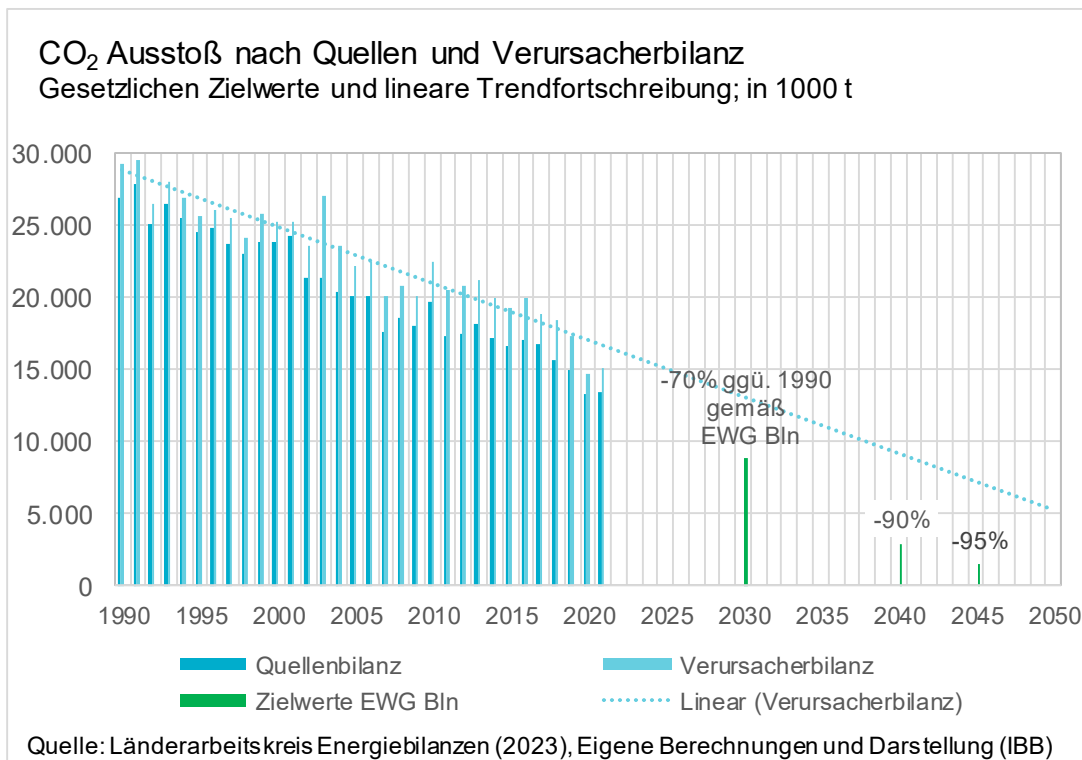


Berlin Fokus

Geothermie als wichtiger Baustein der Wärmewende

November 2023

Bis spätestens 2045 will Berlin klimaneutral werden und hat den gesetzlichen Rahmen im Berliner Klimaschutz- und Energiewendegesetz (EWG Bln) abgesteckt. Auf dem Weg dahin sollen die klimaschädlichen Kohlenstoffdioxidemissionen (CO₂) bis 2030 um mindestens 70 Prozent und bis 2040 um mindestens 90 Prozent gegenüber dem Vergleichsjahr 1990 sinken. Die bisherige Entwicklung der Berliner CO₂-Emissionen nach Quellen und Verursacherbilanz von 1990 bis 2021 unterliegt einem kontinuierlichen Rückgang bis auf zuletzt 13,4 Mio. t bzw. 15,1 Mio. t. (respektive -50% und 48,4% gegenüber 1990)¹. Dies lag aber bisher vor allem an einer starken Industrieabwanderung in den 1990er Jahren, dem Ausbau der Dienstleistungssektoren seit den 2000er Jahren und der Verlagerung der Luftverkehrsemissionen (2019: rund 1,5 Mio. t CO₂) zusammen mit dem Flughafen nach Brandenburg. Eine lineare Fortschreibung des CO₂-Ausstoßes verdeutlicht, dass weitere Anstrengungen nötig sind, um die gesetzlichen Anforderungen umzusetzen. Um den Trend der Klimagasreduzierung zu beschleunigen, werden daher weitere Maßnahmen benötigt, um den Energieverbrauch zu senken und mehr erneuerbare Energien einzusetzen. Dazu könnte für die Hauptstadt neben Biomasse, Photovoltaik und Windenergie zukünftig auch die Geothermie gehören.



Bisher ist die Gewinnung von Raumwärme überwiegend geprägt von fossilen Energieträgern. In Berlin werden – nach den aktuellsten Zahlen aus dem Jahr 2021– rund 43% der Wohnungen mit Fernwärme beheizt, 37% mit Erdgas und 16% mit Heizöl. Dabei setzt sich der Brennstoffeinsatz zur Fernwärmeerzeugung zusammen aus: 61% Erdgas, 16% Steinkohlen, 11% Erneuerbaren Energien, 11% Anderen und 1% Mineralölen.

Geothermie ist eine regenerative Energieform, die aus der im Erdmantel gespeicherten Hitze gewonnen wird. Diese geothermische Energie lässt sich zu einem Drittel auf die ursprüngliche Ent-

¹ Höchstwahrscheinlich ist der Rückgang durch die von der Corona-Pandemie geprägten Jahre 2020 und 2021 jedoch überdurchschnittlich ausgefallen, da in dieser Zeit aufgrund staatlicher Einschränkungen deutlich weniger fossile Energie verbraucht wurde.

stehung des Planeten und zu zwei Dritteln auf radioaktive Zerfallsprozesse zurückführen. Schätzungsweise 99% des Erdinneren sind mehr als 1.000°C heiß, in der Grenzregion zwischen Erdmantel und Erdkern wahrscheinlich sogar über 4.000°C. Geothermie ist keine ewige Ressource, kann aber als erneuerbare Energieform angesehen werden, solange sie an dem Punkt der Entnahme nicht überbeansprucht wird.

Geothermie als Energiequelle hat viele Vorteile, dazu gehören eine durchgängige Verfügbarkeit, eine geringe Umweltbelastung sowie die Unabhängigkeit von Wetterbedingungen und bodennahen Temperaturen. Nachteilig sind jedoch die hohen Investitionskosten im Vergleich zu konventionellen fossilen Energieträgern, technische Herausforderungen, geologische Unsicherheiten und potenziell seismische Aktivitäten.

Geothermie kann je nach der Tiefe, Temperatur der Wärmequelle oder verwendeten Technologien in verschiedene Formen eingeteilt werden. Die wichtigsten Formen sind:

- **Oberflächennahe Geothermie:** Hierbei werden niedrige Temperaturen aus wenigen Metern Tiefe bis einigen Hundert Metern Tiefe (< 400 m Tiefe) genutzt, um Gebäude zu heizen oder zu kühlen. Dazu wird meist auf Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren oder Grundwasserbrunnen zurückgegriffen, die mit einer Wärmepumpe verbunden sind.
- **Tiefe Geothermie:** Hierbei werden hohe Temperaturen aus mehreren Hundert Metern (> 400 m Tiefe) oder Kilometern (> 1,5 km Tiefe) Tiefe genutzt, um Wärme oder Strom zu erzeugen. Dazu sind meist zwei Bohrungen nötig, eine zum Einbringen von Wasser oder alternativen Fluiden in das warme bzw. heiße Gestein und eine zur Rückförderung des erhitzten Fluides an die Oberfläche.
- **Saisonale Wärmespeiche:** Hierfür wird überschüssige Wärme in den Sommermonaten in einem unterirdischen Speicher gesammelt und in den Wintermonaten wieder abgerufen.

Im Untergrund der Spreemetropole wurde bereits ein großes Potenzial in den tiefen Grundwasserleitern nachgewiesen². Geologisch gesehen befindet sich die Hauptstadt im Nordostdeutschen Becken, welches zusammen mit dem Süddeutschen Molassebecken und dem Oberrheingraben zu den größten deutschen Regionen mit hydrothermalen Ressourcen gehört. Der geothermische Gradient³ im Norddeutschen Becken ist mäßig, aber vielversprechende hydrothermale Reservoirs (40°C – 130°C) werden in porösen Gesteinsformationen erwartet, die in großen Tiefen zwischen 1.000 und 5.000 Metern liegen. In der Potenzialstudie unterteilen die Autoren den Untergrund in drei Ressourcenklassen, beginnend mit der oberflächennahen Ressourcenklasse 1, die sich in einer Tiefe zwischen 0 bis 100 m befindet. Dabei handelt es sich um geothermische Ressourcen, die durch Erdwärmepumpen genutzt werden können um Heizwärme bereitzustellen. In der Ressourcenklasse 2, welche die Tiefe von mindestens 100 m und Temperaturen bis maximal 100°C umfasst, erfolgt die Nutzung ebenfalls häufig in Verbindung mit Wärmepumpensystemen. Die Ressourcenklasse 3 umfasst Tiefen bis 5.000 m und Untergrundtemperaturen von über 100°C. Mit diesen Temperaturen wäre es sogar möglich aus geothermischer Energie Strom zu produzieren. Nach Einschätzung der Autoren liegt das für Berlin ökonomisch sinnvoll erschließbare geothermische Potenzial in den Ressourcenklassen 1 und 2 und entspricht je nach Gewinnungssystem der nutzbare Wärmeanteil zwischen 660 GWh, 8.800 GWh und maximal 15.800 GWh.

² Unter anderem in der „Potenzialstudie zur Nutzung der geothermischen Ressourcen des Landes Berlin – Zusammenfassung der Berichte (Modul 1 bis 3)“ – Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (2013).

³ Änderung der Temperatur mit zunehmender Tiefe im Erdreich.

Nutzen der Geothermie für die Berliner Industrie

Gewonnene Wärme aus der Tiefengeothermie könnte auch durch die Berliner Industrie als kostengünstige industrielle Prozesswärme genutzt werden, sobald diese daran angeschlossen wird. Sowohl die energieintensiven Branchen „Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln“ (im ersten Halbjahr 2023 ein Umsatz von 1,53 Mrd. und 6.946 Beschäftigte), als auch „Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus“ (36 Mio. EUR und 216 Beschäftigte) und zu einem kleineren Anteil „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ (354,6 Mio. EUR und 2.483 Beschäftigte) könnten Prozesswärme einsetzen. Ebenfalls profitieren könnten die Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren (226 Mio. EUR und 1.503 Beschäftigte), die Herstellung von Metallernzeugnissen (345 Mio. EUR und 3.874 Beschäftigte), der Maschinenbau (975 Mio. EUR und 7.608 Beschäftigte) als auch die Herstellung von Textilien (77,2 Mio. EUR und 398 Beschäftigte). Insgesamt könnten in Berlin somit bis zu 23.000 Industriearbeitsplätze und damit verbundene 3,5 Mrd. EUR Umsatz dem Ziel emissionsärmerer Produktion einen Schritt näher sein.

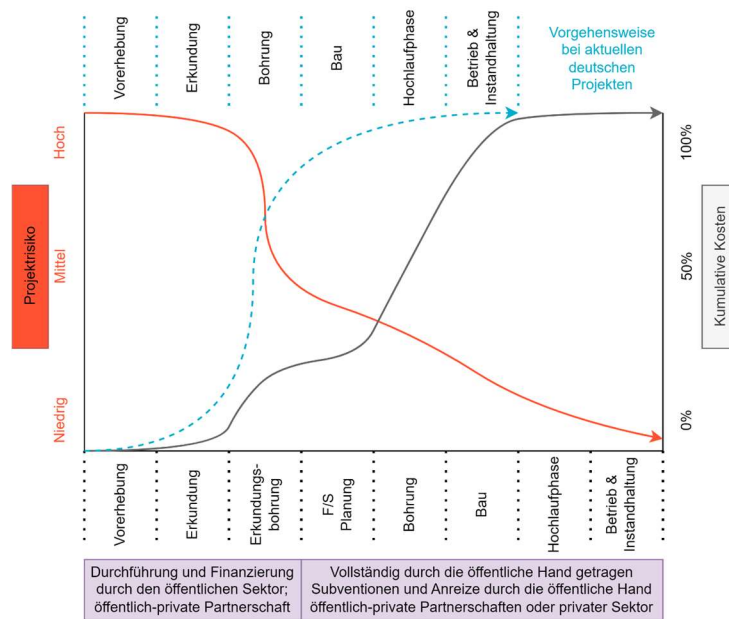
Kosten der Geothermie

Eine große Herausforderung für den Einsatz von Geothermie liegt in den vergleichsweise hohen Projektkosten verbunden mit dem Fündigkeitsrisiken. Nach Zahlen der Weltbank⁴ beträgt die durchschnittliche Projektzeit eines Geothermiekraftwerks sieben Jahre. Ähnlich wie bei der Suche nach Erdöl oder mineralischen Rohstoffen werden verschiedene Phasen der Erschließung durchlaufen. Dazu gehören eine Erhebung und Kartierung potenzieller Ressourcen, Erkundung, eine Explorationsbohrung (Aufsuchungsbohrung), Machbarkeitsstudien sowie die anschließende Planung und Durchführung einer Exploitationsbohrung (Produktionsbohrung) sowie die Finanzierung, der Bau und Betrieb der Anlage. In 2016 betragen die durchschnittlichen Kosten für die Erschließung eines Wärmereservoirs in einer Tiefe von 2.000 – 2.500 Metern pro Erkundungsbohrung zwischen 3 – 5 Mio. USD und die totale Erkundung mitsamt mindestens drei Bohrungen und Dampffestung zur Bestätigung eines tragfähigen Feldes bewegte sich im Rahmen von 20 – 30 Mio. USD.

Allerdings führen potentielle Probleme bei der Erschließung eines Projektes meist dazu, dass private Kapitalgeber vor allem die Finanzierung der frühen Erschließungsphasen (Erhebung, Prüfung und Erkundungsbohrung) scheuen, da es – wenn nicht versichert – auch zum Totalausfall kommen kann. Selbst der Einsatz von hochqualifizierten Arbeitskräften bietet keine ausreichende Erfolgsgarantie, sodass die Finanzierung von Projekten neben direkten öffentlichen Mitteln meist auch über Risikominderungsfonds oder Versicherungen erfolgt, diese aber teilweise in den vergangenen Jahren vorübergehend vom Markt genommen wurden.

⁴ Gehringer et al. (2013): Geothermal exploration best practices: guide to resource data collection, analysis, and presentation for geothermal projects & Gehringer, M. (2017): Alternative Design of Geothermal Support Mechanisms and Risk Mitigation Funds.

Finanzierungskosten und- risiken eines mittelgroßen Geothermiekraftwerks



Quelle: Adaptiert aus Gehringer et al. (2013), Sass et al. (2017), Eigene Darstellung IBB

Erfahrungen von Experten⁵ des Deutschen Geoforschungszentrums in Potsdam zeigen außerdem, dass in Deutschland ein Großteil der kumulierten Projektkosten bereits während der Phase der Probebohrung allokiert wird, während das Risiko eines Scheiterns des gesamten Projektes noch ausgesprochen hoch ist. Für eine nachhaltige Finanzierung sollte daher ein Großteil der Kosten in die Phase der Explorationsbohrung geschoben werden, da das Risiko des gesamten Projektes dann überschaubar wäre.

Der Geothermie-Ausbau könnte 6.440 GWh bringen und Arbeitsplätze schaffen

In und um Berlin existieren bereits erste Projekte, die das Potenzial der Geothermie erforschen und nutzen. Dazu gehören unter anderem die Geothermieforschungsplattform in Groß Schönebeck des deutschen Geoforschungszentrums, die geothermische Warmwasserversorgung in Potsdam sowie die thermische Aquiferspeicherung in Berlin Adlershof. Vergleicht man diese Projekte jedoch mit der Nutzung im Großraum München, in dem es bereits 17 Geothermieprojekte laufen und in dem es Bestrebungen gibt, das Potenzial auf bis zu 1 Gigawatt Leistung zu heben, hat die Hauptstadt noch viel Potenzial nach oben.

Nachrichtlich bekannt ist, dass Berlin mit der Roadmap zur Tiefen Geothermie die Ausbaugeschwindigkeit erhöhen und Investitionshemmnisse abbauen möchte. Auf dem Gelände des ehemaligen Flughafen Tegel, dem Campus Buch und am Heizkraftwerk Neukölln sollen zeitnah Explorationsbohrungen stattfinden. Zusätzlich wurden zu den dreizehn bereits bekannten Potenzialstandorten noch weitere neun zur Prüfung aufgenommen. Gleichzeitig sollen die 3D-seismischen Messungen zur Schaffung der nötigen Planungsgrundlagen auf das gesamte Stadtgebiet ausgedehnt werden.

Für die kommunale Wärmeplanung und eine optimale, nachhaltige Nutzung der tiefergeothermischen Ressourcen Berlins beabsichtigt das Land Berlin, die Koordination der kommunalen und

⁵ Sass et al. (2016): Success rates of petroleum and geothermal wells and their impact on the European geothermal industry.

privatwirtschaftlichen Bewirtschaftung der Tiefen Geothermie im Rahmen eines landesweiten Managementplans zu übernehmen. Hierfür strebt das Land Berlin die Stellung eines Antrags auf ein zusammenhängendes bergrechtliches Erlaubnisfeld an, welches das gesamte Stadtgebiet umfasst.

Während der Wärmebedarf im Land Berlin im Jahr 2006 noch rund 39.000 GWh betrug, ist gemäß Berechnungen des Fraunhofer IEE in der „Potenzialstudie klimaneutrale Wärmeversorgung Berlin 2035“ aufgrund von Sanierung und Dämmung mit einem abnehmenden Wärmebedarf auf rund 32.200 GWh zu rechnen. Überträgt man das mögliche Ziel der Berliner Politik bis zu 20% des Wärmebedarfs aus der Geothermie zu decken, entspräche das einer Leistung von 6.440 GWh. Damit ergibt sich ein realistisches Szenario zur Deckung eines großen Teils des Wärmebedarfs mit regenerativer Energie, mit unterschiedlichen Auswirkungen auf Investitionskosten und Arbeitsmarkt.

Ausbauszenario: 20% des Berliner Wärmebedarfs	
Jahresarbeit	6.440 GWh
Leistung in MW	~1.498 MW
Abdeckung Berliner Wärmebedarf	20%
Dauerhafte Arbeitsplätze (Durchschnitt nach U.S. Geothermal Association) ⁶	3.146
Arbeitsplätze während des Baus (Durchschnitt nach U.S. Geothermal Association)	4.644
Arbeitsplätze in der Komponentenherstellung (Durchschnitt nach U.S. Geothermal Association)	4.944
Arbeitsplätze nach „Roadmap Geothermie“ ⁷	7.490 – 14.980
Investitionskosten in Mio. EUR	4.195

Quelle: Eigene Berechnungen IBB

In dieser Szenariorechnung ergeben sich neben direkten auch weitere indirekte Auswirkungen auf die Berliner Wirtschaft: Es könnten ungefähr 3.200 dauerhafte Arbeitsplätze geschaffen werden, sowie bis zu 9.600 temporäre Arbeitsplätze in qualifizierten Berufen. Die Kosten für die öffentliche Hand als auch für private Kapitalgeber dürften sich, basierend auf einem Schätzrahmen führender Forschungsinstitute⁸, auf knapp 4,2 Mrd. EUR belaufen. Davon müsste der Staat voraussichtlich rund 18%⁹ bzw. 750 Mio. EUR übernehmen. Nach erfolgreichen Probebohrungen

⁶ U.S. Geothermal Association (2016): The Economic Costs and Benefits of Geothermal Power

⁷ Die Angaben zu Kosten und Leistungen in der Roadmap Tiefe Geothermie beziehen sich auf Informationen und Daten von Betreibern geothermischer Heizwerke im Süddeutschen Molassebecken. Daher ist eine Abweichung für Berlin möglich.

⁸ Herausgeber der Studie Roadmap Tiefe Geothermie

⁹ Gehringer (2017): Alternative Design of Geothermal Support Mechanisms and Risk Mitigation Funds Magnus

müssten die weiteren Kosten der Erschließung und Nutzung der Tiefenwärme von privaten Projektentwicklern übernommen werden. Im Laufe der Nutzungsphase sollten die Anfangskosten des Staates dann wieder zurückgeführt werden.

In einer Simulation mit dem IBB-Regionalmodell wird unter den gewählten Modellannahmen untersucht, wie sich die veranschlagten Investitionen und die geschaffenen Arbeitsplätze auf die Berliner Gesamtwirtschaft auswirken. Auf der Grundlage des Primärimpulse aus Investitionskosten in Höhe von rund 4,2 Mrd. EUR sowie der multiplikativen Effekte berechnet das IBB-Regionalmodell einen positiven wirtschaftlichen „Geothermie-Impuls“, der sich aus zusätzlichen Wertschöpfungs- und Einnahmeeffekte sowie zusätzlichen Arbeitsplätzen für Berlin zusammensetzt. Er ergibt sich aus der Differenz eines Referenzszenarios „Berlin ohne Geothermie-Investitionen“ sowie einer definierten Simulation „Berlin mit Geothermie-Investitionen“.

Im Ergebnis führt ein über drei Jahre 2024 bis 2026 gestreckter Investitionsimpuls, der sich zu großen Teilen in Bauinvestitionen übersetzt, zu einer Steigerung des Berliner Bruttoinlandsprodukts von insgesamt rund 5,9 Mrd. EUR. Davon könnten 1 Mrd. bereits im ersten Jahr 2024 realisiert werden. In den folgenden Jahren 2025 und 2026 dürften sich die wirtschaftlichen BIP-Effekte auf 4,1 Mrd. und 800 Mio. EUR belaufen.

Auch für den Berliner Haushalt dürfte sich Investition auszahlen. So könnten sich die öffentlichen Einnahmen Berlins allein durch die zusätzlichen Wertschöpfungseffekte und die geschaffenen Arbeitsplätze in einem Zeitraum von drei Jahren nach Beginn der Bohrungen um insgesamt etwa 670 Mio. EUR erhöhen. Darin enthalten sind neben Steuereinnahmen auch Gebühren sowie die reduzierten Ausgaben durch niedrigere soziale Ausgaben aufgrund neu geschaffener und gesicherter Arbeitsplätze.

Fazit

Am wichtigsten aber: Mit den Bohrungen und einer erfolgreichen Nutzung der Tiefengeothermie könnte ein bis zu 20%iger Anteil der gesamten Berliner Wärmeenergie CO₂-neutralisiert werden. Ein zusätzlicher geopolitisch wichtiger Faktor für die Stadt wäre eine damit verbundene Reduzierung der Abhängigkeit von den volatilen Weltmarktpreisen für energetische Rohstoffe.

Die oberflächennahe und tiefe Geothermie wäre eine große Bereicherung für den Berliner Energiemix. Klimaschädliche Emissionen der Hauptstadt würden durch eine lokal erzeugte regenerative Wärme- und Energieform ersetzt werden, ein Teil der Fernwärme und industriellen Raum- und Prozesswärme wäre aus dezentralen und nahen Quellen gesichert und zu alledem wären langfristig Arbeitsplätze und Steuereinnahmen geschaffen. Die Berliner Politik kann dafür an zahlreichen Punkten proaktiv eingreifen indem sie den Dialog mit den Stakeholdern sucht, Optimierungspotenziale bei Genehmigungsverfahren identifiziert und die Verfügbarkeit von Fachkräften fördert.

Herausgeber:

Investitionsbank Berlin

Volkswirtschaft

Bundesallee 210

10719 Berlin

Verfasser:

Aleksander Mixtacki und Claus Pretzell

volkswirtschaft@ibb.de

Telefon: 030/2125-4752

Weitere Publikationen und Newsletter unter

www.ibb.de/volkswirtschaft



Dieses Werk der Investitionsbank Berlin
ist lizenziert unter einer Creative Commons
Namensnennung 3.0 Deutschland Lizenz.

<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/de>