

positionen

Strom und Wärme aus Tiefengeothermie

68

Inhalt

Zusammenfassung	3
Summary	5
BUND's position on electricity and heat from deep geothermal energy	
1. Was ist Tiefengeothermie?	7
1.1 Nachhaltig nutzbarer Erdwärmestrom	7
1.2 Nutzung gespeicherter Erdwärme	7
2. Stand des Ausbaus und Energiebereitstellung durch Tiefengeothermie	9
3. Bewertung	10
3.1 Potenziale	10
3.2 Anforderungen	10
4. Risiken und Anforderungen des Umweltschutzes	13
4.1 Risiken durch den Einsatz von Fracking-Methoden und chemischer Hilfsmittel	13
4.2 Erdbebenrisiko	13
4.3 Radioaktivität	14
4.4 Besondere Anforderungen in ehemaligen Bergbauregionen	15
5. Tiefengeothermie mit alleiniger bzw. vorrangiger Wärmenutzung	16
Internetquellen	17

Zusammenfassung

Die Nutzung von Energie aus Tiefen-Geothermie weist nachhaltig in Bezug auf die aus dem Erdinneren **nachströmende** Wärme nur ein sehr geringes Potenzial zur Deckung des Energiebedarfs in Deutschland auf.

Das theoretische Potenzial bei Extraktion in der Erde **gespeicherter** Wärme liegt bei bis zu 300 TWh_{el}/Jahr. Dabei sind v. a. bei der petrothermalen Tiefengeothermie die Nutzungszeiten von Bohrungen auf jeweils 30–50 Jahre begrenzt.

Das real nutzbare Potenzial reduziert sich aufgrund von Unsicherheiten bei der Fündigkeit. Das betrifft die Temperaturen und ausreichende Fördermengen (Schüttungen). Hinzu kamen vereinzelt Probleme mit Erdbeben. Grundsätzlich problematisch ist die Verwendung von Chemikalien v. a. bei petrothermalen Projekten.

Die realen Erfahrungen zeigen, dass bisher nur 10 Anlagen in Deutschland mit einer Stromerzeugung von insgesamt 40 MW_{el} und ca. 0,15 TWh_{el}¹ errichtet werden konnten. Die Bereitstellung von Wärme beläuft sich auf ca. 300 MW_{th} und 0,6 TWh_{th} im Jahr.

Mehrere Projekte sind an technischen und wirtschaftlichen Problemen gescheitert. Die erwartete Grundlastfähigkeit konnte bisher nur in Einzelfällen erreicht werden. Andererseits werden künftig eher flexible Kraftwerke benötigt.

Die zur Wirtschaftlichkeit erforderliche Stromvergütung im Erneuerbaren Energie Gesetz liegt mit ca. 25–30 ct/kWh Strom deutlich über den Erzeugungskosten aus Windenergie und Photovoltaik von 4–8 ct/kWh. Dabei wird der Eigenstromverbrauch der Geothermieanlagen von ca. 25–30% des erzeugten Stroms nicht berücksichtigt, sondern separat aus dem Netz bezogen. Es stellt sich daher die Frage, inwieweit die Tiefengeothermie einen Beitrag zur Energiewende beitragen kann.

Der BUND stellt fest:

a. Die **petrothermale Tiefengeothermie** (Verfahren des hydraulischen Brechens von heißem Gestein („hot dry rock“) darf nur in Forschungs- und Pilotvorhaben eingesetzt werden und auch nur dann, wenn eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) erfolgt und nur Wasser eingesetzt wird, keine Grundwassergefährdung besteht² und Risiken von Erdbeben minimiert werden. Anforderungen des Bodenschutzes (Flächeninanspruchnahme und Umgang mit Bohrgut) sind besonders zu prüfen und zu erfüllen.

Aufgrund der erforderlichen Fracking-Techniken und induzierten Seismizität mit spezifischen Risiken hinsichtlich des Auftretens von Erdbeben, potentiellen Schädigungen des Grundwassers und aufgrund der Radioaktivität von geförderten Wässern und Ablagerungen sollte petrothermale Tiefengeothermie zunächst nur im Rahmen von Forschungs- und Pilotprojekten verfolgt werden. Ziel solcher Projekte muss sein, die Erfahrungen bei der Tiefenexploration zu erhöhen, die ökologischer Risiken zu mindern und zu vermeiden sowie die Kosten zu senken. Dies betrifft insbesondere die Anforderungen an den Schutz des Grundwassers (kein Einsatz von Chemikalien), Entsorgung/Reinigung von Abwässern und die Abfallkonzepte.

Von der petrothermalen Tiefengeothermie wird nur ein sehr geringer Beitrag zur Strom- und Wärmeerzeugung erwartet, so dass die Erreichung der Ziele der Energiewende und des Klimaschutzes nicht von der Nutzung der petrothermalen Tiefengeothermie abhängt.

¹ Hier und im Weiteren wird mit den Suffixen th: thermisch und el: elektrisch unterschieden, ob die Mengenangabe sich auf Wärme oder Strom bezieht.

² Siehe Bewertung von Fracking-Flüssigkeiten mit Additiven bei: UBA Texte 61/2012 Umweltauswirkungen von Fracking bei der Aufsuche von Erdgas in unkonventionellen Lagerstätten. Fracking-Fluide und Biozide weisen hohe Gefährdungspotentiale für das Grundwasser auf.

b. Die **hydrothermale Tiefengeothermie** (direkte Nutzung heißen Tiefenwassers) weist allein – bezogen auf die Nutzung von Wärme – ein lokal vor allem im süddeutschen Raum (Bayerisches Molassebecken über tiefem Malmkarst) sinnvoll nutzbares Potenzial auf. Diese Geothermie-Nutzung kann zeitlich und räumlich begrenzt einen regionalen Beitrag zur möglichst schnellen Umstellung weg von fossilen Energieträgern leisten.

Schwerpunkt der Nutzung hydrothermalen Tiefengeothermie sollte die Wärmeanwendung sein. Die Sinnhaftigkeit solcher Projekte ist gegeben, wenn die Erdwärme in Fern- oder Nahwärmenetzen in urbanen Zentren genutzt werden kann, wie z. B. im Großraum München.

Jedes Projekt der hydrothermalen Tiefengeothermie sollte mit einem (kommunalen oder regionalen) Wärmenutzungskonzept verbunden sein.

c. Wenn im Rahmen hydrothermalen Projekte ausreichende Temperaturen und Fördermengen vorliegen, ist auch eine Stromerzeugung sinnvoll. Es ist auf eine nachhaltige Sicherung und Schonung von Grundwasservorräten zur Kühlung zu achten.

Hierbei muss die Stromerzeugung aus Tiefengeothermie deutlich über dem Eigenstromverbrauch insbesondere für den Pumpenbetrieb liegen. Die Gesamtenergiebilanz inklusive des Energieaufwandes für die Herstellung der Anlagen sollte eine energetische Amortisation unter 5 Jahren aufweisen. Dies ist im Rahmen der Planungen nachzuweisen³.

Der BUND fordert, sämtliche Planungen und Konzepte der Tiefengeothermie einer umfassenden Untersuchung auf mögliche Umweltauswirkungen im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsprüfung zu unterziehen. Die örtliche Bevölkerung und die Umweltschutzverbände (nach § 3 Umweltrechtsbehelfsgesetz) sind nicht nur zu beteiligen, sondern mit Projektmitteln zur eigenständigen Beauftragung von Beratern und Gutachtern auszustatten⁴.

In ehemaligen Bergbauregionen sind besondere Anforderungen zu beachten (Kap. 4.4).

³ solche Bilanzen können dem Programm GEMIS entnommen werden;
<http://iinas.org/gemis-de.html>

⁴ Bisher wurden Bürger*innen und Verbände meist nur über sog. Dialogforen beteiligt, ohne eigene ausreichende Mittel, während Antragsteller und Behörden über weitgehende Ressourcen verfügen.

Summary

BUND's position on electricity and heat from deep geothermal energy

The sustainable use of deep geothermal energy has very little potential to meet Germany's energy needs with respect to the amount of heat **flowing** from the earth's interior.

The theoretical potential for extracting heat **stored** in the earth is up to 300 TWh_{el}/year. In the case of petrothermal deep geothermal energy in particular, the useful lives of boreholes are limited to 30–50 years each.

The actual usable potential is reduced due to uncertainties in the discovery. This applies to the temperatures and sufficient flow rates (fills). In addition, there were isolated problems with earthquakes. The use of chemicals is fundamentally problematic, especially in petrothermal projects.

Actual experience shows that so far only 10 plants with a total power generation of 40 MW_{el} and approx. 0.15 TWh_{el}¹ could be built in Germany. The provision of heat amounts to approx. 300 MW_{th} and 0.6 TWh_{th} per year.

Several projects have failed due to technical and economic problems. To date, it has only been possible to achieve the expected base load capacity in individual cases. On the other hand, more flexible power plants will be needed in the future.

The electricity remuneration under the Renewable Energy Act, which is required for economic efficiency, is approx. 25–30 ct/kWh of electricity, well above the generation costs of 4–8 ct/kWh for wind energy and photovoltaics. The power consumption of the geothermal plants themselves accounts for approx. 25–30 % of the electricity generated and is not taken into account. It is obtained separately from the grid. The question therefore arises as to the extent to

which deep geothermal energy can contribute to energy system transformation.

The BUND states:

a. **Petrothermal deep geothermal energy** (Method of hydraulically crushing hot dry rock) may only be used in research and pilot projects and only if an environmental impact assessment (EIA) is carried out and only water is used, there is no groundwater hazard² and earthquake risks are minimised. Particular attention must be paid to the requirements of soil protection (land use and handling of drillings).

Due to the required fracking techniques and induced seismicity with specific risks regarding the occurrence of earthquakes, potential contamination of groundwater and the radioactivity of extracted water and sediments, petrothermal deep geothermal energy should initially only be pursued within the framework of research and pilot projects. The aim of such projects must be to increase experience in deep exploration, reduce and avoid ecological risks and reduce costs. This concerns in particular the requirements for the protection of groundwater (no use of chemicals), disposal/purification of waste water and waste concepts.

Only a very small contribution to electricity and heat generation is expected from petrothermal deep geothermal energy; therefore, achieving the goals of energy system transformation and climate protection does not depend on the use of petrothermal deep geothermal energy.

b. **Hydrothermal deep geothermal energy** (direct use of hot deep water) has a potential that can be usefully exploited locally, especially in southern Germany (The Bavarian "Molasse Basin" over deep Malmkarst), solely in relation to the use of heat. This use of geothermal energy can make a

¹ The suffixes th: thermal and el: electrical are used here to differentiate between heat and electricity.

² See assessment of fracking fluids with additives: UBA Texte 61/2012 Environmental effects of fracking in the exploration of natural gas in unconventional deposits. Fracking fluids and biocides have a high risk potential with regard to groundwater.

regional contribution, limited in terms of time and location, to the fastest possible conversion away from fossil fuels.

Special requirements must be observed in former mining regions. (Chapter 4.4)

The main focus for using hydrothermal deep geothermal energy should be on heat application. Such projects make sense if geothermal energy can be used in district or local heating networks in urban centres, e.g. in the greater Munich area.

Every hydrothermal deep geothermal project should be linked to a (municipal or regional) heat utilisation concept.

c. If sufficient temperatures and production quantities are available within the framework of hydrothermal projects, electricity generation also makes sense. It must be ensured that groundwater resources for cooling are sustainably secured and conserved.

Electricity generation from deep geothermal energy must be significantly higher than the consumption of energy used to generate it, especially in regard to pump operation. The total energy balance, including the energy required to manufacture the systems, should have an energy payback of less than 5 years. This must be demonstrated within the framework of the planning³.

BUND demands that all plans and concepts for deep geothermal energy be subjected to a comprehensive examination of possible environmental impacts as part of an environmental impact assessment. The local population and the environmental protection associations (according to §3 Umweltrechtsbehelfsgesetz [Environmental Law Assistance Act]) are not only to be involved, but to be provided with project funds for the independent commissioning of consultants and experts⁴.

³ such balances can be found in the GEMIS programme; <http://iinas.org/gemis-de.html>

⁴ Until now, citizens* and associations have usually only been involved via so-called dialogue forums, without sufficient resources of their own, while applicants and authorities have extensive resources at their disposal.

1. Was ist Tiefengeothermie?

Während die oberflächennahe Geothermie bis zu Tiefen weniger Meter aus der Sonnenenergie und aus dem Nachströmen in der Erde gespeicherter Wärme gespeist wird, spricht man erst ab einer Tiefe von 400 m und Temperaturen von über 20°C von Tiefen-Geothermie. Meist wird erst ab Tiefen von über 1.000 m und Temperaturen von über 60°C von Tiefen-Geothermie gesprochen. Ab einer Tiefe von 1.000 m liegt eine Tiefbohrung gemäß der UVP-Verordnung Bergbau⁵ vor.

Der geothermische Wärmestrom in der Erdkruste hin zur Erdoberfläche wird aus zwei Quellen gespeist: Überwiegend aus dem radioaktiven Zerfall natürlich in der Erdkruste vorkommender radioaktiver Elemente, zum anderen durch Wärmeleitung aus dem hochtemperierten Erdmantel. Die Temperatur steigt in der oberen Erdkruste im Mittel um 3°C je 100 m Tiefe an, an einigen Stellen können auch 5°–10°C pro 100 m erreicht werden.

Die petrothermale Tiefen-Geothermie nutzt die im Gestein gespeicherte Wärme aus 3.000–6.000 m Tiefe, die hydrothermale Tiefen-Geothermie nutzt die Wärme des im Untergrund vorliegenden Thermalwassers.⁶

1.1 Nachhaltig nutzbarer Erdwärmestrom

Der Temperaturgradient vom Erdmantel zur 10–50 km dicken Erdkruste ist verbunden mit einem Wärmestrom. Dieser Wärmestrom beträgt im Mittel **0,063 W/m²**⁷. Zum Vergleich: Die durchschnittliche jährliche Strahlungsleistung der Sonne liegt in unseren Breitengraden bei ca. 115 W/m² und damit beim rund 2.000-fachen des natürlichen Erdwärmestroms.

Könnte der gesamte in Deutschland auf der gesamten Fläche vorhandene Wärmestrom genutzt werden, ergäbe sich eine Wärmeleistung von ca. 9.000 MW_{th}. Über das ganze Jahr hinweg würde sich eine **Wärmemenge** von ca. 80.000 GWh entsprechend 80 TWh_{th} ergeben. Würde man diese gesamten Wärmemenge – eine Temperatur von über 120°C

vorausgesetzt – zur Stromerzeugung nutzen können, resultierte eine Leistung von 900 MW_{el} und eine jährliche Strommenge von 8 TWh_{el}⁸.

Das *nachhaltig auf Basis des nachströmenden Wärmestroms* auf sehr lange Sicht nutzbare Potenzial der Stromgewinnung aus Tiefen-Geothermie in ganz Deutschland liegt in der Größenordnung von 10 TWh_{el}/Jahr. Bezogen auf den heutigen jährlichen **Strombedarf** von 600 TWh_{el}, der künftig bei ca. 800 TWh_{el} liegen kann (Minderung durch Effizienz, Zuwachs durch Stromeinsatz für Wärmepumpen, Elektromobilität und Erzeugung von Gas/Flüssigkeiten aus EE-Strom), liegt das theoretisch nutzbare Potenzial im Bereich von ca. **1% des Strombedarfs**. Realistisch ist hingegen, aufgrund der Erfahrungen der letzten 10–20 Jahre, ein nachhaltiges⁹ Potenzial in der Größenordnung eines Anteils von **0,1% des Strombedarfs**.

1.2 Nutzung gespeicherter Erdwärme

In den nächsten Jahrzehnten steht die Nutzung der in der Erde gespeicherten Wärme im Zentrum.

Das Büro für Technologiefolge-Abschätzungen beim Deutschen Bundestag (TAB) hat im Jahr 2003 eine Abschätzung des Stromerzeugungspotenzials¹⁰ von bis zu **300 TWh_{el}/Jahr** in Deutschland vorgelegt. Hierbei wurde davon ausgegangen, dass die in den Erdschichten bis in 3.000–4.000 m gespeicherte Wärme extrahiert wird.

Bei hydrothermalen Geothermie wird der Wärmeinhalt eines die Förderzone umgebenden Volumens von 0,5–1 km Durchmesser – ein Volumen von 0,25–1 km³ genutzt. Wenn diese Zone abgekühlt ist unter eine Nutzbarkeitsgrenze, gilt diese als „erschöpft“. Dies tritt typischerweise nach ca. 40–50 Jahren auf. Entsprechend sind Abstände zwischen den Anlagen einzuhalten. Mittelfristig ist bei den Projekten von neuen Erschließungsbohrungen im Abstand einiger Kilometer auszugehen.

⁵ UVP: Umweltverträglichkeitsprüfung.; www.gesetze-im-internet.de/uvpbergbv/

⁶ www.geotis.de/homepage/sitecontent/info/publication_data/bases/bases_data/Arbeitshilfe_08022007.pdf sowie www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/wie-funktioniert-die-petrothermale-geothermie www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/wie-funktioniert-die-hydrothermale-geothermie

⁷ www.geothermie.de sowie BINE basis Energie Nr. 8; www.bine.info/publikationen/basisenergie/publikation/geothermie-1/geologische-physikalische-grundlagen

⁸ Hierbei ist ein Wirkungsgrad von ORC/Kalina-Anlagen von 15% abzüglich 33% für eigenen Strombedarf für Pumpen und Hilfsaggregate/Kühlturm angesetzt.

⁹ Nachhaltigkeit bedeutet hier insbesondere eine auf sehr lange Zeit bestehendes Potenzial durch Regenerierung der genutzten nachströmenden Wärme.

¹⁰ www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/bericht_e/TAB-Arbeitsbericht-ab084.pdf

Die Nutzung dieses Energie-Potenzials ist durch die realen technischen Möglichkeiten und das Risiko, keine nutzbare Erdschicht mit ausreichender Temperatur und ausreichender Förder- und Durchflussmenge zu finden, stark eingeschränkt. Zudem ist es erforderlich, jeweils die möglichen Umweltauswirkungen zum Schutz des Grundwassers, die Entstehung von Schallemissionen bei der Bohrung sowie das Auftreten von Erdbeben zu vermeiden oder zu vermindern.

2. Stand des Ausbaus und Energiebereitstellung durch Tiefengeothermie

Die Erfahrungen in den Jahren 2000–2017 haben gezeigt, dass es bisher nur in zehn Anlagen bundesweit möglich war, eine Stromerzeugung aus Geothermie aufzubauen¹¹. Die bundesweit installierte Leistung mit insgesamt ca. 40 MW_{el} und einer jährlichen Stromerzeugung von ca. 0,134 TWh_{el}¹² liegt daher gerade in der Größenordnung von nur 0,05 % der Abschätzungen von Potenzialen von 10.000–40.000 MW_{th} und 100–400 TWh_{el}/Jahr¹³.

Trotz einer anfänglichen Überschätzung der Potenziale und einer wirtschaftlichen Förderung konnte keine in der Breite anwendbare Technologie entwickelt werden. Die Nutzung der Tiefengeothermie ist daher bisher auf wenige Einzelprojekte beschränkt.

Die Wärmebereitstellung von Tiefengeothermie-Anlagen umfasst bundesweit eine Leistung von ca. 300 MW_{th}. Bei üblicher Abnahme zu Heizzwecken im Winter entspricht dies einer Wärmemenge von ca. 600 GWh_{th}/Jahr. Sieben der zehn in Betrieb befindlichen Projekte mit Stromerzeugung mit insgesamt 23 MW_{el} weisen eine gesamte Wärmeleistung von ca. 140 MW_{th} auf¹⁴. Drei Projekte haben eine Stromerzeugung ohne Wärmenutzung¹⁵. Ein geplantes Projekt beabsichtigt¹⁶ die installierte Leistung der Stromerzeugung um 26 MW_{el} zu erhöhen.

Allerdings sind mehrere Projekte der Tiefengeothermie gescheitert, haben keine ausreichende Fündigkeit, ob nun hinsichtlich der Temperatur, der Förderrate oder Beidem, erreicht. Bei einigen Projekten traten Erdbeben auf sowie Verunreinigungen von Brunnen- und Grundwasser, was zu Protesten bzw. Klagen der Bevölkerung oder Kommunen und zum Abbruch der Projekte geführt hat, verbunden mit jeweils sehr hohen wirtschaftlichen Verlusten für die Betreiber und Investoren.

Daher steht die Forschung zur Erhöhung der Sicherheit der Fördermengen, der Minderung ökologischer Auswirkungen und der Kostensenkung im Vergleich zu anderen Techniken der erneuerbaren Energien künftig im Zentrum der Weiterentwicklung der Tiefen-Geothermie in Deutschland.

¹¹ Eine gute Übersicht über Stand der Tiefen-Geothermie, Erfahrungen, technische und wirtschaftliche Risiken findet sich bei:
www.geothermiekompetenz.de/cms/media/Downloads/GGSC/10_01_28_praesentation_tu_muenchen_wirtschaftlichkeit.pdf

¹² www.geothermie.de/fileadmin/user_upload/Geothermie/Projektliste_Tiefe_Geothermie_2018.pdf

¹³ www.itas.kit.edu/pub/v/2003/paua03b.pdf

¹⁴ Bruchsal, Laufzorn/Grünwald, Kirchweidach, Sauerlach, Taufkirchen/Oberhaching, Traunreut, Unterhaching

¹⁵ Dürnhaar, Kirchstockach (BY), Insheim (RLP)

¹⁶ <http://erdwaerme-oberland.de/project-weilheim/> (Inbetriebnahme 2019 geplant)

3. Bewertung

3.1 Potenziale

Das Potenzial der Stromerzeugung aus **nachströmen-der Wärme** liegt bei ca. 1% des Strombedarfs, aus **gespeicherter Wärme** theoretisch bei 50%, real nutzbar eher bei maximal 5% des Strombedarfs.

Der BUND schätzt aufgrund von Studien und Erfahrungen der letzten Jahrzehnte, dass das **real nutzbare Potenzial** für die Nutzung von Tiefengeothermie in Deutschland sich in der Größenordnung eines Prozentpunktes des derzeitigen Energiebedarfs bewegt – bei ca. 1% = 6 TWh_{el} des Strombedarfs, bei ca. 1% = 20 TWh_{th} des Wärmebedarfs.

Die reale aktuelle Stromerzeugung aus Tiefen-Geothermie in Deutschland liegt im Jahr 2017 bei 0,025% des jährlichen Strombedarfs, die Wärmebereitstellung bei 0,03% des gesamten Wärmebedarfs. Auch wenn einige geplante Projekte eine Verdoppelung dieser Stromerzeugung anstreben, kann nicht davon gesprochen werden, dass die Erreichung von Zielen des Klimaschutzes oder der Energiewende nur oder auch nur ansatzweise mit Nutzung der Tiefengeothermie möglich wäre¹⁷.

Die Tiefen-Geothermie stellt keinen wesentlichen oder unverzichtbaren Bestandteil eines künftigen Energiesystems dar. Der BUND hat diese daher auch nicht in sein Zukunftsenergiekonzept aufgenommen. Projekte der Tiefen-Geothermie können jedoch durchaus einen **Beitrag** leisten, um lokal die Strom- bzw. Wärmeerzeugung aus Atomenergie und fossilen Energien zu vermeiden. Hierbei sind Anforderungen des Umweltschutzes einzuhalten.

3.2 Anforderungen

Es sind aus Sicht des BUND verschiedene Anforderungen bei Tiefengeothermie-Projekten zu erfüllen.

3.2.1 Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung

Der BUND hatte in seiner früheren Position zur Geothermie gefordert, nach Möglichkeit das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung einzusetzen. Dies bedeutet, angewendet auf die Tiefen-Geothermie, dass aus der Wärme bei ausreichendem Temperaturniveau Strom erzeugt wird und sodann die anfallende Abwärme zusätzlich z.B. zur Beheizung von Gebäuden oder auch in der Landwirtschaft (Beispiel Kirchweidach mit Tomatenanbau) genutzt wird.

Allerdings zeigt die Erfahrung, dass es bei ohnehin geringen Wirkungsgraden der Stromerzeugung geboten ist, die Temperaturdifferenz im Stromerzeugungsverfahren möglichst hoch zu halten. Eine Wärmenutzung aus dem Wärmestrom des Prozesses wäre daher für die Stromerzeugung kontraproduktiv und würde deren Wirtschaftlichkeit deutlich beeinträchtigen. Tatsächlich erfolgt die Wärmenutzung meist parallel/alternativ zur Stromerzeugung und nicht im Prozess nachfolgender Weise¹⁸. Bei jeder Wärmenutzung aus Tiefengeothermie sollte ein (kommunales/regionales) Wärmenutzungskonzept vorliegen.

Wird hingegen die Abwärme zur Erzielung eines hohen Stromwirkungsgrades mittels Kühlturm abgegeben, werden recht hohe Mengen von Wasser zu Verdunstung benötigt. Eine Alternative sind Trockenkühltürme, die jedoch mit höheren Abwärmemperaturen den Wirkungsgrad der Stromerzeugung wiederum verschlechtern. Die Kühltürme weisen einen erheblichen Kühlbedarf von hunderten bis Millionen Kubikmetern Wasser pro Jahr auf. Hierzu ist es erforderlich, eine nachhaltige Wasserbereitstellung zu sichern. Wenn diese aufgrund der Grundwasser-Verhältnisse nicht gegeben ist, kommen Projekte der Tiefengeothermie nicht in Frage.

Anforderung: Bei Tiefengeothermie-Anlagen, die Strom erzeugen, soll auch eine parallele Nutzung von Wärme mittels Verteilung über Wärmenetze – soweit wirtschaftlich – erfolgen.

¹⁷ Wie es der Fachverband Geothermie im Februar 2018 verkündet.

¹⁸ BINE Projektinfo 10/09 – [www.geothermie-unterhaching.de/cms/geothermie/web.nsf/gfx/DC2BD8DC79256F61C1257663003BCB2B/\\$file/Projektinfo_BIN_E_deutsch.pdf](http://www.geothermie-unterhaching.de/cms/geothermie/web.nsf/gfx/DC2BD8DC79256F61C1257663003BCB2B/$file/Projektinfo_BIN_E_deutsch.pdf) – dort Abbildung 4.

3.2.2 Grundlastfähigkeit

Der zugunsten der Geothermie angeführte Vorteil der „Grundlastfähigkeit“ hat sich insofern relativiert, als dass bei steigenden Anteilen stark fluktuierender Wind- und Solarstroms ohnehin zunehmend regelbare Stromquellen erforderlich werden. Gleichwohl wird es weiterhin eine Grundlast beim Strombedarf von ca. 40–50 GW_{el} geben und wenn es Kraftwerke gibt, die umweltfreundlich Strom liefern können, sind diese sinnvoll, da somit der Aufwand von Ausgleich und Speicherung von Strom/ Energie der fluktuierenden Quellen gemindert werden kann. Die Stromerzeugung aus Tiefengeothermie ist daher keine unbedingt erforderliche Energiequelle, kann jedoch – wenn auch im sehr begrenzten Maße – zur Bereitstellung gesicherter Grundversorgung mit Strom beitragen.

Die Tiefengeothermie trägt derzeit (Stand 2018) aber nur mit einer installierten Leistung ca. 35 MW_{el} zu 0,1% zur Grundlastdeckung bei und dies auch nicht für die gesamte Dauer der Grundlast von 8.670 h im Jahr. Die jährliche Stromerzeugung von ca. 130 GWh_{el} entspricht durchschnittlich nur 3.200 Volllaststunden im Jahr und damit real nur etwa der Hälfte der möglichen Grundlaststromerzeugung¹⁹. Die in wissenschaftlichen Studien vorausgesetzte und in Projektdarstellungen zugesagte Grundlastabdeckung findet derzeit durch Tiefengeothermie-Strom noch nicht statt.

Prinzipiell können Tiefengeothermie-Kraftwerke auf Volllaststunden von 7.000–8.000 h kommen. Real wird hingegen²⁰ nur im Sommer die zum Heizen nicht benötigte Wärme zur Stromerzeugung verwendet. Wird hingegen ein ganzjähriger Betrieb zur Stromerzeugung angestrebt, sind v.a. im Sommer Kühlanlagen zur Abführung von Abwärme erforderlich. Dabei wird ein Drittel bis zur Hälfte des erzeugten Stroms aus der Tiefengeothermie-Wärme wiederum für den Betrieb der Pumpen benötigt.

Die Erwartungen, mit dem Einsatz von Tiefengeothermie für die Bereitstellung von Wärme und Strom insbesondere aufgrund einer gleichmäßigen Betriebsweise („Grundlast“) einen wirksamen Beitrag zu leisten, um einen schnelleren Atomausstieg oder Ausstieg aus fossilen Energieträgern im Maßstab von 10–20 GW_{el} zu erreichen, konnten bisher wegen des Pilot- und Demonstrationscharakters der Anlagen noch nicht eingelöst werden.

3.2.3 Wirtschaftlichkeit

Die Kosten der Stromerzeugung aus Geothermie haben sich in den letzten 10–20 Jahren nicht reduziert, eher steigen diese weiter an und liegen derzeit bei ca. 25–30 ct/kWh_{el}. Da etwa 30% der Stromerzeugung als Eigenstrombedarf für Pumpen etc. verwendet wird, liegen die realen Wirkungsgrade der Stromerzeugung netto um 10%. Bei Abzug des Eigenstrombedarfs liegen daher die Erzeugungskosten von Strom aus Tiefengeothermie bei 35–50 ct/kWh_{el}.²¹

Der Ausbau der Tiefengeothermie zur Stromerzeugung konnte nur mit einer EEG-Einspeise-Vergütung von 20–25 ct/kWh erreicht werden. Zudem bot die staatliche KfW-Förderbank bis vor einigen Jahren eine Absicherung von Krediten für Tiefen-Geothermie an, in dem im Falle einer Nicht-Fündigkeit auf die Rückzahlung der Kredite verzichtet wurde. Mittlerweile (Stand 2017) erfolgt eine Förderung der KfW im Rahmen des Markteinführungsprogramms²².

Für den BUND als Umweltverband stehen Fragestellungen der Wirtschaftlichkeit nicht im Zentrum des Vergleichs von Technologien – entscheidend ist, ob diese umweltfreundlich und naturgerecht umgesetzt werden können. Die Wirtschaftlichkeit bzw. Bereitstellungskosten beeinflussen jedoch entscheidend auch die Umsetzbarkeit in der Breite und künftige Entwicklungsperspektiven. Es stellt sich immer auch die Frage, ob andere Technologien der erneuerbaren Energien kostengünstiger sein können²³.

¹⁹ Dies ist auch durch Ausfälle von Anlagen bedingt oder nicht-Einberechnung des Eigenverbrauchs: Beispiel Geothermie Insheim (RLP): „Das Kraftwerk ist in der Lage mit 8.000 h bei 4,8 MW 33.000 MWh Strom zu erzeugen“ (Quelle: www.geothermie-insheim.de/index.php/das-kraftwerk) Real erzeugte Strommenge: 25.254 MWh, Eigenverbrauch: 7.476 MWh. Nettostromerzeugung 17.800 MWh, entsprechend 3.700 Volllaststunden.

²⁰ Bivalenter Betrieb der Anlage in Unterhaching. Im Jahr 2018 fehlt die frühere Angabe einer Stromerzeugungsleistung von 3,36 MW_{el} in der Projektliste des Bundesverbandes Geothermie.

²¹ Bericht Kaltschmitt, Vorhaben und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichts nach § 65 EEG für das BMWi, II b, Stromerzeugung aus Geothermie: [www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/erfahrungsbericht-evaluierung-eeg-2014-2b.pdf? blob=publicationFile&v=4](http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/erfahrungsbericht-evaluierung-eeg-2014-2b.pdf?blob=publicationFile&v=4); dort S. 63, Stand 2014

²² www.kfw.de/Programmerziffer/272-282, Punkt 8: [www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/Erneuerbare-Energien-Tiefengeothermie-\(272-282\)/](http://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/Erneuerbare-Energien-Tiefengeothermie-(272-282)/)

²³ Vor dem Hintergrund, dass Energieeinsparung der Hälfte des gegenwärtigen Energieverbrauchs Ziel des BUND ist und Energieeinsparung die kostengünstigste Energiedienstleistung ist.

Bei der Wind- und Sonnenenergie haben finanziell kostendeckende Unterstützungen zu einer technischen und wirtschaftlichen Entwicklung hin zu deutlich geringeren Herstellungskosten geführt, eine Kostendegression durch größere Mengen. Bei der Tiefen-Geothermie ist ein solcher Effekt bislang nicht zu erkennen, da die geringe Zahl von Projekten einen solchen Effekt nicht ergeben konnte, wenn er überhaupt tendenziell vorhanden ist. Zudem wirken – vom BUND befürwortete – Auflagen hinsichtlich des Umweltschutzes eher in Richtung von Kostensteigerungen.

Die Stromerzeugungskosten aus Windenergie und Photovoltaik haben sich hingegen in den letzten 20 Jahren von 20 – 40 ct/kWh auf einen Bereich von 4 – 8 ct/kWh reduziert, mit weiter fallender Tendenz. Künftig ist davon auszugehen, dass eine gesicherte Stromerzeugung (Erzeugung aus Wind- und Sonnenstrom, plus Absicherungskonzepten, Power-to-Gas, Speicherung) zu unter 10 ct/kWh Gesamtkosten (netto) darstellbar sein kann.

Anforderung: Für die Tiefengeothermie künftig bereitzustellenden Gelder durch staatliche Förderungen oder die EEG-Vergütung, sowie steuerliche Verlustabschreibungen sollten sich daher auf die Ziele Verbesserung der Technologie inkl. der Herstellung eines dauerhaften sicheren Betriebes, die Minderung von Umweltauswirkungen insbesondere des Schutzes des Grundwassers sowie die Senkung der Kosten konzentrieren.

4. Risiken und Anforderungen des Umweltschutzes

4.1 Risiken durch den Einsatz von Fracking-Methoden und chemischer Hilfsmittel

Die Studie des BGR im Auftrag des Umweltbundesamtes²⁴ weist auf erhebliche Probleme hin. Die potentiell negativen Umweltauswirkungen sind Erdbeben durch induzierter Seismizität, Beeinträchtigung der Trinkwasserversorgung durch Undichtheiten der Bohrungen oder Verbindung von zuvor getrennten Grundwasserleitern. Die Studie kommt zu folgender Schlussfolgerung:

Bei Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften, Regelwerke sowie Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik kann eine Beeinträchtigung von Grundwasser im Zusammenhang mit hydraulischen und chemischen Stimulationen in der tiefen Geothermie faktisch ausgeschlossen werden, sofern – wie bisher – ausreichend Deckgebirge und Barrierschichten zwischen dem Zielhorizont der Stimulation und den zur Trinkwassergewinnung nutzbaren Grundwasserleitern vorhanden sind. Diese Informationen liefern standortbezogene Voruntersuchungen. Die Integrität der Geothermiebohrungen sollte auch in der Betriebsphase regelmäßig überprüft werden. Aus Gründen der Beweissicherung sollte frühzeitig ein angepasstes Grundwassermonitoring durchgeführt werden. Ebenso ist Seismizität mit Personen- oder Sachschäden auszuschließen. Das Auftreten von spürbaren Erdbeben kann dabei durch ein geeignetes seismologisches Monitoring sowie durch ein entsprechendes Frühwarnsystem und Reaktionsschema minimiert werden.“ (ebenda S. iv)

Der BUND teilt diese Anforderungen. Tiefengeothermieprojekte erfordern eine umfassende Umweltverträglichkeitsprüfung in der Planungsphase und laufende Überwachungen des Grundwassers, der Dichtheit der Bohrungen und der Seismizität (siehe auch 4.2).

Insbesondere bei petrothermalen Projekten werden verschiedenste „Stütz- und Hilfsmitteln“ im Zusammenhang mit den eingesetzten Fracking-Methoden verwendet. Hierbei handelt es sich auch um Stoffe der Wassergefährdungsklassen 1–3, giftige Stoffe, sowie nicht näher spezifizierte Stoffe („Geheimhaltung“) für die auch keine CAS-Nummer vorlag und die konkreten Stoffe nicht recherchiert werden konnten²⁵, sowie die toxikologische Gefährdungsmerkmale nach der CLP-Verordnung aufweisen.²⁶

Der BUND lehnt den Einsatz von Fracking zur Förderung von Erdöl oder Erdgas grundsätzlich ab. Die Gründe: Hohe nicht vermeidbare Risiken für das Grundwasser und seine Ökosysteme durch den Einsatz wassergefährdender Stoffe und Risiken durch Freisetzung und Eintrag salzhaltiger und radioaktiver Tiefengewässer in grundwasserführende Schichten.

Deshalb lehnt der BUND den Einsatz der Technik der petrothermalen Tiefengeothermie aufgrund der verwendeten Fracking-Methoden ab, es sei denn, der Wärmeträger besteht aus Wasser und die Rückführung in den Untergrund sowie die Entsorgung von Abwässern und Rückständen²⁷ ist umweltverträglich gesichert. Dies ist im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen nachzuweisen.

4.2 Erdbebenrisiko

Zentral in der Diskussion steht das **Erdbebenrisiko**. Das betrifft insbesondere Projekte im Oberrheingraben. Das Aufbrechen zur Herstellung von „Durchgängigkeiten“ im Untergrund beim „Hot Dry Rock“-Verfahren, bei dem (kaltes) Wasser auf den „heißen Stein“ durch Einpumpen eines Wärmeträgers eingebracht wird, bedingt, dass durch Risse und Aufspaltungen auch Erdbeben entstehen. Auch kann mit der Bohrung und der späteren Nutzung latent vorhandene Seismizität ausgelöst werden. Das Projekt „Deep Mining“ in Basel wurde beendet und völlig eingestellt,

²⁴ BGR Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe - https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/texte_104_2015_tiefe_geothermie.pdf

²⁵ UBA 61/2012 (ebenda)

²⁶ Umweltforschungszentrum Leipzig, Risikostudie Fracking. 2012 www.ufz.de/export/data/2/2015_87_Abschlussbericht%20Ex_risikostudiefracking_120518_webprint.pdf

²⁷ Siehe hierzu Kapitel 4.3

nachdem einige deutlich spürbare Erdbeben der Magnituden $M^{28} = 3,1 - 3,4$ auftraten und die Öffentlichkeit das Projekt ablehnte. Beim Projekt in Landau (Pfalz) traten im Jahr 2009 nicht spürbare Erdbeben ($M = 2,4 - 2,7$) und auch Risse an der Oberfläche auf, die zum zeitweiligen Stopp der Förderung des heißen Wassers führte. Nach Wiederaufnahme des Probebetriebs im Herbst 2017/Winter 2018 traten wieder leichte – ebenfalls nicht spürbare – Erdbeben der Stärke $M = 0,7$ auf.

Das Erdbebenrisiko begrenzt tatsächlich sowohl durch die Frage der örtlichen Akzeptanz, die direkt auch mit der Versicherung möglicher Schäden an Gebäuden und Sachen verbunden ist, den Ausbau der Tiefengeothermie. Der Verweis auf erhebliche und andauernde Bergschäden im Ruhrgebiet ist nicht sinnvoll, da dort die Menschen zumindest noch meinten, vom Bergbau auch Vorteile zu haben, auch wenn die Folgen durch den Klimawandel nicht bekannt waren oder nicht beachtet wurden. Bei künftigen Energienutzungstechniken der erneuerbaren Energien gilt es jedoch, mögliche Risiken von Beginn an zu minimieren.

Bei der Tiefen-Geothermie sollten die Bohrverfahren so ausgerichtet werden, dass die Mikro-Seismizität unter einem Wert von $M = 2,5$ begrenzt wird. Als Leitlinie zur Vorgehensweise kann der Katalog aus dem Mediationsverfahren Tiefe Geothermie Vorderpfalz dienen, der je nach Aufkommen von Erdbeben und Erschütterungen eine veränderte Bohrweise bzw. der Fahrweise des Geothermiekraftwerks (Flussrate) empfiehlt. Dies kann aber zu einer erheblichen Minderung der Wirtschaftlichkeit der Anlage bis hin zum generellen und auch dauerhaften Betriebsstopp führen. Diese Risiken sind durch die Betreiber/Investoren zu tragen.

Zur Absicherung der betroffenen Bevölkerung hinsichtlich von Schadensersatzansprüchen ist eine entsprechende Einzahlung in einen Sicherungsfonds erforderlich, so wie es seit mehr als 100 Jahren im

Steinkohle-Bergbau und seit wenigen Jahren auch in der flachen Geothermie üblich ist. Es wird somit Sache von Versicherungsunternehmen sein, abzuschätzen, wie hoch die erforderliche Versicherungsprämie für die Projekte sein muss in Abhängigkeit von Schadenshäufigkeit und Schadenstärken. Bei neuen Projekten muss daher von Beginn an eine Methodik der Bohrung sowie des späteren Betriebs festgelegt werden, die Erdbeben auf eine Stärke $M < 3,0$ begrenzt.

4.3 Radioaktivität

Ein in der ersten Phase von Tiefen-Geothermie-Projekten kaum beachtete Frage ist, dass mit der Förderung von Tiefenwasser auch hoch konzentrierte Salzlösungen gefördert werden. In der Regel werden diese Tiefenwässer wieder durch Injektionsbohrungen in die Tiefe gepumpt. Es verbleiben gleichwohl Abwässer und Ablagerungen von Salzen in den Rohren, Pumpen etc.

Einige Tiefenwässer in Norddeutschland und im Oberrheingraben enthalten zudem radiumhaltige Salze und das in Wasserlösung befindliche radioaktive Gas Radon, das gegenüber dem Atmosphärendruck aus dem geförderten Wasser entweichen kann. Das „Radon-Radium-Problem“ ist inzwischen fester Bestandteil der bei den Projekten erforderlichen Umweltprüfung.

Neben möglichen Risiken für die Bevölkerung und des Eintrags von versalzten und radioaktiven Wässern in das Grundwasser durch defekte Bohrungen und Rohre stellt das Radon-Gas zusammen mit Ablagerungen von Radium, Thorium und (nicht radioaktivem) Blei einen wesentlichen Faktor der Arbeitssicherheit und der Belastung des Personals dar. Ebenso muss die sich in Salzablagerungen in Rohren (sog. Scales²⁹) abgeschiedene Radioaktivität beachtet werden³⁰. Hierbei können sich durch Ablagerung und dabei Aufkonzentration von natürlicher Radioaktivität der Nuklide Radium-226, Pb-210, Ra-228,

²⁸ *Magnitude der Richter-Skala: logarithmische Einteilung von Erdbebenstärken. Die Wahrnehmungsgrenze liegt beim $M = 3$. Bei $M = 3 - 4$ können leichte bauliche Schäden auftreten. In Basel wurden Putzschäden an Häusern für 9 Mio. SFR durch eine Versicherung beglichen.*

²⁹ www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/rueckstaende/tiefengeothermie/tiefengeothermie_node.html

³⁰ *Radon-Gas ist Teil einer radioaktiven Zerfallskette, bei seinem Zerfall und Folgezerfällen entstehen Feststoffe, vgl. Degering et al., Strahlenschutz bei der Nutzbarmachung der geothermischen Energie; in StrahlenschutzPraxis, 3/2014, Fachverband für Strahlenschutz*

Th – 228) spezifische Aktivitäten von bis zu 3.000 Bq/g ergeben³¹. Bisher sind zur Entsorgung 55 t radioaktiver Abfälle mit 100 GBq angefallen³². Für die auf den Anlagen Beschäftigten können berufliche Expositionen von (zusätzlich) 1 – 3 mSv/Jahr folgen und den Dosisrichtwert von 1 mSv/Jahr überschreiten.

Tiefengeothermie bringt also nicht zu vernachlässigende radioaktive Belastungen mit sich, sei es für Beschäftigte als auch für die Entsorgung radioaktiver Ablagerungen bzw. durch solche kontaminierte Bauteile. Eine Fortführung der Tiefengeothermie und Forschung sollte an eine Minimierung der Strahlenbelastung sowie eine vor Projektgenehmigung bestehende Genehmigung zur Deponierung der radioaktiven Abfälle gebunden sein.

Der BUND lehnt die beim Abriss von Atomkraftwerken übliche „Freigabe“ von Abfällen sei es uneingeschränkt oder mit begrenzten Mengen und begrenzter Aktivität auf konventionelle Deponien oder den Straßenbau ab. Dies gilt ebenso für Abfälle mit radioaktiven Substanzen aus Anlagen der Tiefen-Geothermie. Entsprechend fordert der BUND, dass bei Tiefengeothermie-Projekten keine Abgabe von Radioaktivität über das Projektgelände hinaus erfolgt. Insgesamt zeigt sich, dass die Erfahrungen über diese Fragestellung noch sehr gering sind.

Der BUND fordert daher Untersuchungen und Messungen radioaktiver Stoffe und Freisetzungen bei den bestehenden Projekten, Maßnahmen zur Vermeidung und Minimierung der Strahlenbelastung von Personal und Bevölkerung. Bei geplanten Projekten ist die Fragestellung der radioaktiven Belastungen im Rahmen der UVP einzubeziehen. Dass diese radioaktiven Stoffe natürlichen Ursprungs sind, macht sie nicht ungefährlich. Der Umgang mit diesen Materialien³³ ist in der Strahlenschutzverordnung geregelt. Der BUND hält den Grenzwert für die Bevölkerung von 1 mSv/Jahr für viel zu hoch und fordert hierbei die Senkung

der Grenzwerte um den Faktor 10 aufgrund höherer Strahlenrisiken und zur Strahlenschutzvorsorge³⁴.

4.4 Besondere Anforderungen in ehemaligen Bergbauregionen

In ehemaligen Bergbauregionen können darüberhinausgehende Anforderungen an die Genehmigung von Bohrungen, die tiefer als 100 m gehen, erforderlich werden. Die bergbauliche Vorgeschichte macht hier eine konsequente Anwendung der Umweltgesetze (Wasserhaushaltsgesetz, Landeswassergesetz, Bundesimmissionsschutzverordnung, Bundesbodenschutzgesetz) erforderlich, die nicht durch bergrechtliche Ausnahmen eingeschränkt werden dürfen. So wurden z. B. im Ruhrgebiet in verschiedenen Schachtanlagen schwermetallhaltige Sonderabfälle in Stollen eingelagert. In zahlreichen Stollen gibt es PCB-Altlasten aus alten Transformatoren.

Zukünftige Bergsenkungen gehen einher mit veränderten Wegsamkeiten für salzgesättigte Tiefen-Solewässer, oberflächennahes Grundwasser und Gasblasen. Diese Effekte sind schwer vorhersehbar und könnten durch Tiefenbohrungen unkontrolliert verändert werden.

Zu den Ewigkeitslasten aus der Steinkohlegewinnung gehört die Aufgabe, permanent Grundwasser abzupumpen und dieses so aufzubereiten, dass es in Oberflächengewässer eingeleitet werden kann. Bei Tiefenbohrungen ist deshalb auch sicherzustellen, dass sie für diese Daueraufgabe keine zusätzlichen Kosten erzeugen.

³¹ Diese Stoffe entstehen in Zerfallsketten, 226Ra, 228Th und 210Pb sind Alpha-Strahler, die bei Aufnahme in den Körper besonders stark wirksam sind.

³² Dies liegt in der Größenordnung der deutschen Erdöl/Erdgas-Industrie (Köhler, Degering, Strahlenschutz in ausgewählten Anlagen – Ein Überblick, StrahlenschutzPraxis 3/2014, S. 12f)

³³ Sog. NORM = naturally occurring radioactive materials, www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/rueckstaende/einfuehrung/einfuehrung.html

³⁴ Stellungnahme des BUND zum Strahlenschutzgesetz 2017 www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/atomkraft/atomkraft_strahlenschutzgesetz_stellungnahme.pdf

5. Tiefengeothermie mit alleiniger bzw. vorrangiger Wärmenutzung

Mit hydrothermalen Systemen wird die im Untergrund gespeicherte Wärme genutzt, die in Thermalwässern in wasserführenden Schichten (Aquifer) vorliegt. Vor allem in Oberbayern, insbesondere im Voralpenraum (zwischen Pocking und Landsberg) sowie im Umkreis von München liegt unterhalb des süddeutschen Molassebeckens mit der geologischen Formation des Malmkarsts ein nutzbares Wärmepotenzial heißen Wassers im Bereich von 70–140 °C vor. Allerdings sinkt diese wasserführende Schicht von Nord nach Süd von 3.000 bis 5.000 m in die Tiefe ab, was die Kosten zur Förderung von Wärme erhöht.

In diesem Bereich wurden bisher ca. 20 Projekte der Tiefen-Geothermie realisiert, zumeist nur mit einer Wärmergewinnung, verbunden mit Temperaturen von 70–110 °C, einige Projekte (Unterhaching, Traunreut, Taufkirchen, Holzkirchen) weisen in Verbindung mit größeren Bohrtiefen von 3.500–4.000 m auch ausreichende Temperaturen von 122 °C (Unterhaching) und darüber auf. Damit ist auch eine Stromerzeugung mit dem sog. ORC/Kalina-Verfahren³⁵ möglich. Die relativ niedrige Temperatur bedingt physikalisch nur Wirkungsgrade von 8–15% brutto und 5–10% netto. Weitere 15 Projekte sind vorgesehen (Stand 2017). Die Stadtwerke München planen, die Wärmeerzeugung des Kohleheizkraftwerks (KWK) München Nord bis zum Jahr 2025 durch Tiefengeothermie-Projekte zur Wärmeversorgung zu ersetzen³⁶.

Mit der Nutzung von Wärme aus hydrothermalen Systemen kann ein deutlicher Beitrag zum Ersatz fossiler Wärmeerzeugung geleistet werden – jeweils bezogen auf das Einzugsgebiet entsprechender Wärmenetze. Untersuchungen haben ergeben, dass „in den kommenden 50 Jahren die Temperaturabsenkungen im Untergrund infolge der Thermalwasserförderungen sich nur auf die direkte Umgebung der Reinjektionsbohrung beschränken und Anlagen in Nachbargemeinden sich nicht beeinträchtigen.“³⁷ Längerfristig wird sich diese Geothermie-Nutzung

jedoch nicht als nachhaltig darstellen, da diese aus dem Wärmereservoir im Untergrund gespeist wird und die lokale Entnahme höher ist als die entsprechende regionale Wärmenachströmung. Für einen vollständigen Übergang weg von fossilen Energieträgern bis zum Jahr 2040 kann die hydrothermale Tiefengeothermie jedoch lokal einen sinnvollen Beitrag zum Ersatz fossiler Energieträger leisten.

Bei entsprechenden Bohrkosten ist es möglich, Gesteinsspreise für Wärme zu erreichen, die für Endverbraucher unter den Kosten für Wärme aus fossilen Energieträgern liegen.

Längerfristig muss und kann der Wärmebedarf aus der Solarthermie sowie der Abwärme aus Verfahren des erneuerbaren Stroms und der hiermit erzeugten Gase (Wasserstoff, Methan) erfolgen. Die Sonne bietet nämlich eine weitaus höhere spezifische Einstrahlung im Vergleich zu den nutzbaren Wärmeströmen aus dem Untergrund.

Anforderung bei Tiefen-Geothermie zur alleinigen Wärmenutzung

Der BUND rät, dass bei der Erstellung von Konzepten für Fern- und Nahwärmenutzung in Verbindung mit der hydrothermalen Tiefengeothermie die Potenziale der Senkung des Wärmebedarfs in Gebäuden, insbesondere durch die Kommunen, mitadressiert werden. Es sollten Wärmenutzungspläne erstellt werden. In diesen Wärmenetzen sollte geothermische Wärme Vorrang erhalten. Darüber hinaus sollte in diesen Fällen die solarthermische Wärmebereitung zugunsten der Nutzung von Dachflächen für Photovoltaik ausgeschlossen werden, um keine Konkurrenzsituation zur Tiefengeothermie zu schaffen.

³⁵ Die Funktionsweise ist in zahlreichen Internetbeiträgen sowie Beschreibungen von Herstellern zu entnehmen. Z.B.: www.tiefengeothermie.de/top-themen/orc-und-kalina-verfahren-zur-geothermischen-stromerzeugung

³⁶ www.swm.de/privatkunden/unternehmen/energieerzeugung/geothermie.html

³⁷ BINE Projektinfo 17/2013 - www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Projekt-Infos/2013/Projekt_17-2013/ProjektInfo_1713_Internetx.pdf

³⁸ www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/bund/standpunkt/strom-einsatz_zu_heizzwecken_standpunkt.pdf

³⁹ www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/bund/position/geothermie_position.pdf

Der BUND hat zu zahlreichen Energietechniken Grundsatzpositionen erstellt und verabschiedet. Die erste Position Nr. 42 zur Geothermie hat er im Jahr 2007 herausgegeben.

Aufgrund neuer Erkenntnisse und technischer Veränderungen verabschiedete der BUND im Februar 2016 den Standpunkt „Strom und Wärme zu Heizzwecken“³⁸, der insbesondere die Wärmeerzeugung mittels Wärmepumpen in Verbindung mit **oberflächennaher Geothermie** (bis 400 m Tiefe) behandelt.

Diese neue Position befasst sich daher alleinig mit der **Tiefengeothermie** (ca. 1.000 – 5.000 m Tiefe), die zur Erzeugung von Strom und vor allem Wärme eingesetzt werden kann. Sie ersetzt somit in diesem Punkt die bisherige BUND Position Nr. 42, die damit insgesamt aufgehoben wird³⁹.

Aufgrund des derzeitigen im Verhältnis zum Energiebedarf geringem und zudem zeitlich begrenzten Potenzials der Tiefengeothermie wurde diese Energienutzung im BUND Energiewende-Szenario „BUND Konzept zur zukunftsfähigen Energieversorgung“ (BUND Position Nr. 66, Dez. 2017) nicht berücksichtigt.

Internetquellen

Bundesverband Geothermie – Statistiken, Projektbeschreibungen
www.geothermie.de – www.geotis.de

Bundestag, Definition Tiefengeothermie
www.bundestag.de/blob/194912/3a3b267afee502843cb5028ca11ef144/geothermische_energie-data.pdf

Marketing-Infoportal zugunsten Tiefengeothermie mit vielen aktuellen und historischen Infos zu allen Projekten und Standorten
www.tiefengeothermie.de/

TAB Studie 2003
www.geothermie.de/fileadmin/useruploads/Service/Publikationen/Tab84.pdf

Internetseiten zu einzelnen Projekten und den jeweiligen politischen Auseinandersetzungen:

https://de.wikipedia.org/wiki/Geothermiekraftwerk_Landau
www.geothermie-landau.de/
https://de.wikipedia.org/wiki/Geothermiekraftwerk_Insheim
https://de.wikipedia.org/wiki/Geothermiekraftwerk_Unterhaching
<http://erdwaerme-oberland.de/project-weilheim>

Impressum

Herausgeber:

*Bund für Umwelt
und Naturschutz
Deutschland e.V. (BUND),
Kaiserin-Augusta-Allee 5
10553 Berlin*

Telefon: 0 30/2 75 86-40

Telefax: 0 30/2 75 86-440

mail: info@bund.net

www.bund.net

Autor*innen:

BUND Bundesarbeitskreis

Energie. Redaktion:

Dr. Werner Neumann,

Dr. Falk Auer, Dr. Herbert Barthel,

Ing. (grad) Hans-Heinrich,

Schmidt-Kanefendt

V.i.S.d.P.: *Yvonne Weber*

1. Auflage, Juni 2019