

CLIMATE CHANGE

62/2025

Wissenschaftliche Analysen zu ausgewählten Aspekten der Statistik erneuerbarer Energien und zur Unterstützung der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)

Fachbericht Tiefe Geothermie

CLIMATE CHANGE 62/2025

EVUPLAN des Bundesministerium für Wirtschaft und
Energie

Forschungskennzahl 37EV 18 102 0

FB001733

Wissenschaftliche Analysen zu ausgewählten Aspekten der Statistik erneuerbarer Energien und zur Unterstützung der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien- Statistik (AGEE-Stat)

Fachbericht Tiefe Geothermie

von

Gerd Schröder
Leipziger Institut für Energie GmbH, Leipzig

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

Leipziger Institut für Energie GmbH
Lessingstraße 2
04109 Leipzig

Abschlussdatum:

November 2024

Redaktion:

Fachgebiet V 1.8 Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik
(AGEE-Stat)
Sebastian Hermann, Michael Memmler

DOI:
<https://doi.org/10.60810/openumwelt-7724>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, Oktober 2025

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Stand und Statistik zur tiefen Geothermie

Ziel des Fachberichtes ist es, die Relevanz und Entwicklung der tiefen Geothermie im Vergleich zu den anderen Erneuerbaren Energien darzustellen. Es werden der Anlagenbestand und dessen Entwicklungstrends abgebildet. Dabei wird einerseits auf technische Aspekte der Technologie eingegangen und Angaben zu Lebensdauer, Wirkungsgraden oder Volllaststunden gemacht. Andererseits werden neben Leistungsangaben auch die Erzeugungsmengen des Anlagenbestandes in den Sektoren von Strom und Wärme bzw. KWK dargestellt. Abschließend wird auf Nutzungsoptionen, wie z. B. die Balneologie oder Gewächshäuser und zusätzlich auf aktuelle Trends der tiefen Geothermie eingegangen.

Abstract: Status and statistical development of deep geothermal energy

The aim of the report is to present the relevance and development of deep geothermal energy in comparison to other renewable energy sources. The existing installations and their development trends are presented. Technical aspects of the technology are discussed and information is provided on service life, efficiency rates or full load hours. In addition to performance data, the generation quantities of the plant stock in the electricity and heat sectors as well as in CHP applications are presented. Finally, options for use, such as balneology or greenhouses heating, as well as current trends in deep geothermal energy are discussed.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	8
Zusammenfassung.....	9
Summary	10
1 Einleitung.....	11
2 Entwicklung des Anlagenbestands aus Geothermie	14
2.1 Anzahl der Anlagen in Betrieb zur Strom- oder gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung.....	14
2.2 Anzahl der Anlagen in Betrieb zur Wärmeerzeugung.....	16
2.3 Mittlere Lebensdauer	16
2.4 Durchschnittliche Auslastung / Volllaststunden	17
3 Entwicklung der installierten elektrischen und thermischen Leistung	18
4 Entwicklung der Stromerzeugung	21
4.1 Bruttostromerzeugung.....	21
4.2 Eigenverbrauch	21
4.3 Netzeinspeisung gesamt und darunter KWK-Stromeinspeisung.....	22
4.4 Entwicklung des wirtschaftlich motivierten Selbstverbrauchs	23
5 Entwicklung der Netto-Wärmeerzeugung	24
5.1 Gesamte Wärmeerzeugung und darunter KWK-Wärme	24
5.2 Sektorale Zuordnung der genutzten tiefeingeothermischen Wärme	25
6 Aktuelle Trends zur Entwicklung der geothermischen Strom- und Wärmeerzeugung	27
7 Quellenverzeichnis	29

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Gebiete mit hydrothermischem Potenzial sowie Wärme- und Stromprojekte.....	12
--------------	--	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Entwicklung der Anzahl von Projekten zur Strom- und gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung in Deutschland [Anzahl].....	15
Tabelle 2:	Entwicklung der elektrischen Leistung in Deutschland [MW]..	18
Tabelle 3:	Entwicklung der thermischen Leistung in Deutschland [MW] .	19
Tabelle 4:	Vergleich von Brutto- und Netto-Stromerzeugung in Deutschland [GWh]	21
Tabelle 5:	Entwicklung der Netzeinspeisung und Netto-Stromerzeugung in Deutschland [GWh]	22
Tabelle 6:	Entwicklung der Wärmeerzeugung in Deutschland [GWh].....	24

Abkürzungsverzeichnis

AGEE-Stat	Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien Statistik
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
el	elektrisch
GeotIS	Geothermisches Informationssystem
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
KWK	Kraft Wärme Kopplung
ORC	Organic rankine cycle
th	thermisch
StandAG	Standort Auswahl Gesetz
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber

Zusammenfassung

Der tiefen Geothermie wird seit Jahrzehnten eine größere mögliche Rolle zur Energiebereitstellung zugesprochen. Das liegt an der grundsätzlich uneingeschränkten Verfügbarkeit im Vergleich zu anderen eher volatilen erneuerbaren Energiequellen. So kann ein Kraftwerk oder eine Heizzentrale auf Basis tiefer Geothermie, welche in Deutschland die Energie meist aus tief liegenden (> 400 m) wasserführenden Schichten gewinnt, im Rahmen der Auslegungsparameter, nachfrageorientiert betrieben werden.

Trotz dieser positiven Grundvoraussetzungen hat sich die Nutzung der tiefen Geothermie aufgrund vielfältiger Randbedingungen und Einschränkungen bisher, besonders im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern relativ verhalten entwickelt.

So sind in Deutschland, neben einer größeren Anzahl meist schon älterer Thermalbäder, aktuell 41 Tiefengeothermie-Projekte in Betrieb, die zusammengenommen weniger als 1 % der Strom- oder Wärmenachfrage decken. Der überwiegende Anteil der gewonnenen Energie wird dabei, abgesehen von der Netzeinspeisung aus insgesamt 11 Kraftwerksblöcken, in Wärmenetze eingebracht. Zwei Projekte davon stellen ausschließlich elektrische Energie bereit, da am jeweiligen Standort keine Wärmenachfrage vorliegt oder bisher nicht erschlossen wurde.

Es kann aktuell von einer installierten elektrischen Leistung von ca. 51,6 MW und einer thermischen Leistung von ca. 410 MW ausgegangen werden. Mit diesen Anlagen wurden im Jahr 2023 Energiemengen von ca. 195 GWh (el.) (AGEE-Stat 2024) und ca. 1.536 GWh (th., ohne Balneologie) bereitgestellt (Destatis 2024).

Durchschnittlich liegen die Vollbenutzungsstunden der Stromerzeugung in einer Größenordnung von 4.500 Stunden während sich für die erfassten Wärmeprojekte mittlere Vollbenutzungsstunden von ca. 2.000 bis maximal 3.500 Stunden errechnen. Im Vergleich dazu erreichen die Thermalbäder (Balneologie) höhere Auslastungen von über 8.000 Stunden.

Geothermieprojekte erreichen normalerweise eine hohe Lebensdauer von mehr als 20 Jahren, da vor allem der untertägige Anlagenteil langlebig aufgebaut ist.

In einigen Gebieten in Deutschland werden, vor dem Hintergrund der nötigen Klimaanstrengungen und wegen steigender Preise der konventionellen Energieträger Ideen und Projekte entwickelt, welche die Nutzung der tiefen Geothermie insbesondere für die Fernwärme-gestützte Energieversorgung intensivieren wollen. So verfolgen beispielsweise die Stadtwerke München das ehrgeizige Ziel bis zum Jahr 2040 die Fernwärme komplett CO₂-frei bereitzustellen oder hat Nordrhein-Westfalen einen Masterplan für Geothermie veröffentlicht. Auch in Mecklenburg-Vorpommern werden Strategien für tiefe und mitteltiefe Geothermie entwickelt, um deren Anteil an der Wärmebereitstellung mittelfristig erhöhen zu können.

Summary

Deep geothermal energy has been seen as having a great potential role in energy provision for decades. This is due to its basically unlimited availability compared to other more volatile renewable energy sources. Thus, a power plant or heating plant based on deep geothermal energy, which in Germany usually extracts energy from deep (> 400 m) water-bearing strata, can be operated according to demand within the design parameters.

Despite these positive basic conditions, the use of deep geothermal energy has so far been relatively restrained due to a variety of boundary conditions and restrictions, while other renewable energy sources have experienced veritable "boom phases".

For example, in addition to a large number of mostly older thermal baths, are currently 41 deep geothermal projects are currently in operation in Germany, which together cover less than one per cent of the demand for electricity or heat. The majority of the energy produced is fed into heating grids, apart from the electricity production from a total of 11 power plant units. Two of these projects provide electrical energy only, as there is no demand for heat at the respective location or it has not yet been developed.

Currently, an installed electrical capacity of approx. 51,6 MW and a thermal capacity of approx. 410 MW can be assumed. With these plants, energy quantities of approx. 195 GWh (el.) and approx. 1,536 GWh (th.) were provided in 2023 (Destatis 2024).

On average, the full utilisation hours of electricity generation are in the order of 4,500 hours, while the average full utilisation hours for the recorded heating projects are calculated to be approx. 2,000 to a maximum of 3,500 hours. In comparison, the thermal spas (balneology) achieve higher utilisation rates of over 8,000 hours.

Geothermal projects normally achieve a long service life of more than 20 years, as the underground part of the plant in particular is built to last.

In some areas of Germany, against the backdrop of the necessary climate efforts and due to the rising prices of conventional energy sources, ideas and projects are being developed that aim to intensify the use of deep geothermal energy, especially for district heating. The municipal utility of Munich (Stadtwerke München), for example, is pursuing the ambitious goal of making district heating completely climate-neutral by 2040 and the federal state of North Rhine-Westphalia has published a master plan for geothermal energy. Strategies for deep and medium-depth geothermal energy are also being developed in Mecklenburg-Western Pomerania in order to increase its share of heat supply in the medium term.

1 Einleitung

Auch in Deutschland hat die tiefe und mitteltiefe Geothermie ein hohes Potenzial, um vor allem im Bereich der Wärmebereitstellung und -nutzung einen signifikanten Beitrag für eine klimafreundliche Energieversorgung zu leisten. Im Gegensatz zu den meisten anderen erneuerbaren Energiequellen steht die tiefe Geothermie das ganze Jahr und rund um die Uhr mit hoher Auslastbarkeit zur Verfügung. Unter Einhaltung anlagenspezifischer Grenzwerte kann die Technik nachfrageorientiert betrieben werden und damit Wärme und ggf. auch Strom bereitstellen.

Ab einer Tiefenlage von 400 m und mehr wird eine Geothermieranlage zur Nutzung der Erdwärme als Tiefengeothermie bezeichnet. Darüber ist die Nutzung der Erdwärme mittels flacherer Bohrungen oder Erdsonden(feldern) als oberflächennahe Geothermie bekannt.

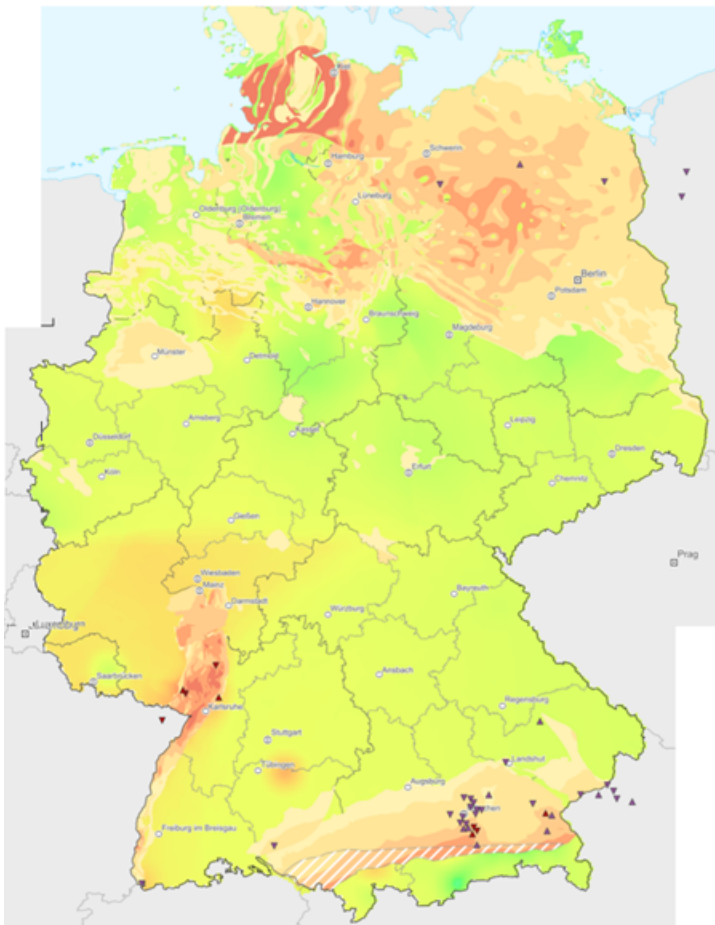
Der sogenannte Temperaturgradient gibt an wie schnell die Temperatur im Untergrund mit der Tiefenlage zunimmt. Nicht überall in Deutschland oder in der Welt ist dieser Gradient gleich, sondern es existieren sogenannte „Hotspots“, die eine deutlich stärkere Zunahme aufweisen. In Deutschland ist hier vor allem der Oberrheingraben zu nennen. Durchschnittlich nimmt in Deutschland die Temperatur jedoch je 100 Meter Tiefe um ca. 3 °K zu.

Unabhängig davon ob tiefe oder oberflächennahe Geothermie existieren folgende zwei generelle technische Ansätze zur Nutzung der Erdwärme:

- ▶ Offene Systeme fördern Thermalsole zutage und erlauben auch eine stoffliche Nutzung derselben (z. B. in Thermalbädern). Dieses Konzept ist im Bereich der tiefen Geothermie in Deutschland das am meisten genutzte. Es wird ein Aquifer (wasserführende Schicht) im Untergrund erschlossen und das Thermalwasser über eine Tiefpumpe zutage gefördert. Übertage wird die Energie des Fluids mittels geeigneter Wärmeübertragung an einen sekundären Kreislauf abgegeben oder das Thermalwasser stofflich genutzt. Der Energieinhalt der Thermalsole ist direkt von der Temperatur und dem Volumenstrom desselben abhängig. Anschließend wird das Thermalwasser meist über eine zweite Bohrung, mit ausreichendem Abstand zur Förderbohrung, wieder in den Untergrund geleitet (das Konzept wird auch als hydrothermale Dublette bezeichnet).
- ▶ Im Bereich der oberflächennahen Geothermie werden meist geschlossene Systeme realisiert. Diese Systeme bestehen aus U- oder koaxialen Sonden, d. h. aus Kreislaufsystemen, welche fest verrohrt und damit gegenüber dem Untergrund verschlossen sind (bei koaxialen Sonden z. B. sinkt das Fluid im Außenring zum Sondenfuß, um im zentralen Ringraum nach Übertage zu gelangen). Der Untergrund erwärmt das Wärmeträgerfluid, welches durch das System zirkuliert. Die aufgenommene Energie wird übertage direkt in das Heizsystem eingekoppelt oder vorher über eine Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau angehoben. Mit dem Untergrund findet bei den geschlossenen Systemen kein stofflicher Austausch statt.

Aufgrund der geologischen Bedingungen sind in Deutschland im Bereich der tiefen Geothermie, bis auf wenige Ausnahmen, als Hauptgebiete vor allem das Norddeutsche Becken, der Oberrheingraben sowie das Molassebecken in Süddeutschland (GtV, 2020) zu nennen. In diesen günstigen geologische Gebieten existieren wasserführende Schichten in geeigneter Tiefe mit z. T. ausreichenden Fließraten.

Abbildung 1: Gebiete mit hydrothermischem Potenzial sowie Wärme- und Stromprojekte



Quelle: GeotIS 2023

Unter energiewirtschaftlichen Aspekten wurde der Betrieb von Geothermianlagen in Deutschland, vor allem im Stromsektor, in den zurückliegenden Jahren verbessert (z. B. frühere EEG-Novellierungen). Auch in der aktuellen Novellierung EEG 2021 (EEG 2023) werden die grundsätzlichen Rahmenbedingungen verbessert, indem die Degression der Vergütung von Geothermiestrom erst später greifen soll (2024 statt 2021) und von 5 % auf 0,5 % abgesenkt wird. Beide Maßnahmen sollen die Planungssicherheit für Projekte erhöhen. Darüber hinaus wurden durch ein Eckpunktepapier des BMWK im Herbst 2022 flankierende Maßnahmen vorgestellt, welche den Ausbau der Geothermie nachhaltig beschleunigen sollten.

Trotz vielfältiger Maßnahmen, auch auf Ebene der Bundesländer, lässt sich feststellen, dass sich, abgesehen vom Großraum München, die energetische Nutzung der tiefen Geothermie in Deutschland in den letzten Dekaden recht überschaubar vergrößert hat.

Aktuell werden nur ca. 0,1 % der Bruttostromerzeugung und ca. 0,9 % der Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien in Deutschland aus tiefer Geothermie bereitgestellt (AGEE-Stat 2024).

Als Ursachen für die immer noch zögerliche Entwicklung können folgende Punkte genannt werden:

- Im Bereich der tiefen Geothermie müssen lange Projektentwicklungszeiten von mindestens vier bis häufig sieben und mehr Jahre durch die Gesellschaften eingeplant werden. D. h., dass für tiefe Geothermie-Projekte aufgrund hoher Investitionsvolumina, bei hoher

Eigenkapitalquote, ein großer Zeitraum überbrückt werden muss, in dem es noch keinen Rückfluss an Kapital aus jedweden Quellen gibt.

- ▶ Neben möglichen Problemen bei der Bohrungsniederbringung, welche vereinzelt auch zum Abbruch eines Projektes geführt haben, existieren auch relativ hohe Restrisiken in Bezug auf die Fündigkeit im Aquifer (das sog. Fündigkeitsrisiko). Eine Nicht-Fündigkeit kann durch zu geringe angetroffene Temperaturen oder aber auch durch eine zu kleine Fließrate bzw. Schüttung des Schichtenwassers oder beides zugleich begründet sein. Trifft dies zu, lässt sich das Projekt aufgrund gegebener Bohr- und sonstiger Kosten nicht wirtschaftlich darstellen. D. h. die Betreibergesellschaft muss nach Niederbringung der Bohrung(en) das Projekt abbrechen, oder eine anderweitige Nutzung realisieren. Die Kosten, zumindest für die erste Bohrung, können aber nicht vermieden werden. Zumindest eine handvoll von Projekten mussten in Deutschland in den letzten Jahrzehnten aus diesem Grund abgebrochen werden.
- ▶ Vereinzelt mussten tiefe Geothermieprojekte aufgrund von Akzeptanzproblemen in der Bevölkerung eingeschränkt oder abgebrochen werden. Im Rahmen von Stimulationsmaßnahmen nach der Bohrungsniederbringung, um die Fließrate des Schichtenwasser zu erhöhen (siehe oben „Fündigkeit“) kam es zu seismischen Ereignissen, welche bei Anrainern Ängste auslösten und zu einigen Bürgerinitiativen gegen tiefe Geothermie geführt haben.
- ▶ Wie in Abbildung 1 deutlich zu sehen, ist durch die geologischen Randbedingungen die wirtschaftliche Nutzung der tiefen Geothermie für Wärme- und Stromerzeugung auf bestimmte Gebiete in Deutschland beschränkt (Molasse Becken, Oberrheingraben, Norddeutsches Becken). Davon abgesehen existieren einzelne Forschungsprojekte in anderen Gebieten und/oder Gesteinsschichten.

Aufgrund der aufgelisteten „Unwägbarkeiten“ kommt es zu einer langsamen aber verhältnismäßig stetigen Entwicklung von Projekten. Meist wurde und wird im Jahr nur ca. ein neues Projekt in die Betriebsphase überführt. Abgesehen vom Großraum München, wo vor allem aufgrund der Vision der Stadtwerke München (SWM) zur „Klimaneutralen Fernwärme“ aktuell eine gewisse Dynamik beobachtet werden kann, gehen/gingen die Entwicklungen in den anderen Regionen in Deutschland bisher eher in Dekaden vonstatten.

2 Entwicklung des Anlagenbestands aus Geothermie

2.1 Anzahl der Anlagen in Betrieb zur Strom- oder gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung

Die Zahl der Anlagen im Bereich der tiefen Geothermie mit einer Strom- oder gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung ist in Deutschland mit aktuell ca. 11 Stück relativ gering.

Beim Anlagenbestand wird Übertage je nach Nutzungskonzept ein entsprechend angepasster sekundärer Kreislauf zur Energieauskopplung verwendet. D.h. findet eine ausschließliche Wärmenutzung statt, ist der Sekundärkreislauf, abgesehen von notwendigen Filtern und evtl. Pumpen zur Druckhaltung, wie bei einem Nah- oder Fernwärmenetz aufgebaut. Die Wärme wird aufgenommen und verteilt. Sind jedoch die mit dem Thermalwasser geförderten Temperaturen hoch genug (ab ca. 100 °C) kann vor der Wärmenutzung ein sogenannter ORC- oder Kalina-Kreislauf für eine mögliche Stromerzeugung eingesetzt werden.

ORC-Process (organic rakine cycle) und Kalina-Kreislauf

Beim ORC-Prozess (organic rakine cycle) wird ein organisches Fluid, welches bei deutlich niedrigeren Temperaturen verdampft als z. B. Wasser, wie bei einem klassischen Dampfkraftwerksprozess im Kreislauf geführt. Bei einem Kalina-Kreislauf besteht das Kreislaufmedium aus einem Wasser-Ammoniak-Gemisch. Das Ammoniak wird aus der Mischung herausverdampft (auch bei niedrigeren Temperaturen als bei Wasser) und nach Durchlaufen der Arbeitsturbine wieder zur Mischung hinzugefügt. Aktuell hat sich in Deutschland und Europa jedoch der ORC-Kreislauf als sekundärer Kreislauf zur Stromgewinnung durchgesetzt. Meist findet in Form einer Kaskadennutzung nach der Stromerzeugung noch eine Wärmenutzung in Fern- und Nahwärmenetzen statt. Der erste Strom aus Geothermie in Deutschland wurde 2003 im Projekt Neustadt-Glewe erzeugt. Hier wurde eine vorhandene hydrothermal genutzte Dublette, welche das Wärmenetz der Stadt seit 1992 versorgt, um einen kleinen Kraftwerksblock (ORC-Anlage) erweitert. Das kleine Kraftwerk war bis 2010 vor allem in den Sommermonaten in Betrieb. Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen wurde der Betrieb des ORC-Kraftwerks am Standort jedoch eingestellt und der Kraftwerksteil im Jahr 2012 zurückgebaut.

Aktuell sind 11 Tiefengeothermie Projekte in Betrieb (GeotIS 2023, ergänzt auf Basis von aktuellen Projektnachrichten von ITG bzw. Bundesverband Geothermie GtV 2024), welche ausschließlich oder zusätzlich Strom gewinnen (siehe Tabelle 1). So wurde z. B. im Jahr 2020 ein Projekt mit ausschließlicher Stromerzeugung um eine Heiz- bzw. Wärmezentrale erweitert, so dass aktuell nur noch zwei reine Stromprojekte in Deutschland existieren.

Tabelle 1: Entwicklung der Anzahl von Projekten zur Strom- und gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung in Deutschland [Anzahl]

Jahr	Strom- und Wärmeerzeugung	davon reine Stromerzeugung
2003	1	0
2004	1	0
2005	1	0
2006	1	0
2007	2	0
2008	2	0
2009	4	1
2010	5	1
2011	5	1
2012	4	2
2013	7	4
2014	8	4
2015	8	4
2016	9	4
2017	9	4
2018	9	4
2019	10	4
2020	10	4
2021	12	3
2022	11	3
2023	11	2

Quelle: GeotIS 2023 / GtV 2024

2.2 Anzahl der Anlagen in Betrieb zur Wärmeerzeugung

Neben der relativ kleinen Anzahl von Projekten, welche eine zusätzliche Stromerzeugung realisiert haben oder dies noch planen, existieren z. T. auch schon seit den 80er oder 90er Jahren Projekte zur Wärmenutzung. Die Energie für eine Wärmenachfrage oder ein Wärmenetz o. ä. wird meist mittels der Nutzung einer hydrothermalen Dublette (siehe Einleitung) realisiert. Die Anzahl der Anlagen diesen Typs liegt im Jahr 2023 bei ca. 30 Stück. Somit sind in Summe (GtV 2024) ca. 41 Projekte der tiefen Geothermie in Betrieb. Darin sind auch fünf tiefe Erdwärmesonden, drei Projekte zur Nutzung von Grubenwasser sowie ein Forschungsprojekt eingeschlossen. Darüber hinaus gibt es noch eine größere Zahl von Thermalbädern bzw. Projekte mit balneologischer Hauptnutzung eines wasserführenden Horizonts. Insgesamt kann im Jahr 2023 von ca. 170 Anlagen diesen Typs ausgegangen werden (GtV 2024, GeotIS 2023, GeotIS 2024), sodass insgesamt ca. 210 Anlagen für Wärme in Deutschland existieren. Eine Zuordnung zu Wärmenutzung oder Balneologie kann in vielen Fällen nicht eindeutig erfolgen, da es häufig zu einer doppelten Nutzung kommt.

Eine zeitliche Zuordnung zur Entwicklung der Anzahl der Projekte im reinen Wärmebereich über die Jahre kann mit den vorliegenden Quellen nicht belastbar erfolgen, da die Datenlage sehr lückenhaft ist.

2.3 Mittlere Lebensdauer

Von der technischen Seite aus betrachtet, können Geothermie-Projekte eine lange Lebensdauer erreichen. Die Bohrungen, welche entsprechend verrohrt und ausgebaut werden, erweisen sich als langlebig. Im Allgemeinen kann von einer technischen Lebensdauer von weit über 20 Jahren ausgegangen werden (gec-co 2019). Unterschiede müssen für Strom- und Wärmeprojekte bei den Verschleißteilen gemacht werden. Grundsätzlich sind Verschleißteile bei wirtschaftlichen Anlagenbetrieb kein limitierender Faktor für die Lebensdauer, da diese in entsprechenden Zyklen ausgetauscht werden. Besonders bei den Stromprojekten mit, für einen wirtschaftlichen Betrieb, hohen Temperaturen und/oder Fließraten des Thermalwassers sind die Standzeiten der Verschleißteile, z. B. der Förderpumpen, teilweise jedoch so gering, dass es zu Ausfällen bzw. Stillstandszeiten kommt.

Die Entwicklungen und Innovationen auf diesem Gebiet sind bisher stark von der Erdöl- und Erdgasindustrie geprägt, da die Projektanzahl im Bereich der tiefen Geothermie immer noch sehr klein ist. Mit den von der tiefen Geothermie geforderten technischen bzw. hydraulischen Parametern werden aktuell die Grenzen des technisch Machbaren ausgelotet. Da es nur sehr wenige Anbieter für die entsprechende Pumpentechnik gibt, ist es zu langen Entwicklungszyklen, teuren Systemen und z. T. längeren Ausfallzeiten aufgrund von Lieferenpässen in einzelnen Projekten gekommen. Die Projektgesellschaften sind häufig von einem einzigen Hersteller abhängig.

Reine Wärmeprojekte mit kleineren Fließraten und geringeren Temperaturen weisen z. T. Betriebszeiten von 30 Jahren und mehr auf. Hierbei werden die Pumpen nicht an den Grenzen des aktuell technisch Machbaren betrieben und die Eigenschaften des Thermalwassers stellen auch keine neuen Herausforderungen mehr da.

Reine Stromprojekte haben nach Auslaufen der EEG-Vergütung das Risiko, aus der Stromerzeugung einen für den wirtschaftlichen Betrieb notwendigen Verkaufserlös zu erzielen. Aus diesem Grund prüfen verbliebene reine Stromprojekte die Möglichkeiten, zusätzlich Wärme am Standort absetzen zu können. Ansonsten wird die Lebensdauer der Anlagen durch wirtschaftliche Gründe auf 20 Jahre ausgelegt

2.4 Durchschnittliche Auslastung / Volllaststunden

Die Auswertung von Fragebögen anlässlich eines Betreibertreffens 2019 zeigte, dass die Vollbenutzungsstunden der befragten Geothermieprojekte deutlich hinter den Erwartungen zurück bleiben. Keines der berichtenden Projekte erreichte im Untersuchungszeitraum eine Vollbenutzungsstundenzahl von mehr als 7.000 Stunden (gec-co 2019). Bei der Planung von Anlagen wird hingegen größtenteils von über 8.000 Vollbenutzungsstunden ausgegangen. Auswertungen der Ausfallursachen haben ergeben, dass meist Förderpumpen oder Ausfälle des Thermalwassersystems verantwortlich sind. Die obertägigen Kraftwerke weisen meist eine Verfügbarkeit von 90-95 % auf, hierbei sind die ORC-Anlagen gegenüber den Kalina-Anlagen im Vorteil da weniger Ausfälle auftreten.

Darüber hinaus muss bei den Geothermieprojekten immer zwischen wärme- und stromgeführten Ansätzen unterschieden werden. Ob der Kraftwerksteil bei entsprechender Wärmeanforderung in den Teillastbetrieb gefahren wird, oder ob es sich wirtschaftlich besser darstellt die zusätzliche Wärmeanforderung mittels Spitzenlastkessel zu erzeugen, ist von Projekt zu Projekt unterschiedlich.

Durchschnittlich lassen sich für den Kraftwerksteil jährliche Vollbenutzungsstunden der Strom- und Wärmeprojekte von ca. 4.300 bis 4.700 Stunden in den letzten fünf Jahren ableiten (eigene Berechnung auf Basis der GeotIS Datenbank; mit EEG-Bewegungsdaten abgeglichen).

Für die erfassten Wärmeprojekte errechnen sich mittlere Vollbenutzungsstunden für den Gebäudesektor und der Fernwärme von ca. 2.500 bis maximal 3.400 Stunden. Im Vergleich dazu erreichen die Thermalbäder eine rechnerisch hohe Auslastung von über 8.000 Stunden (eigene Berechnung auf Basis der GeotIS Datenbank).

3 Entwicklung der installierten elektrischen und thermischen Leistung

Für die in Tabelle 1, aktuell mit einer Anzahl von 11, aufgelisteten Geothermie-Anlagen werden in der GeotIS-Datenbank und den anderen Quellen sowohl die installierten elektrischen und ggf. auch thermischen Leistungen angegeben. Bei den kombinierten Projekten, welche Strom und Wärme erzeugen, laufen die unterschiedlichen Anlagenteile nicht notwendiger Weise mit den identischen Benutzungsstunden, sondern werden je nach Anforderung und unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten betrieben.

Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen kam es sowohl 2012 als auch 2017 zu einem Rückbau von Kraftwerken, wobei die dazu gehörigen Wärmeerzeugungsanlagen weiter betrieben werden. Die erhobenen Daten zur elektrischen Leistung, basierend auf den Quellen Destatis, GeotIS und AGEE-Stat, weisen in den letzten Erhebungen trotz unterschiedlicher Erfassungswege (amtliche Erfassung gegenüber Betreiberbefragung) eine zunehmende Übereinstimmung auf. Im Marktstammdatenregister (MaStR) weisen derzeit zahlreiche Anlagen identische Werte für die Brutto- und Nettoleistung aus. Angesichts eines typischen Eigenbedarfs von 25-50% erscheint diese Angabe jedoch wenig plausibel. Es existieren jedoch auch einige Anlagen im MaStR, deren Leistungsangaben realistischere Werte aufweisen.

Tabelle 2: Entwicklung der elektrischen Leistung in Deutschland [MW]

Jahr	elektr. Leistung (GeotIS 2023) netti	elektr. Leistung (AGEEStat) brutto	elektr. Leistung (Destatis 2024) netto	elektr. Leistung (MaStR) netto	elektr. Leistung (MaStR) brutto
2007	3,23	3,00	keine Angabe	2,80	3,00
2008	3,23	3,00	keine Angabe	2,80	3,00
2009	7,14	8,00	keine Angabe	3,14	3,55
2010	7,32	8,00	keine Angabe	3,14	3,55
2011	7,32	8,00	keine Angabe	3,14	3,55
2012	11,10	19,00	keine Angabe	12,24	15,35
2013	30,27	30,00	keine Angabe	21,82	24,93
2014	32,19	33,00	keine Angabe	25,32	28,43
2015	32,69	34,00	keine Angabe	25,32	28,43
2016	38,19	38,00	keine Angabe	30,82	33,93
2017	36,19	38,00	keine Angabe	30,82	33,93
2018	38,14	42,00	keine Angabe	30,82	33,93
2019	40,80	47,00	40,20	35,17	39,43

Jahr	elektr. Leistung (GeotIS 2023) netti	elektr. Leistung (AGEEStat) brutto	elektr. Leistung (Destatis 2024) netto	elektr. Leistung (MaStR) netto	elektr. Leistung (MaStR) brutto
2020	40,80	47,00	40,13	35,17	39,43
2021	45,80	54,00	47,29	41,76	46,22
2022	keine Angabe	59,00	52,15	46,45	50,91
2023	keine Angabe	57,00	51,64	45,16	49,62

Quellen: GeotIS-Datenbank, AGEE Stat, Destatis, MaStR

Auch im Bereich der Wärmeerzeugung kam es im Jahr 2017 (nach der Quelle GeotIS) zu einem geringfügigen Rückbau von Kapazitäten. Die vom statistischen Bundesamt erhobenen Daten (Destatis 2024) weichen von der vorliegenden Datenquelle (GeotIS 2023) ab, wobei auch hier wieder eine Annäherung der Daten bei den Erhebungen der letzten Jahre zu beobachten ist. Da die Erhebungen z. T. nicht jährlich durchgeführt werden schwanken die Abweichungen von Jahr zu Jahr in einer gewissen Bandbreite. Für die Quelle GeotIS liegen für die Jahre 2022 und 2023 noch keine aktuellen Angaben vor.

In der Zeitreihe der GeotIS-Daten sind neben der energiewirtschaftlichen Nutzung mittels Fernwärme auch eine über die Jahre nahezu konstante Leistung aus dem Bereich Gebäudeheizung (aktuell ca. 3 MW_{th}) enthalten.

Tabelle 3: Entwicklung der thermischen Leistung in Deutschland [MW]

Jahr	therm. Leistung (GeotIS 2023)*	Therm. Leistung Bäder (GeotIS 2023)	Therm. Leistung (netto) (Destatis 2024)
2003	33,30	43,80	24,60
2004	48,80	43,80	37,60
2005	55,70	43,80	38,35
2006	56,20	43,80	37,85
2007	87,80	43,80	37,60
2008	87,80	43,80	37,25
2009	111,80	43,80	83,25
2010	114,00	43,80	83,75
2011	143,40	44,30	96,25
2012	164,40	47,10	121,40
2013	204,60	48,30	124,10

Jahr	therm. Leistung (GeotIS 2023)*	Therm. Leistung Bäder (GeotIS 2023)	Therm. Leistung (netto) (Destatis 2024)
2014	235,10	48,30	193,70
2015	287,80	48,30	156,30
2016	320,30	56,80	193,02
2017	316,80	56,80	210,62
2018	330,50	56,80	300,19
2019	328,20	56,80	327,74
2020	328,20	56,80	334,24
2021	394,50	56,80	359,65
2022	keine Angabe	keine Angabe	418,63
2023	keine Angabe	keine Angabe	409,59

* inklusive „Gebäudeheizung: ca. 3 MW

Quellen: GeotIS-Datenbank, AGEE Stat, Destatis

Der Bereich der Thermalbäder zeigt in den betrachteten Jahren nur relativ wenig Veränderung bzw. nur eine geringe Zunahme und erreicht aktuell ca. 14 % der gesamten installierten tiefegeothermischen Leistung.

4 Entwicklung der Stromerzeugung

4.1 Bruttostromerzeugung

In Tabelle 4 sind die Daten zur Entwicklung der Stromerzeugung unterschiedlicher Quellen für die Jahre 2018 bis 2023 aufgelistet. Anhand des Vergleichs der Werte der AGEE-Stat mit den EEG-Bewegungsdaten sowie den Angaben des Statistischen Bundesamtes lassen sich die Erzeugungskategorien bestimmen. Die Einspeisedaten der Übertragungsnetzbetreiber, welche im Rahmen der Transparenzanforderungen ermittelt werden, liegen für die Jahre 2018 bis 2023 vor. Die Werte der AGEE-Stat sowie die Angaben von Destatis (Destatis 2024) listen mit den jeweiligen Brutto-Angaben im Bereich der Stromerzeugung eine etwas höhere Größenordnung auf. Untereinander weisen die beiden letztgenannten Quellen, sowohl für die Brutto- als auch Netto-Angaben eine gute Übereinstimmung auf. Die EEG-Bewegungsdaten liegen zwischen den Brutto- und Netto-Werten der AGEE Stat oder Destatis Datenquelle. Die Netto-Werte der beiden Quellen liegen dagegen jedoch jeweils deutlich darunter. Diese Tatsache lässt vermuten, dass nicht alle Tiefe Geothermie-Projekte den erzeugten Strom zu 100 % einspeisen, sondern auch einen gewissen Anteil zur Eigenbedarfsdeckung einsetzen – diese Strommengen sind in den EEG-vergüteten Strommengen folgerichtig nicht enthalten.

Tabelle 4: Vergleich von Brutto- und Netto-Stromerzeugung in Deutschland [GWh]

Jahr	Brutto-Stromerzeugung (AGEE Stat)	Netto-Stromerzeugung (AGEE Stat)	Netzeinspeisung (EEG-Bewegungsdaten)	Brutto-Stromerzeugung (Destatis 2024)	Netto-Stromerzeugung (Destatis 2024)
2018	178,00	126,00	165,23	178,10	125,76
2019	197,00	144,00	187,11	197,29	143,76
2020	231,00	173,00	196,99	230,88	172,59
2021	244,00	174,00	210,04	244,47	173,92
2022	206,00	152,00	204,22	206,07	151,94
2023	195,00	139,00	191,96	195,46	139,19

Quellen: AGEE Stat, EEG-Bewegungsdaten, Destatis

4.2 Eigenverbrauch

Im Bereich der Stromprojekte der tiefen Geothermie muss mit einem hohen technischen Eigenbedarf für den Betrieb der Kraftwerke gerechnet werden. Darunter fallen typischerweise der technische Eigenverbrauch für den Betrieb der Förder- und Thermalwasserpumpen sowie außerdem für den Betrieb der Rückkühlung und sonstigen Aggregate im Thermalwasser- und sekundären Kraftwerkskreis. Der Aufwand liegt typischerweise im Bereich von ca. 25-50 % der Stromerzeugung (gec-co 2019).

4.3 Netzeinspeisung gesamt und darunter KWK-Stromeinspeisung

Die Netzeinspeisung im Bereich der tiefen Geothermie ist bei einigen Projekten der Brutto-Stromerzeugung gleichzusetzen, da aufgrund der EEG-Vergütungssätze so ein wirtschaftlicher Zugewinn durch die Stromerzeugung möglich ist. Vereinzelt wird aber auch zwischen Netto- und Brutto-Erzeugung unterschieden und ein Teil des selbst erzeugten Strom für den Betrieb von notwendigen Aggregaten am Standort verwendet.

Tabelle 5: Entwicklung der Netzeinspeisung und Netto-Stromerzeugung in Deutschland [GWh]

Jahr	Stromerzeugung (GeotIS 2023)	davon KWK-Strom (GeotIS 2023)	Netto- Stromerzeugung (AGEE-Stat)	Netto- Stromerzeugung (Destatis)	Netzeinspeisung (EEG- Bewegungsdaten)
2003	0,00	0,00	0,00	keine Angabe	keine Angabe
2004	0,42	0,42	0,20	keine Angabe	keine Angabe
2005	0,18	0,18	0,20	keine Angabe	keine Angabe
2006	0,36	0,36	0,40	keine Angabe	keine Angabe
2007	0,36	0,36	0,40	keine Angabe	keine Angabe
2008	17,86	17,86	12,00	keine Angabe	keine Angabe
2009	18,60	18,60	13,00	keine Angabe	keine Angabe
2010	27,52	27,52	20,00	keine Angabe	keine Angabe
2011	18,74	18,74	19,00	keine Angabe	keine Angabe
2012	25,41	21,61	25,00	keine Angabe	keine Angabe
2013	54,34	19,92	69,00	keine Angabe	keine Angabe
2014	79,96	40,42	67,00	keine Angabe	keine Angabe
2015	133,60	46,02	91,00	keine Angabe	133,14
2016	174,51	78,66	164,00	keine Angabe	174,68
2017	159,80	76,14	157,00	keine Angabe	162,55
2018	165,57	78,53	126,00	125,76	165,23

Jahr	Stromerzeugung (GeotIS 2023)	davon KWK-Strom (GeotIS 2023)	Netto-Stromerzeugung (AGEE-Stat)	Netto-Stromerzeugung (Destatis)	Netzeinspeisung (EEG-Bewegungsdaten)
2019	179,38	95,46	144,00	143,76	187,11
2020	190,63	105,53	173,00	172,59	196,99
2021	207,72	132,02	174,00	173,92	210,22
2022	keine Angabe	keine Angabe	152,00	151,94	204,22
2023	keine Angabe	keine Angabe	139,00	139,19	191,96

Quellen: GeotIS, AGEE Stat, EEG-Bewegungsdaten, Destatis

In Tabelle 5 ist neben der Einspeisung bzw. Stromerzeugung auch der, laut GeotIS, davon in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugte Strom für die Jahre 2003 bis 2021 aufgelistet. Im Jahr 2012 gingen die ersten reinen Stromprojekte ans Netz, so dass bis dahin die ganze Stromerzeugung im Bereich der tiefen Geothermie als KWK-Strom gerechnet werden kann. Ein Vergleich zwischen GeotIS und EEG-Bewegungsdaten lässt vermuten, dass die Angaben von GeotIS zur Stromerzeugung, der Einspeisung ins öffentliche Netz annähernd gleichzusetzen sind.

In den Jahreserhebungen vom Statistischen Bundesamt werden im Bereich der Stromerzeugung auch Jahreswerte für die Netto- und Bruttostromerzeugung angegeben (Destatis 2024). Aus diesen Angaben ließe sich für den Eigenverbrauch von stromproduzierenden Geothermie-(Heiz)kraftwerken ein Eigenverbrauch für den Kraftwerksbetrieb von ca. 25%-30 % schlussfolgern. Da die Fallzahlen in der Erhebung sehr gering sind, können keine konkreteren Angaben gemacht werden. Inwieweit die Angaben repräsentativ sind und welcher Streuung die Werte unterliegen, kann daher nicht weiter untersucht werden.

Von den Übertragungsnetzbetreibern wird auch der über das Marktprämienmodell direkt vermarktete und eingespeiste Strom erfasst. Es wird deutlich, dass der Anteil des direkt vermarkteten Stroms aus tiefer Geothermie in den letzten Jahren stark zugenommen hat und im Jahr 2023 bei mehr als 98 % des gesamten eingespeisten Stroms aus Geothermie liegt.

4.4 Entwicklung des wirtschaftlich motivierten Selbstverbrauchs

Sofern ein Projekt mit Stromerzeugung betrieben wird, erfolgt bisher mehrheitlich eine 100 % Einspeisung des generierten Stroms, da die EEG-Vergütung höher ist, als die Tarife für den Bezugsstrom (z. B. für Förderpumpen und sonstigen Aggregate). Aufgrund der Ereignisse im Jahr 2022 und der damit einhergehenden erhöhten Strompreise konnte diese Praxis je nach Situation in Frage gestellt werden, im Jahr 2023 kam es wieder zu einer „Normalisierung“ der Preise, so dass weiterhin davon auszugehen ist, dass tiefe Geothermieprojekte ihren erzeugten Strom mehrheitlich einspeisen. Wie in Kapitel 4.1 beschrieben weist der Unterschied zwischen erfasster Bruttostromerzeugung und der nach EEG vergüteten Strommenge auf einen geringen aber Selbstverbrauchsanteil hin.

5 Entwicklung der Netto-Wärmeerzeugung

5.1 Gesamte Wärmeerzeugung und darunter KWK-Wärme

Wie in Kapitel 2.1 beschrieben sind neben der geringen Anzahl von Projekten mit ausschließlicher oder zusätzlicher Stromerzeugung in Deutschland eine größere Anzahl von Projekten mit reiner Wärmenutzung und/oder Balneologie. Die insgesamt ca. 210 Anlagen haben im Jahr 2023 laut GeotIS eine Wärmemenge von ca. 1,8 TWh bereitgestellt. Aus den Zeitreihen der AGEE Stat ergeben sich im Verlauf ähnliche Wärmeerzeugungsmengen (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6: Entwicklung der Wärmeerzeugung in Deutschland [GWh]

Jahr	Thermal- bäder (GeotIS)	Gebäude- heizung (GeotIS)	Fern-wärme (GeotIS)	Wärmeerzeu- gung gesamt* (GeotIS)	Endenergie- verbrauch (AGEE-Stat)	Wärmeerzeu- gung netto (Destatis)
2003	372	0,8	59,85	432,65	445,00	80,79
2004	372	0,8	132,54	505,34	464,00	98,96
2005	372	0,9	145,45	518,35	532,00	137,53
2006	372	3,2	193,20	568,40	525,00	160,38
2007	372	5,9	204,83	582,73	524,00	159,21
2008	372	5,9	235,96	613,86	550,00	164,00
2009	372	5,9	250,43	628,33	623,00	245,09
2010	370,3	7,0	339,04	716,34	689,00	311,47
2011	374,3	6,6	349,27	730,17	722,00	354,30
2012	389,3	5,8	430,60	825,70	804,00	426,03
2013	400,1	7,4	554,45	961,95	864,00	494,41
2014	400,1	8,6	612,99	1.021,69	1.052,00	666,13
2015	400,1	9,5	700,13	1.109,73	969,00	586,80
2016	474,6	9,5	868,82	1.352,92	1.146,00	697,99
2017	474,6	9,6	892,60	1.376,80	1.168,00	715,10
2018	474,6	9,8	1.012,60	1.497,00	1.308,00	912,84
2019	474,6	10,1	1.002,60	1.487,30	1.369,00	1.026,18

Jahr	Thermalbäder (GeotIS)	Gebäudeheizung (GeotIS)	Fernwärme (GeotIS)	Wärmeerzeugung gesamt* (GeotIS)	Endenergieverbrauch (AGEE-Stat)	Wärmeerzeugung netto (Destatis)
2020	474,6	10,0	1.059,90	1.544,50	1.427,00	1.075,50
2021	474,6	10,0	1.315,30	1.799,90	1.575,00	1.217,49
2022	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	1.822,00	1.520,69
2023	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	1.797,00	1.535,85

* Fernwärme plus Gebäudeheizung und Thermalbäder, ** GeotIS vorläufig

Quellen: GeotIS-Datenbank, AGEE Stat, Destatis

Der bei GeotIS im Vergleich etwas höhere Wert könnte im weiteren zeitlichen Verlauf noch angepasst werden. Die Erhebungen des Statistischen Bundesamtes im Vergleich zur GeotIS-Datenbank oder AGEE-Stat weisen über die Jahre deutlich niedrigere Werte auf. Dieser Unterschied lässt sich damit erklären, dass bei der Zeitreihe von AGEE-Stat die Energieerzeugung der Thermalbäder mit erfasst ist. In den Daten von Destatis werden diese jedoch nicht mit erfasst. Laut GeotIS-Datenbank können die Hauptnutzungsarten der jeweiligen Heizwerke bzw. Anlagen genauer untersucht und eingeordnet und die erzeugten Wärmemengen auf die Bereiche Wärmenetze bzw. Fernwärme und dezentrale Vor-Ort-Wärmenutzung einschließlich balneologischer Nutzung, wie in Tabelle 6 (drei Spalten links, kursiv) im zeitlichen Verlauf von 2003 bis 2023 aufgeteilt werden.

Die dezentrale Vor-Ort-Nutzung bzw. Gebäudeheizung macht gegenüber der Rubrik der Thermalbäder nur einen kleinen Anteil von ca. 10 GWh/a (ca. 1 % der Wärmeerzeugung) aus. Das lässt sich aufgrund der Anzahl der Projekte erklären. Es stehen ca. 170 Thermalbädern aktuell eine Anzahl von wenigen Projekten aus dem Bereich der dezentralen Gebäudeheizung gegenüber. Bei diesen Projekten handelt es sich meist um tiefe Erdwärmesonden (z. B. die Projekte Heubach in Hessen oder Arnsberg Erlenbach in NRW).

Der überwiegende Anteil der tiefengeothermischen Wärmeerzeugung ist aktuell jedoch in die Rubrik Fernwärme einzuordnen. Hier sind in Deutschland zur Zeit ca. 39 Projekte in Betrieb (reine Wärme- sowie gekoppelte Wärme- und Stromprojekte, ohne reine Stromprojekte).

5.2 Sektorale Zuordnung der genutzten tiefengeothermischen Wärme

Während Anfang der 2000er Jahre noch mehr als 60 % bis 70 % der geothermischen Wärme in Thermalbädern genutzt und demnach nur ca. 30 % in Wärmenetze oder Fernwärme eingespeist wurde, hat sich mit der Entwicklung einiger Projekte in den letzten zwei Jahrzehnten das Verhältnis umgekehrt. Aktuell werden ca. 30 % der Energie in Thermalbädern und dafür ca. 70 % in Wärmenetzen oder Fernwärme genutzt. Im Bereich der Thermalbäder gab es nur einen geringen Anstieg in den letzten zwei Jahrzehnten.

Da ca. 70 % der Energie in Fernwärmenetze eingespeist wird, ist eine sektorale Zuordnung des Endenergieverbrauchs nur überschlägig möglich, da durch die Fernwärme sowohl Haushalte als auch Industrie oder GHD versorgt werden. Welche Anteile in den jeweiligem Netz anzurechnen sind, wurde im Rahmen dieses Fachberichts nicht weiter untersucht.

Der größte Anteil (> 90%) der dezentral genutzten Wärme, also Wärme die nicht über Netze verteilt wird, ist aufgrund der großen Anzahl von Thermalbädern dem Sektor GHD zuzuordnen. Tiefe Sonden, welche unter anderem auch für die Gebäudeheizung eingesetzt werden, sind

aufgrund der wirtschaftlichen Randbedingungen auch dem Sektor GHD zuzuordnen. Insbesondere im Gartenbau wird zur Beheizung von Gewächshäusern zunehmend tiefengeothermische Wärme eingesetzt. Dieser Trend ist verstärkt in den Niederlanden zu beobachten (GtV 2019), wurde aber in ersten Projekten auch in Deutschland realisiert (z. B. Projekt Kirchweidach).

6 Aktuelle Trends zur Entwicklung der geothermischen Strom- und Wärmeerzeugung

Neben Anpassungen im EEG mit dem Ziel, den Ausbau der Erneuerbaren Energien zu beschleunigen wurde vom BMWK im Herbst 2022 ein Eckpunkte Papier für den Nutzungsausbau der Erdwärme vorgestellt (BMWK 2022). Ein substanzieller Beitrag der tiefen Geothermie zum Gelingen der Wärmewende soll mittels einer konkreten Strategie erschlossen werden. Geplant ist bis 2030 mindestens 100 zusätzliche tiefegeothermische Projekte anzustoßen, welche an Wärmenetze angeschlossen werden, um damit die Geothermie für Wohngebäude, Quartiere oder industrielle Prozesse nutzbar zu machen. Mit diesem Projektimpuls sollte die Technologie weiterentwickelt und ein Markt für die Nutzung der Erdwärme etabliert werden (BMWK 2022).

In den vergangenen Jahrzehnten wurden mit aktuell ca. 41 Projekten etwas mehr als 1 TWh/a aus Geothermie bereitgestellt. Inwieweit mit dem Ansatz mit zusätzlichen 100 Projekten tatsächlich bis 2030, wie angestrebt, insgesamt 10 TWh aus tiefer Geothermie erschlossen werden können, scheint fraglich.

Die aktuellen Entwicklungen zeigen aber, dass verstärkt Planungen und konkrete Entwicklungsansätze auch außerhalb des Süddeutschen Molassebeckens stattfinden, wo bisher insgesamt immer noch die meisten Aktivitäten zu beobachten waren. Im Molassebecken liegen weit mehr als die Hälfte der oben aufgeführten 41 Projekte. Die Stadtwerke München untersuchen aktuell mittels des Projektes „GIGA M“ gemeinsam mit der TU-München sowie einigen Landkreisen, wie das geothermische Potenzial im Raum München durch Vernetzung noch besser genutzt werden kann.

Außerhalb der Molasse sind vielfältige Projektentwicklungen im Gange. So sind in den norddeutschen Bundesländern Entwicklungen und Planungen zu beobachten, welche den strategischen, flächendeckenden Ausbau der Geothermie im Bundesland fördern sollen: Neben Aktivitäten in Schwerin, wo im Frühjahr 2023 das Projekt „Geothermie in Schwerin“ in Betrieb genommen wurde oder wo z. B. im Forschungsprojekt „DeCarbSN“ die Möglichkeiten zur Dekarbonisierung der Fernwärmeversorgung im ganzen norddeutschen Raum durch den Ausbau der mitteltiefen Geothermie untersucht werden soll, wurde in Potsdam oder Hamburg-Wilhelmsburg z. T. wiederholt nach Erdwärme gebohrt. Neustadt-Glewe ist außerdem dabei, die vorhandene Geothermie Anlage zu erweitern (Bohren eines Side-Tracks in der vorhandenen Tiefbohrung), um mehr Haushalte mit Erdwärme versorgen zu können. Auch in Neuruppin haben die Stadtwerke einen Bohrdienstleister mit der Erstellung einer Geothermie-Dublette beauftragt, um die vorhandene Fernwärmeversorgung weiter ausbauen zu können. Parchim plant ganz aktuell ab 2028 die Fernwärme der Stadt mit Wärme aus Geothermie anzureichern. Die Investitionsbank Berlin hat in einer Studie die Geothermie als wichtigen Baustein der Energiewende bezeichnet und neben der Notwendigkeit der öffentlichen Förderung auch auf die Potenziale zur Schaffung neuer Arbeitsplätze hingewiesen. Aktuell sind in Berlin drei Probebohrungen an unterschiedlichen Standorten geplant.

Vorbereitende Maßnahmen in Form von 2D- und 3D-Erkundungen mittels seismischer Messungen mit Einsatz von Rüttelfahrzeugen wurden z. B. im Raum Mannheim oder in NRW durchgeführt. Nach erfolgter Datenauswertung können damit die geeignetsten Standorte für Tiefegeothermie-Projekte bestimmt werden. Darüber hinaus hat das Bundesland NRW im April 2024 einen Masterplan Geothermie veröffentlicht (NRW 2024), mit dem Ziel die Geothermienutzung substanziell voranzubringen und sich dabei auch konkrete Ziele für den Anteil der Geothermie bis 2045 (15 % bis 20 % Anteil am Wärmebedarf) gesetzt: Ca. 30 %

davon sollen aus mitteltiefer und tiefer Geothermie stammen und der restliche Anteil durch oberflächennahe Geothermie in Kopplung mit Wärmepumpen bereitgestellt werden. Die Handlungsfelder des Masterplan in NRW sind ähnlich gelagert wie beim Eckpunktepapier des BMWK aus 2022. Das Land NRW hat dabei neben der Bereitstellung von Vorerkundungsdaten auch ein Programm aufgesetzt, welches das Fündigkeitsrisiko der ersten Bohrung absichert. Des Weiteren steht auch das Thema „Fachkräfte“ auf der Agenda.

Die Akzeptanz tiefer Geothermieprojekte ist von Standort zu Standort recht unterschiedlich. Während in der Molasse (Großraum München) bisher fast keine Probleme aufgetreten sind, wird die Geothermie im Oberrheingraben recht sensibel und zum Teil kritisch wahrgenommen. Im Norddeutschen Becken stand die tiefe Geothermie nicht im Bewusstsein der Bürger, da die dortigen Anlagen alle älteren Datums sind (gec-co 2019). Erst durch die aktuellen Entwicklungen in Schwerin, Neuruppin, Neustadt-Glewe oder Potsdam wird die tiefe Geothermie verstärkt wahrgenommen. Aus diesem Grund wird bei allen Aktivitäten Wert auf eine transparente Kommunikation und sachliche Darstellung der Geothermie gelegt.

Trotz vielfältiger Aktivitäten und Planungen im Molassebecken sind aufgrund der langen Entwicklungs- und Vorbereitungszeiten die jährlich neu hinzu kommenden Anlagen zur Wärme- und/oder Stromerzeugung relativ überschaubar. Im Schnitt kann bisher von der Inbetriebnahme eines Projektes pro Jahr ausgegangen werden. Vor allem im Molassebecken ist die Unterstützung der tiefen Geothermie auch von politischer Seite gewachsen, so dass sich dieser Trend in den kommenden Jahren auch beschleunigen kann. So wurde mit dem Masterplan für eine CO₂-freie Fernwärme bis 2040 durch die Stadtwerke München am Standort München-Süd die bislang größte innerstädtische Geothermie-Anlage (60 MW_{th}) errichtet. An diesem Standort können durch die größere Anzahl von Bohrungen (Mehrlochsysteme), gegenüber herkömmlichen Einzelprojekten, spezifische Kosten und Risiken gesenkt werden. Im Molassebecken sind insgesamt die meisten Aktivitäten zu beobachten und auch weiterhin viele Planungen zu neuen Projekten ansässig (iTG 2024).

Auch andere innovative Ansätze versprechen zusätzliche Finanzierungsmöglichkeiten bzw. Kostenreduzierungen und könnten dadurch für eine Beschleunigung in der Entwicklung mehrerer Projekte im Bereich der tiefen Geothermie sorgen. So wurden neben den USA auch in Deutschland einzelne Projekte entwickelt, vor allem im Oberrheingraben, welche neben der Energie aus dem tiefen Untergrund, die Thermalsole auch stofflich nutzen. Durch unterschiedliche chemische Verfahren lässt sich aus der Sole, je nach Standort und Gehalt, auch Lithium extrahieren. Dieses gewonnene Lithium weist aufgrund der Doppelnutzung der Sole eine relativ gute CO₂-Bilanz auf und verspricht zusätzliche Erlöse (Vulcan, 2024). Die Möglichkeiten wurden in einem Forschungsprojekt (Li+Fluids) der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe im Projekt Horstberg (Niedersachsen) untersucht (BGR 2024).

7 Quellenverzeichnis

AGEE-Stat (2024): Umweltbundesamt, Fachgebiet V 1.8 – Energiedaten, Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare-Energien-Statistik, Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, Dessau-Roßlau, September 2024. Online verfügbar unter:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/dokumente/zeitreihen-zur-entwicklung-der-erneuerbaren-energien-in-deutschland_deu.pdf (zuletzt geprüft am 29.11.2024).

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (Hrsg.) (2024): Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Forschungsprojekt Li+Fluids, Hannover, 2024. Online verfügbar unter: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Nutzung_tieferer_Untergrund_CO2Speicherung/Projekte/Geothermie/Laufend/Li+Fluids.html (zuletzt geprüft am 29.11.2024).

BMWK (2022): Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Eckpunkte für eine Erdwärmekampagne, Geothermie für die Wärmewende; Berlin, November 2022. Online verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/eckpunkte-geothermie.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D6&ved=2ahUKEwig8YjEplGKAxVF7rsIHdP_KacQFnoECB8QAQ&usg=AOvVaw2qMgeZhCXGstg0US3_51_6 (zuletzt geprüft am 29.11.2024).

BNetzA (2019): Bundesnetzagentur EEG in Zahlen 2019, Datenstand 31.12.2019, Bonn, 2020. Online verfügbar unter: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEGinZahlen_2019_BF.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (zuletzt geprüft am 29.11.2024).

EEG-Bewegungsdaten (2024): Einspeisedaten der Übertragungsnetzbetreiber im Rahmen der Transparenzanforderungen, liegen für die Jahre 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 und 2023 vor, Berlin, Dortmund, Stuttgart, Bayreuth 2024.

Destatis (2024): Statistisches Bundesamt, Jahrerhebungen über Wärme- und Stromerzeugung aus Geothermie, Nettonennleistung, Wärme- und Stromerzeugung nach Art der Anlage (insgesamt, endgültig), Deutschland, Berichtszeiträume 2021, 2022 und 2023, Wiesbaden, 2024.

EAVOR (2024): Eavor GmbH, EIB und EU-Innovationsfonds fördern innovative Geothermie-Technologie von Eavor in Bayern, Luxemburg/Geretsried, Mai 2024. Online verfügbar unter: <https://www.eib.org/de/press/all/2024-168-eib-and-eu-innovation-fund-support-eavor-s-innovative-geothermal-technology-in-bavaria> (zuletzt geprüft am 29.11.2024).

GeotIS (2023): Geothermisches Informationssystem, Leibnitz-Institut für Angewandte Geophysik, LIAG, Hannover, 2023. Online verfügbar unter: <https://www.geotis.de/homepage/GeotIS-Startpage> (zuletzt geprüft am 29.11.2024).

gec-co (2019): Global Engineering & Consulting, Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz, Teilvorhaben II b): Geothermie, Augsburg, Juni 2019.

GtV (2024): Bundesverband Geothermie e.V., Aktuelles, Nachrichten, Newsletter zu aktuellen Entwicklungen im Bereich der Geothermie, Berlin, 2024. Online verfügbar unter: <https://www.geothermie.de/aktuelles/nachrichten> (zuletzt geprüft am 29.11.2024).

iTG (2019-2024): Informationsportal Tiefe Geothermie, News zu Projekten und Entwicklungen im Bereich der tiefen Geothermie, Enerchange GmbH & Co. KG, agentur für erneuerbare energien, München, 2019-2024. Online verfügbar unter: <https://www.tiefengeothermie.de/projekte> (zuletzt geprüft am 29.11.2024).

MaStR (2024): Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur, Datenstand 01.04.2024, Bonn, 2024 Online verfügbar unter: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Datendownload> (zuletzt geprüft am 29.11.2024).

NRW (2024): Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.); Masterplan Geothermie Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, April 2024. Online verfügbar unter: https://www.wirtschaft.nrw/system/files/media/document/file/masterplan_geothermie_langfassung.pdf&ved=2ahUKEwiS7Luhp4GKAxW37bsIHQx6l8QQFnoECBcQAQ&usg=AOvVaw1GxFjlthwKDLQfqcwn2QKK (zuletzt geprüft am 29.11.2024).

ResFrac (2023): ResFrac Corporation, Mark McClure: Technical barriers for deep closed-loop geothermal, März 2023. Online verfügbar unter: <https://www.resfrac.com/blog/technical-barriers-for-deep-closed-loop-geothermal> (zuletzt geprüft am 29.11.2024).

Vulcan (2024): Zero Carbon Lithium-Business. Von Vulcan Energie Ressourcen GmbH. Online verfügbar unter: <https://v-er.eu/de/zero-carbon-lithium-business/> (zuletzt geprüft am 10.12.2024).

Wärmewende durch Geothermie. (26. Juni 2021). Zahlen & Fakten. Von Wärmewende durch Geothermie: Online verfügbar unter: <https://waermewende-durch-geothermie.de/grafiken#6> (zuletzt geprüft am 29.11.2024).