnisse im Untergrund als auch die (im Folgenden noch thematisierten) erhöhten Speichertemperaturen durch technisch zur Speicherung eingespeiste thermische Energie nutzen. Im Vergleich zu geschlossenen Systemen wie Erdwärmesonden und -kollektoren sowie SONDENSPEICHER, die Wärme rein konduktiv übertragen, ermöglichen offene Systeme durch die Zirkulation des Lagerstättenwassers eine deutlich höhere Wärmeleistung pro Bohrung.

Davon abzugrenzen sind petrothermale Systeme der Tiefengeothermie. Solche Systeme nutzen die im Gestein gespeicherte Energie. Dafür bedarf es einer (leichten) Durchlässigkeit des Gesteins, die auf unterschiedlichen Weisen – u.a. z.B. mit Bohrtechnologien, hydraulischer Stimulation oder Säurebehandlung – erreicht werden kann. Im Gegensatz zu hydrothermalen Systemen sind petrothermale Systeme jedoch nicht auf wasserführende bzw. durchlässige Schichten im Untergrund angewiesen. Petrothermale Systeme werden im weiteren Verlauf nicht berücksichtigt.

## 2.2 Zukünftige gesamtsystemische Bedeutung der Tiefengeothermie im Allgemeinen und für die Wärmeversorgung im Speziellen

### *Nutzungspotentiale hydrothermalen Systeme in Deutschland*

Aufgrund zunehmender Temperaturen mit zunehmender Tiefe ergibt sich generell die Möglichkeit, das Wärmepotential durch geothermische Anlagen zu nutzen. Grundsätzlich sind zwei Voraussetzungen für die energetische Nutzung geothermischer Ressourcen notwendig: Zum einen muss die Thermalwassertemperatur alleine oder in Kombination mit Wärmepumpen hoch genug für die vorgesehene Nutzung sein, zum anderen muss die hydraulische Durchlässigkeit des Gesteins hoch genug sein, damit das heiße Wasser in großen Mengen bzw. in geeigneten Fließraten zur Oberfläche gelangen kann.

Geeignete geologische Formationen für geothermale Nutzungen in Deutschland finden sich z.B. in Sedimentgesteinen in Süddeutschland, entlang des Oberrheingrabens zwischen Basel und Frankfurt a.M. und im gesamten Westdeutschen und Norddeutschen Raum zwischen den Niederlanden und Polen.<sup>12</sup> Alleine in der wärmeintensiven Rhein-Ruhr-Region liegt das theoretisch erschließbare geothermische Potential für hydrothermale Systeme um den Faktor 20 über dem aktuellen Wärmebedarf.<sup>13</sup> Nicht alle Regionen Deutschlands sind jedoch gleichermaßen gut für die Nutzung von Tiefengeothermie geeignet. Viele potentielle Lagerstätten sind noch unzureichend erkundet und im Hinblick auf die geothermale Produktion nicht im nötigen Umfang charakterisiert. Hierfür bestand in den vergangenen Jahrzehnten kein hinreichendes energiewirtschaftliches und politisches Interesse, und den Geologischen Diensten der Bundesländer fehlten die Mittel zur Erfüllung der Aufgaben der Landeserkundung. Deutschland ist daher geothermisch unterexploriert.

Die Potentiale für hydrothermale geothermische Nutzungen wurden von BRACKE / HUENGES (2022) dargelegt.<sup>14</sup> Sie verweisen (ebenfalls) auf grundsätzlich vier Regionen in Deutschland, für die ein vorhandenes hydrogeothermales (Nutzungs-) Potential in jedem Fall als gegeben angesehen werden kann:

- Süddeutsches Molassebecken
- Oberrheingraben
- Norddeutsches Becken
- Rhein-Ruhr-Region

In Summe werden von BRACKE / HUENGES (2022) Potential bzw. Ausbauziele im Umfang von weit über 300 TWh Jahresarbeit bzw. 70 GW installierter Leistung abgeleitet.

### *Wärmebedarfe in Deutschland ...*

Wie in Abbildung 2 mit Bezug zum Jahr 2019 dargestellt, bildet Wärme mit 56 % bzw. ca. 1.400 TWh/a den überwiegenden Anteil am Endenergiebedarf. Der Wärmeverbrauch lässt sich untergliedern in Raumwärme (658 TWh/a) und Warmwasser (130 TWh/a), die der Gebäudeversorgung zuzuordnen sind und damit eine Herausforderung für die „kommunale Wärmewende“ darstellen, sowie Prozesswärme (541 TWh/a) und Klima-/Prozesskälte (63 TWh/a) im Bereich der Industrie. Die bisher wichtigsten Wärmequellen für die Erzeugung sind Mineralöl und Erdgas. Somit existiert eine starke Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen im Endenergieverbrauch mit 67%. Bei der Fernwärme liegt der Anteil an fossiler Wärmebereitstellung sogar bei 80 %.<sup>15</sup>

<sup>12</sup> Vgl. LIAG (o.J.).

<sup>13</sup> Vgl. BRACKE ET AL. (2016).

<sup>14</sup> Vgl. BRACKE / HUENGES (2022).

<sup>15</sup> Vgl. ebenda.

... und Potentiale für die Tiefengeothermie

Der größte Teil der Wärme wird in dicht besiedelten Regionen benötigt. Dies betrifft die Raumwärme und private Haushalte sowie für Gewerbe, Handel und Dienstleistungen insbesondere große Gebiete von Nordrhein-Westfalen und weiteren Städtereionen in Deutschland. 60 % des Wärmebedarfs erfordern Temperaturen von unter 180°C und liegen damit im geothermalen Temperaturfenster. Dazu gehören zunächst der Wärmebedarf von privaten Haushalten sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen und ferner auch die industrielle Niedertemperatur-Prozesswärme. In diesem Temperaturfenster werden auch die kommunalen netzgebundenen Wärmesysteme betrieben (90-130 °C). Von den 290.000 TJ bzw. 80,7 TWh jährlich eingespeister Wärme in deutsche Verbundnetze beanspruchen alleine die Fernwärmenetze der Rhein-Ruhr-Region ca. 15 TWh pro Jahr.<sup>16</sup>

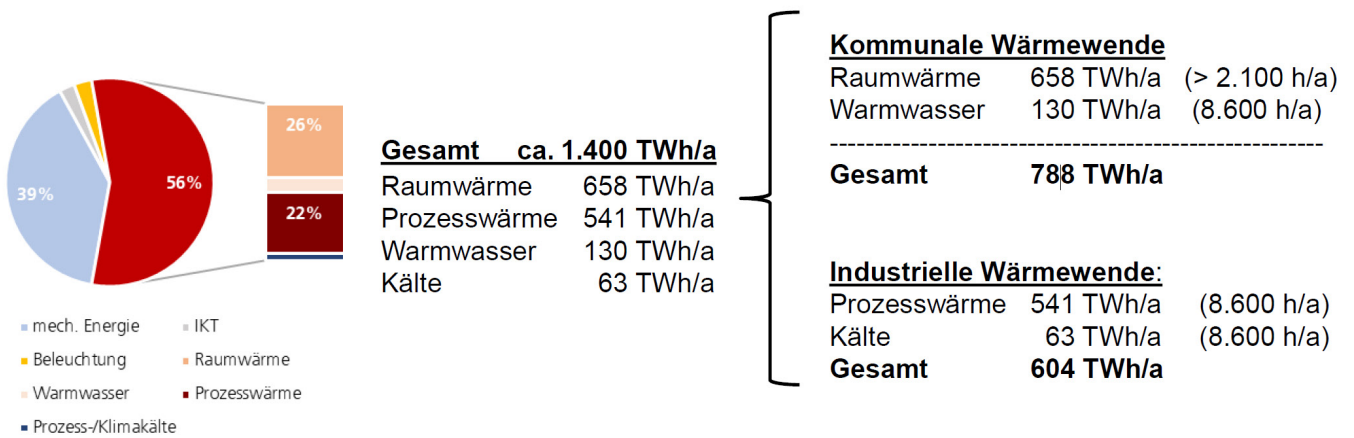
In der landwirtschaftlichen Nahrungsmittelerzeugung und der Industrie besteht – siehe dazu Abbildung 3, in der für die typischen energieintensiven Branchen deren jeweilige Energiebedarfe in unterschiedlichen Temperaturbereichen dargestellt wird – ein großer Prozesswärmebedarf im Temperaturfenster zwischen 50 °C und 200 °C. Auch dieser Bedarf lässt sich mittels Tiefengeothermie bzw. durch Kombinationslösungen von Tiefengeothermie mit beispielsweise Wärmepumpen adressieren. Auf nochmals deutlich höheren Temperaturniveaus wird Prozesswärme vor allem in energieintensiven Industrien (wie der Stahl-, Zement- und Glaserzeugung sowie in der chemischen Industrie benötigt). Als mögliche Zielbranchen für die Umstellung der Prozesswärme- und Prozessdampfbereitstellung auf geothermische Quellen sind – Erwartungen an die zukünftige Entwicklung der Endenergieverbräuche berücksichtigend – insbesondere die Textil- und Papierherstellung,

die Holzverarbeitung und Bauindustrie, die chemische, metallverarbeitende und sonstige Niedertemperatur-intensive Industrien, die (Unterglas-)Landwirtschaft sowie die Herstellung und Verarbeitung von Nahrungsmitteln und Getränken anzusehen. In Summe beträgt das Potential der Tiefengeothermie im Bereich der industriellen Wärme und Kälte ca. 130 TWh, was ca. 25 % des industriellen Wärmebedarfs entspricht.

In einem Temperaturbereich zwischen 90°C und 130°C betriebene kommunale netzgebundene Wärmesysteme sind in ca. 95 % der deutschen Großstädte vorzufinden, um dort sowohl Gebäudewärme (ca. 50 %) als auch industrielle Prozesswärme bereitzustellen. Es ist zu erwarten, dass bis 2030 alle deutschen Großstädte Fernwärme nutzen und diese – siehe dazu Abbildung 4 – bis 2050 von 88 TWh/a auf 114 TWh/a Jahresarbeit ausbauen werden. In Mittelstädten wird ein Anstieg von 20 TWh/a auf 42 TWh/a erwartet. Des Weiteren wird eine Steigerung des Anteils an Mittelstädten mit Fernwärmeversorgung von 50 % auf 80 % bis zum Jahr 2050 prognostiziert. Eine ähnliche Entwicklung wird in den ca. 1.390 Kleinstädten vorhergesagt, wo der Anteil der Gemeinden mit Fernwärmeversorgung auf insgesamt 60 % steigen soll.

Bezogen auf die industriellen Prozesse liegt der Fernwärmebedarf bei 50 TWh/a (44 %), vgl. Abbildung 4. Dieser wird voraussichtlich deutlich geringfügiger steigen als die Gebäudewärme, da viele Unternehmen eigene Erzeugungsanlagen für Prozessdampf, Wärme oder Elektrizität betreiben, diese modernisieren und die Effizienzsteigerungen im Industriesektor höher sind als im Gebäudesektor. Allerdings könnte die Erzeugung von Prozessdampf aus (Tiefer) Geothermie und die Einspeisung von industrieller Abwärme in kommunale Wärmesysteme in Zukunft an Bedeutung gewinnen, wenn eine infrastrukturelle Anbindung der Erzeuger erfolgt.

Abbildung 2: Gesamtwärmebedarf nach Sektoren/Anwendung im Jahr 2019<sup>17</sup>



<sup>16</sup> Vgl. BRACKE / HUENGES (2022).

<sup>17</sup> Abbildung basierend auf eigenen Berechnungen von Fraunhofer IEG unter Einbezug von Energiedaten des BMWK; vgl. dazu BRACKE / HUENGES (2022).

Abbildung 3: Branchenspezifische Aufschlüsselung des Nutzwärmebedarfs nach Anwendung und Temperaturniveau (3,6 PJ = 1 TWh)<sup>18, 19</sup>

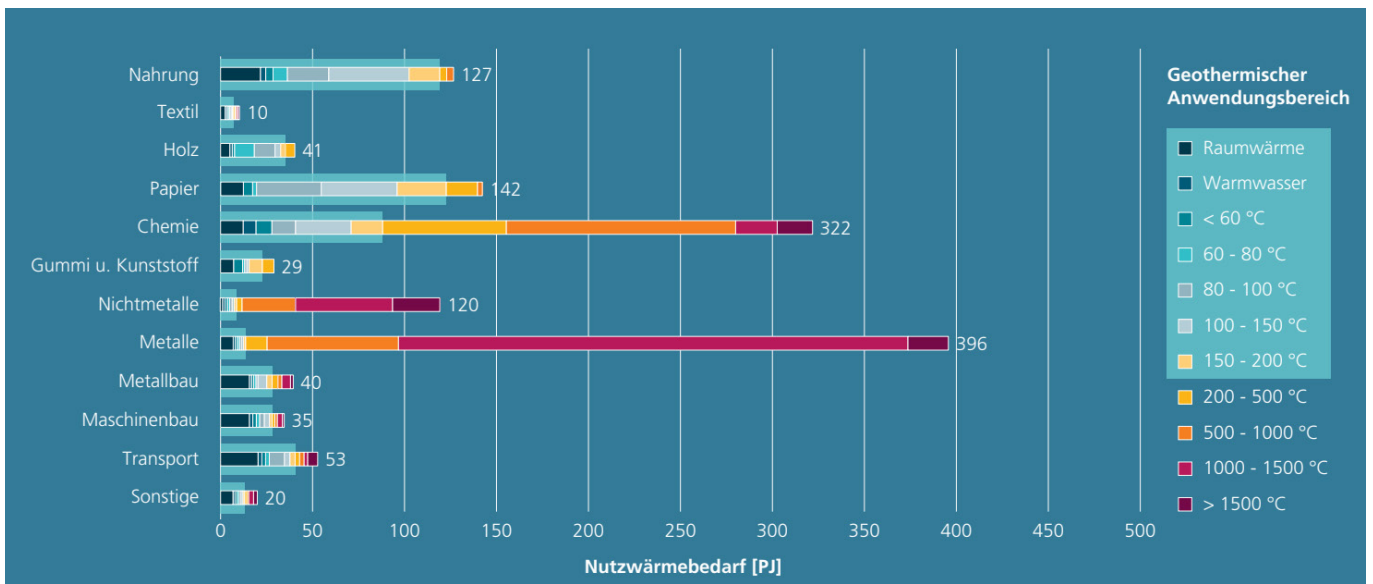
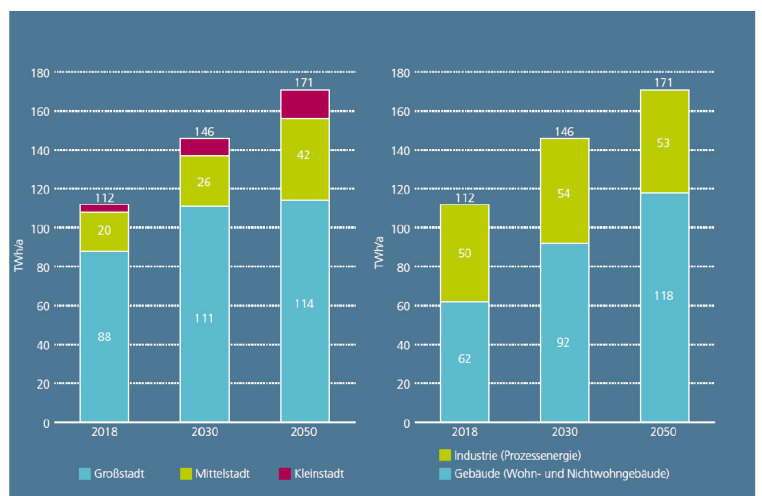


Abbildung 4: (Zukünftiger) Fernwärmebedarf in Groß-, Mittel- und Kleinstädten für die Jahre 2018, 2030 und 2050 prognostiziert<sup>20</sup>

**Kommunale Strukturen in Deutschland**

- ca. 60 Mio. EW in städtischen Strukturen
  - 80 Großstädte: > 100.000 EW
  - 641 Mittelstädte: 20.000-100.000 EW
  - 1.391 Kleinstädte: < 20.000 EW

ca. 20 Mio. EW in dörflichen Strukturen



<sup>18</sup> Abbildung basierend auf WOLF (2017).

<sup>19</sup> Geothermische Quellen in Direktnutzung oder in Kombination mit Großwärmepumpen können den Bedarf an Nutzwärme bis 150°C und mittelfristig (bis 2030) bis 200°C abdecken.

<sup>20</sup> Abbildung basierend auf PROGNOSE / HAMBURG INSTITUT (2020).

## 2.3 Projekttablauf, Fündigkeitsrisiko und mögliche Risikomanagement-Aktivitäten

### 2.3.1 (Projekt-)Schritte des Projekttablaufs

#### Überblick

Bei der (technischen) Realisierung eines TG-Vorhabens bzw. TG-Projekts sind standardmäßig nacheinander verschiedene Aufgaben durchzuführen, die auch als Projektschritte eingeordnet werden können. Die (Projekt-)Schritte der Realisierung eines TG-Projekts (i. w. S.) können den Projektphasen

- Projektphase A: Potential-Analysen und Exploration sowie
- Projektphase B: Projektrealisierung i. e. S. (in Form der Anlagenerrichtung und -fertigstellung)

zugeordnet werden. In der anschließenden Projektphase C, dem Betrieb, erfolgt die Wärmegewinnung. Während die Projektschritte der Projektphase A ausschließlich dem Upstream-Bereich im „Untertage-Bereich“ zuzuordnen sind, betreffen die Aufgaben der Projektphasen B und C neben dem Upstream-Bereich auch den „übertage“ liegenden Downstream-Bereich.

#### (Projekt-)Schritte der Projektphase A (Potential-Analysen und Exploration)

Die nur den Upstream-Bereich betreffende Projektphase A, in der die Potential-Analysen und die Exploration erfolgen, umfasst zunächst die (auch als Projektphase A.1 definierten) „frühen Potential-Analysen und Exploration“, denen die folgenden Projektschritte zugerechnet werden:

- **Vorerkundung (Projektschritt 1):** Die Vorerkundung (oder Vormachbarkeitsuntersuchung) stellt den ersten Schritt bei der Identifikation und Umsetzung eines TG-Vorhabens dar. Hierbei handelt es sich um eine Sichtung der verfügbaren Daten. Trotz insgesamt unbefriedigender Datenlage in Deutschland sind bestimmte sehr allgemeine Daten verfügbar. Hierbei handelt es sich z.B. um kartografische Darstellungen der verfügbaren Temperatur in einer bestimmten Bodentiefe über Deutschland verteilt.<sup>21</sup> In einzelnen Regionen und bezüglich einzelner Standorte ist die Datenlage im Übrigen z.T. (mehr oder weniger deutlich) besser.

- **2-D-Seismik (Projektschritt 2):** Soweit bei der Vorerkundung ein Gebiet für die Möglichkeit eines TG-Vorhabens als potentiell geeignet eingestuft worden ist, wird die eigentliche Machbarkeitsuntersuchung i.d.R. mithilfe einer 2-D-Seismik durchgeführt. Die 2-D-Seismik, die den ersten Explorationsschritt darstellt und auch als Linien-seismik bezeichnet wird, liefert im Ergebnis anhand einer graphischen Darstellung erste geologische Informationen über den Untergrund. Aufgrund der 2-Dimensionalität bietet sie nur erste Anhaltspunkte, kann dafür vergleichsweise kostengünstig und weitläufig eingesetzt werden und so Informationen über mögliche Standorte für TG-Vorhaben in einem bestimmten Gebiet liefern, denen anschließend weiter nachgegangen werden kann.<sup>22</sup>

Den anschließenden (auch als Projektphase A.2 definierten) „späten Potential-Analysen und der Exploration“ werden die folgenden Projektschritte zugeordnet:

- **3-D-Seismik (Projektschritt 3):** Die 3-D-Seismik als weiterer Explorationsschritt stellt eine Präzision der 2-D-Seismik dar. Durch die 3-Dimensionalität sind die Darstellungen des Untergrunds deutlich genauer. Diese genauere Darstellung geht aber auch mit deutlich höheren Kosten der Erhebung einher und ist daher gezielter und weniger flächendeckend einzusetzen.
- **Testbohrung (Projektschritt 4):** Soweit die seismischen Verfahren eine hinreichende Indikation für das Vorhandensein von entsprechenden Potentialen in einer bestimmten Tiefe geben, wird eine Testbohrung in dem entsprechenden Tiefenbereich durchgeführt.<sup>23</sup> Diese erfolgt bereits am konkret für das weitere Projekt vorgesehen Standort, da die Testbohrung im Erfolgsfall weiter genutzt wird und im weiteren Projektverlauf zu einer der beiden Bohrungen als Teil der so genannten „Dublette“ ausgebaut wird.

Je nach Datenlage in einem konkreten Gebiet und ggf. sogar einem konkreten Standort können einzelne Schritte in der Projektphase A entfallen. So kann z.B. u.U. aufgrund einer guten und auf Tiefengeothermie-Potentiale hinweisenden Datenlage im Rahmen der Vorerkundung auf die 2-D-Seismik verzichtet und direkt die genauere 3-D-Seismik vorgenommen werden. Eine entsprechende Datenlage kann z.B. als Folge einer vorgelagert durchgeführten großräumigen „2-D-Seismik-Kampagne“ gegeben sein.

<sup>21</sup> Vgl. z.B. LIAG (2016).

<sup>22</sup> Eine solche großräumige 2-D-Seismik wurde in Deutschland z.B. bereits in mehreren Gebieten in Nordrhein-Westfalen umgesetzt; vgl. hierzu Geologische Dienste NRW (2022).

<sup>23</sup> Auf weitere Erfordernisse wie Genehmigungen wird in Abschnitt „Projektrealisierung SQ“ gegeben, da hier nur die technische Beschreibung erfolgt.



*(Projekt-)Schritte der Projektphase B (Projektrealisierung i. e. S. (in Form der Anlagenerrichtung und -fertigstellung)) im Upstream-Bereich*

Im Upstream-Bereich werden in der Projektphase B (Projektrealisierung i. e. S. (in Form der Anlagenerrichtung und -fertigstellung)) die folgenden Projektschritte durchlaufen:

- **Tests & Engineering (Projektschritt 5):** Nach Realisierung der Testbohrung können Tests der erschlossenen geologischen Formationen unternommen werden. Zentral ist dabei festzustellen, inwieweit die von der Testbohrung erschlossenen Schichten wasserdurchlässig sind, um (nach Realisierung der zweiten Bohrung) eine Zirkulation des Wassers zwischen den beiden Bohrungen der Dublette zu ermöglichen.
- **Reservoir-Erschließung (Projektschritt 6):** Zum Ende der Projektrealisierung im Upstream-Bereich erfolgt die Reservoir-Erschließung. Hierfür wird zum einen regelmäßig die bereits vorhandene Testbohrung zu einer Produktionsbohrung ausgebaut, zum anderen ist die zweite Bohrung der Dublette zu realisieren, die die Zirkulation ermöglicht. Sodann kann die Ausprägung des Fündigkeitsrisikos sehr genau beurteilt werden.

*Projektphase B im Downstream-Bereich*

Zur Nutzung der Wärme aus Tiefengeothermie sind neben den beschriebenen untertägigen auch übertägige Anlagen erforderlich. Hierzu gehört in erster Linie ein Heizwerk, dessen Realisierung auch als Projektschritt 7 („**Realisierung des Heizwerks**“) angesehen werden kann. Teil des Heizwerks sind u.a. die Förderpumpen zur Zirkulation des Wassers, Wärmetauscher zur Übergabe der Wärme zwischen dem geothermischen Kreislauf und dem Abnehmer sowie die für den Betrieb erforderliche Mess- und Regelungstechnik. Sofern ein Wärmenetz für den Wärmetransport zu den Endabnehmern und deren Gebäuden noch zu errichten oder zu erweitern ist, kann dies als **Projektschritt 8 (Realisierung eines Wärmenetzes)** definiert werden.

Die dargestellten Schritte in den Projektphasen A und B sind im Upstream-Bereich chronologisch in der dargestellten Reihenfolge zu durchlaufen. Die Schritte im Downstream-Bereich können teilweise parallel zu den Upstream-Schritten beginnen

(wie insbesondere die Planung des Heizwerks sowie ggf. der Errichtung oder Erweiterung eines Wärmenetzes). Dabei ist jedoch zu beachten, dass es nach jedem Projektschritt im Upstream-Bereich genauere Informationen über das vorhandene geothermische Potential geben wird und sich damit die Einschätzungen bezüglich des (im folgenden Abschnitt 2.3.2 näher betrachteten) Fündigkeitsrisikos verändern können; bei einer entsprechenden negativen Entwicklung bezüglich der Beurteilung des Fündigkeitsrisikos ist daher nach jedem Projektschritt ein Projektabbruch möglich. Dies begrenzt das (sinnvolle) Potential des Ausmaßes von parallelen Arbeiten im Upstream- und Downstream-Bereich während der Projektrealisierung.

*Vorgelagerte bzw. parallele Aufgaben der (Projekt-)Konzeption („Projektschritt 0“)*

Vorgelagert und begleitend zu den vorstehend vorgestellten Schritten der Realisierung eines TG-Vorhabens erfolgt dessen (auch als „Projektschritt 0“ definierbare) Konzeption, die die technische Planung, aber auch die wirtschaftliche Bewertung von erzielbaren Erträgen und dafür in Kauf zu nehmenden Kosten umfasst. Diese ist während der Projektrealisierung und des „Abarbeitens“ der einzelnen Projektschritte permanent unter Berücksichtigung des sich verbessernden Kenntnisstandes hinsichtlich des Fündigkeitsrisikos anzupassen.

*Betrieb (Projektphase C), Verteilung über Wärmenetz und Vertrieb*

Nach der erfolgreichen Anlagenrealisierung im Upstream- und Downstream-Bereich kann die Betriebsphase beginnen. In der Betriebsphase muss der laufende Betrieb sichergestellt werden und es müssen Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten vorgenommen werden. Neben den Abnehmern im Gebäudebereich, die über ein Wärmenetz angebunden sind, können auch (größere) Abnehmer im Industriebereich von einem TG-Vorhaben profitieren. Diese können ebenfalls an das „normale“ Wärmenetz angebunden sein oder über gesonderte Leitungen angeschlossen werden. Während der Betriebsphase erfolgt auch die Abwicklung des Vertriebs, der das Management der vertraglichen und finanziellen Aktivitäten beschreibt, die mit der Bereitstellung der Wärme an die Abnehmer einhergehen.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> Im Gegensatz zur Projektrealisierung und zum Betrieb weist der Vertrieb keine technische, sondern ausschließlich eine institutionelle Dimension auf und wird daher an dieser Stelle nicht weiter betrachtet.

### 2.3.2 Fündigkeitsrisiko und mögliche Risikomanagement-Aktivitäten

#### 2.3.2.1 Verwendung des Begriffs „Risiko“ und Einordnung des Fündigkeitsrisikos (sowie speziell des Abbruchrisikos sowie des Performancerisikos)

Als Risiko bzw. Risiken werden eine risikobehaftete Größe bzw. mehrere risikobehaftete Größen bezeichnet. Vor diesem Hintergrund ergibt sich das Fündigkeitsrisiko bei TG-Vorhaben aus zu bestimmten Zeitpunkten bei der Projektrealisierung vorliegenden Kenntnisdefiziten hinsichtlich der jeweiligen konkreten geologischen Konstellation, die erhebliche Auswirkungen sowohl auf die energetische Leistung als auch die (bei einer langfristig ausgerichteten „Nutzungsstrategie“) jährlich nutzbare Wärmeenergie haben kann, welche bei Inkaufnahme bestimmter Kosten für die technische Umsetzung des Vorhabens erzielbar sind. Die konkrete geologische Konstellation und die dargestellten Auswirkungen davon sind aus Sicht von den Akteuren, die die entsprechenden Kenntnisdefizite aufweisen, risikobehaftet. Dieses Risiko kann nun in eine monetäre Dimension und insofern ein wirtschaftliches Risiko überführt werden. Damit weist das Fündigkeitsrisiko auch eine wirtschaftliche Dimension auf bzw. kann als wirtschaftliches Risiko angesehen werden.

Ein Risiko (gemäß dem vorstehend vorgestellten Verständnis) kann durch eine Zufallsvariable modelliert werden, die einen Erwartungswert und eine Varianz aufweist. Je nachdem, ob eine Varianz groß oder klein ist, wird auch davon gesprochen, dass das entsprechende Risiko hoch (oder auch „groß“) oder niedrig (oder auch „klein“) ist. Dieser Bezeichnungskonvention folgend, kann das Fündigkeitsrisiko bei einem TG-Vorhaben (bezogen auf einen bestimmten Zeitpunkt im Projektablauf) höher oder niedriger sein.

Z.T. wird der Begriff „Risiko“ anders verwendet und speziell die Gefahr der Ausprägung einer risikobehafteten Größe, die entweder unterhalb des Erwartungswertes oder schlechter als in einem „Base Case-Szenario“ definiert ist, wird als Risiko bezeichnet. Diesem Risiko-Begriffsverständnis folgt das (auch als „Abbruchgefahr“ bezeichnete) „Fündigkeits-Abbruchrisiko“ (oder auch „Abbruchrisiko“), welches sich daraus ergibt, dass bei einer negativen Ausprägung des Fündigkeitsrisikos aus (zumindest betriebs-)wirtschaftlicher Sicht der Abbruch eines TG-Vorhabens durch dessen (Vorhaben)Träger geboten sein kann.

In dem Szenario, dass (aus der Perspektive eines bestimmten Zeitpunkts vor oder während der Projektrealisierung) bis zum Abschluss der Projektrealisierung kein Projektabbruch angezeigt sein wird und das TG-Vorhaben somit in die Betriebsphase eintreten wird, besteht dennoch ein Kenntnisdefizit bezüglich der Performance des Projektes. Dies betrifft sowohl die (durch die geologische Konstellation bedingte) energetische Leistung als auch die jährlich nutzbare Wärmeenergie, welche bei Inkaufnahme bestimmter Kosten für die technische Umsetzung des Vorhabens erzielbar sind. Da dieses „Performancerisiko“ (oder auch „Fündigkeits-Performancerisiko“) auch eine

monetäre Dimension aufweist, kann es auch als ein wirtschaftliches Risiko angesehen werden. Dabei kann dieses Performancerisiko als höher oder niedriger eingeschätzt werden und nach Abschluss der Projektrealisierung kann festgestellt werden, dass sich das Risiko besser oder schlechter als für einen Base Case-Projektverlauf prognostiziert realisiert hat.

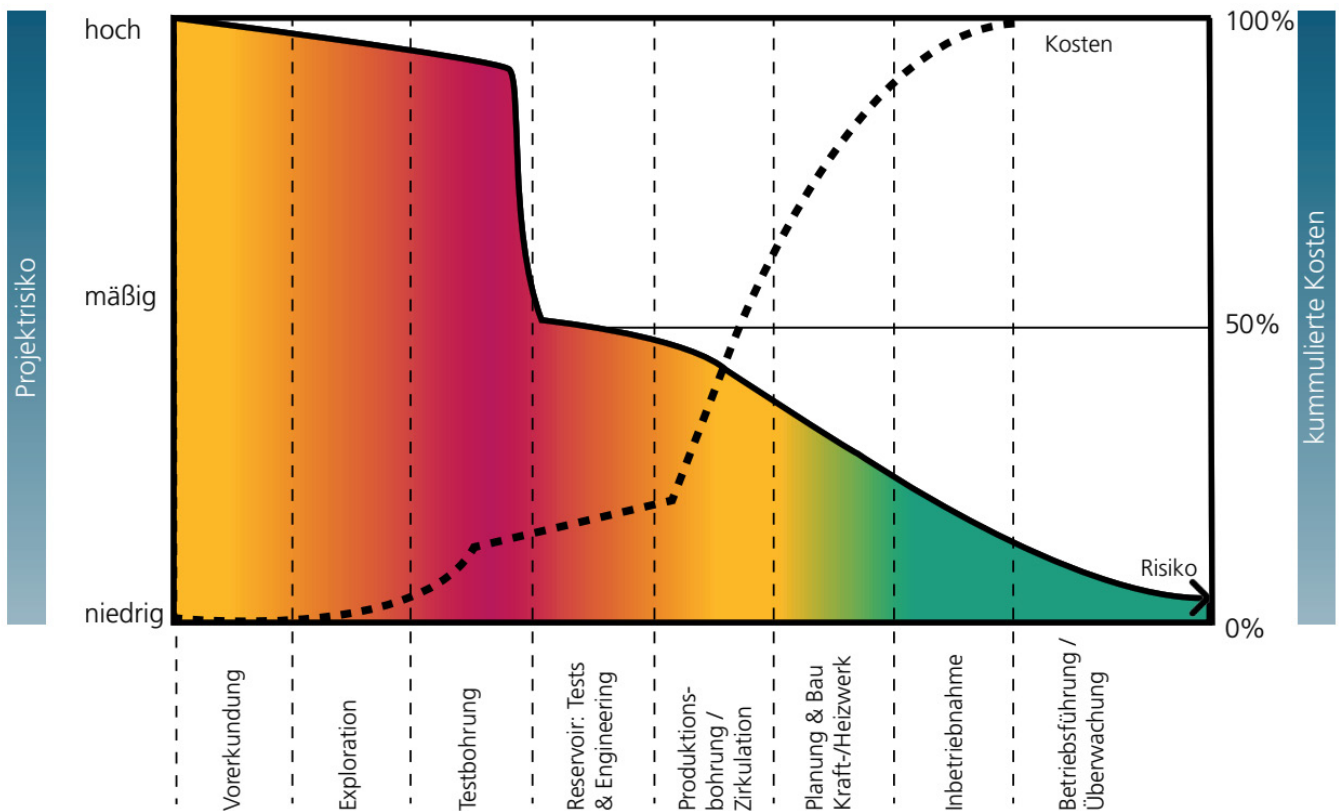
#### 2.3.2.2. Entwicklung des Fündigkeitsrisikos im Projektverlauf

##### *Abnahme des Fündigkeitsrisikos im Projektverlauf infolge verbesserter Kenntnisstände*

Das Fündigkeitsrisiko ergibt sich (wie dargestellt) aus Kenntnisdefiziten bei denjenigen, die ein TG-Vorhaben beurteilen. Im Projektverlauf verbessern sich nun Kenntnisstände und insofern nimmt das Risiko tendenziell ab. Damit einhergehend gibt es nicht ein (einziges) bestimmtes Fündigkeitsrisiko bezüglich eines TG-Vorhabens, sondern vielmehr liegt dieses Risiko stets mit Bezug zu bestimmten Fortschritten bzw. Zeitpunkten im Projektverlauf vor, die den Kenntnisstand über das TG-Vorhaben und die geologische Konstellation (und damit das Fündigkeitsrisiko) beeinflussen. Das Ausmaß und die (nicht zuletzt auch wirtschaftliche) Beurteilung des Fündigkeitsrisikos zu einem bestimmten Zeitpunkt wiederum ist abhängig vom Kenntnisstand über das Projekt, welcher i.d.R. nicht bei sämtlichen Akteuren identisch sein wird.

##### *Schematische Darstellung der Abnahme des Fündigkeitsrisiko im Projektverlauf*

In Abbildung 5 wird die typische Entwicklung des Fündigkeitsrisikos im Projektverlauf schematisch dargestellt. Ferner wird in Abbildung 5 angezeigt, welche Kosten bei den einzelnen Projektschritten anfallen. Aus (betriebs-, aber auch aus gesamt-)wirtschaftlicher Sicht besonders bedeutsam ist eine Verbesserung des Kenntnisstands hinsichtlich der konkreten geologischen Konstellation in besonderer Weise im Vorfeld von Projektschritten, bei denen höhere Kosten versenkt werden. Dies weist zunächst auf die Relevanz der Explorationsschritte und die Bedeutung von Erkenntnisgewinnen im Rahmen der 2-D-Seismiken (Projektschritt 2) hin, denn bei 3-D-Seismiken (Projektschritt 3) fallen relativ gesehen deutlich höhere Kosten an, die jedoch vom absoluten Niveau her immer noch begrenzt sind. In einem stärkeren (absoluten) Ausmaß liegen Kostensprünge bei Testbohrungen (Projektschritt 4) vor, weshalb Informationsgenerierungen durch vorgelagerte 3-D-Seismiken i.d.R. sinnvoll sind. Infolge der Testbohrungen verbessert sich der Kenntnisstand über ein TG-Vorhaben deutlich und das Fündigkeitsrisiko sinkt dementsprechend. Nach dem Projektschritt 5 (Tests & Engineering) steigen die relativen und absoluten Kosten der Projektrealisierung drastisch an. Gleichzeitig bleibt das Fündigkeitsrisiko bis zum letzten Schritt der Projektrealisierung (Reservoir-Erschließung als Projektschritt 6) bestehen und auch das Abbruch-Risiko „verschwindet“ erst dann. In der Betriebsphase liegt insofern immer noch ein gewisses Performancerisiko (und somit auch noch ein „nachgelagertes Fündigkeitsrisiko“) vor, als dass sich trotz einer langfristig ausgerichteten „Nutzungsstrategie“

Abbildung 5: Schematische Darstellung der Entwicklung des Fündigkeitsrisikos im Projektverlauf<sup>25</sup>

die jährlich nutzbare Wärme als geringer herausstellen kann als nach Abschluss der Projektrealisierung erwartet. Ein analoges Risiko liegt im Übrigen z.B. auch bei Windenergie-Anlagen vor, bei denen bei Anlageninbetriebnahme auch eine Unsicherheit bezüglich der zukünftigen Energiemengen vorliegt, die „geerntet“ werden können.

### 2.3.2.3 Entscheidungstheoretische Erkenntnisse und (mögliche) Risikomanagement-Maßnahmen bezüglich des Fündigkeitsrisikos

#### Grundlegende Überlegungen

Grundlegende Entscheidungstheoretische Erkenntnisse weisen auf die Rationalität von Entscheidungsverzögerungen und sequentieller Entscheidungen bei Vorliegen von Risiko, wenn sich Informationsstände hinsichtlich des Risikos im Zeitablauf verbessern. Vor diesem Hintergrund ist es bei TG-Vorhaben sinnvoll, bei und nach einzelnen Projektschritten und unter Berücksichtigung des dann verbesserten Informations- (bzw. Kenntnis-)Standes Entscheidungen über die Fortführung oder den Abbruch eines Projektes zu treffen. Ferner bietet es sich jedoch an – hier von (rein) wirtschaftlichen Risikomanagement-Maßnahmen abstrahierend – auf die folgenden Risikomanagement-Maßnahmen zurückzugreifen, wozu ein Entscheidungsbedarf zu den verschiedenen Zeitpunkten im Laufe der Projektrealisierung besteht:

- **Verbesserung von Informationsständen als Risikomanagement-Maßnahmen:** Das Ausmaß, mit dem während des Projektverlaufs die Informationsstände hinsichtlich des Fündigkeitsrisikos verbessert werden, ist beeinflussbar. Dies betrifft beispielsweise den Aufwand, der für die Exploration durch 2-D- und 3-D-Seismiken betrieben wird. Es weist – wie bereits angesprochen – vor allem Vorteile auf, eine Verbesserung des Kenntnisstands hinsichtlich der konkreten geologischen Konstellation im Vorfeld von Projektschritten, bei denen höhere Kosten versenkt werden, anzustreben und damit einhergehend die entsprechend anfallenden Kosten in Kauf zu nehmen.
- **Technische Modifikationen des TG-Vorhabens als Risikomanagement-Maßnahmen:** Verbesserte Kenntnisstände über die geologische Konstellation bei einem konkreten TG-Vorhaben können dazu führen, dass es wirtschaftliche Vorteile aufweisen kann, die technische Gestaltung des Projektes zu modifizieren.

#### Beispiele für technische Reaktions- und Modifikationsmöglichkeiten als Risikomanagement-Maßnahmen

Als Beispiele für Risikomanagement-Maßnahmen können die folgenden technische Reaktions- und Modifikationsmöglichkeiten im Rahmen der Reservoir-Erschießung genannt werden:

<sup>25</sup> Eigene Abbildung von Fraunhofer IEG (verändert nach ESMAP (2012), vgl. BRACKE / HUENGES (2022)).

- **Ändern bzw. Vertauschen von Produktions- und Injektionsbohrung:** eine Änderung der Reservoirerschließung und der Zirkulationsrichtung zwischen den Bohrungen kann zu einer Verbesserung der Zirkulation und damit auch der Wärmeförderung führen.
- **Bohrung mit hydraulischen Maßnahmen:** Zur Verbesserung der Zirkulation kann bei einer (oder bei beiden) Bohrung(en) mit hydraulischen Maßnahmen eingegriffen werden und ein Freispülen erfolgen. Ergänzend ist ein chemisches Durchspülen bzw. Säuern denkbar.
- **(Neues) Ablenken eines Teils der Bohrung:** Eine Bohrung kann aus der vorhandenen Bohrung abgelenkt und somit teilweise neu durchgeführt werden, um eine andere Lokation zu erreichen, von der bessere Eigenschaften hinsichtlich der Wärmegewinnung erwartet werden.

Solche Maßnahmen können die aus dem Projekt zu erzielende energetische Leistung positiv verändern und somit auch (nach Abschluss der Reservoir-Erschließung) die Fündigkeit erhöhen. Dies kann zunächst dazu beitragen, dass ein Projekt wirtschaftlich „besser da steht“ und nicht abgebrochen werden muss und insofern eine Risikomanagement-Maßnahme hinsichtlich des Abbruchrisikos darstellen. Ferner kann bei einem TG-Vorhaben, bei dem ein Projektabbruch nicht (mehr) in Frage kommt, eine Verbesserung der (letztendlich auch wirtschaftlichen) Performance erreicht werden, so dass eine entsprechende Maßnahme als Risikomanagement-Maßnahme hinsichtlich des Performancerisikos eingeordnet werden kann. Die Rationalität derartiger Risikomanagement-Maßnahmen (und ihrer konkreten Ausgestaltung) ist im Übrigen umfassend durch die im Einzelfall vorliegende Konstellation bedingt, weshalb keine pauschalen Aussagen zur Vorteilhaftigkeit ihrer Durchführung möglich sind.

# 3. (Institutionen-)ökonomische Grundlagen und Rahmenbedingungen für die (zukünftige) Realisierung von TG-Vorhaben und die Ausgestaltung des diesbezüglichen institutionellen Rahmens

In diesem Kapitel werden wesentliche (institutionen-)ökonomische Grundlagen und Rahmenbedingungen hinsichtlich der Realisierung von TG-Vorhaben und der Ausgestaltung des diesbezüglichen institutionellen Rahmens aufgezeigt. Nicht thematisiert werden juristische Aspekte.

## 3.1 Rationalität der Ermittlung des Potentials der Tiefengeothermie und dessen Berücksichtigung (zukünftig in einer Systementwicklungsstrategie) durch den Bund

Im Rahmen des auf Klimaneutralität ausgerichteten Umbaus des Energiesystems einschließlich der Verbrauchssektoren besteht ein umfangreicher und nicht zuletzt auch sektorübergreifender Koordinationsbedarf, der insbesondere die vorzunehmenden Investitionen betrifft.<sup>26</sup> Dieser Koordinationsbedarf liegt auch im Hinblick auf die Bedeutung bestimmter Energieträger vor und erfordert daher u.a. eine Einordnung des Potentials und der zukünftigen (gesamtsystemischen) Bedeutung der Tiefengeothermie. Die Adressierung dieses grundsätzlichen Koordinationsbedarfs, der nicht zuletzt die (Kapazitäts-)Planungen bezüglich der (Energie-)Infrastrukturnetze betrifft, sollte durch die öffentliche Hand auf zentraler (Bundes-)Ebene erfolgen. Ziel sollte die Identifikation von Koordinationsentscheidungen sein, die aus einer Gesamtsystemsicht und insofern auch aus gesamtwirtschaftlicher Sicht vorteilhaft sind. Dabei sind nicht nur der Endzustand nach erfolgtem Energiesystemumbau und somit alternative Zielbilder zu berücksichtigen, sondern auch die (unterschiedlichen) Wege zu untersuchen, wie vom heutigen System ausgehend dieser Endzustand erreicht werden kann.

Es besteht ein grundsätzlicher Konsens, dass zur Erreichung von Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 eine erhebliche Steigerung der Energieeffizienz zum einen und ein Verzicht auf die Verwendung fossiler Energieträger sowie ein starker Ausbau der erneuerbaren Energien zum anderen erforderlich ist. Es ist jedoch festzustellen, dass es zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine finale Klarheit bezüglich des Zielbilds für die Ausgestaltung des (zukünftigen) Energiesystems gibt, das effektiv und effizient Klimaneutralität gewährleistet. Damit einhergehend

existiert auch (noch) kein klar vorgezeichneter „Transformations-Pfad“ zur Erreichung von Klimaneutralität im Jahr 2045. Vielmehr sind derzeit noch unterschiedliche Szenarien vorstellbar, wie ein treibhausgasneutrales Energiesystem im Jahr 2045 ausgestaltet sein könnte. Derartige Szenarien bilden Handlungsoptionen ab und können (u. a.) als Zielbild-Szenarien oder Transformations-Szenarien bezeichnet werden, da sie (verschiedene) Zielbilder bezüglich des zukünftigen Energiesystems vor Augen haben bzw. (unterschiedliche) Transformations-Pfade aufzeigen. Entscheidungstheoretische Erkenntnisse zeigen an, dass die Verzögerung von Entscheidungen bezüglich der Auswahl eines anzustrebenden Zielbildes bzw. das Verzögern der Umsetzung von (in einzelnen oder auch in mehreren Transformations-Szenarien enthaltenen) Maßnahmen bei zu erwartendem Wissenszuwachs Vorteile aufweisen kann, was die damit einhergehenden Nachteile übersteigen und insofern sinnvoll sein kann. Unter Berücksichtigung verschiedener Transformations-Szenarien, die (relativ) beurteilt sowie hinsichtlich des Ausmaßes und der Implikationen der Unsicherheiten bezüglich der ihnen zugeschriebenen Wirkungen untersucht worden sind, können als Folge des aufgezeigten (entscheidungstheoretisch fundierten) Vorgehens (Investitions-)Maßnahmen bzw. Bündel von (Investitions-)Maßnahmen abgeleitet werden, die bereits kurzfristig umgesetzt werden sollten bzw. müssen, wenn die auf Klimaneutralität ausgerichtete Transformation des Energiesystems im politisch beschlossenen Zeitrahmen umgesetzt werden soll.<sup>27</sup>

Vor diesem Hintergrund können Strategien bezüglich der Systemtransformation definiert werden, die erstens eine Offenheit für bestimmte Transformations-Szenarien bzw. Zielbilder aufweisen, denen allen (noch) das Potential zugeschrieben wird, dass sie zukünftig als das bevorzugte Transformations-Szenario eingestuft bzw. als anzustrebendes Zielbild „ausgewählt“ werden, und zweitens (mehr oder weniger konkrete) (Investitions-)Maßnahmen anzeigen, die kurzfristig realisiert werden sollten. Derartige (Investitions-)Maßnahmen, die regelmäßig nicht konkrete Einzelinvestitionen, sondern eher Investitionserfordernisse bezüglich der Wahrnehmung grundsätzlicher Funktionen im Energiesystem adressieren dürften, werden sich nicht zuletzt auch auf den Infrastrukturbereich

<sup>26</sup> Vgl. hierzu VORWERK ET AL. (2023) und VORWERK / BECKERS / RODI / WEIDINGER (2023).

<sup>27</sup> Dabei ist in Betracht zu ziehen, auch (Investitions-)Maßnahmen zu berücksichtigen, die zwar nicht für alle (noch) in Erwägung gezogenen Transformations-Szenarien (mehr oder weniger) erforderlich sind, aber Optionen schaffen bzw. erhalten und insofern eine Verzögerung von Auswahlentscheidungen zwischen Transformations-Szenarien ermöglichen. Die Inkaufnahme damit einhergehender (Zusatz-)Kosten kann u. a. vorteilhaft sein, um Wissenszuwächse hinsichtlich der Eignung von Transformations-Szenarien abwarten und dann bei (zukünftigen) Entscheidungen adäquat berücksichtigen zu können.

und vor allem die Netzinfrastrukturen sowie Umwandlungs- und Speicheranlagen auf zentraler Ebene beziehen, können aber auch die dezentrale Ebene des Energiesystems und speziell die Verbrauchssektoren betreffen, die in aggregierter Form zu betrachten sind.

Vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) ist ein Prozess etabliert worden, um unter Rückgriff insbesondere auf Ergebnisse technisch-ökonomischer Analysen im Rahmen des (vom BMWK beauftragten) so genannten „Langfristszenarien“-Projektes und unter Einbezug von Stakeholdern eine so genannte „Systementwicklungsstrategie“ (SES) abzuleiten, die kompatibel mit den vorstehenden abstrakten Überlegungen eine Strategie für die Transformation des Energiesystems zur Klimaneutralität aufzeigt.<sup>28</sup> Diese Systementwicklungsstrategie soll bzw. kann nach Aussage des BMWK u.a. die Grundlage für Strategiebildung bezüglich Teilbereichen des Energiesystems sein, was auch die Tiefengeothermie betreffen dürfte. Ferner kann die Systementwicklungsstrategie gemäß BMWK Orientierung für kommunale Wärmeplanungen als dezentrale Planungsprozesse bieten. Diese dezentralen Planungsprozesse sind bedeutsam, um konkret die Relevanz der Realisierung von TG-Vorhaben aufzuzeigen, worauf im folgenden Abschnitt 3.2 noch eingegangen wird. Im Übrigen bietet es sich im Kontext einer sich verändernden Umwelt und der Weiterentwicklung von Wissensständen an, die Erstellung einer Systementwicklungsstrategie als regelmäßig wiederkehrende Aufgabe anzusehen.<sup>29</sup> Dies ist vom BMWK auch entsprechend vorgesehen.

Die Ergebnisse der Analysen in dem erwähnten Langfristszenarien-Projekt des BMWK weisen deutlich darauf hin, dass die Tiefengeothermie eine bedeutsame Rolle bei der zukünftigen Wärmeversorgung der Gebäude spielen sollte.<sup>30</sup> Diese Ergebnisse sind vom Grundsatz her kompatibel mit den in Abschnitt 2.2 vorgestellten (im Rahmen anderer Analysen generierter) Ergebnisse bezüglich des Potentials der Tiefengeothermie.<sup>31</sup> Es kann damit einhergehend als unstrittig (und u.a. auch auf Seiten des BMWK als anerkannt) gel-

ten, dass Tiefengeothermie als eine in den einzelnen dezentralen (kommunalen) Energiesystemen bevorzugt in Betracht zu ziehende Wärmequelle für die Gebäudeversorgung anzusehen ist, deren Eignung im Einzelfall insbesondere durch die jeweilige konkrete geologische Konstellation (und die dadurch bedingte Wirtschaftlichkeit der Wärmenutzung aus Tiefengeothermie) sowie die vor Ort vorhandene Nachfragestruktur bedingt wird.<sup>32</sup> Festzuhalten und als Rahmenbedingung für die weiteren Analysen anzusehen ist somit, dass die Ausgestaltung des institutionellen Rahmens für TG-Vorhaben zur Wärmeversorgung darauf ausgerichtet sein sollte, im Einzelfall („vor Ort“) TG-Vorhaben durchzuführen, die zu einer effektiven und effizienten Nutzung der Potentiale der Tiefengeothermie im Gesamtsystem beitragen. Zukünftig kann und sollte sich die Grundlage für eine derartige politische Rahmensetzung aus der Systementwicklungsstrategie für das deutsche Energiesystem ergeben. Es besteht jedoch kein Anlass auf deren Fertigstellung zu warten, sondern bis dahin bietet es sich an, das zentral vorliegende Wissen über die Bedeutung der Tiefengeothermie für die Wärmeversorgung direkt in die Ausgestaltung bzw. Weiterentwicklung des diesbezüglichen institutionellen Rahmens einfließen zu lassen.

### 3.2 Kommunale Wärmeplanung: Berücksichtigung des „vor-Ort“-Potentials hinsichtlich Tiefengeothermie und mögliche Initiierung der Nutzung dieses Potentials

*Rationalität für (dezentrale) Wärmeplanungen mit Bezug zu Kommunen, die kompatibel mit der Systementwicklungsstrategie sind*

Auf dezentraler Ebene in den Kommunen besteht – genau wie auf Ebene des Gesamtsystems – ein umfangreicher Koordinationsbedarf bei der Transformation des Energiesystems zur Klimaneutralität, wobei auch die Gebäude und deren Potentiale zur energetischen Sanierung einzubeziehen sind.

<sup>28</sup> Vgl. zur Ausgestaltung einer SES BMWI (2021) und BMWK (2022c) zum Start des Prozesses der Erstellung einer SES im Jahr 2022.

<sup>29</sup> Damit einhergehend stellt sich die Frage, ob und wie ein institutioneller Rahmen speziell für die Erstellung einer Systementwicklungsstrategie ausgestaltet werden sollte; vgl. dazu VORWERK ET AL. (2023) und VORWERK / BECKERS / RODI / WEIDINGER (2023).

<sup>30</sup> Vgl. z.B. Fraunhofer ISI ET AL. (2022, S. 55).

<sup>31</sup> Vgl. hierzu Fraunhofer ISI ET AL. (2022). An dieser Stelle sei jedoch auch auf gewisse Unterschiede bei der quantitativen Abschätzung der Bedeutung der Tiefengeothermie bei Fraunhofer ISI ET AL. (2022) und den auf BRACKE / HUENGES (2022) basierenden Darstellungen in Abschnitt 2.2 hingewiesen. Die Abschätzungen von Fraunhofer ISI ET AL. (2022) können im Gegensatz zu BRACKE / HUENGES (2022) als konservative Top-down-Abschätzung des Potentials Tiefengeothermie angesehen werden, was aus der angewandten Methodik folgt. So wird in Fraunhofer ISI ET AL. (2022) hinsichtlich der Deckung der durch Wärmenetze ausgelösten Wärmenachfrage aufgrund der begrenzten Transportfähigkeit von Wärme für die dort vorgenommene Optimierung von Energienachfrage (für das Beispiel: Wärmenetze) und Energieangebot (u.a. aus Tiefengeothermie) darauf verwiesen, dass es (Detail-)Betrachtungen auf dezentraler Ebene bedürfe. Wie vorstehend bereits angedeutet und im weiteren Verlauf dieser Kurzstudie noch thematisiert, liegen die für die Einschätzung des Potentials der Tiefengeothermie erforderlichen Daten für viele Gebiete Deutschlands bisher nicht vor. Vor diesem Hintergrund nutzen Fraunhofer ISI ET AL. (2022) eher vorsichtige und insofern konservative Potentialen der Tiefengeothermie. Der Anteil der Geothermie an der Fernwärmebereitstellung wird über die Szenarien konstant auf einem Niveau gehalten, das auch ohne eine detaillierte Bottom-up-Betrachtung umsetzbar erscheint. Die Studie – wie praktisch alle Systemanalysestudien – strebt letzten Endes keine fundierte Untersuchung zur Rolle der Geothermie an. Zudem wird die Möglichkeit der Kombination von (Groß-)Wärmepumpen mit Tiefengeothermie in Fraunhofer ISI ET AL. (2022) nicht einbezogen, was einen weiteren Unterschied zu den in BRACKE / HUENGES (2022) vorgenommenen Betrachtung darstellt.

<sup>32</sup> Diese Abnahmestruktur bezieht sich vor allem auf die nötige Wärmenachfragedichte im Hinblick auf die Nutzung der Wärme aus Tiefengeothermie in Wärmenetzen, kann aber z.B. auch die hier nicht weiter vertiefte Industrienutzung beinhalten.

Eine besondere Herausforderung stellt die Koordination zwischen Wärmenachfrage und Wärmeangebot dar. Dabei sind die verschiedenen Optionen zur Wärmeversorgung und auch die Realisierung von TG-Vorhaben und die Wärmeverteilung über Wärmenetze zu berücksichtigen. Damit einhergehend ist die Koordination über die verschiedenen Infrastrukturnetze zu gewährleisten. Nicht zuletzt ist sicherzustellen, dass die Entscheidungen zur Ausgestaltung der kommunalen Energiesysteme (im Einzelfall und als Folge dessen auch im Aggregat) kompatibel mit der Systementwicklungsstrategie auf Ebene des Gesamtsystems sind.

Für die Vorbereitung der Fällung der entsprechenden Koordinationsentscheidungen ist auf dezentraler Ebene in den einzelnen Kommunen ein Planungsregime erforderlich, das zu einer Wissensgenerierung und (dezentralen) Wissenszentralisierung beiträgt und dabei die verschiedenen jeweils in Frage kommenden (technisch-systemischen) Handlungsoptionen aufzeigt und beurteilt. Hierauf aufbauend sind die entsprechenden Entscheidungen zu fällen. Aufgrund der essentiellen Rolle der Wärmeversorgung für die Koordinationsentscheidungen zur Entwicklung lokaler Energiesysteme kann und sollte eine kommunale Wärmeplanung als Planungsregime etabliert werden, welcher die (Haupt)Verantwortung für die Gewährleistung der vorstehend aufgeführten Koordinationsaufgaben zugeordnet wird.

Einem auf Bundesebene zu etablierendem institutionellen Rahmen für kommunale Wärmeplanungen kommen u.a. die Aufgaben zu, die Koordination zwischen dezentralen Planungen und der Systementwicklungsstrategie herzustellen und Synergieeffekte im Bereich des Wissensmanagements zu realisieren bzw. deren Realisierung zu ermöglichen. Zu beachten ist, dass aufgrund grundgesetzlicher Vorgaben (Art. 84 Abs. 1 Satz 7 GG) auf Bundesebene lediglich den Ländern die Aufgabe der Erstellung von Wärmeplanungen für die dezentralen Gebiete und somit auf kommunaler Ebene übertragen werden kann, aber die Aufgabenzuordnung in den einzelnen Ländern (auf die Kommunen oder auf Landesbehörden) von

diesen eigenständig festzulegen ist. Dennoch wird auch im Folgenden die Bezeichnung „kommunale Wärmeplanungen“ verwendet, was sich nicht zuletzt darüber rechtfertigen lässt, dass sich die Planungen (unabhängig von der Verantwortung für deren Durchführung) auf die kommunale Ebene beziehen. Im Übrigen kann erwartet werden, dass in den einzelnen Ländern regelmäßig den Kommunen die Aufgabe der kommunalen Wärmeplanungen übertragen werden wird.

#### *Besonderheiten bei Berücksichtigung der Tiefengeothermie in kommunalen Wärmeplanungen aufgrund des Fündigkeitsrisikos*

In kommunalen Wärmeplanungen, die vornehmlich auf technisch-ökonomische Analysen und Beurteilungen ausgerichtet sind (bzw. sein sollten), sind (Vor-)Entscheidungen bezüglich der Realisierung von TG-Vorhaben zu fällen. Dabei sind insbesondere die im Einzelfall („vor Ort“) vorliegende konkrete geologische Konstellation (und die dadurch bedingten erzielbaren Wärmemengen und Kosten der Realisierung eines TG-Projekts) sowie die Nachfragestruktur zu berücksichtigen. Sofern entsprechende Informationen noch nicht vorliegen, sind diesbezügliche Untersuchungen durchzuführen bzw. „anzustoßen“. Allerdings können (zumindest) aufgrund des Fündigkeitsrisikos vermutlich regelmäßig keine finalen Entscheidungen über die Realisierung von TG-Vorhaben im Rahmen kommunaler Wärmeplanungen erfolgen. Ggf. sind auch „Plan B“-Optionen für den Fall vorzusehen, dass TG-Vorhaben aufgrund einer negativen Ausprägung des Fündigkeitsrisikos abzubrechen sind.

#### *Aktuelle Entwicklungen bezüglich (kommunaler) Wärmeplanungen und Annahmen bei den weiteren Analysen*

Von der Bundesregierung ist angekündigt, dass die Etablierung eines institutionellen Rahmens für auf dezentraler Ebene durchzuführende Wärmeplanungen angestrebt wird.<sup>33</sup> Diese Planungen der Bundesregierung sind nicht identisch, aber in etwa kompatibel mit den vorstehenden (normativen) Überlegungen

<sup>33</sup> Vgl. BMBWS / BMWK (2023) zum Gesetzentwurf für die Einführung einer Wärmeplanung.

bezüglich kommunaler Wärmeplanungen. Vor diesem Hintergrund wird im weiteren Verlauf dieser Kurzstudie davon ausgegangen, dass zukünftig kommunale Wärmeplanungen durchgeführt werden, in denen nicht zuletzt (zumindest Vor-) Entscheidungen bezüglich der Realisierung von TG-Vorhaben zur Wärmeversorgung gefällt werden.

### 3.3 Finanzbeziehungen von TG-Vorhabenträgern und deren Bedeutung für die Allokation von (Fündigkeits-)Risiko sowie die Rationalität systemischer Finanzierungsleistungen

*Finanzbeziehungen zwischen TG-Vorhabenträgern einerseits sowie Wärme- und ggf. Energienachfragern und öffentlicher Hand andererseits*

Ein TG-Vorhabenträger verantwortet die Realisierung und den Betrieb eines TG-Projekts und trägt die dabei anfallenden Ausgaben. Um diese abzudecken, benötigt er Einnahmen. Diese Einnahmen wird er zunächst von den Nachfragern erhalten, an die bzw. an deren Gebäude er die geförderte Wärme liefert. Insofern besteht eine „Finanzbeziehung“ zwischen dem TG-Vorhabenträger und den Wärmenachfragern „vor Ort“. Dabei handelt es sich um eine direkte Finanzbeziehung, wenn der TG-Vorhabenträger direkt den Wärmevertrieb verantwortet. Aber auch eine indirekte Finanzbeziehung kann vorliegen, die sich daraus ergibt, dass der TG-Vorhabenträger die Wärme an einen Wärmenetzbetreiber liefert, der diese an die Endkunden liefert und vertreibt.

Ferner ist denkbar, dass ein TG-Vorhabenträger mit Haushaltsmitteln von Bund oder einem Land finanziell unterstützt wird. Dann besteht (bzw. bestehen) auch (eine) entsprechende Finanzbeziehung(en). Auch sind Finanzbeziehungen eines TG-Vorhabenträgers zum Klima- und Transformationsfond (KTF) möglich, aus dem aktuell im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) auch (in Wärmesysteme „eingebettete“ und über Wärmenetze die Endkunden beliefernde) Tiefengeothermie-Vorhaben unterstützt werden können.<sup>34</sup> Nicht unvorstellbar ist, dass – juristische Fragestellungen hier ausklammernd<sup>35</sup> – nicht nur die Wärmenachfrager „vor Ort“, sondern (z.B. im Rahmen von denkbaren Umlage- oder Sonderabgabelösungen) auch das deutschlandweite Kollektiv der Energienachfrager über eine Fondslösung (wie z.B. dem KTF) die Realisierung von TG-Vorhaben unterstützt und folglich eine entsprechende Finanzbeziehung entsteht; diese Option wird in dieser Kurzstudie jedoch im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

*(Risiko-)Absicherung hinsichtlich des Fündigkeitsrisikos durch finanzielle Kompensationen und die diesbezügliche Relevanz der vorstehend thematisierten Finanzbeziehungen*

Wenn sich bei einem TG-Vorhaben das Fündigkeitsrisiko auf eine negative (bzw. positive) Weise realisiert, dann liegen die entsprechenden Konsequenzen zunächst beim TG-Vorhabenträger vor. Aus dessen betriebswirtschaftlicher Perspektive verläuft das Projekt dann schlechter (besser) als erwartet (und durch einen Erwartungswert angezeigt) bzw. schlechter (besser) als in einem definierten Base-Case-Szenario prognostiziert. Eine vollständige Absicherung des TG-Vorhabenträgers gegen das Fündigkeitsrisiko kann erreicht werden, indem dieser auf einer wirtschaftlichen Ebene und somit durch Finanzmittel, die an diesen gezahlt (bzw. bei einem positiven Projektverlauf von diesem eingezogen) werden, in einer Weise kompensiert wird, dass er finanziell (und damit wirtschaftlich) so gestellt ist, als hätte sich der Erwartungswert des Fündigkeitsrisikos realisiert bzw. als hätte sich das Fündigkeitsrisiko wie in einem Base-Case-Szenario abgebildet realisiert. Auch denkbar sind teilweise Absicherungen eines TG-Vorhabenträgers gegen das Fündigkeitsrisikos, bei denen dann nur eine partielle (je nach Risikoausprägung positive oder negative) finanzielle Kompensation stattfindet.

Eine Übertragung des gesamten oder von Teilen des Fündigkeitsrisikos kann auf einer wirtschaftlichen Ebene unter Rückgriff auf die vorstehend thematisierten Finanzbeziehungen an die Wärmenachfrager, die öffentliche Hand bzw. die öffentliche Haushalte (auf Bundes- und / oder Landesebene) und die „hinter diesen stehenden“ (Steuern zahlenden und öffentliche Leistungen in Anspruch nehmenden) Wirtschaftssubjekte oder an einen (öffentlichen) Fonds erfolgen.<sup>36</sup> Zu beachten ist, dass die Absicherung eines TG-Vorhabenträgers gegen das Fündigkeitsrisiko stets auch mit Anreizwirkungen einhergeht, worauf auch im folgenden Abschnitt 3.4 eingegangen wird.

*Rationalität für systemische Finanzierungsleistungen und Annahmen bezüglich Finanzbeziehungen des TG-Vorhabenträgers im Rahmen der weiteren Analysen*

Finanzierungsleistungen, bei denen mit Mitteln aus dem Haushalt (auf Bundes- oder Landesebene) oder aus speziellen Fondslösungen die Realisierung von Energieinfrastrukturen im Allgemeinen und TG-Vorhaben im Speziellen unterstützt und (co-)finanziert werden, können – wie in VORWERK ET AL. (2023) und VORWERK / BECKERS / RODI / WEIDINGER (2023) thematisiert – eine Rationalität im Rahmen systemischer Finanzierungsleistungen aufweisen.<sup>37</sup> Derartige (systemische) Finanzierungsleistungen können im Zusammenspiel

<sup>34</sup> Vgl. dazu BMWK (2023).

<sup>35</sup> Vgl. hierzu z.B. VORWERK ET AL. (2023) und VORWERK / BECKERS / RODI / WEIDINGER (2023).

<sup>36</sup> Außerdem ist denkbar, das Risiko auf andere (öffentliche oder private) Akteure zu übertragen und dafür ggf. neue Finanzbeziehungen zu etablieren.

<sup>37</sup> Vgl. VORWERK ET AL. (2023) und VORWERK / BECKERS / RODI / WEIDINGER (2023).



mit geeigneten Planungsregimen dazu beitragen, dass auch (Infrastruktur-)Investitionen im Hinblick auf die Transformation zur Klimaneutralität durchgeführt werden, die zwar eine gesamtsystemische und damit gesamtwirtschaftliche Rationalität aufweisen, aber alleine auf Basis der Einnahmeerhebung bei (direkten) Nachfragern aus betriebswirtschaftlicher Sicht abzulehnen sind.

Vor diesem Hintergrund wird im Folgenden angenommen, dass es – genau wie aktuell mit der BEW – zukünftig Finanzbeziehungen und Finanzflüsse von Fonds (wie dem KTF) oder öffentlichen Haushalten (auf Bundes- und / oder Landesebene) zu TG-Vorhabenträgern gibt (bzw. im Einzelfall geben kann), mit denen Projektrealisierungen unterstützt werden. Derartige Finanzbeziehungen können dann einen Ansatzpunkt darstellen, durch finanzielle Kompensationsmaßnahmen das Fündigkeitsrisiko (ganz oder teilweise) TG-Vorhabenträgern abzunehmen.

### 3.4 Öffentliche Involvierung in Governance-Regime bezüglich der TG-Wärmeerzeugung und TG-Vorhabenträger adressierende Anreizregime im Kontext von Kontrahierungsproblemen

*Langfristige Verträge als Governance-Regime zur Koordination zwischen TG-Vorhabenträgern und Nachfragern im Kontext von Spezifität*

TG-Vorhabenträger sind im Regelfall abhängig von der Abnahme der geförderten Wärmeenergie durch die Kunden, die an das (lokale) Wärmenetz „vor Ort“ angeschlossen sind. Ebenso sind jedoch diese Kunden abhängig von der Bereitstellung von Wärme aus Tiefengeothermie, welche über das lokale Wärmenetz zu ihren Gebäuden gelangt. Beide Parteien haben also jeweils spezifisch investiert und es liegt somit beidseitige Spezifität vor. Zur Absicherung der jeweiligen Investitionen und zur Gewährleistung einer effizienten Koordination zwischen den Parteien ist das gewählte Governance-Regime von essentieller Bedeutung.

Für die Koordination zwischen einem TG-Vorhabenträger und seinen Nachfragern – von der Bedeutung eines Wärmenetzes für die Wärmebelieferung (wie auch im vorherigen Absatz) abstrahierend – wird sich im Regelfall grundsätzlich eine langfristige Vertragsbeziehung als Governance-Regime anbieten.<sup>38</sup> Bei langfristigen Verträgen kommt neben dem TG-Vorhabenträger einerseits und den Nachfragern bzw. dem Kollektiv der Nachfrager andererseits, die die

Vertragsparteien auf beiden Seiten darstellen, einem dritten Akteur eine wichtige Funktion zu, der in Konfliktfällen schlichtet und ggf. (letztendlich auch verbindliche) Entscheidungen fällen darf und fällt. Durch das allgemeine Zivilrecht wird standardmäßig (öffentlichen) Gerichten diese Aufgabe der „dritten Partei“ („in der Mitte“) zugewiesen.

*(Institutionen-)ökonomische Grundlagen zu Anreizregimen und Risikoallokation sowie zur Bedeutung von Wissensständen für die Performance von Anreizregimen*

Das „effiziente Funktionieren“ einer Vertragsbeziehung wird – hier die Perspektive derjenigen Vertragsseite einnehmend, die als Auftraggeber (wie das Kollektiv der Nachfrager, die die Wärmeenergie abnehmen) eine Leistung bezieht und dafür Zahlungen als Gegenleistung an die (als gewinnorientiert unterstellte) andere Vertragspartei als Auftragnehmer (wie ein TG-Vorhabenträger, der Wärmeenergie liefert) leistet – umfangreich durch das ausgewählte Anreizregime bedingt. (Kern)Bestandteile von Anreizregimen sind die Leistungsbeschreibung und die Vergütungsregel, nach der die Höhe der Bezahlung für die Leistungserbringung ermittelt wird. Dabei „beinhaltet“ die Vergütungsregel auch die (vertraglich festgelegte) Allokation von Risiken zwischen den Parteien. Wenn als Folge eines bestimmten Anreizregimes das (effiziente) Funktionieren einer Vertragsbeziehung gewährleistet ist, wird im Übrigen auch davon gesprochen, dass eine (erfolgreiche) „Kontrahierung“ bezüglich der entsprechenden Leistung möglich ist und somit „Kontrahierbarkeit“ gegeben ist.

Ein (mögliches) idealtypisches Anreizregime umfasst einen Festpreis als Vergütung, der verbunden ist mit einer ex ante (und somit im Vertrag) klar hinsichtlich des zu erbringenden Outputs beschriebenen Leistung. Nachteil eines derartigen „Festpreis-Anreizregimes“ ist, dass zwangsläufig sämtliche Risiken dem Auftragnehmer zugeordnet sind. Ferner ist es regelmäßig und insbesondere bei langfristigen (Vertrags-) Beziehungen im Kontext von Umweltunsicherheiten schwierig und vielfach nicht sinnvoll umsetzbar, die zu erbringende Leistung ex ante (und somit vor bzw. bei Vertragsabschluss) entsprechend klar zu definieren. Dieses Problem besteht auch bei einem „modifizierten Festpreis“-Anreizregime (als weiterem idealtypischen Anreizregime), welches jedoch beinhaltet, dass Risiko z.T. vom Auftraggeber übernommen wird, der entsprechend der realisierten Ausprägungen von (ihm zugeordneten) Risiken (positive oder negative) in einer möglichst klar bereits vertraglich definierten Weise wirtschaftliche Ausgleichszahlungen an den Auftragnehmer leistet (bzw. von diesem erhält).

<sup>38</sup> Vgl. zu den folgenden Darstellungen bezüglich Risikoallokation, Governance- sowie Anreiz- und Regulierungsregimen z. B. BECKERS / BIESCHKE / WEISS (2018), BECKERS / RYNDIN (2019) und VORWERK ET AL. (2023).

Ob eine Risikoverschiebung vom Auftragnehmer an den Auftraggeber vorteilhaft ist, wird neben der Höhe der jeweiligen Kosten der Risikotragung vor allem von den Anreizwirkungen und den (damit in Verbindung stehenden) Transaktionskosten einer entsprechenden Risikoverschiebung bedingt. Festpreis- und modifizierte Festpreis-Anreizregime werden auch als so genannte „harte Anreizregime“ eingeordnet.

Bei einem „Monitoring-Anreizregime“, das auch als „weiches Anreizregime“ eingeordnet wird, muss die vom Auftragnehmer zu erbringende Leistung ex ante nicht unbedingt klar und kann vielmehr auch nur grob beschrieben werden. Damit einhergehend besteht eine Flexibilität hinsichtlich der Konkretisierung bzw. Anpassung der Leistung während der Vertragslaufzeit. Die vom Auftraggeber zu leistende Vergütung ergibt sich grundsätzlich aus den beim Auftragnehmer bei einem effizienten Agieren anfallenden Kosten. Die diesbezüglichen Angaben des Auftragnehmers werden jedoch vom Auftraggeber sowie im Konfliktfall (zwischen Auftraggeber und -nehmer) von der dritten Partei geprüft (bzw. „gemonitort“). Damit einhergehend sind die durch deren Wissensstände bedingten Fähigkeiten des Auftraggebers und der dritten Partei hinsichtlich der Überprüfung bzw. des Monitorings von wesentlicher Bedeutung dafür, dass dieses Anreizregime (aus Auftraggebersicht) effizient funktioniert. Bei einem Monitoring-Anreizregime ist es unkompliziert möglich zu definieren, wem Risiken zugeordnet werden; diese Festlegungen sind dann bei der Festlegung der an den Auftragnehmer zu leistenden Vergütung zu berücksichtigen.

Sofern entgegen der ursprünglichen Einschätzung eine ex ante klar definierte Leistung während der Vertragslaufzeit aufgrund von (unvorhergesehenen) Umweltentwicklungen angepasst wird, ist ein ex ante vereinbarter Festpreis grundsätzlich nur noch begrenzt aussagekräftig und nicht mehr (bzw. zumindest nicht mehr uneingeschränkt) „verwendbar“. Damit einhergehend erfolgt regelmäßig ein (zumindest partieller) Übergang von einem Festpreis- zu einem Monitoring-Anreizregime. In der Praxis sind im Übrigen vielfach Anreizregime zu beobachten, die Zwischenformen zwischen den vorstehend thematisierten idealtypischen Formen von Anreizregimen darstellen.

Festzuhalten ist, dass speziell die Wissensstände der Auftraggeberseite und der dritten Partei von essentieller Bedeutung für die Performance von Anreizregimen sind. Bei einem Monitoring-Anreizregime ist das Wissen von Bedeutung, um die Handlungen eines Auftragnehmers aus einer Effizienz-Perspektive zu beurteilen und um die Höhe von Kostenangaben zu überprüfen. Bei einem Festpreis- (oder einem modifizierter Festpreis-) Anreizregime ist kritisch, ob ex ante eine klare Spezifikation der vom Auftragnehmer zu erbringenden Leistung gelingt.

### *Öffentliche Involvierung in Governance-Regime zur Koordination zwischen Infrastrukturanbietern im Allgemeinen und TG-Vorhabenträgern im Speziellen einerseits und Nachfragern andererseits*

Bei einer typischen zivilrechtlichen Vertragsbeziehung zwischen einem Infrastrukturanbieter (und somit auch einem TG-Vorhabenträger) und seinen Nachfragern besteht auf Seiten der Nachfrager ein Koordinationsproblem. Die Nachfrager haben sich abzustimmen, wer für die Interaktion mit dem TG-Vorhabenträger als „Nachfrager-Vertreter“ zuständig ist und ggf. sind Finanzmittel zu erheben, um den Nachfrager-Vertreter für seine Tätigkeiten zu vergüten. In diesem Kontext besteht in Bereichen der Infrastruktur grundsätzlich eine Rationalität dafür, dass von der Standard-Lösung für zivilrechtliche Vertragsbeziehungen abgewichen und vielmehr die öffentliche Hand (aktiv) die Interessen der Nachfrager bzw. des Kollektivs der Nachfrager vertritt. Dabei bietet es sich an, dass die öffentliche Hand nicht nur die Interessen der Nachfrager und deren spezifische Investitionen zu schützen anstrebt, sondern analog die (schützenswerten) spezifischen Investitionen auf der Anbieterseite berücksichtigt und insofern „gerechte“ Lösungen in Konfliktfällen identifizieren möchte. Insofern nimmt die öffentliche Hand die Perspektive der dritten Partei ein. Im Einzelnen kann die öffentliche Hand gesetzlich (mehr oder weniger detaillierte) spezifische Vorgaben bezüglich des Anreizregimes etablieren und eine öffentliche Stelle als Regulierer einsetzen, welcher in konkreten Fällen Entscheidungen (wie eine bzw. als dritte Partei) fällt. Als Teil eines Systems von „Checks and Balances“ ist im Übrigen regelmäßig vorgesehen, dass Anbieter und Nachfrager gerichtlich Entscheidungen eines Regulierers überprüfen lassen können.

Auch wenn die Ausgestaltung von Regulierungsregimen in den verschiedenen Sektoren regelmäßig (aber keinesfalls stets) grundsätzlich den vorstehend skizzierten Grundzügen folgt, gibt es dennoch erhebliche Unterschiede. Diese Unterschiede können z.B. bei der (öffentlich- oder privat-)rechtlichen Ausgestaltung der Beziehung zwischen Infrastrukturanbieter und Nachfragern, bei dem Ausmaß der Detailliertheit der sektorspezifischen Regelungen (eher Anlehnung an allgemeine Regelungen des Kartellrechts vs. sehr sektorspezifische Regelungen), bei der Ausgestaltung von (eher harten oder eher weichen) Anreizregimen oder bei der Zuordnung von (Regulierungs-)Kompetenzen im föderalen System im Kontext z.T. sehr unterschiedlicher Aufstellung der Infrastrukturunternehmen hinsichtlich Größe, räumlicher Gebietsabdeckung und Kundenkreis vorliegen. In diesem Zusammenhang kann auf die sehr verschiedenen Regulierungsregime für Wasserversorgungsunternehmen (gemäß Kartellrecht oder Gebührenrecht<sup>39</sup>), Abwasserentsorgungsunternehmen (i.d.R. gemäß Gebührenrecht) oder Stromnetzbetreiber

<sup>39</sup> Ergänzend kommt die überwiegend dem allgemeinen Verbraucherschutz verpflichtete Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser (AVBWasserV) hinzu.

(gemäß spezifischer Regelungen in StromNEV und ARegV) verwiesen werden. Für die (Wärmeerzeugung und Wärmenetze einschließende) Fernwärmeversorgung bestehen mit dem Kartellrecht und dem nur selten (bei Ausgestaltung der Versorgung nach öffentlichem Recht) zur Anwendung kommenden Gebührenrecht<sup>40</sup> mehrere (Standard-)Regulierungsregime, die im Einzelfall zur Anwendung kommen können.

#### *Herausforderungen hinsichtlich Wissensverfügbarkeit für Regulierer und gewisse Rationalität für öffentliche und gemeinwirtschaftlich ausgerichtete Unternehmen im Falle von größeren Kontrahierungsproblemen*

Wenn Regulierer sowohl die Interessen der Nachfrager (aber auch der Anbieter) vertreten als auch die Rolle der dritten Partei einnehmen, dann sind ihre Wissensstände von Bedeutung für die Auswahl und die Funktionsweise von Anreizregimen. Vor allem Wissen hinsichtlich eines Monitorings von Infrastrukturanbietern bzw. deren Agieren und deren Kostenangaben ist (nahezu) stets von höchster Bedeutung. Allerdings sind die Wissensstände von Regulierern regelmäßig (teilweise aufgrund von „Schwächen“ des Regulierers, teilweise aufgrund „unverschuldeter“ Wissensdefizite) zu niedrig und die Informationsasymmetrien gegenüber den regulierten Unternehmen dementsprechend hoch, was zu erheblichen Kontrahierungsproblemen führen kann.

Um die aus Sicht der Nachfrager vorliegenden Nachteile derartiger Kontrahierungsprobleme zu vermeiden, kann es vorteilhaft sein, dass öffentliche (und nicht oder zumindest klar begrenzt gewinnorientierte) Unternehmen die Aufgabe des Infrastrukturangebots übernehmen.<sup>41</sup> Kleine öffentliche Infrastrukturanbieter können jedoch den (im Einzelfall mehr oder weniger bedeutsamen) Nachteil aufweisen, dass sie kaum Synergieeffekte realisieren können. Dann können auf kommunaler Ebene als interkommunale Kooperationen etablierte Unternehmen oder gemeinwirtschaftlich ausgerichtete Unternehmen u.U. vorteilhafte Lösungen darstellen. Allerdings ist zu beachten, dass (auch kleine) Unternehmen (nahezu) stets bei der Realisierung von Infrastrukturvorhaben umfangreich Auftragnehmer einbinden, auf deren Ebene oftmals die bedeutsamen Synergieeffekte realisiert werden können. Der Erfolg der Einbindung von Auftragnehmern hängt dann wiederum nicht zuletzt von den Wissensständen des Infrastrukturanbieters ab, der ein Anreizregime zu etablieren und anzuwenden hat.

#### *Öffentliche Hand als Bereitstellerin von Finanzmitteln für TG-Vorhabenträger und damit einhergehend ggf. als Risikoträgerin, was (ebenfalls) Kontrahierungsfragen aufwirft*

Neben der (möglichen) Wahrnehmung der Rolle des Regulierers kann die öffentliche Hand – wie in Abschnitt 3.3 thematisiert

– bei TG-Vorhaben auch involviert sein, indem einem TG-Vorhabenträger (ergänzende) Finanzmittel aus dem Haushalt von Bund und / oder Ländern oder einem Fonds (wie dem KTF) zufließen. Wenn diese Finanzbeziehung – wie in Abschnitt 3.3 dargelegt – zur (wirtschaftlichen) Absicherung eines TG-Vorhabenträgers gegen das Fündigkeitsrisiko genutzt wird, dann geht dies damit einher, dass ein Anreizregime auszuwählen ist, mit dem diese Risikoallokation umgesetzt wird. Hierfür kommt zunächst ein modifiziertes Festpreis-Anreizregime in Frage, welches jedoch regelmäßig aufgrund von Kontrahierungsschwierigkeiten nicht anwendbar sein wird. Dann stellt ein Monitoring-Anreizregime die (verbleibende) Alternative dar. Aus Perspektive der die Finanzmittel bereitstellenden öffentlichen Hand sind wiederum deren Wissensstände von Bedeutung für die Funktionsweise des Anreizregimes.

Zu beachten ist, dass die Stelle der öffentlichen Hand, die als Regulierer in die (Koordinations)Beziehung zwischen den Nachfragern und einem TG-Vorhabenträger eingebunden ist, keinesfalls zwangsläufig identisch mit derjenigen öffentlichen Stelle sein muss, die die Interessen der öffentlichen Hand in deren Finanzbeziehung mit einem TG-Vorhabenträger vertritt. Dies weist auf die Aufgabe hin, über die Gestaltung des institutionellen Rahmens für TG-Vorhaben die Involvierung der öffentlichen Hand bzw. ggf. verschiedener Gebietskörperschaften und verschiedener öffentlicher Stellen in die Regulierung und Risikoallokation zu definieren.

<sup>40</sup> Auch hier werden beide Regime ergänzt um die Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme (AVBFernwärmeV).

<sup>41</sup> Vgl. zur Definition von öffentlichen Unternehmen bzw. zur Erläuterung der diesen zugesprochenen Eigenschaften BECKERS ET AL. (2014).

## 4. Projektschritte 1 und 2 (Vorerkundung und 2-D-Seismik): Aufgabenzuordnung und Finanzierungsverantwortung

Aufbauend auf den grundlegenden und die weiteren Analysen vorbereitenden Kapiteln 2 und 3 werden in diesem Kapitel 4 und im folgenden Kapitel 5 mit Bezug zu den (Projekt-)Schritten eines TG-Vorhabens Reformbedarfe hinsichtlich des institutionellen Rahmens für TG-Vorhaben herausgearbeitet und diesbezügliche Reformoptionen identifiziert. Dabei wird in besonderem Maße die Allokation des Fündigkeitsrisikos betrachtet, aber auch weitere Hemmnisse hinsichtlich der Nutzung der Potentiale der Tiefengeothermie für die Wärmeversorgung werden thematisiert.

Während im anschließenden Kapitel 5 die Projektschritte 3 bis 6 (3-D-Seismik bis Reservoir-Erschließung) beleuchtet werden, werden in diesem Kapitel 4 die Projektschritte 1 und 2 (Vorerkundung und 2-D-Seismik) betrachtet. Dafür wird im Folgenden zunächst in Abschnitt 4.1 der Status quo dargestellt. Anschließend erfolgt in Abschnitt 4.2 eine insofern als normativ einzuordnende (institutionen-)ökonomische Analyse, als dass ohne Berücksichtigung (etwaiger) juristischer Restriktionen eine als vorzugswürdig einzustufende Lösung identifiziert wird. Im abschließenden Abschnitt 4.3 wird als erstes der Reformbedarf herausgearbeitet, indem der Status quo mit der als vorzugswürdig eingeordneten Lösung verglichen wird; als zweites werden sodann unter Berücksichtigung verfassungs- und europarechtlicher Restriktionen Reformoptionen aufgezeigt.

### 4.1 Darstellung des Status quo

Im (rechtlichen) Status quo haben die Akteure, die anstreben gemäß den Vorgaben des Bundesberggesetzes (BBergG) das Recht zur Ausnutzung der Potentiale der Tiefengeothermie in einem Gebiet (in Form der entsprechenden bergrechtlichen „Bewilligung“ zur Gewinnung nach § 8 BBergG) zu erhalten und damit einhergehend die Rolle eines TG-Vorhabenträgers einzunehmen, Anreize, Informationen hinsichtlich der dortigen geologischen Konstellation (nach Erhalt einer entsprechenden bergrechtlichen „Erlaubnis“ für das Aufsuchen gemäß § 7 BBergG) sowie der Abnahmestruktur zu erheben, um die Wirtschaftlichkeit eines TG-Vorhabens beurteilen zu können. Die erforderlichen Ausgaben für die Erhebung dieser Informationen haben die entsprechend interessierten Akteure (auch) in den Projektschritten 1 (Vorerkundung) und 2 (2-D-Seismik) grundsätzlich selber zu tragen. Aufgrund des Fündigkeitsrisikos stellen diese eine risikobehaftete Investition dar.

Allerdings gibt es einzelne Gebiete, in denen insbesondere aufgrund von bereits (erfolgreich) abgeschlossenen Geothermie-Projekten oder anderer wirtschaftlicher Nutzung des Untergrunds (z.B. Öl- und Gasexploration) die in den Schritten 1 und 2 zu gewinnenden Informationen bereits (teilweise oder sehr weitgehend bzw. ggf. sogar vollumfassend) vorliegen. Demgegenüber stehen jedoch weite Gebiete Deutschlands, in denen diese Informationen im Status quo noch nicht vorhanden sind.

Einzelne Bundesländer haben in der Vergangenheit die den Projektschritten 1 und 2 zuzurechnende Informationserhebungen verantwortet und finanziert, um so die Realisierung von TG-Vorhaben zu unterstützen. Beispielhaft kann hier auf die „Seismik-NRW“ Kampagne verwiesen werden, die infolge eines Landtagsbeschlusses im Jahr 2019 vom Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie (MWIKE) des Landes NRW beauftragt und vom Geologischen Dienst des Landes ab dem Jahr 2021 umgesetzt wurde. Im Rahmen dieser Kampagne wurden flächendeckend Teile des Bundeslandes mithilfe einer 2-D-Seismik geologisch untersucht.<sup>42</sup> Auch aktuell werden auf Länderebene z.T. entsprechende Aktivitäten angekündigt, ohne dass diese sich schon in der konkreten Umsetzung befinden.

Auf Bundesebene sind vom BMWK Ende 2022 „Eckpunkte für eine Erdwärmekampagne“ veröffentlicht worden.<sup>43</sup> Diese „Erdwärmekampagne“ soll zunächst eine „Datenkampagne“ umfassen, mit der vorhandene Daten hinsichtlich geologischer Konstellationen und Potentialen für TG-Vorhaben in Gebieten mit in Frage kommenden Abnahmestrukturen aufgearbeitet und in einer Datenbank zusammengeführt werden sollen. Hierzu schreibt das BMWK:

„Um die Geothermie in ganz Deutschland voranzubringen, wollen wir eine systematische Aufbereitung der verfügbaren Untergrunddaten in Gebieten mit geeigneter Infrastruktur und passfähigen Wärmenetzen erreichen. Dazu werden wir ein Forschungsvorhaben auflegen, in dem die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und das Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) ihre Expertise einbringen werden. Das geschieht in enger Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Landesämtern, die über umfangreiche regionale Untergrunddaten verfügen. Ziel ist es, innerhalb der nächsten 2 Jahre eine bundesweite einheitliche Datenbank zur Verfügung zu haben, die plausible, zugängliche und

<sup>42</sup> Vgl. GEOLOGISCHE DIENSTE NRW (2021).

<sup>43</sup> Vgl. BMWK (2022a).

aufbereitete Informationen über das lokale geothermische Potential enthält. Eine Erstbeurteilung soll mit einer Ampelkarte über die Räume möglich werden. Erste Ergebnisse können ab Beginn des Jahres 2023 vorliegen. Damit können für die hydrothermale mitteltiefe Geothermie standortbezogen erwartete Temperatur, Fließrate und hydraulischer Widerstand eingebunden sein.“

Ferner wird eine „Explorationskampagne“ angekündigt, zu der das BMWK (in seinem „Eckpunkte für eine Erdwärmekampagne“-Papier) folgende Informationen veröffentlicht hat:

„In einer Explorationskampagne für die Mitteltiefe und Tiefe Geothermie sollen mindestens 100 Standorte mit erwartetem gutem geothermischem Potential und nutzbarer Infrastruktur - bevorzugt auf Bestands- oder Brachflächen - in einem wettbewerblichen Verfahren als Demonstrationsprojekte erschließungsfähig qualifiziert werden. Das ist die Basis für Investitionsentscheidungen zum Ausbau geothermischer Systeme und hilft das Fündigkeitsrisiko zu minimieren.“

## 4.2 Normative (institutionen-)ökonomische Analyse

Es bietet sich an, mit Bezug zu den Projektschritten 1 und 2 bei TG-Vorhaben die Frage der Allokation des Fündigkeitsrisikos integriert mit den Fragen der Zuordnung der entsprechenden Aufgaben (bei diesen Projektschritten) und der Finanzierungspflicht als weitere wesentliche (und in gewisser Hinsicht vorgelagerte) Aspekte des institutionellen Rahmens zu betrachten. Dabei ist Folgendes zu berücksichtigen:

- Auf Seiten der öffentlichen Hand sind die Kosten der Risikotragung grundsätzlich geringer als bei privaten Wirtschaftssubjekten.<sup>44</sup> Dies gilt in besonderer Weise für große Gebietskörperschaften, zu denen (in jedem Fall) der Bund, aber auch die Länder gezählt werden können. Dabei werden diese Kosten beim Bund nochmals geringer als bei den Ländern im Allgemeinen und den kleineren und finanzschwachen Ländern im Speziellen sein. Dies spricht dafür, die öffentliche Hand das Fündigkeitsrisiko tragen zu lassen.
- Für die Aufgabenwahrnehmung bei den Projektschritten 1 und 2 ist kein dezentrales Wissen von Bedeutung, welches „irgendwo im Wirtschaftssystem“ bei „irgendwem“ verortet ist. Allenfalls könnten auf öffentlicher Seite z.T. (und insbesondere bei Projektschritt 1) Länder über Wissensvorteile gegenüber dem Bund verfügen.<sup>45</sup> Dies spricht dafür, dass im Hinblick auf Wissensaspekte, die gemäß HAYEK (1945) eine besondere Bedeutung für die Aufgabenzuordnung zwischen öffentlicher Hand und privaten Wirtschaftssubjekten aufweisen, keine Argumente

dagegen vorliegen, dem Bund und / oder den Ländern die Verantwortung für die (auch als Bereitstellung bezeichnete) Wahrnehmung und Finanzierung der Projektschritte 1 und 2 zu übertragen. Zu beachten ist, dass anknüpfend an eine öffentliche Zuordnung der Bereitstellungsverantwortung die Umsetzungsverantwortung durchaus auch an private Unternehmen übertragen werden kann.

- Im Hinblick auf die Abwägung zwischen verschiedenen Wärmeversorgungsoptionen im Rahmen kommunaler Wärmeplanungen ist es vorteilhaft, wenn vorgelagert bereits im Rahmen der Projektschritte 1 und 2 Erkenntnisse zum Potential der Tiefengeothermie in einzelnen Regionen und Kommunen generiert werden. Dass die entsprechende Wissensgenerierung systematisch (im Sinne von flächendeckend) durch (gewinnorientierte) private Wirtschaftssubjekte erfolgt, erscheint unplausibel. Dass die einzelnen Kommunen systematisch diese Aufgaben wahrnehmen werden, ist ebenfalls nicht zu erwarten. (Auch) dies legt eine Aufgabenwahrnehmung durch Bund und / oder Länder nahe.

Diese drei Aspekte berücksichtigend, erscheint es vorteilhaft die Wahrnehmung und Finanzierung der Projektschritte 1 und 2 der öffentlichen Hand und dabei dem Bund und ggf. auch den Ländern zuzuordnen. Welche Optionen dabei für eine Teilung der Aufgaben und der Finanzierungspflichten zwischen Bund und Ländern bestehen, soll hier ausgeklammert und unter Berücksichtigung (verfassungs-)rechtlicher Aspekte im folgenden Abschnitt 4.3 beleuchtet werden.

Es bietet sich an, im Rahmen einer bundesweiten „Explorationskampagne“ flächendeckend und großräumig ein 2-D-seismisches Vorerkundungsprogramm durchzuführen, das auch eine Neubearbeitung und Interpretation von 2-D-Bestandsdaten umfasst. Ergänzend sollten mit der Explorationskampagne einige Testbohrungen zur Einordnung der Ergebnisse der 2-D-Seismiken gemäß vorab definierten Kriterien durchgeführt werden. Als Zeitraum für eine derartige Explorationskampagne scheint ein Zeitraum von 3 Jahren angemessen zu sein und auf Basis einer ersten (groben) Kostenschätzung (in Form einer „Expertenschätzung“ durch das Fraunhofer IEG) sollte ein Budget von etwa 300 Mio. € (für eine solche Explorationskampagne von 36 Monaten) eingeplant werden.<sup>46</sup>

## 4.3 Reformbedarf und Reformoptionen unter Berücksichtigung grundgesetzlicher Vorgaben

Die aktuell zu beobachtende bzw. angekündigte Ausweitung der Aktivitäten von Bund und Ländern hinsichtlich der Projektschritte 1 und 2 bei TG-Vorhaben sind insofern positiv zu beurteilen, als sie „in die richtige Richtung gehen“. Allerdings

<sup>44</sup> Vgl. dazu z.B. BECKERS / CORNEO / KLATT / MÜHLENKAMP (2009).

<sup>45</sup> U.a. könnten die Länder über bessere Informationen als der Bund hinsichtlich der Abnahmestrukturen „vor Ort“ und den sich daraus ergebenden Implikationen für das Potential von TG-Vorhaben für die Wärmeversorgung von Gebäuden verfügen. Allerdings ist zu beachten, dass bei den Projektschritten 1 und 2 generiertes Wissen auch Ausgangspunkt dafür sein kann, TG-Vorhaben zu realisieren, mit denen die Industrie oder die Landwirtschaft mit Energie versorgt werden oder mit denen Strom erzeugt wird.

<sup>46</sup> Im Übrigen sollte mit der Explorationskampagne nicht nur das Potential für die (im Fokus dieser Kurzstudie stehende) hydrothermale, sondern auch für die (in dieser Kurzstudie ansonsten nicht berücksichtigte) petrothermale Tiefengeothermie ermittelt werden.

sollten von Bund und Länder die entsprechenden Aufgaben und Finanzierungspflichten (und damit einhergehend auch die Übernahme des Fündigkeitsrisikos) deutlich weitergehender und letztendlich vollumfassend übernommen werden. Insbesondere mit Bezug zum Projektschritt 2 sind die im „Eckpunkte für eine Erdwärmekampagne“-Papier dargelegten aktuellen Planungen des BMWK als unzureichend einzuordnen.

Im Hinblick auf eine Aufteilung der Aufgaben- und Finanzierungsverantwortung für die Projektschritte 1 und 2 ist zunächst zu berücksichtigen, dass die Kosten der Mittelhebung des Bundes geringer als die der Länder sind, was für eine Aufgabenzuordnung an den Bund spricht. Für die Wahrnehmung der Aufgaben aus den Projektschritten 1 und 2 gibt es sowohl auf Bundesebene (mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) als auch auf Ebene der Länder (mit den Geologischen Landesämtern) Organisationen, die existieren und die die Basis für eine staatliche Aufgabewahrnehmung und zuständig für den Einbezug privater Akteure (wie Ingenieurbüros) als Auftragnehmer sein könnten. Vermutlich verfügen die Länder z.T. über bessere Kenntnisse und „bessere Zugänge“ für die Durchführung von 2-D-Seismiken in ihrem Bereich, jedoch könnten (zumindest) einzelne Länder Probleme damit haben, in kurzer Zeit landesweite Explorationskampagnen durchzuführen. In diesem Kontext sind unter Berücksichtigung der grundgesetzlichen Vorgaben insbesondere die beiden folgenden (Reform-)Optionen in Betracht zu ziehen, denen beiden im Übrigen keine europarechtlichen Restriktionen (durch das Primär- und Sekundärrecht) entgegenstehen dürften:

- **Reformoption 1 (Zuständigkeit der Länder, aber Co-Finanzierung durch den Bund):** Durch ein Bundesgesetz wird die Pflicht der Länder begründet, die Exploration der Potentiale für TG-Vorhaben in Form von flächendeckenden Vorerkundungen und der Erstellung von 2-D-Seismiken sowie ergänzender Testbohrungen sicherzustellen. Die Verwaltungszuständigkeit für die Wahrnehmung dieser Aufgabe liegt dann gemäß der Grundregel der Art. 83 und 84 GG bei den Ländern. Damit einhergehend tragen die Länder gemäß Art. 104a Abs. 1 GG die damit einhergehenden Kosten bzw. sind – anders ausgedrückt – für die Finanzierung dieser Aufgaben zuständig. Unter Rückgriff auf die in Art. 104b Abs. 1 S. 1 Nr. 3 GG eröffnete Option der Gewährung von Finanzhilfen an die Länder, die zur „Förderung des wirtschaftlichen Wachstums“ beitragen, stellt der Bund in einem möglichst weitgehenden Ausmaß Finanzmittel hierfür zur Verfügung. Dass die Erschließung der Potentiale der Tiefengeothermie aus gesamtwirtschaftlicher Sicht vorteilhaft ist und somit zum wirtschaftlichen Wachstum beiträgt, kann als unstrittig angesehen werden. Aus (ökonomischer und infolgedessen auch aus juristischer) Sicht ist ferner plausibel, dass

die Wissensgenerierung hinsichtlich der Potentiale für TG-Vorhaben als Investitionen anzusehen sind, die im Kontext der Bedeutung der Energiewende auch als „bedeutsam“ einzustufen sind.<sup>47</sup>

- **Reformoption 2 (Zuständigkeit und Finanzierungsverantwortung auf Bundesebene):** Durch Bundesgesetz begründet der Bund die Exploration der Potentiale für TG-Vorhaben in Form von flächendeckenden Vorerkundungen und der Erstellung von 2-D-Seismiken sowie ergänzender Testbohrungen als Bundesaufgabe, die gem. Art. 87 Abs. 3 GG durch eine bestehende oder neu errichtete Bundesoberbehörde (oder bundesunmittelbaren Körperschaft oder Anstalt des öffentlichen Rechts) wahrgenommen wird. Damit einhergehend liegt gemäß Art. 104a Abs. 1 GG auch die Finanzierungsverantwortung für die bundesweite Explorationskampagne beim Bund.

Eine abschließende Beurteilung der vorstehend aufgezeigten Reformoptionen ist im Rahmen dieser Kurzstudie nicht möglich. Hierfür sollte nicht zuletzt eine detailliertere Betrachtung der bestehenden Ressourcen bei den bestehenden Behörden (und ggf. weiterer relevanter Organisationen) auf Ebene des Bundes und der Länder erfolgen. Ergänzend sollten Überlegungen bezüglich einer Umsetzungs- und Beschaffungsstrategie durchgeführt werden, die Optionen zur Einbeziehung privater Unternehmen sowie ggf. auch die Veränderung bestehender öffentlicher Organisationsstrukturen und die Etablierung Gebietskörperschaften-übergreifender (öffentlicher) Unternehmen berücksichtigen, die (vergaberechtskonform) Aufgaben im Bereich der Umsetzung übernehmen könnten. Dabei sollte die zügige Umsetzbarkeit von Explorationskampagnen als wesentlicher (Bewertungs-)Aspekt berücksichtigt werden. Dieser Aspekt könnte letztendlich dafür sprechen, die Reformoption 2 zu bevorzugen, da so Synergieeffekte und damit einhergehend auch „Geschwindigkeitsvorteile“ realisierbar sind. Ein weiteres Argument für eine Entscheidung für die Reformoption 2 ist, dass einige Länder bei der Reformoption 1 Schwierigkeiten haben könnten, die bei der (Co-)Finanzierung des Bundes gemäß Art. 104b Abs. 2 S. 5 GG unbedingt bereitzustellenden eigenen (Landes-)Mittel aufzubringen.

<sup>47</sup> Der Bund darf den Ländern nach Art. 104b GG keine Finanzhilfen für Darlehen, Kapitalzuweisungen oder sonstige Finanzinvestitionen gewähren, sondern nur für Sachinvestitionen (Heun/Thiele, in: Dreier, GG-Kommentar, 3. Aufl. 2018, Art. 104b Rn. 14 m.w.N.). Ob projektvorbereitende Wissensgenerierungen in diesem Zusammenhang auch als Sachinvestitionen einzuordnen sind, ist bislang nicht eindeutig geklärt, dürfte aber angesichts der klaren Zwecksetzung der Explorationsaufgabe (Investitionen in Tiefengeothermie) jedenfalls im hier gegebenen Kontext zu bejahen sein.

# 5. Projektschritte 3 bis 6 (3-D-Seismik bis Reservoir-Erschließung) und Grundsatzfragen: Ausgestaltung des institutionellen Rahmens

In diesem Kapitel werden mit Bezug zu den Projektschritten 3 bis 6 (3-D-Seismik bis Reservoir-Erschließung) Reformbedarfe hinsichtlich des institutionellen Rahmens für TG-Vorhaben herausgearbeitet und diesbezügliche Reformoptionen identifiziert, die zu einer Beseitigung wesentlicher Hemmnisse hinsichtlich der Nutzung der Potentiale der Tiefengeothermie führen können bzw. dürften. Eine besondere Beachtung findet dabei die Frage der Allokation des Fündigkeitsrisikos. Dabei ist dieses Kapitel wie folgt „zweigeteilt“:

- Zunächst wird in Abschnitt 5.1 davon ausgegangen, dass die Zuordnung der Rolle des TG-Vorhabenträgers gemäß den aktuellen Regelungen im Bundesberggesetz (BBergG) erfolgt.
- Im anschließenden Abschnitt 5.2 wird ein Übergang zu einem Aufgabenträger-Ansatz für TG-Vorhaben thematisiert.

In Abschnitt 5.3 wird ein Fazit gezogen.

## 5.1 Bei bestehender Zuordnung der TG-Vorhabenträger-Rolle gemäß BBergG

Den Status quo abbildend und folglich davon ausgehend, dass die Rolle des TG-Vorhabenträgers einem Unternehmen gemäß BBergG durch eine entsprechende „Bewilligung“ zugeteilt wird,<sup>48</sup> erfolgen in diesem Abschnitt die Analysen zu Reformbedarfen hinsichtlich des institutionellen Rahmens für TG-Vorhaben und diesbezüglichen Reformoptionen. Zunächst wird in Abschnitt 5.1.1 die Allokation des Fündigkeitsrisikos im Zusammenspiel mit der Frage der finanziellen Unterstützung von TG-Vorhaben durch die öffentliche Hand thematisiert. Ergänzend wird in Abschnitt 5.1.2 auf Koordinationserfordernisse erstens zwischen TG-Vorhabenträgern einerseits und kommunaler Wärmeplanung sowie Wärmenetz-Betreibern andererseits (in Abschnitt 5.1.2.1) und zweitens zwischen einer Systementwicklungsstrategie und kommunalen Wärmeplanungen einerseits sowie einer finanziellen Unterstützung von TG-Vorhaben aus (Bundes- oder Landes-) Haushalts- oder Fondsmitteln andererseits (in Abschnitt 5.1.2.2) eingegangen.

### 5.1.1 Allokation des Fündigkeitsrisikos im Zusammenspiel mit der Frage der finanziellen Unterstützung von TG-Vorhaben durch die öffentliche Hand

Die Allokation des Fündigkeitsrisikos zwischen einem TG-Vorhabenträger, den Nachfragern und der öffentlichen Hand wird in diesem Abschnitt mit Bezug zu Szenarien untersucht. Zunächst wird in 5.1.1.1 davon ausgegangen, dass ein TG-Vorhaben, das annahmegemäß aus gesamtwirtschaftlicher Sicht als vorteilhaft einzustufen ist, nur mit Hilfe einer unterstützenden Finanzmittelbereitstellung der öffentlichen Hand (aus Mitteln des Bundes- oder eines Landeshaushalts oder einem öffentlichen Fonds) realisiert werden kann. Mit Bezug zu diesem Szenario werden zunächst (in Abschnitt 5.1.1.1.1) der Status quo dargestellt, sodann eine normative (institutionen-)ökonomische Analyse (in Abschnitt 5.1.1.1.2) durchgeführt und abschließend (in Abschnitt 5.1.1.1.3) Reformbedarf und -optionen aufgezeigt. In den weiteren, in Abschnitt 5.1.1.2 thematisierten Szenarien werden (nahezu in jedem Fall oder zumindest im Base-Case-Projektverlauf) ohne Förderbedarf tragfähige TG-Vorhaben betrachtet. In Abschnitt 5.1.1.3 wird ein kurzes Fazit gezogen. Im gesamten Abschnitt 5.1.1 wird im Übrigen grundsätzlich davon abstrahiert, dass ein TG-Vorhabenträger ein Wärmenetz nutzen muss, um seine (End-)Kunden mit Wärme versorgen zu können; hierauf wird im anschließenden Absatz 5.1.2 eingegangen.

#### 5.1.1.1 Annahme eines Förderbedarfs für TG-Vorhaben

##### 5.1.1.1.1 Darstellung des Status quo

Sofern die von den Wärmenachfragern erzielbaren Einnahmen nicht ausreichen, um die für Realisierung und Betrieb eines (annahmegemäß aus gesamtwirtschaftlicher Sicht als vorteilhaft einzustufenden) TG-Vorhabens anfallenden Ausgaben abzudecken, benötigt ein TG-Vorhabenträger finanzielle Unterstützung der öffentlichen Hand. Dafür kommen Mittel aus dem Bundes- oder einem Landeshaushalt und / oder aus einem öffentlichen Fonds (wie dem KTF) in Betracht.

Inwieweit Nachfrager in die Tragung des Fündigkeitsrisikos einbezogen werden, wird durch die Regulierung (und vor allem durch das „regulatorische Anreizregime“) beeinflusst.

<sup>48</sup> Inwiefern die im BBergG vorgesehene Art der Zuordnung der Berechtigung zur Gewinnung von Erdwärme mit dem den Analysen und Bewertungen in dieser Kurzstudie zugrunde liegenden Zielsystem (und dabei speziell mit dem Ziel der Effizienz aus Nachfrager und Steuerzahler-Sicht) konfliktieren könnte, wird in diesem Abschnitt 5.1 nicht bzw. allenfalls am Rande thematisiert, jedoch im folgenden Abschnitt 5.2 explizit angeschnitten.

Allerdings kann in dieser Kurzstudie keine diesbezügliche juristische Analyse (und keine Detailbetrachtung der verschiedenen Regulierungs-Regime) erfolgen. Es kann jedoch festgehalten werden, dass die Fähigkeit der (potentiellen) Nachfrager „vor Ort“ begrenzt ist, sehr große Risiken zu tragen. Als ein derartiges sehr großes Risiko dürfte i.d.R. zumindest die Gefahr eines Projektabbruchs einzustufen sein, welcher in bzw. nach den Projektschritten 4 (Probebohrung) oder sogar 5 (Tests & Engineering) oder 6 (Reservoir-Erschließung) erfolgt. Empirisch hat sich – so die (zumindest nahezu) einheitliche Auskunft von Sektorexperten – gezeigt, dass von privaten Versicherungsanbietern keine Produkte angeboten werden, die zu einer aus Sicht von TG-Vorhabenträgern effektiven Absicherung des Fündigkeitsrisikos und speziell des Abbruchrisikos beitragen.

Allerdings trägt die öffentliche Hand im Status quo bei TG-Vorhaben zur Absicherung gegen das Fündigkeitsrisiko bei. Dies kann zunächst erfolgen, wenn ein TG-Vorhaben durch die BEW unterstützt wird. Dabei kann für TG-Vorhaben ein Investitionszuschuss gewährt werden, mit dem eine Absicherung gegen das Fündigkeitsrisiko einhergehen kann, wenn er im Falle eines Projektabbruchs (infolge einer negativen Realisierung des Fündigkeitsrisikos) nicht (oder zumindest nicht vollständig) zurückzuzahlen ist. Sollte die geothermische Bohrung zur Wärmeerzeugung zur Erreichung der erforderlichen Vorlauftemperaturen mit einer (Groß-)Wärmepumpe kombiniert werden, kann für den Betrieb der Wärmepumpe eine laufende Förderung des Betriebs aus der BEW hinzukommen. Auf diese Weise kann die BEW dann doch zu einer gewissen Absicherung eines TG-Vorhabenträgers gegen das Fündigkeits-Performancerisiko beitragen, da im Falle einer verringerten Ergiebigkeit des TG-Vorhabens tendenziell eine erhöhte Förderung des Wärmepumpenbetriebs erfolgt. Die genaue Ausgestaltung des Anreizregimes bei einer derartigen Betriebskostenförderung kann im Rahmen dieser Kurzstudie im Übrigen nicht herausgearbeitet werden.

Ferner können durch den Bund über das Energieforschungsprogramm der Bundesregierung TG-Vorhaben unterstützt bzw. „gefördert“ werden. Dabei kann eine Unterstützung unabhängig vom erfolgreichen Betriebsstart erfolgen, so dass eine Finanzmittelbereitstellung des Bundes auch zur Abdeckung von Kosten bei Vorhaben beitragen kann, die abgebrochen werden; damit kann dann das (Fündigkeits-)Abbruchrisiko teilweise vom

Bund übernommen werden. Allerdings sind aktuell die Regelungen zum Erhalt einer Förderung aus dem Energieforschungsprogramm nur begrenzt klar. Die vom BMWK in seinem „Eckpunkte für eine Erdwärmekampagne“-Papier angekündigte Unterstützung von 100 TG-Vorhaben soll wohl ebenfalls über das Energieforschungsprogramm der Bundesregierung erfolgen, was Möglichkeiten eröffnen dürfte, Fündigkeitsrisiko (zumindest) in einem gewissen Umfang abzusichern.

In der Praxis ist eine Förderung von TG-Vorhaben nicht nur mit Bundes-, sondern auch mit Landesmitteln zu beobachten gewesen (bzw. aktuell zu beobachten).<sup>49</sup> Dies wird jedoch in dieser Kurzstudie nicht weiter thematisiert.

Abschließend festgehalten werden kann, dass im Status quo durchaus Möglichkeiten bestehen, einen TG-Vorhabenträger durch den Bund (und ggf. auch durch Länder) finanziell zu unterstützen und damit einhergehend Fündigkeitsrisiko der öffentlichen Hand zuzuordnen. Die diesbezüglichen Regelungen erscheinen jedoch nur begrenzt transparent zu sein, was sowohl eine genaue Erfassung des Status quo erschwert als auch die Transaktionskosten für (potentielle) Vorhabenträger erhöht, die ein Verständnis der Unterstützungs- und Risikoabsicherungsmöglichkeiten durch die öffentliche Hand erst gewinnen müssen.

#### 5.1.1.2 Normative (institutionen-)ökonomische Analyse

Die deutlich geringeren Kosten der Risikoübernahme des Bundes im Vergleich sowohl zu denen eines Kollektivs der Nachfrager bei einem konkreten (geplanten oder realisierten) TG-Vorhaben als auch zu denen eines TG-Vorhabenträgers sind ein gewichtiges Argument dafür, dass der Bund zur Absicherung des Fündigkeitsrisikos wesentlich beiträgt. Dafür kann er seine Finanzbeziehung zum TG-Vorhabenträger nutzen, welche aufgrund der (annahmegemäß erfolgenden) Bundesunterstützung des Vorhabens besteht. Ein Gegenargument könnten Fehlanreize und in diesem Zusammenhang auch Transaktionskosten sein, die mit einer entsprechenden Risikoabsicherung eines TG-Vorhabenträgers einhergehen. Es erscheint unwahrscheinlich, dass dabei in Anlehnung an das Beispiel der Absicherung von Vorhabenträgern von Onshore-Windenergieanlagen gegen das „Windrisiko“ gemäß dem EEG ein hartes Anreizregime etabliert werden kann. Vielmehr dürfte sich ein Monitoring-Anreizregime anbieten. Dessen

<sup>49</sup> Vgl. hierzu z.B. Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2023).



Anwendung erfordert eine genauere Befassung mit dem entsprechenden TG-Vorhaben durch die öffentliche Hand im Allgemeinen und den Bund im Speziellen, die jedoch (zumindest ex ante) ohnehin erforderlich sein wird, um die Notwendigkeit und die Höhe einer finanziellen Unterstützung des TG-Vorhabenträgers beurteilen zu können. In diesem Kontext ist grundsätzlich nicht zu erwarten, dass der zweite (negative) Effekt (in Form von Fehlanreizen und Transaktionskosten) den ersten (positiven) Effekt (in Form von bei einer Gesamtbetrachtung reduzierten Kosten der Risikoübernahme) überwiegen wird. Dies gilt insbesondere dann, wenn eine entsprechende Risikoallokation in ein gegenüber dem TG-Vorhabenträger etabliertes Anreizregime eingebettet ist, welches durchdacht ist und damit einhergehend auch eine adäquate organisatorische Aufstellung auf Seiten der öffentlichen Hand umfasst. Dabei ist nicht zuletzt anzustreben, dass die Risikoabsicherung durch den Bund die Anreize des Vorhabenträgers zu sinnvollen Risikomanagement-Aktivitäten nicht bzw. möglichst wenig beeinträchtigt. Um dies zu erreichen, dürfte es grundsätzlich sinnvoll sein, zwar sehr weitgehende, aber regelmäßig keine vollumfassenden Absicherungen von TG-Vorhabenträgern gegen das (Fündigkeits-)Risiko vorzusehen. Dabei kann auf einen (eine Risikoteilung implizierenden) Zielpreis-Ansatz zurückgegriffen werden. Letztendlich wird durch eine derartige Risikoabsicherung (getrieben durch den Effekt der Reduktion der Gesamtkosten der Risikoübernahme) eine Reduktion der öffentlichen Finanzmittel erforderlich sein, mit denen das entsprechende TG-Vorhaben zu unterstützen ist.<sup>50</sup>

Auch eine gewisse (eher geringe) Übernahme von Fündigkeitsrisiko und dies speziell mit Bezug zum Performancerisiko durch die Nachfrager erscheint im Übrigen sinnvoll, da es zur Eindämmung von Fehlanreizen beitragen kann. Vorzugswürdig ist, gegenüber TG-Vorhabenträgern ein insofern „integriertes Regulierungs- und Anreizregime“ zu etablieren, als dieses die (Koordinations- und Finanz-)Beziehungen der TG-Vorhabenträger sowohl zum Bund als auch zu den Nachfragern berücksichtigt. Sofern öffentliche Unternehmen die Rolle des Vorhabenträgers inne haben, führt eine gewisse Risikoübertragung an die Nachfrager dazu, dass die Implikationen einer (partiellen) Übernahme von Fündigkeitsrisiko durch den Bund hinsichtlich möglicher Fehlanreize geringer sein dürften. Denn öffentliche Unternehmen werden tendenziell ein (zumindest im Vergleich zu privaten Unternehmen höheres) Interesse daran haben, die Belastung der Nachfrager zu begrenzen.

<sup>50</sup> Zwar existieren – wie in Abschnitt 5.1.1.1.1 angemerkt – derzeit keine Versicherungsangebote zur Absicherung von TG-Vorhabenträgern gegen das Fündigkeitsrisiko, jedoch wäre denkbar, dass der Bund das Angebot von entsprechenden Versicherungspolicen durch (private) Versicherungsunternehmen (finanziell) fördert und so indirekt eine Absicherung der TG-Vorhabenträger unterstützt. Allerdings ist im vorliegenden Fall unplausibel, dass dies aus Sicht von Steuerzahlern und Nachfragern mit geringen Kosten einhergeht als eine direkte Risikoübernahme durch die öffentliche Hand. Dies ist zunächst dadurch bedingt, dass erstens der Aufbau eines entsprechenden öffentlichen Förderregimes für Versicherungen auch mit Transaktionskosten einhergehen wird. Zweitens hat sich die öffentliche Hand ohnehin aufgrund ihrer Rollen bzw. Aufgaben im Rahmen von Regulierungsregimen und TG-Vorhabenträger adressierenden Förderregimen mit (konkreten) TG-Vorhaben (und ex ante vorgelegten Kostenschätzungen und ex post angegebenen Kosten) zu befassen. Dies kann und dürfte die (inkrementellen) Kosten begrenzen, die bei der öffentlichen Hand aufgrund der (mit einer Übernahme von Fündigkeitsrisiko sinnvollerweise einhergehenden) Etablierung und Administration von Anreiz- und Kontrollregimen anfallen. Drittens werden die Kosten der Risikoübernahme auf öffentlicher Seite (und dies in besonderer Weise beim Bund, hingegen bei den Ländern z.T. nur in abgeschwächter Weise) grundsätzlich geringer sein als bei Versicherungsunternehmen. Vor diesem Hintergrund wird auf eine öffentliche Förderung entsprechender Versicherungsangebote als eine Alternative zur Übernahme von Fündigkeitsrisiko durch die öffentliche Hand im Allgemeinen und den Bund im Besonderen im Folgenden nicht weiter eingegangen.

Anstelle der Bundes- könnte auch die Landesebene TG-Vorhaben unterstützen und Fündigkeitsrisiko tragen. Allerdings erscheint es aufgrund der federführenden und koordinierenden Rolle des Bundes im Energiesystem sowie seiner größeren Finanzkraft (bzw. – anders formuliert – der geringeren Kosten der Finanzmittelerhebung auf Bundesebene) sinnvoller, dass durch ihn (und nicht durch die Länder) TG-Vorhaben (ausschließlich oder zumindest überwiegend) finanziell unterstützt und (in einem gewissen Ausmaß) gegen Fündigkeitsrisiko (und ggf. auch gegen weitere Risiken) abgesichert werden.

#### 5.1.1.1.3 Reformbedarf und Reformoptionen unter Berücksichtigung grundgesetzlicher Vorgaben

Ein Reformbedarf hinsichtlich der finanziellen Unterstützung eines TG-Vorhabenträgers und seiner Absicherung gegen Fündigkeitsrisiko durch den Bund besteht zunächst insofern, als die entsprechenden Regelungen so angepasst werden sollten, dass der Rückgriff auf und die Nutzung der entsprechenden (Finanzierungs- und Anreiz-)Regime „Transaktionskosten-arm“ erfolgen können sollte. Dies ist insbesondere bedeutsam, um eine größere Anzahl an TG-Vorhaben auf eine effiziente Weise zu adressieren und so die bestehende Potentiale zur Wärmeversorgung der Gebäude aus Tiefengeothermie auszunutzen.

Es bietet sich an, die Absicherung von TG-Vorhabenträger gegen Fündigkeitsrisiko in ein Regime zur finanziellen Unterstützung der Vorhaben zu integrieren. Verfassungsrechtliche Bedenken hiergegen sind nicht erkennbar. In Betracht kommt dafür zunächst – orientiert etwa an der BEW – ein klassisches Förderregime auf haushaltsrechtlicher Grundlage. Sofern ein nicht unerheblicher Vollzugaufwand anfallen sollte, könnte ein Bundesgesetz gem. Art. 87 Abs. 3 GG erforderlich sein, weil der Bund nur durch Bundesgesetz eigene Einrichtungen mit Vollzugaufgaben betrauen darf. Darüber hinaus könnte aber auch wegen der Bedeutung der Förderung von TG-Vorhaben für die Struktur der Energiewirtschaft sowie für die Planungen der Kommunen eine gesetzliche Grundlage wohl verfassungsrechtlich geboten sein. Unionsrechtlich ist zu beachten, dass die Absicherung von TG-Vorhaben im Rahmen eines staatlichen Förderregimes eine Beihilfe darstellt und deshalb das unionsrechtliche Beihilferegime beachtet werden muss. Auch eine (eher weitgehende und nicht vollständige)

Übernahme des Fündigkeits-Abbruchrisikos durch den Bund kann über derartige „Betreiber-Förderung“ umgesetzt werden.

Alternativ denkbar ist, die finanzielle Unterstützung von TG-Vorhaben durch den Bund von der Absicherung des TG-Vorhabenträgers gegen Fündigkeitsrisiko durch den Bund zu trennen. Die Risikoabsicherung würde dann über ein durch den Bund gestaltetes Versicherungs-Regime erfolgen. Die Herausforderung der Etablierung eines Anreizregimes, welches einhergehend mit der öffentlichen Risikoübernahme Fehlanreize auf Seiten des Betreibers verhindert bzw. (möglichst) minimiert, würde dann (ausschließlich) im Rahmen der Versicherungslösung bestehen. Denkbar wäre beispielsweise, durch die bundeseigene Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) ein derartiges (Standard-) Versicherungs-Regime anzubieten. Zu beachten wäre, dass dann sowohl bei der Ermittlung des Erfordernisses und der Höhe einer finanziellen (Bundes-)Unterstützung des TG-Vorhabenträgers als auch bei der Gestaltung des Anreizregimes im Rahmen der Versicherungslösung eine intensive Prüfung bzw. ein Monitoring des TG-Vorhabens zu erfolgen hätte; zu prüfen wäre, ob und wie ineffiziente Dopplungen beim entsprechenden Wissensaufbau auf öffentlicher Seite vermieden werden könnten. Auch für eine solche öffentliche Versicherungslösung könnte eine gesetzliche Grundlage erforderlich sein und die Restriktionen des unionalen Beihilferechts wären zu beachten.

Es erscheint fraglich, aber soll im Rahmen dieser Kurzstudie nicht abschließend beurteilt werden, ob (bzw. inwieweit) die bestehenden Regulierungs-Regime, die die Beziehung eines TG-Vorhabenträgers zu seinen (End-)Nachfragen adressieren, keine relevanten Defizite aufweisen. In diesem Zusammenhang sei u.a. darauf verwiesen, dass dem geltenden Recht der Fernwärmeversorgung (soweit die konkrete Versorgung nicht öffentlich-rechtlich organisiert ist) die Prämisse zugrunde liegt, dass ein Wettbewerb zwischen verschiedenen Energieversorgungsoptionen für einzelne Gebiete, Quartiere und Gebäude besteht.<sup>51</sup> Hiervon wird zukünftig zumindest in einem deutlich geringeren Ausmaß als bislang auszugehen sein, wobei die entsprechende Wettbewerbsintensität auch in der Vergangenheit bereits nicht selten eher gering gewesen sein dürfte. Vor diesem Hintergrund ist eine Reform bzw. die Prüfung einer Reform hinsichtlich des Regulierungs-Regimes anzuregen, das die Beziehung eines TG-Vorhabenträgers (bzw. – auch das Wärmenetz berücksichtigend – eines Tiefengeothermie nutzenden Wärmeversorgers) zu seinen Nachfragern adressiert. Dabei sind nicht zuletzt auch explizit die Risikoallokation im Allgemeinen und die Allokation des Fündigkeitsrisikos in das entsprechende Anreizregime geeignet zu gestalten. Wie dargelegt, sollte eine gewisse Übernahme des Fündigkeits-Performance-Risikos durch die Nachfrager dabei angestrebt werden.

Inwieweit und auf welche Weise eine Abstimmung und ggf. auch Integration der Anreiz- und Regulierungsregime erfolgen sollte und unter Berücksichtigung (verfassungs- und europa-) rechtlicher Restriktionen erfolgen kann, die die Beziehung des TG-Vorhabenträgers einerseits zu den Nachfragern und andererseits zum Bund betreffen, kann im Rahmen dieser Kurzstudie nicht beurteilt werden. Dies sollte in jedem Fall genauer untersucht werden.

### 5.1.1.2 Ohne Förderbedarf tragfähige Vorhaben (nahezu in jedem Fall oder zumindest im Base-Case-Projektverlauf)

#### 5.1.1.2.1 (Nahezu) in jedem Fall ohne Förderbedarf tragfähige Vorhaben

TG-Vorhaben können insofern nahezu risikofrei sein, als ein sehr geringes Fündigkeits-Abbruchrisiko besteht und (zumindest nahezu) in allen Szenarien, in denen kein Projektabbruch erfolgt, auch ohne finanzielle Zuschüsse der öffentlichen Hand (ggf. sogar sehr hohe) Gewinne erzielt werden. Solche TG-Vorhaben sind aktuell in wenigen ausgewählten Gebieten, die sich durch besonders große TG-Potentiale und bereits erfolgreiche Erschließung und dem damit einhergehenden Erkenntnisgewinn über die geologische Konstellation auszeichnen, denkbar, in Deutschland z.B. im Raum München. Damit einhergehend könnte ein derartiges TG-Vorhaben für den Vorhabenträger im Erwartungswert zu (ggf. sogar sehr) hohen Gewinnen führen. Dass aus Sicht von Vorhabenträgern TG-Vorhaben derart lukrativ sein können, ist eine Folge der bestehenden Regelungen im BBergG zur Zuordnung der Rolle des Vorhabenträgers, die durch die behördliche Bewilligung eines entsprechenden Antrags hinsichtlich der Gewinnung der geothermischen Energie erfolgt.

Von dem als unwahrscheinlich eingestuften Fall eines Projektabbruchs abstrahierend, ist bei einem derartigen TG-Vorhaben nicht nur (offensichtlich) keine finanzielle Unterstützung durch die öffentliche Hand erforderlich, sondern es kann und sollte – das den Analysen und Beurteilungen in dieser Kurzstudie zugrunde liegende Zielsystem im Allgemeinen und das definierte Effizienz-Ziel im Speziellen berücksichtigend – eine öffentliche Absicherung des TG-Vorhabenträgers gegen das Fündigkeitsrisiko unterbleiben.

#### 5.1.1.2.2 Zumindest im Base Case-Projektverlauf ohne Förderbedarf tragfähige Vorhaben

Ferner denkbar sind (wiederum aus gesamtwirtschaftlicher Sicht als vorteilhaft angenommene) TG-Vorhaben, bei denen trotz des Fündigkeitsrisikos bei einem „Base Case-Projektverlauf“ zumindest eine „schwarze Null“ erreicht würde, jedoch bei einer ungünstigen Realisierung des Fündigkeitsrisikos

<sup>51</sup> Vgl. etwa Topp, in: Theobald/Kühling, Energierecht, 76. Fernwärmerecht, Rn. 173: „Der Fernwärmeanbieter steht nach herrschender kartellrechtlicher Auffassung der Praxis vor der erstmaligen und erneuten Entscheidung des Kunden für oder gegen die zur Beheizung verwendeten Energieträger in einem Systemwettbewerb. Dieser Wettbewerb besteht zwischen Fernwärme auf der einen Seite und auf der anderen Seite Eigen- oder Objektversorgung (mit Öl, Gas, Pellets, Wärmepumpen und anderen Brennstoffen), dem verstärkten Einsatz von Passiv- und Effizienzhäusern und Fremdversorgung mit kompletten Systemen wie dem Wärmecontracting, Nahwärme oder Flüssiggasversorgung aus einer Hand (mit vom Versorger angemieteten Tanks)“.

(aus betriebswirtschaftlicher Sicht) Verluste anfallen würden. Eine Projektrealisierung könnte dann u.U., aber nicht unbedingt auch ohne eine finanzielle Unterstützung durch den Bund erfolgen.

Allerdings könnten bei einer (öffentlichen) Absicherung des TG-Vorhabenträgers durch den Bund aus gesamtwirtschaftlicher Sicht die Kosten der Risikoübernahme gesenkt werden. Denkbar wäre, eine derartige Versicherungsleistung so zu bepreisen, dass im Erwartungswert auf öffentlicher Seite keine Verluste anfallen. Das Angebot einer derartigen Versicherungslösung kann ggf. dazu führen, dass ein etwaiger finanzieller Unterstützungsbedarf des TG-Vorhabenträgers entfällt. In diesem Kontext erscheint es (auch im Lichte des in der Kurzstudie angewandten Zielsystems) vorteilhaft, eine derartige Versicherungslösung vorzusehen. Diese Versicherungslösung und das dabei angewendete Anreizregime können problemlos in ein Regime zur finanziellen Unterstützung und Absicherung gegen das Fündigkeitsrisiko durch den Bund bei (den in Abschnitt 5.1.1.1 betrachteten) TG-Vorhaben integriert werden, bei denen in jedem Fall ein Zuschussbedarf besteht. Dies dürfte Transaktionskosten reduzieren.

Beeinflussen dürfte eine derartige Versicherungslösung die Eignung verschiedener Typen von Investoren für die Rolle eines TG-Vorhabenträgers. Während sehr große und kapitalintensive Unternehmen relativ gut Risiko tragen können, ist dies bei einem öffentlichen Unternehmen im Eigentum der entsprechenden Kommune, in der ein TG-Vorhaben realisiert werden soll, nicht unbedingt und speziell bei einer kleinen Kommune als Eigentümerin eher nicht der Fall. Allerdings können derartige öffentliche Unternehmen den (bereits in den Abschnitten 3.4 und 5.1.1.2 thematisierten) Vorteil aufweisen, dass im Falle von (zu erwartenden) Kontrahierungsproblemen die Effizienz der Vorhabenrealisierung (ggf. sogar sehr deutlich) weniger beeinträchtigt werden dürfte.

### 5.1.1.3 Fazit

Die Analysen in diesem Abschnitt 5.1.1.1 haben aufgezeigt, dass die öffentliche Hand und dabei insbesondere der Bund TG-Vorhabenträger nicht vollständig, aber dennoch weitgehend gegen das Fündigkeitsrisiko absichern sollte. Diese Absicherung sollte integriert mit einem Regime zur (etwaigen) finanziellen Unterstützung von TG-Vorhaben durch den Bund konzipiert werden. Eine gewisse Übernahme von Fündigkeitsrisiko und dabei speziell (Fündigkeits-)Performance-Risiko durch die Nachfrager ist ebenfalls zu empfehlen. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass eine grundsätzliche Reform bzw. die Prüfung einer entsprechenden Reform hinsichtlich des Regulierungs-Regimes stattfinden sollte, das die Beziehung eines TG-Vorhabenträgers (bzw. – auch das Wärmenetz berücksichtigend – eines Tiefengeothermie nutzenden Wärmeversorgers) zu seinen Nachfragern adressiert.

## 5.1.2 Koordinationserfordernisse

Ergänzend zu den Analysen zur Allokation des Fündigkeitsrisikos im vorangegangenen Abschnitt 5.1.1 wird in diesem Abschnitt kurz auf Koordinationserfordernisse im Zusammenhang mit TG-Vorhaben eingegangen. Zunächst werden die bei (einzelnen) Vorhaben vorhandenen Koordinationserfordernisse zwischen TG-Vorhabenträgern einerseits und kommunaler Wärmeplanung und Wärmenetz-Betreibern andererseits (in Abschnitt 5.1.2.1) thematisiert. Anschließend werden (in Abschnitt 5.1.2.2) Koordinationserfordernisse aufgezeigt, die bei der Gestaltung des übergeordneten Rahmens für einzelne TG-Vorhaben zwischen einer Systementwicklungsstrategie und den (übergreifenden) Regelungen bezüglich der Erstellung konkreter Wärmeplanungen sowie einem Regime zur finanziellen Unterstützung von TG-Vorhaben aus öffentlichen Mitteln vorliegen. Dieser Abschnitt ist darauf ausgerichtet, aus einer ökonomischen Perspektive auf (Koordinations)Herausforderungen bei einzelnen TG-Vorhaben und bei der übergeordneten Rahmensezung hinzuweisen; es erfolgen jedoch keine juristischen Analysen und es werden keine Vorschläge hinsichtlich möglicher Reformmaßnahmen unterbreitet.

### 5.1.2.1 Koordination zwischen TG-Vorhabenträgern einerseits und kommunaler Wärmeplanung und Wärmenetz-Betreibern andererseits

#### 5.1.2.1.1 Koordination zwischen kommunaler Wärmeplanung und TG-Vorhabenträgern

Unternehmen, welche gemäß BBergG die Bewilligung zur Gewinnung von Wärmeenergie im Rahmen eines TG-Vorhabens erhalten haben und damit die Rolle des Vorhabenträgers einnehmen, agieren regelmäßig gewinnorientiert. Deren Vorstellungen zur Aufnahme und zum Ausmaß der Wärmegewinnung sowie zum Vertrieb dieser Wärmeenergie müssen keinesfalls mit den im Rahmen einer kommunalen Wärmeplanung festgelegten diesbezüglichen Planungsentscheidungen übereinstimmen.<sup>52</sup> Denkbar ist auch, dass in einer kommunalen Wärmeplanung die Realisierung eines TG-Vorhabens zur Wärmeversorgung von Gebäuden (als Vorzugslösung) vorgesehen wird, aber kein Unternehmen an einer Realisierung des Vorhabens und der Einnahme der Vorhabenträger-Rolle Interesse zeigt. Es ist zu prüfen (aber kann im Rahmen dieser Kurzstudie nicht erfolgen), wie der institutionelle Rahmen für TG-Vorhaben zur Adressierung dieser Koordinationsprobleme ggf. weiterentwickelt werden sollte. Die aufgezeigten Koordinationsprobleme werden im Übrigen häufig nicht auftreten bzw. vergleichsweise unkompliziert zu lösen sein, wenn im Rahmen einer „quasi-Integrations-Lösung“ ein öffentliches Unternehmen („Stadtwerk“) die Rolle des Vorhabenträgers innehat.

<sup>52</sup> Dies gilt im Übrigen nicht nur für einen TG-Vorhabenträger, sondern auch für einen Wärmenetzbetreiber. In diesem Abschnitt wird jedoch von dem Erfordernis der (weiteren) Koordination mit dem Wärmenetz bzw. dessen Betreiber (noch) abstrahiert.

### 5.1.2.1.2 Koordination zwischen TG-Vorhabenträgern und Wärmenetz-Betreibern

Wenn die Rollen des TG-Vorhabenträgers und des Wärmenetzbetreibers, der die Endkunden mit Wärme versorgt, auf zwei verschiedene Akteure verteilt sind, besteht zwischen diesen ein Koordinationserfordernis. Zunächst haben diese beiden Akteure sich über die Dimensionierung der Wärmeerzeugung einerseits und der Endkundenversorgung und damit der Dimensionierung und dabei vor allem Ausdehnung des Wärmenetzes andererseits zu verständigen.

Ferner haben sie sich jedoch auch über wirtschaftliche Konditionen abzustimmen und zu klären, wie die Zahlungen von den Endkunden (und dies ggf. unter Berücksichtigung von finanziellen Förderungen für das entsprechende Wärmesystem durch die öffentliche Hand) zwischen ihnen aufgeteilt werden. Ein besonderes Konfliktpotential kann dabei bestehen, wenn infolge der Art der Zuordnung der TG-Vorhabenträger-Rolle (und zwar durch Bewilligung zur Wärmegewinnung gemäß BbergG) mit dem entsprechenden Vorhaben hohe Gewinne erzielt werden können. Denkbar erscheint, dass der allgemeine, (sektor-)übergreifend etablierte Rechtsrahmen und dabei nicht zuletzt das Kartellrecht, einen Beitrag zur Lösung derartiger (Verteilungs-)Konflikte leisten kann. Nichtsdestoweniger dürften die Transaktionskosten, die bei der „Bewältigung“ dieses Koordinationsbedarfs anfallen, (unnötig) hoch sein. Dies spricht dafür, eine (sektor-)spezifische Adressierung der aufgezeigten Koordinations- (und dabei nicht zuletzt auch Macht-)Probleme in Erwägung zu ziehen.

Nicht auftreten werden die dargestellten Koordinationsprobleme im Übrigen, wenn ein Akteur die Rolle des TG-Vorhabenträgers und die des Wärmenetz-Betreibers wahrnimmt, was als „Integrationslösung“ eingeordnet werden kann.

### 5.1.2.2 Koordination zwischen Systementwicklungsstrategie und Rahmen für kommunale Wärmeplanungen einerseits sowie Regime zur finanziellen Unterstützung von TG-Vorhaben mit öffentlichen Mitteln andererseits

Ein auf Bundesebene zu etablierender institutioneller Rahmen für kommunale Wärmeplanungen hat – wie bereits in Abschnitt 3.2 dargelegt – die Grundlage dafür zu schaffen, dass kommunale Wärmeplanungen im Einzelfall und im Aggregat kompatibel mit einer Systementwicklungsstrategie sind. Während Systementwicklungsstrategie und kommunale Wärmeplanungen grundsätzlich eine eher gesamtwirtschaftliche Ausrichtung aufweisen, hat ein TG-Vorhabenträger (legitimer Weise) grundsätzlich die (betriebs-)wirtschaftliche Rentabilität seiner Aktivitäten zu beachten bzw. als Zielsetzung. In diesem Kontext besteht die Herausforderung, ein Regime zur finanziellen Förderung von TG-Vorhaben zu designen, mit dem

als gesamtwirtschaftlich vorteilhaft eingestufte TG-Vorhaben, die dementsprechend in einer kommunalen Wärmeplanung vorgesehen bzw. als Vorzugsoption für die Wärmeversorgung von Gebäuden eingeordnet worden sind, auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht die Gewinnzone bzw. zumindest eine „schwarze Null“ erreichen. Dieses (Finanzierungs-)Regime, welches – wie bereits in Abschnitt 5.1.1 thematisiert – im Verantwortungsbereich des Bundes liegen sollte, weist eine wesentliche Bedeutung dafür auf, die Koordination zwischen einer Systementwicklungsstrategie einerseits und den konkreten Aktivitäten „vor Ort“ hinsichtlich der Wärmeversorgung der Gebäude andererseits zu gewährleisten. Es dürfte eine nicht nur geringe („unvermeidbare“) Herausforderung darstellen, ein derartiges Finanzierungs-Regime zu gestalten; es ist anzunehmen, dass die (in Abschnitt 5.1.1 bereits thematisierten) aktuellen Regime zur finanziellen Unterstützung von TG-Vorhaben reformiert oder abgelöst werden sollten.

## 5.2 Bei Etablierung eines Aufgabenträger-Ansatzes hinsichtlich der Realisierung von TG-Vorhaben

Während bislang (in Abschnitt 5.15.1) davon ausgegangen worden ist, dass das Recht zur Wärmegewinnung im Rahmen eines TG-Vorhabens gemäß der derzeitigen, im BbergG kodifizierten Rechtslage einem Antragsteller durch die behördliche Bewilligung eines entsprechenden Antrags zugeteilt und auf diese Weise der Vorhabenträger „festgelegt“ wird, wird in diesem Abschnitt eine diesbezügliche Reform betrachtet. Demnach werden landesrechtlich zu definierenden öffentlichen Aufgabenträgern (AT) das Recht und die Aufgabe zugeteilt, abgestimmt mit den Ergebnissen der kommunalen Wärmeplanungen „vor Ort“ die Realisierung von TG-Vorhaben zu verantworten. Die Umsetzung von TG-Vorhaben (im Sinne der Anlagenrealisierung und des Betriebs) würde jedoch bei diesem Aufgabenträger-Ansatz („AT-Ansatz“) nicht vom öffentlichen Aufgabenträger durchgeführt, sondern einem folgend als „TG-Vorhaben-Betreiber“ bezeichneten Akteur übertragen. Dabei können im Rahmen wettbewerblicher Vergabeverfahren private Unternehmen als Betreiber ausgewählt werden.

Folgend werden zunächst in Abschnitt 5.2.1 die Rationalität einer derartigen Reform und die Frage der Zuordnung der Aufgabenträger-Rolle in den Ländern betrachtet. In Abschnitt 5.2.2 werden sodann die Auswahl der Beschaffungsstrategie durch Aufgabenträger und ein diesbezüglicher übergeordneter (Rechts)Rahmen sowie die Rationalität und Ausgestaltung einer Co-Finanzierung und (partiellen) Übernahme von Fündigkeitsrisiko durch den Bund thematisiert.

Dieser Abschnitt beleuchtet die angesprochenen Aspekte bezüglich eines AT-Ansatzes für TG-Vorhaben vor allem aus

einer (institutionen-)ökonomischen Perspektive, aber enthält z.T. auch (verfassungs- und europa-)rechtliche Betrachtungen zur Umsetzbarkeit der entsprechenden Überlegungen. Abschließende Beurteilungen und klare Empfehlungen können in diesem Abschnitt nicht abgeleitet werden, vielmehr werden Hinweise auf vertieft zu prüfende Reformoptionen unterbreitet, die das Potential haben (könnten), die Ausnutzung der bestehenden Tiefengeothermie-Potentiale für die Wärmeversorgung der Gebäude relevant zu unterstützen.

### 5.2.1 Rationalität und Aufgabenzuordnung sowie grundsätzliche (verfassungs- und europa-)rechtliche Umsetzbarkeit

#### *Rationalität für einen Übergang zu einem AT-Ansatz*

Durch einen Übergang zu einem AT-Ansatz, der sich in anderen Sektoren (wie Schienenpersonennahverkehr (SPNV) und Abfallwirtschaft) grundsätzlich bewährt hat und bei dem einem durch Landesrecht definierten öffentlichen Aufgabenträger die Rolle des TG-Vorhabenträgers zugeordnet wird, dürften die folgenden Schwächen bzw. Probleme des derzeitigen (bergrechtlichen) Ansatzes der Zuordnung der TG-Vorhabenträger-Rolle gemäß dem BBergG adressiert und infolgedessen Verbesserungen im Lichte des Zielsystems erreicht werden können, das den Analysen und Bewertungen in dieser Kurzstudie zugrunde liegt:

- **Kostenreduktionen hinsichtlich der Wärmeversorgung durch TG-Vorhaben aus Sicht von Nachfragern und Steuerzahlern:** Einem Unternehmen, das derzeit gemäß BBergG auf einen entsprechenden Antrag hin durch eine behördliche Bewilligung das Recht zur Gewinnung von Wärmeenergie im Rahmen eines TG-Vorhabens erhält, kann damit eine Machtstellung gewährt werden, die regelmäßig u.U. bereits kurz- und mittelfristig, zumindest jedoch langfristig dazu führen dürfte, dass im Kontext der eingegangenen Risiken und bereitgestellten Ressourcen das Kosteneffizienz-Ziel verfehlt wird.<sup>53</sup> Dies ist – eine Gewinnorientierung von Unternehmen, die die TG-Vorhabenträger-Rolle vorausgesetzt – nicht zuletzt eine Folge von zunächst fehlendem Wettbewerb und sodann – speziell bei Vorhaben, die zunächst eine finanzielle Unterstützung durch die öffentliche Hand benötigen, um realisiert werden zu können – Kontrahierungsproblemen.
- **Gewährleistung der Koordination zu kommunalen Wärmeplanungen und zu Wärmenetzen:** Ferner können durch den Wechsel zu einem AT-Ansatz die beim bisherigen bergrechtlichen Ansatz vorliegenden (möglichen) Schwierigkeiten bei der Koordination zwischen TG-Vorhabenträgern einerseits und kommunaler Wärmeplanung und Wärmenetz-Betreibern andererseits vermieden

werden, die in Abschnitt 5.1.2.1 aufgezeigt worden sind. Wenn die Verantwortung sowohl für die Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung als auch für die Realisierung eines TG-Vorhabens bei öffentlichen Stellen liegt, dürfte die Koordination zwischen diesen relativ unkompliziert zu gewährleisten sein. Denkbar erscheint sogar, dass landesrechtlich beide Aufgaben einem identischen Akteur (jeweils für ein bestimmtes Gebiet) zugeordnet werden. Die Koordination zwischen einem TG-Vorhaben und einem Wärmenetz wird insbesondere durch einen Wechsel zu einem AT-Ansatz effizient gewährleistet werden können, wenn diese Reform nicht nur TG-Vorhaben, sondern auch Wärmenetze betrifft. Alternativ könnte für Unternehmen, denen (ggf. im Rahmen einer Vergabeverfahrens) die TG-Vorhaben-Betreiber-Rolle übertragen worden ist, ein Zugang zu Wärmenetzen regulatorisch definiert werden. In diesem Zusammenhang könnte eine Abnahme- und Vertriebspflicht für Wärmenetz-Betreiber etabliert werden.

Denkbar ist ferner, dass durch einen Wechsel zu einem AT-Ansatz für die Realisierung von TG-Vorhaben die Auswahl von Governance-Formen erleichtert wird, die mit geringeren Kosten einhergehen, was in Abschnitt 5.2.2.2 betrachtet werden wird.

#### *Grundsätzliche (verfassungs- und europa-)rechtliche Umsetzbarkeit des AT-Ansatzes*

Verfassungsrechtlicher Hindernisse, die einer Umsetzung des AT-Ansatzes grundsätzlich entgegenstünden, sind nicht ersichtlich. Die Bundesgesetzgebungskompetenz folgt aus Art. 74 Abs. 1 Nr. 11 GG (Bergbau und Energiewirtschaft) i.V.m. Art. 72 Abs. 2 GG. Im Kern hätte das Bundesgesetz zum Inhalt die Verpflichtung der Länder, durch einen oder mehrere öffentliche Aufgabenträger die Aufgabe der Erkundung (ab Projektschritt 3) und Gewährleistung der (sinnvollen) Ausnutzung vorhandener Potentiale im Bereich der Tiefengeothermie sicherzustellen. Zu beachten ist, dass wegen Art. 84 Abs. 1 Satz 7 GG die Aufgabenträger nur durch die Länder bestimmt werden können. Da Erdwärme als bergfreier Bodenschatz gilt (§ 3 Abs. 3 Satz 2 Nr. 2 b BBergG), würde der AT-Ansatz auf grundrechtlich geschützte Bestandsschutzinteressen bereits aktiver TG-Vorhabenträger allenfalls sehr vereinzelt treffen, soweit bereits Bewilligungen für TG-Vorhaben erteilt wurden.

Unüberwindbare unionsrechtliche Hindernisse dürften, soweit ersichtlich und nach der hier nur grob umrissenen Gestalt des Ansatzes erkennbar, der Umsetzung des AT-Ansatzes ebenfalls nicht entgegenstehen. Denkbare Konflikte mit dem europäischen Wettbewerbsrecht oder Grundfreiheiten potentiell interessierter Unternehmen aus anderen Mitgliedstaaten dürften sich nach Maßgabe anerkannter Rechtfertigungsregeln, gegebenenfalls auch unter Berufung auf Art. 106 Abs. 2 AEUV, zugunsten des AT-Ansatzes auflösen lassen.<sup>54</sup>

<sup>53</sup> Damit fallen für die Wärmeversorgung aus Tiefengeothermie aus Sicht von Nachfragern und Steuerzahlern unnötig hohe Kosten an.

<sup>54</sup> Es dürfte innerhalb des durch das Unionsrecht den Mitgliedstaaten überlassenen Gestaltungsspielraums liegen, die Nutzung der Tiefengeothermie für Zwecke der treibhausgasneutralen Wärmeversorgung von Wohngebäuden als wichtiges Gemeinwohlziel und auch als Dienstleistung von allgemeinem wirtschaftlichen Interesse einzuordnen, die aus den dargelegten ökonomischen Gründen (exklusiv) öffentlichen Aufgabenträgern zugewiesen werden und von Binnenmarktregeln ausgenommen werden darf.

Auch die Einbeziehung der Aufgabenträger in eine intensivierte Regulierung der Fernwärmenetze, die unabhängig von der Geothermie-Nutzung ohnehin seit langem auf der rechtspolitischen Tagesordnung steht,<sup>55</sup> wäre ohne grundlegende rechtliche Hindernisse möglich. Die bislang lediglich auf das Gesetz zur Regelung des Rechts der Allgemeinen Geschäftsbedingungen gestützte Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme könnte, gestützt auf die Gesetzgebungskompetenz aus Art. 74 Abs. 1 Nr. 11 GG (Energiewirtschaft), erweitert werden zu einer gesetzlichen Regulierung der Fernwärmeversorgung insgesamt. In den Vollzug eines solchen bundesrechtlichen Regulierungsregimes könnten dann nach Maßgabe genauerer landesrechtlicher Bestimmungen (Art. 84 Abs. 1 GG) die AT als zuständige Stellen eingeschaltet werden.

#### *Zuordnung der Aufgabenträger-Rolle in den Ländern*

Für die Zuordnung der Aufgabenträger-Rolle in den Ländern bestehen diverse Optionen, zwischen denen sich die einzelnen Länder (jedes für sich) zu entscheiden haben. Zunächst wäre denkbar, die Verantwortung für die Erstellung von (kommunalen) Wärmeplanungen und für die Wahrnehmung der TG-Vorhabenträger-Rolle identischen Akteuren zuzuweisen, was Koordinationserfordernisse reduzieren würde. Allerdings dürfte für die Wahrnehmung der TG-Vorhabenträger-Rolle einerseits dezentrales Wissen (in Form von lokalem Wissen hinsichtlich „vor Ort“-Gegebenheiten) eine geringere und andererseits das Potential zur Realisierung von Synergieeffekten im Bereich des Wissenseinsatzes hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und gesamtwirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit von TG-Vorhaben im Einzelfall sowie zur Auswahl geeigneter Beschaffungsstrategien eine höhere Bedeutung aufweisen als dies bei der Erstellung von kommunalen Wärmeplanungen der Fall ist. Dies würde dafür sprechen, Aufgabenträgern für TG-Vorhaben eine Verantwortung für größere Gebiete zuzuweisen als den für die Erstellung der kommunalen Wärmeplanungen zuständigen Stellen. Von Ländern (und insbesondere von kleineren Ländern) sollte auch in Betracht gezogen werden, lediglich einen Aufgabenträger für das gesamte Land zu definieren.

Durch Bundesgesetze – über die (i) Wärmeplanung, über die (ii) Pflicht der Länder zur Sicherstellung der Erkundung und Ausnutzung der Tiefengeothermie und zur (iii) Regulierung der Fernwärmenetze – könnte der Bund die wechselseitige Koordinierung sicherstellen. Dabei wäre allerdings das Abweichungsrecht der Länder nach Art. 84 Abs. 1 Satz 2 GG hinsichtlich der verfahrensmäßigen Koordinierung in Kauf zu nehmen.

### 5.2.2 Beschaffungsstrategien auf AT-Seite sowie Finanzierung und Risikotragung durch den Bund

#### 5.2.2.1 Beschaffungsstrategie auf AT-Seite und diesbezüglicher (übergeordneter) Rechtsrahmen

Die in den Ländern zuständigen Aufgabenträger stehen vor der Aufgabe, für die Realisierung der TG-Vorhaben eine Beschaffungsstrategie auszuwählen, was insbesondere Entscheidungen bezüglich des Anreizregimes sowie des Vertrags- und Aufgabenumfangs von einzubeziehenden Auftragnehmern und damit einhergehend auch „Make-or-Buy“-Fragestellungen betrifft. In diesem Zusammenhang haben die Aufgabenträger u.a. zu entscheiden, in welchem Ausmaß sie Fündigkeitsrisiko an TG-Vorhaben-Betreiber und an die (Wärme-)Nachfrager übertragen, was wiederum mit der Frage in Verbindung steht, inwieweit der Bund die Länder und AT einerseits sowie die TG-Vorhaben-Betreiber finanziell unterstützt und in diesem Zusammenhang gegen Fündigkeitsrisiko absichert; dies wird in Abschnitt 5.2.2.2 thematisiert werden. In jedem Fall sollte Fündigkeitsrisiko den TG-Vorhaben-Betreibern lediglich in einem geringen Umfang zugeordnet werden. Und auch die Nachfrager sollten nur in einem begrenzten Umfang Fündigkeitsrisiko (und dabei speziell Fündigkeits-Performancerisiko) tragen.<sup>56</sup>

Eine weitere Analyse möglicher Beschaffungsstrategien soll an dieser Stelle unterbleiben.<sup>57</sup> In jedem Fall sollte ein diesbezüglicher übergeordneter (Rechts-)Rahmen des Bundes die Möglichkeit der Aufgabenträger nicht einschränken, unter Rückgriff auf deren dezentrales Wissen hinsichtlich der lokalen Konstellationen über Beschaffungsstrategien zu entscheiden.

Zu prüfen wäre, inwieweit sowohl in Ländern, die mehrere Aufgabenträger für TG-Vorhaben definieren, als auch von und für mehrere Länder in einer sinnvollen Weise übergreifend tätige (Kooperations-)Organisationseinheiten etabliert werden sollten, die zur Realisierung von Synergieeffekten und dies nicht zuletzt im Bereich des Wissensmanagements beitragen können. Diesem Aspekt sollte Beachtung geschenkt werden, da der unkomplizierte Zugriff auf Wissen hinsichtlich technischer und institutioneller Fragestellungen bezüglich der Realisierung von TG-Vorhaben bedeutsam für eine zügige Erschließung der entsprechenden Potentiale sein dürfte.

Als rechtlicher Rahmen für die Auswahl einer Beschaffungsstrategie ist zunächst das allgemeine Vergaberecht zu berücksichtigen. Mit Blick auf die Marküblichkeit der Vergütungen ist im Fall einer Inhouse-Lösung auch das EU-Beihilferecht im Blick zu behalten.

<sup>55</sup> Vgl. zu dieser Diskussion u.a. Wissner (2013) oder Verbraucherzentrale Berlin (2021).

<sup>56</sup> Die Ergebnisse der Analysen zur Allokation von Fündigkeitsrisiko beim bergrechtlichen Ansatz der Zuordnung der TG-Vorhabenträger-Rolle in Abschnitt 5.1.1 können auf die hier vorliegende Konstellation grundsätzlich übertragen werden.

<sup>57</sup> Vgl. zu Beschaffungsstrategien z.B. BECKERS / KLATT / ZIMMERMANN (2011) und BECKERS / RYNDIN (2019).

### 5.2.2.2 Finanzierung und Risikotragung durch den Bund

#### Grundsätzliche (institutionen-)ökonomische Überlegungen

Auch bei einem Wechsel zu einem AT-Ansatz sollte der Bund TG-Vorhaben, die aus gesamtwirtschaftlicher Sicht als vorteilhaft einzuordnen und in einer kommunalen Wärmeplanung zur Realisierung vorgesehen sind, jedoch aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht rentabel sind, finanziell unterstützen. Ebenso weist es Vorteile auf, wenn auf öffentlicher Seite auch der Bund und nicht nur die Länder Fündigkeitsrisiko tragen.<sup>58</sup> Eine gewisse Übernahme von Fündigkeitsrisiko durch die Aufgabenträger auf Länderebene (und damit durch die Länder) sowie ergänzend durch die Nachfrager ist in diesem Zusammenhang jedoch von (besonderer) Bedeutung, um Fehlanreize bei den Aufgabenträgern zu begrenzen, die für die Vorhabenrealisierung (und in diesem Zusammenhang die Auswahl der Beschaffungsstrategie und den Einbezug von TG-Vorhaben-Betreibern) zuständig sind.

#### Möglicher Umsetzungsweg unter Berücksichtigung (verfassungs- und europa-)rechtlicher Restriktionen

Eine Umsetzung der vorstehenden Überlegungen könnte erfolgen, indem Finanzbeziehungen zwischen Bund und Ländern sowie einem TG-Vorhaben-Betreiber in der folgenden Weise etabliert und auch zur Risikoallokation „eingesetzt“ werden:

- **„Bundes-Betreiber-Förderung“:** Ein etwaiger (ex ante erwarteter) Zuschussbedarf bei konkreten TG-Vorhaben wird vom Bund an den jeweiligen TG-Vorhaben-Betreiber gezahlt. Dieser Zuschussbedarf wird ermittelt und fixiert mit Bezug zu einem „Base Case-Projektverlauf“. Diese Zuschuss-Gewährung durch den Bund kann auch als „Bundes-Betreiber-Förderung“ bezeichnet werden.<sup>59</sup> Im Falle eines Projektabbruchs (aufgrund einer Realisierung des Fündigkeits-Abbruchrisikos) würde eine Bundes-Betreiber-Förderung nicht ausgezahlt werden; diese würde somit nicht zur Risikoabsicherung „eingesetzt“ werden.
- **„Risikoabsicherung durch AT über Auftraggeber-Auftragnehmer-Beziehung und Involvierung des Bundes gemäß Art. 104b GG“:** Ein Aufgabenträger als Auftraggeber steht mit „seinem“ TG-Vorhaben-Betreiber in einer Auftraggeber-Auftragnehmer-Beziehung. Im Rahmen dieser vertraglichen Beziehung erfolgt die Allokation des Fündigkeitsrisikos, welches – wie dargelegt – im Hinblick auf das Fündigkeits-Performancerisiko auch die (Wärme-)Nachfrager einbeziehen sollte. Sofern sich das Fündigkeitsrisiko

auf eine negative Weise realisiert, werden die entsprechenden finanziellen Konsequenzen zunächst vor allem vom Aufgabenträger getragen, da die Nutzer und der TG-Vorhaben-Betreiber – wie dargelegt – nur in einem begrenztem Umfang diesem Risiko ausgesetzt sein sollten. Die vom Aufgabenträger und damit dem Land so übernommenen Verluste im Fall einer negativen Risikorealisation (und in diesem Zusammenhang nicht zuletzt auch im Falle eines Projektabbruchs) werden diesem wiederum teilweise vom Bund erstattet, wofür auf die in Art. 104b Abs. 1 S. 1 Nr. 3 GG eröffnete Option zur Gewährung von Finanzhilfen vom Bund an die Länder zurückgegriffen werden kann.

Aus rechtlicher Perspektive würden sich bei der „Bundes-Betreiber-Förderung“ (im Verhältnis zu der in Abschnitt 5.1.1.3 thematisierten Förderung von TG-Vorhabenträgern) keine neuen Fragen oder Hindernisse ergeben, weil sie sich in dem bekannten (Rechts-)Rahmen von Bundesförderprogrammen bewegen würde. Das europäische Beihilfenrecht wäre zu beachten. Adressaten dieser Bundes-Förderung können auch öffentliche (kommunale) Unternehmen sein, die nicht anders zu behandeln wären als private Betreiber. Der notwendige Zusammenhang zwischen der „Bundes-Betreiber-Förderung“ einerseits und dem Auftragsverhältnis zwischen der Aufgabenträger und dem TG-Vorhaben-Betreiber andererseits kann rechtlich in dem Vergabeverfahren und in dem Vertragsverhältnis Aufgabenträger - Betreiber die erforderliche Berücksichtigung finden. So könnte etwa der Betreiber (Bieter) vertraglich verpflichtet werden, nach Erteilung des Zuschlags die Bundes-Förderung zu beantragen und es könnten bereits im Vergabeverfahren (durch ein zweites Alternativ-Angebot) Vorkehrungen für den Fall getroffen werden, dass die Bundes-Förderung nicht realisiert wird.

Alternativ wäre auch denkbar, auf eine Bundes-Betreiber-Förderung zu verzichten, und einem TG-Vorhaben-Betreiber von der öffentlichen Hand lediglich vom Aufgabenträger Vergütungszahlungen zukommen zu lassen. Indem die Höhe dieser Vergütungszahlungen von der Ausprägung des Fündigkeitsrisikos abhängig gemacht wird, kann dieses Risiko vom Aufgabenträger (teilweise und möglichst nur geringfügig) übernommen werden. Dadurch, dass der Bund einen (möglichst hohen) Teil der Vergütungszahlungen des Aufgabenträgers an den TG-Vorhaben-Betreiber gemäß der in Art. 104b Abs. 1 S. 1 Nr. 3 GG eröffnete Option (zur Gewährung von Finanzhilfen vom Bund an die Länder) übernimmt, beteiligt er sich an der finanziellen Bezuschussung des Vorhabens und übernimmt Fündigkeitsrisiko. Vorteil dieser alternativen Variante der Bezuschussung des TG-Vorhaben-Trägers und der

<sup>58</sup> Wiederum können die Ergebnisse der Untersuchungen zur Allokation von Fündigkeitsrisiko sowie ergänzend zur finanziellen Unterstützung von TG-Vorhaben durch die öffentliche Hand beim bergrechtlichen Ansatz der Zuordnung der TG-Vorhabenträger-Rolle in Abschnitt 5.1.1 auf die hier vorliegende Konstellation grundsätzlich übertragen werden.

<sup>59</sup> Diese Bundes-betreiber-Förderung entspricht aus rechtlicher Sicht der in Abschnitt 5.1.1 vorgeschlagenen Förderung von TG-Vorhabenträgern durch den Bund bei der im Status quo vorliegenden bergrechtlichen Ansatz der Zuordnung der TG-Vorhabenträger-Rolle.

Risikoübernahme durch den Bund ist, dass damit für den AT und damit das Land (stärkere) Anreize bestehen, nicht gegen die Interessen des Bundes zu agieren. Nachteil ist, dass die Länder auch einen gewissen (eher geringen) Anteil an der Bezuschussung von TG-Vorhaben zu tragen haben, die gemäß einem definierten Base Case verlaufen.

### 5.3 Fazit

Unter Annahme des Fortbestehens des Status quo, in dem die Rolle des TG-Vorhabenträgers einem Unternehmen gemäß BbergG durch eine behördliche Bewilligung eines entsprechenden Antrags hinsichtlich der Gewinnung der geothermischen Energie zugeteilt wird, sollten im Hinblick auf eine effektive und effiziente Ausnutzung des Potentials der Tiefengeothermie für die Wärmeversorgung der Gebäude wie folgt Reformen bezüglich des institutionellen Rahmens für TG-Vorhaben vorgenommen bzw. in Betracht gezogen werden:

- Die öffentliche Hand und dabei insbesondere der Bund sollte TG-Vorhabenträger nicht vollständig, aber dennoch weitgehend gegen das Fündigkeitsrisiko absichern. Diese Absicherung sollte integriert mit einem Regime zur (etwaigen) finanziellen Unterstützung von TG-Vorhaben durch den Bund konzipiert werden, die zwar gesamtwirtschaftlich vorteilhaft und im Rahmen einer kommunalen Wärmeplanung vorgesehen, jedoch aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht rentable sind. Dabei ist bedeutsam, dass die entsprechenden Regelungen so ausgestaltet werden, dass der Rückgriff auf und die Nutzung der entsprechenden (Finanzierungs- und Risikoallokations- bzw. Anreiz-)Regime „Transaktionskosten-arm“ erfolgen kann; so können eine größere Anzahl an TG-Vorhaben auf eine effiziente Weise adressiert werden. Sperrwirkungen des Verfassungs- und Europarechts bezüglich entsprechender Reformen sind nicht ersichtlich bzw. erscheinen überwindbar.
- Eine gewisse Übernahme von Fündigkeitsrisiko und dabei speziell (Fündigkeits-)Performance-Risiko durch die Nachfrager ist ebenfalls zu empfehlen. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass eine grundsätzliche Reform bzw. die Prüfung einer entsprechenden Reform hinsichtlich des Regulierungs-Regime stattfinden sollte, das die Beziehung eines TG-Vorhabenträgers (bzw. – auch das Wärmenetz berücksichtigend – eines Tiefengeothermie nutzenden Wärmeversorgers) zu seinen Nachfragern adressiert.
- Die Vorstellungen zur Aufnahme und zum Ausmaß der Wärmegewinnung aus TG-Vorhaben sowie zum Vertrieb dieser Wärmeenergie von TG-Vorhabenträgern müssen

keinesfalls mit den im Rahmen einer kommunalen Wärmeplanung festgelegten diesbezüglichen Planungsentscheidungen übereinstimmen. Hier können Koordinationsprobleme auftreten, deren Lösung im institutionellen Rahmen für TG-Vorhaben vorbereitet werden sollten. Dies gilt in analoger Weise für (mögliche) Koordinations- (und dabei nicht zuletzt auch Macht-)Probleme zwischen TG-Vorhabenträgern und Wärmenetzbetreibern, die ggf. durch (Sektor-)spezifische Regelungen adressiert werden sollten.

Ein Übergang vom bergrechtlichen zu einem AT-Ansatz, bei dem einem durch Landesrecht definierten öffentlichen Aufgabenträger die Rolle des TG-Vorhabenträgers zugeordnet wird, kann Vorteile im Hinblick auf eine effektive Ausnutzung des Potentials der Tiefengeothermie für die Wärmeversorgung der Gebäude bieten und u.U. zu Kostenreduktionen bei TG-Vorhaben aus Sicht von Nachfragern und Steuerzahlern führen. Ferner kann ein AT-Ansatz dazu beitragen, die Koordination zwischen TG-Vorhabenträgern einerseits sowie sowohl kommunalen Wärmeplanungen als auch Wärmenetzbetreibern andererseits auf eine effiziente Weise zu gewährleisten. Bezüglich entsprechender Reformen sind Sperrwirkungen des Verfassungs- und Europarechts ebenfalls nicht ersichtlich bzw. erscheinen überwindbar. Auch im Falle eines Wechsels zu einem AT-Ansatz sollte Fündigkeitsrisiko überwiegend von der öffentlichen Hand und von Nutzern nur in einem geringen Ausmaß getragen werden. Damit einhergehend sollten Unternehmen, die als TG-Vorhaben-Betreiber tätig sind, nur in einem begrenzten Umfang Fündigkeitsrisiko tragen. Der Wechsel vom bergrechtlichen zu einem AT-Ansatz für die Zuordnung der TG-Vorhabenträger-Rolle kann in dieser Kurzstudie nicht abschließend beurteilt, sollte jedoch genauer geprüft werden.



## 6. Fazit

Die Erschließung der Potentiale der Tiefengeothermie für die Wärmeversorgung der Gebäude in Deutschland gelingt bislang nur unzureichend. Dies ist durch Hemmnisse im Bereich des institutionellen Rahmens für TG-Vorhaben bedingt, weshalb diesbezüglichen Reformen in Betracht zu ziehen sind. Dabei ist nicht zuletzt die Allokation des Fündigkeitsrisikos zu thematisieren.

Im Bereich der frühen Potential-Analyse zur ersten Einschätzung eines möglichen Tiefengeothermie-Projektes liegen die erforderlichen Daten in Deutschland in einer unzureichenden Weise vor. Zwar gibt es lokal begrenzt auch geologisch gut erkundete Gegenden, aber in vielen Gebieten Deutschlands ist das mögliche Tiefengeothermie-Potential kaum untersucht. Eine unzureichende Datenlage dürfte auch regelmäßig zu einer nicht effektiven Berücksichtigung der Tiefengeothermie in den in einigen Bundesländern bereits laufenden Prozessen der Erstellung kommunaler Wärmepläne führen.

Vom BMWK ist in den Ende des Jahres 2022 veröffentlichten „Eckpunkte(n) für eine Erdwärmekampagne“ eine Ausweitung der Aktivitäten von Bund und Ländern hinsichtlich der Projektschritte 1 und 2 bei TG-Vorhaben angekündigt worden, was insofern positiv zu beurteilen ist, als es „in die richtige Richtung geht“. Allerdings sollten bei diesen Projektschritten von Bund und Ländern die Aufgaben und Finanzierungspflichten deutlich weitergehend und letztendlich vollumfassend übernommen werden. Insbesondere mit Bezug zum Projektschritt 2 sind die im „Eckpunkte für eine Erdwärmekampagne“-Papier dargelegten aktuellen Planungen des BMWK als unzureichend einzuordnen.

Es bietet sich an, im Rahmen einer bundesweiten „Explorationskampagne“ flächendeckend und großräumig ein 2-D-seismisches Vorerkundungsprogramm durchzuführen, das auch eine Neubearbeitung und Interpretation von 2-D-Bestandsdaten umfasst. Ergänzend sollten mit der Explorationskampagne einige Testbohrungen zur Einordnung der Ergebnisse der 2-D-Seismiken gemäß vorab definierten Kriterien durchgeführt werden. Als Zeitraum für eine derartige Explorationskampagne scheint ein Zeitraum von 3 Jahren angemessen zu sein und auf Basis erster (grober) Kostenschätzung sollte ein Budget von etwa 300 Mio. € hierfür eingeplant werden. Als Vorbild für eine derartige bundesweite Explorationskampagne kann die „Seismik-NRW“-Kampagne dienen, die infolge eines Landtagsbeschlusses im Jahr 2019 vom Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie (MWIKE) des Landes NRW beauftragt und vom Geologischen Dienst des Landes ab dem Jahr 2021 umgesetzt wurde.

Eine erste Option wäre die Zuordnung der Aufgabe der Durchführung und Finanzierung einer derartigen bundesweiten Explorationskampagne an die Bundesländer. Gemäß Art. 104b Abs. 1 S. 1 Nr. 3 GG könnte eine umfassende Co-Finanzierung durch den Bund erfolgen. Eine weitere Option zur verfassungskonformen Umsetzung wäre eine Zuordnung der Explorationskampagne als Aufgabe an den Bund gemäß Art. 87 Abs. 3 GG. Damit einhergehend würde der Bund nicht nur für die Durchführung, sondern auch für die (vollständige) Finanzierung der Explorationskampagne die Verantwortung tragen. Bei der Durchführung der Explorationskampagne würde der Bund auch umfangreich private Unternehmen einbinden können.

Unter Annahme des Fortbestehens des Status quo, in dem die Rolle des TG-Vorhabenträgers einem Unternehmen gemäß Bundesberggesetz (BBergG) durch eine behördliche Bewilligung eines entsprechenden Antrags hinsichtlich der Gewinnung der geothermischen Energie zugeteilt wird, sollten wie folgt Reformen bezüglich des institutionellen Rahmens für TG-Vorhaben vorgenommen bzw. in Betracht gezogen werden:

- Die öffentliche Hand und dabei insbesondere der Bund sollte TG-Vorhabenträger grundsätzlich nicht vollständig, aber dennoch weitgehend gegen das Fündigkeitsrisiko absichern. Diese Absicherung sollte integriert mit einem Regime zur (etwaigen) finanziellen Unterstützung von TG-Vorhaben durch den Bund konzipiert werden, die zwar gesamtwirtschaftlich vorteilhaft und im Rahmen einer kommunalen Wärmeplanung vorgesehen, jedoch aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht rentabel sind. Dabei ist bedeutsam, dass die entsprechenden Regelungen so ausgestaltet werden, dass der Rückgriff auf und die Nutzung der entsprechenden (Finanzierungs- und Risikoallokations- bzw. Anreiz-)Regime „Transaktionskosten-arm“ erfolgen kann; so kann eine größere Anzahl an TG-Vorhaben auf eine effiziente Weise adressiert werden.
- Eine gewisse Übernahme von Fündigkeitsrisiko und dabei speziell (Fündigkeits-)Performance-Risiko durch die Nachfrager ist ebenfalls zu empfehlen. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass eine grundsätzliche Reform bzw. die Prüfung einer entsprechenden Reform hinsichtlich des Regulierungs-Regimes stattfinden sollte, das die Beziehung eines TG-Vorhabenträgers (bzw. – auch das Wärmenetz berücksichtigend – eines Tiefengeothermie nutzenden Wärmeversorgers) zu seinen Nachfragern adressiert.

- Die Vorstellungen zur Aufnahme und zum Ausmaß der Wärmegewinnung aus TG-Vorhaben sowie zum Vertrieb dieser Wärmeenergie von TG-Vorhabenträgern müssen keinesfalls mit den im Rahmen einer kommunalen Wärmeplanung festgelegten diesbezüglichen Planungsentscheidungen übereinstimmen. Hier können Koordinationsprobleme auftreten, deren Lösung im institutionellen Rahmen für TG-Vorhaben vorbereitet werden sollten. Dies gilt in analoger Weise für (mögliche) Koordinations- (und dabei nicht zuletzt auch Macht-)Probleme zwischen TG-Vorhabenträgern und Wärmenetzbetreibern, die ggf. durch (Sektor-)spezifische Regelungen adressiert werden sollten.

Ein Übergang vom bergrechtlichen zu einem AT-Ansatz, bei dem einem durch Landesrecht definierten öffentlichen Aufgabenträger die Rolle des TG-Vorhabenträgers zugeordnet wird, kann Vorteile im Hinblick auf eine effektive Ausnutzung des Potentials der Tiefengeothermie für die Wärmeversorgung der Gebäude bieten und u.U. zu Kostenreduktionen bei TG-Vorhaben aus Sicht von Nachfragern und Steuerzahlern führen. Ferner kann ein AT-Ansatz dazu beitragen, die Koordination zwischen TG-Vorhabenträgern einerseits sowie sowohl kommunalen Wärmeplanungen als auch Wärmenetz-Betreibern andererseits auf eine effiziente Weise zu gewährleisten. Der Wechsel vom bergrechtlichen zu einem AT-Ansatz für die Zuordnung der TG-Vorhabenträger-Rolle kann in dieser Kurzstudie nicht abschließend beurteilt, sollte jedoch genauer geprüft werden. Sperrwirkungen des Verfassungs- und Europarechts bezüglich der vorstehend thematisierten Reformoptionen sind nicht ersichtlich bzw. erscheinen überwindbar.

# Literaturverzeichnis<sup>60</sup>

**Beckers, T. / Bieschke, N. / Lenz, A.-K. / Heurich, J. / Kühling, J. / Hertel, W. / Schäfer, D. (2014):** Alternative Modelle für die Organisation und die Finanzierung des Ausbaus der Stromübertragungsnetze in Deutschland – Eine (institutionen-)ökonomische Analyse unter Einbezug juristischer und technisch-systemischer Expertise; Gutachten im Rahmen des vom Ministerium für Finanzen und Wirtschaft (MFW) des Landes Baden-Württemberg, vom Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk (MWEIMH) des Landes Nordrhein-Westfalen und vom Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie (TMWAT) beauftragten Projektes „Alternativen zur Finanzierung des Ausbaus der Übertragungsnetze in Deutschland“, Online-Veröffentlichung (zuletzt im Internet abgerufen am 01.09.2023).

**Beckers, T. / Bieschke, N. / Weiß, H. (2018):** Die Regulierung der Erlöse der Unternehmen der Wasserversorgung – Grundlegende institutionenökonomische Analysen, Einordnung der gegenwärtigen Praxis und Reformempfehlungen für das Land Hessen; Arbeitspapier, Online-Veröffentlichung (zuletzt im Internet abgerufen am 01.09.2023).

**Beckers, T. / Corneo, G. / Klatt, J. P. / Mühlkamp, H. (2009):** Zeitliche Homogenisierung und Berücksichtigung von Risiko im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, Studie im Auftrag des Bundesrechnungshofs, Online-Veröffentlichung (zuletzt im Internet abgerufen am 01.09.2023).

**Beckers, T. / Klatt, J. P. / Zimmermann, T. (2011):** Interkommunale Zusammenarbeit – Eine (institutionen-)ökonomische Analyse, in: Schäfer, C. / Theuvsen, L. (Hrsg.), Renaissance öffentlicher Wirtschaft, Schriftenreihe öffentliche Dienstleistungen, Heft 57, S. 245 - 290; gekürzte Fassung eines vorher veröffentlichten Arbeitspapiers „Eine (institutionen-)ökonomische Analyse Interkommunaler Zusammenarbeit (IKZ)“; Online-Veröffentlichung (zuletzt im Internet abgerufen am 01.09.2023).

**Beckers, T. / Ryndin, A. (2019):** ÖPP als eine Beschaffungsvariante im Infrastrukturbereich und die „Make-or-Buy“-Frage – Grundlegende Einordnungen und Analysen auf Basis institutionenökonomischer Erkenntnisse, in: Schweisfurth, T. / Wallmann, W. (Hrsg.): Haushalts- und Finanzwirtschaft der Kommunen in der Bundesrepublik Deutschland, S. 921-950; zuvor bereits als Arbeitspapier veröffentlicht, Online-Veröffentlichung (zuletzt im Internet abgerufen am 01.09.2023).

**Bracke, R. / Huenges, E. (Hrsg.) (2022):** Roadmap Tiefe Geothermie für Deutschland -Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und Wissenschaft für eine erfolgreiche Wärmewende; Strategiepapier von sechs Einrichtungen der Fraunhofer-Gesellschaft und der Helmholtz-Gemeinschaft; Fraunhofer Publica, Bochum, Online-Veröffentlichung (zuletzt im Internet abgerufen am 24.08.2023).

**Bracke, R. / Moeck, I. / Agemar, T. / Suchi, E. / Weber, J. (2016):** Geothermie in Deutschland - Installierte Leistung und Potential; in: Sonderheft Geothermie 2030, Bd. 84, Nr. 2016/2, S. 34–35.

**BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021):** Wie kann das Energiesystem der Zukunft aussehen? Die BMWi-Langfristszenarien bilden eine wissenschaftliche Grundlage für die Ableitung einer Gesamtstrategie zur Energiewende, Schlaglichter der Wirtschaftspolitik, Heft März 2021, S. 22-29, Online-Veröffentlichung (zuletzt im Internet abgerufen am 24.07.2023).

**Colander, D. (1992):** Retrospective – The Lost Art of Economics, in: The Journal of Economic Perspectives, Vol. 6, No. 3, S. 191-198.

**Colander, D. (2017):** Economists Should Stop Doing it with Models, Working Paper, Online-Veröffentlichung.

**Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) (2012):** Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation; Technical Report 002/12; Online-Veröffentlichung (zuletzt im Internet abgerufen am 24.08.2023).

**Fraunhofer ISI / Consentec GmbH / ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH / Lehrstuhl für Energie- und Ressourcenmanagement der TU Berlin (2022):** „Energieangebot Langfristszenarien“; Ergebnispräsentation vom 22.11.2022, Online-Veröffentlichung (zuletzt im Internet abgerufen am 24.08.2023).

**Hayek, F. A. (1945):** The Use of Knowledge in Society; in: The American Economic Review, Bd. 35, Nr. 4, S. 519–530.

**Prognos AG / Hamburg Institut (2020):** Perspektive der Fernwärme - Maßnahmenprogramm 2030; Studie erstellt im Auftrag des AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.; Online-Veröffentlichung (zuletzt im Internet abgerufen am 24.08.2023).

<sup>60</sup> Hinweis: Dieses Literaturverzeichnis enthält lediglich Angaben zu den Quellen, die in den nichtjuristischen (und damit einhergehend vor allem ökonomisch sowie technisch ingenieurwissenschaftlich ausgerichteten) Teilen dieser Kurzstudie zitiert werden. Angaben zu den in den juristischen Teilen dieser Kurzstudie zitierten Quellen sind – gemäß den Gepflogenheiten in rechtswissenschaftlichen Publikationen – in den einzelnen Fußnoten zu finden, in denen die Quellen genannt werden.

**Vorwerk et al. – Vorwerk, L. / Beckers, T. / Bieschke, N. / Hermes, G. / Westphal, M. (2023):** Energiewende, Sektorenkopplung und Infrastrukturen: Eine institutionenökonomische Analyse der zukünftigen (Infrastruktur-)Planung und Finanzierung unter Berücksichtigung (verfassungs- und unions)rechtlicher Aspekte; z. T. gekürzte und sehr geringfügig modifizierte Kapitel „(Institutionen-)ökonomische und juristische Analyse von Planungs- und Finanzierungsregimen für die Energieinfrastrukturen“ und „(Institutionen-)ökonomische und juristische Analysen zur Kapitalbereitstellung für die Investitionsfinanzierung und Eigentümerschaft bei Energieinfrastrukturen“ aus dem Endbericht zu dem im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) / Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) durchgeführten und im Jahr 2021 abgeschlossenen Projekts „Anforderungen an die Infrastrukturen im Rahmen der Energiewende“ (AIRE)), Online-Veröffentlichung (zuletzt im Internet abgerufen am 01.09.2023).

**Vorwerk, L. / Beckers, T. / Rodi, M. / Weidinger, R. (2023):** Investitionsplanung und -finanzierung und deren Zusammenspiel bei der Transformation des deutschen Energiesystems zur Klimaneutralität – Eine (institutionen-)ökonomisch-juristische Analyse, im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten (Kopernikus-)Projekts Ariadne („Evidenzbasiertes Assessment für die Gestaltung der deutschen Energiewende“) am Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. (IKEM) erstellte Studie, Online-Veröffentlichung.

**Williamson, O. E. (1990):** Die ökonomischen Institutionen des Kapitalismus. Unternehmen, Märkte, Kooperationen. Mohr Siebeck, Tübingen.

**Wissner, M. (2013):** Regulierungsbedürftigkeit des Fernwärmesektors; WIK – Diskussionsbeitrag (Nr. 381), Online-Veröffentlichung (zuletzt im Internet abgerufen am 01.09.2023).

**Wolf, S. (2017):** Integration von Wärmepumpen in industrielle Produktionssysteme; Dissertation; Universität Stuttgart, Online-Veröffentlichung (zuletzt im Internet abgerufen am 24.08.2023).

# Verzeichnis weitere Quellen

**Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022a):** Eckpunkte für eine Erdwärmekampagne - Geothermie für die Wärmewende; zuletzt abgerufen im Internet am 23.08.2023 unter <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/eckpunkte-geothermie.html>.

**Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022b):** „Wegfall der EEG-Umlage entlastet Stromkunden“; Pressemitteilung vom 28.05.2022, zuletzt abgerufen im Internet am 24.08.2023 unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/eeg-umlage-faellt-weg-2011728>.

**Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022c):** „Systementwicklungsstrategie als Rahmen für die Transformation zum klimaneutralen Energiesystem“; Pressemitteilung vom 14.10.2022, zuletzt abgerufen im Internet am 24.08.2023 unter <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/10/20221014-systementwicklungsstrategie-als-rahmen-fur-die-transformation-zum-klimaneutralen-energiesystem.html>.

**Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023):** „Bundeskabinett beschließt Wirtschaftsplan des Klima- und Transformationsfonds (KTF)“; Pressemitteilung vom 09.08.2022, zuletzt abgerufen im Internet am 04.09.2023 unter <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/08/20230809-bundeskabinett-beschliesst-wirtschaftsplan-des-ktf.html>.

**Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz / Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauen (2023):** „Entwurf eines Gesetzes für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze“; Gesetzentwurf, zuletzt abgerufen im Internet am 24.08.2023 unter <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/gesetzgebungsverfahren/Webs/BMWSB/DE/kommunale-waermeplanung.html?nn=17138838>.

**Bundesverband Geothermie (2023):** „Geothermie in Zahlen“; Internetseite, zuletzt abgerufen im Internet am 23.08.2023 unter <https://www.geothermie.de/geothermie/geothermie-in-zahlen.html>.

**Geologische Dienste NRW (2022):** „Seismik NRW“; Internetseite, zuletzt abgerufen im Internet am 23.08.2023 unter <https://www.seismik.nrw.de/>.

**Geologische Dienste NRW (2021):** „GD NRW erkundet Potenzial der Tiefen-Geothermie“; Pressemitteilung vom 23.08.2021, zuletzt abgerufen im Internet am 10.09.2023 unter <https://www.seismik.nrw.de/news/gd-nrw-erkundet-potenzial-der-tiefen-geothermie>.

**LIAG – Leibniz Institut für angewandte Geowissenschaften (2016):** Tiefe Geothermie: Grundlagen und Nutzungsmöglichkeiten in Deutschland; Hannover, zuletzt abgerufen im Internet am 28.08.2023 unter [https://www.geotis.de/homepage/sitecontent/info/publication\\_data/public\\_relations/public\\_relations\\_data/LIAG\\_Broschuere\\_Tiefe\\_Geothermie.pdf](https://www.geotis.de/homepage/sitecontent/info/publication_data/public_relations/public_relations_data/LIAG_Broschuere_Tiefe_Geothermie.pdf).

**LIAG – Leibniz Institut für angewandte Geowissenschaften (o. J.):** „GeotIS: Geothermisches Informationssystem“; Internetseite, zuletzt abgerufen im Internet am 23.08.2023 unter <https://www.leibniz-liag.de/forschung/methoden/informationssysteme/geotis.html>.

**Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2023):** „Tiefen-Geothermie ist wichtiger Baustein beim Klimaschutz“; Pressemitteilung vom 10.03.2023, zuletzt abgerufen im Internet am 23.08.2023 unter <https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/pressemitteilungen/tiefen-geothermie-ist-wichtiger-baustein-beim-klimaschutz-220428.html>.

**Verbraucherzentrale Berlin (2021):** „Fernwärme verbraucherfreundlich regulieren“; Internetseite, zuletzt abgerufen im Internet am 01.09.2023 unter <https://www.verbraucherzentrale-berlin.de/verbraucherzentrale/fernwaerme-verbraucherfreundlich-regulieren-62083>.

