



Kurzdokumentation Oberflächennahe Geothermie



Hintergrund

Regenerative Energiequellen bilden einen wesentlichen Baustein der Energiewende im Landkreis München. Neben Solar-, Wasser-, Wind- und Bioenergie rückt insbesondere die Erdwärme (Geothermie) als klimaneutrale, erneuerbare Energiequelle zunehmend in den Fokus beim Umbau des Energiesystems.

Eine Ausprägung der Geothermie ist die oberflächennahe Geothermie, die das Verfahren zur Energienutzung bis in eine Tiefe von 400 Metern bezeichnet. Die konstanten Temperaturverhältnisse im Untergrund können als thermischer Speicher, zur direkten thermischen Kühlung oder zum Heizen und Kühlen mit Hilfe von Wärmepumpentechnologie genutzt werden. Wärmepumpen sind Heiz- bzw. Kühlsysteme, die ein Mehrfaches der eingesetzten Endenergie (meistens elektrischen Strom) in Form von Wärme oder Kälte abgeben. Damit lässt sich die im Grundwasser oder Erdreich gespeicherte Wärme sehr effizient zur Beheizung von Gebäuden nutzen.

Mit den erarbeiteten Planungsgrundlagen und ausgewiesenen Potenzialen soll die Planung und der Bau von Anlagen zur Nutzung oberflächennaher Geothermie unterstützt werden. Anwendung finden die Ergebnisse der Analysen beispielsweise in der übergeordneten strategischen Planung, bei der Gestaltung spezifischer Förderprogramme, der Energieberatung sowie in der Öffentlichkeitsarbeit.

Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen des Projektes drei Technologien zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie hinsichtlich ihres hydrogeologischen Potenzials betrachtet: Grundwasserwärmepumpen, Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren.

Grundwasserwärmepumpen

Mithilfe einer Grundwasserwärmepumpe (GWWP) kann die im Grundwasser gespeicherte Wärme als erneuerbare Energiequelle zur Beheizung oder Kühlung von Gebäuden genutzt werden. Zur Förderung des Grundwassers werden lokal mindestens zwei Grundwasserbrunnen errichtet, die das Wasser aus dem obersten Grundwasserstockwerk fördern und wieder einleiten. Über eine angeschlossene Wärmepumpe wird die im Grundwasser gespeicherte Wärme in nutzbare Heizwärme zur Beheizung oder in Kälte zur Kühlung von Gebäuden umgewandelt.

Ermittlung des Potenzials

Für den Landkreis München wurde durch den Lehrstuhl für Hydrogeologie der Technischen Universität München ein hydrogeologisches Grundwassermodell entwickelt. Für jedes Flurstück konnten so wesentliche Rahmenbedingungen des lokalen Potenzials zur Nutzung von Grundwasserwärmepumpen ermittelt werden.

Ob die wirtschaftliche Nutzung einer Grundwasserwärmepumpe zur Beheizung eines Gebäudes an einem Standort möglich ist, hängt von einer Vielzahl an Randbedingungen ab. Wesentliche Faktoren bilden hierbei das maximal mögliche Grundwasserfördervolumen, die

Grundwassertemperatur sowie der Grundwasserflurabstand am jeweiligen Standort. Neben diesen hydrogeologischen Rahmenbedingungen spielen rechtliche Belange wie etwa Grundwasserschutzgebiete sowie technische Faktoren wie etwa der maximal mögliche Brunnenabstand oder die Wärmenachfrage und der Sanierungszustand des zu beheizenden Gebäudes eine wesentliche Rolle.

Die hydrogeologischen und nutzungsrechtlichen Rahmenbedingungen bilden die wesentliche Basis für Entscheidungs- und Planungsprozesse und wurden im Zuge des Projektes standortscharf analysiert.

Das Fördervolumen zeigt, welcher Volumenstrom für eine Grundwasserwärmepumpe zur Verfügung stehen könnte und damit, ob ein potenzieller Einsatz der Technologie am Standort grundsätzlich möglich ist. Je größer das mögliche Fördervolumen desto höher ist die potenzielle Effizienz für eine Grundwasserwärmepumpe.

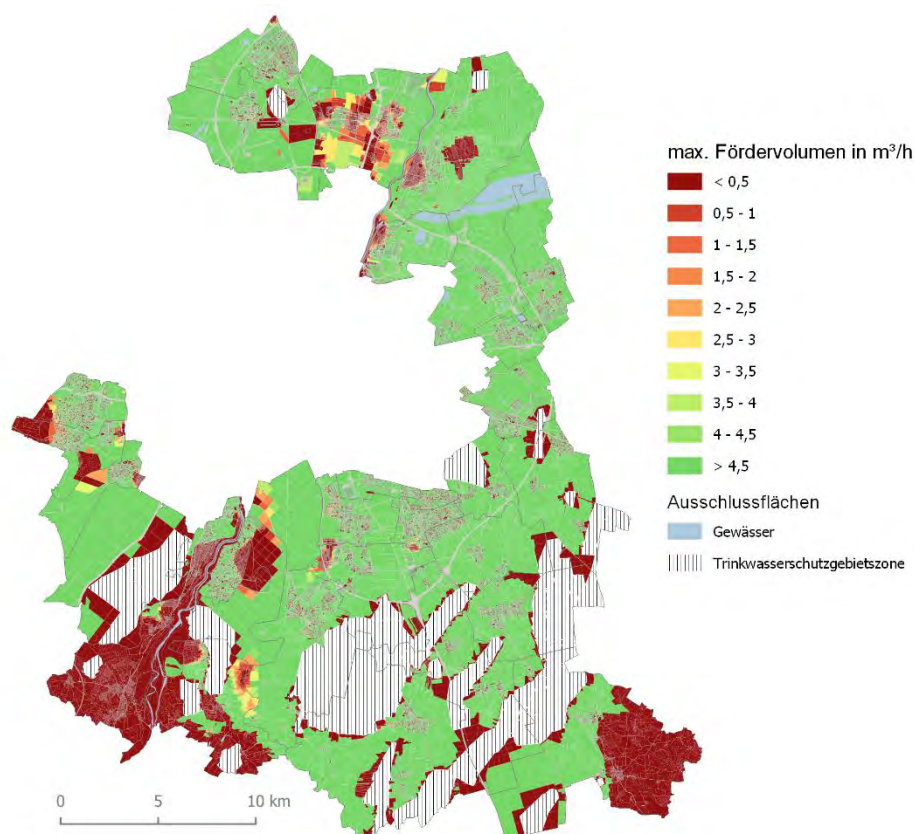


Abbildung 1: Maximal mögliches Fördervolumen für Grundwasserwärmepumpen und Trinkwasserschutzgebiete innerhalb des Landkreis München.

Das technische Potenzial für die Nutzung von Grundwasserwärmepumpen wird durch einzelne Ausschlusskriterien vermindert. Hierzu zählen beispielsweise Einschränkungen durch Wasserschutzgebiete. In die erstellten Karten sind Trinkwasserschutzgebiete aufgenommen, die im Rahmen der Potenzialermittlung berücksichtigt wurden. In diesen Gebieten ist die Nutzung von Grundwasserwärmepumpen rechtlich ausgeschlossen. Neben Trinkwasserschutzgebieten wurden

weitere Ausschlusskriterien berücksichtigt, wie beispielweise Mindestabstände zu Bauwerken sowie mögliche Brunnenstandorte und deren Abstand in Grundwasserfließrichtung.

Die mittlere Grundwassertemperatur je Flurstück in Abbildung 2 gibt einen ersten Hinweis, wie effizient Grundwasserwärme für die Beheizung von Gebäuden am jeweiligen Standort genutzt werden könnte. Mit steigender Grundwassertemperatur nimmt die theoretische Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpe zu. Die in der Karte dargestellten Werte beziehen sich auf Temperaturmessungen von April 2014.

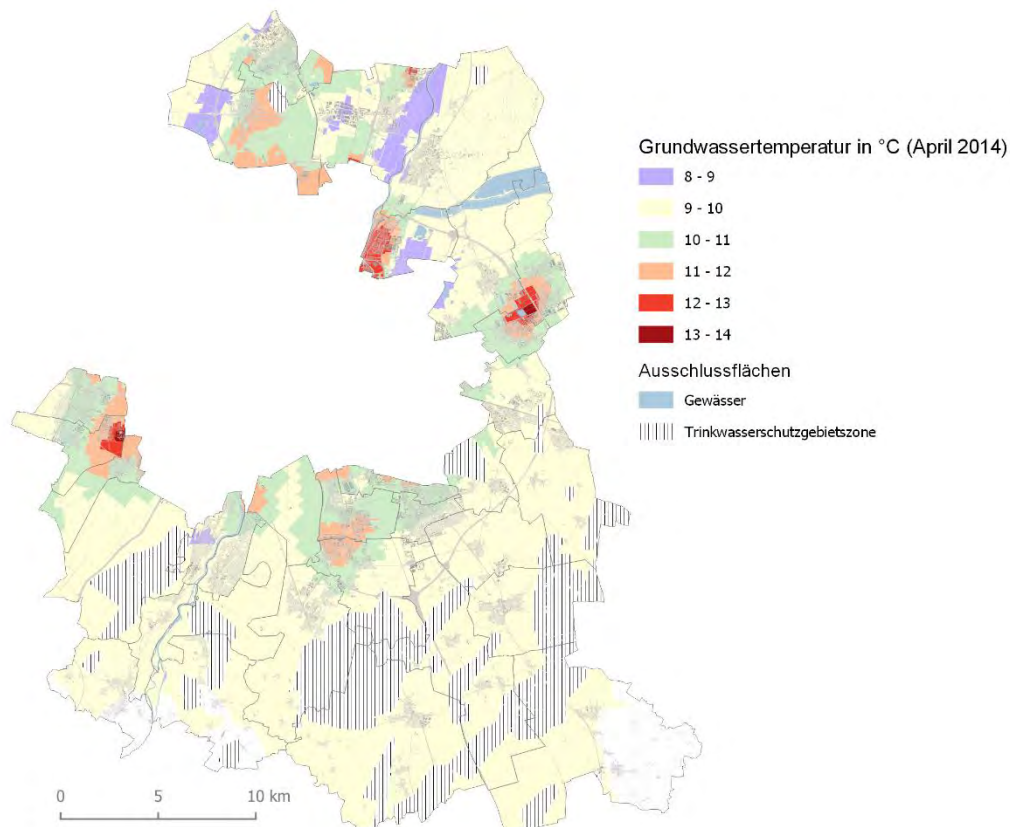


Abbildung 2: Gemessene Grundwassertemperatur (April 2014) und Trinkwasserschutzgebiete innerhalb des Landkreis München.

Einen wesentlichen Faktor stellt zudem der Grundwasserflurabstand dar (siehe Abbildung 3). Dieser bezeichnet den Höhenunterschied zwischen der Erd- und Grundwasseroberfläche. Mit steigendem Abstand nimmt der Erschließungsaufwand (Bohrtiefe) sowie die Förderhöhe zu. Ab einem Flurabstand von 40 m ist ein wirtschaftlicher Betrieb von Grundwasserwärmepumpen, aufgrund der großen Förderhöhe, i.d.R. nur noch für große Anlagen möglich. Bis zu einem Flurabstand von 15 Metern sind die Voraussetzungen für kleinere Anlagen als gut zu beurteilen.

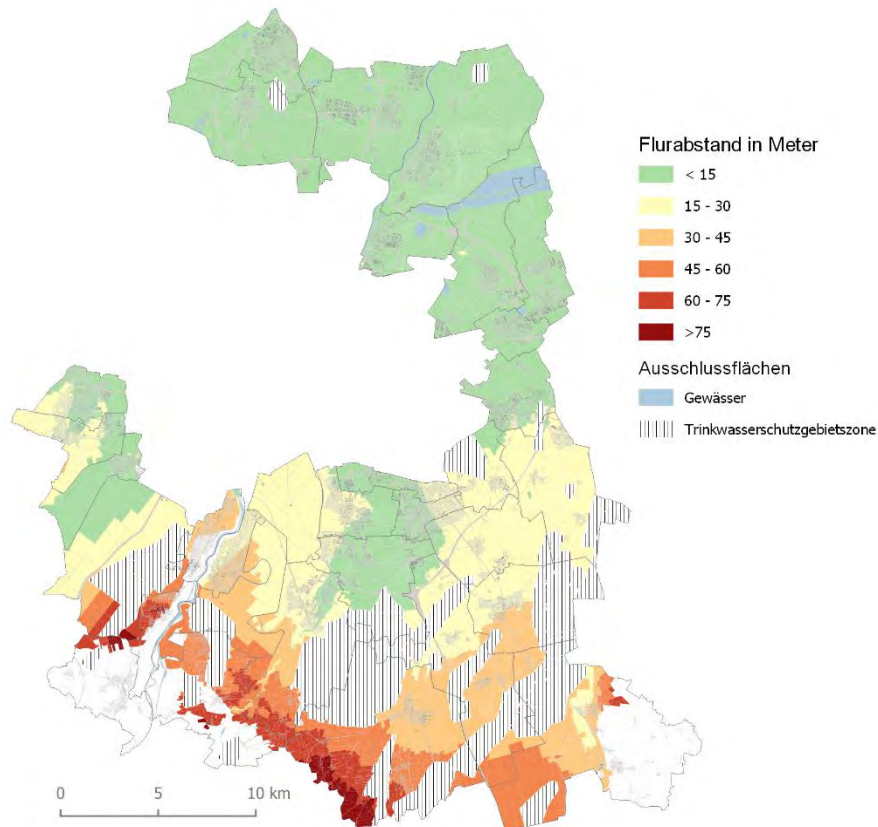


Abbildung 3: Flurabstandskarte und beschränkende Trinkwasserschutzgebiete innerhalb des Landkreis München.

Beurteilung und Einordnung des Potenzials

Die landkreisweite Potenzialermittlung gibt erste Hinweise über die Eignung eines Standortes für die Nutzung oberflächennaher Geothermie zur Beheizung mithilfe von Grundwasserwärmepumpen. Im Landkreis München ist aufgrund der generell günstigen hydrogeologischen Verhältnisse eine großflächig sehr gute Eignung für den Bau und Betrieb von Grundwasserwärmepumpen zur Wärme- bzw. Kältebereitstellung gegeben. Die Grundwassertemperatur liegt im überwiegenden Teil des Landkreises zwischen 8 bis 12°C. In Teilgebieten liegen sogar Grundwassertemperaturen von bis zu 16°C vor. Dies ergibt insgesamt hohes Potenzial für die Nutzung von Grundwassertemperaturen innerhalb des Landkreises München.

Betrachtet man das maximale mögliche Fördervolumen so zeigt sich eine deutliche Variation aufgrund unterschiedlicher Flächenverfügbarkeiten auf den Flurstücken. Die teils sehr unterschiedlichen lokalen Verhältnisse spielen hier eine entscheidende Rolle, was eine weiterführende Detailprüfung im konkreten Fall der Anlagenplanung erforderlich macht.

Lediglich in südlichen Gebieten des Landkreises ist aufgrund der geologischen Verhältnisse und dem größeren Flurabstand eine wirtschaftliche Realisierung von Grundwasserwärmepumpen i.d.R. nur noch für große Anlagen möglich. Zudem befindet sich im Süden des Landkreises eine große Anzahl an Trinkwasserschutzgebieten, was einen einschränkenden Faktor für die Nutzung



darstellt. In diesen Gebieten können Erdwärmesonden oder -kollektoren eine sinnvolle Alternative zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie darstellen.

Ergebnisse und Planungsgrundlagen

Das bisher im Landkreis München nur geringfügig genutzte Potenzial kann künftig einen wesentlichen Beitrag zur Wärmewende leisten. Durch den Einsatz von Grundwasserwärmepumpen in energieeffizienten Gebäuden kann die zur Beheizung benötigte Endenergie und die einhergehenden Treibhausgasemissionen erheblich reduziert werden.

Planern und Gebäudeeigentümern kommt bei der Nutzung der vorhandenen Potenziale eine Schlüsselrolle zu. Die gezielte Information dieser Akteure über die geologischen und technologischen Möglichkeiten am jeweiligen Standort ist ein entscheidender Baustein für eine Erhöhung des Anteils der oberflächennahen Geothermie an der Wärmezeugung.

Im Rahmen der Potenzialermittlung wurden umfangreiche Datengrundlagen zu den technischen Potenzialen und Rahmenbedingungen der Grundwassernutzung in einer einheitlichen, flurstückscharfen Datenbasis vereint. Die Informationen über das maximal mögliche Fördervolumen, die Grundwassertemperatur sowie die Flurabstände wurden, neben der Bereitstellung als GIS-Datensatz, in Form von Potenzialkarten aufbereitet und zusammenfassend dargestellt. Im Anhang befinden sich die Landkreiskarten:

- „Maximales Grundwasserfördervolumen für Grundwasserwärmepumpen“
- „Typische Grundwassertemperatur für Grundwasserwärmepumpen“
- „Flurabstandskarte für Grundwasserwärmepumpen“

Die Potenzialkarten ermöglichen eine erste Standortbeurteilung und dienen als Hilfestellung auf dem Weg zur Projektrealisierung. Die Bereitstellung dieser Planungsgrundlagen kann Entscheidungs- und Planungsprozesse vereinfachen und so Berater, Planer und Eigentümer beim Bau von Grundwasserwärmepumpen wesentlich unterstützen. Insbesondere für Genehmigungsbehörden können die hier dargestellten Ergebnisse als fachliche Grundlage dienen.

Für die konkrete Umsetzung und den Bau einer Grundwasserwärmepumpe sind weitere Schritte erforderlich. Hierzu zählt eine detaillierte Analyse der tatsächlichen Bedingungen am Standort, z.B. durch Energieberatungsinitiativen in geeigneten Gebieten.

Erdwärmesonden

Erdwärmesonden (EWS) kommen für die Beheizung oder Kühlung von Gebäuden zum Einsatz. Als erneuerbare Wärmequelle nutzen sie die oberflächennahe geothermische Energie („Erdwärme“), die in Erdschichten in Tiefen von etwa 40 bis 150 m gespeichert ist. Bei Erdwärmesonden handelt es sich prinzipiell um (Kunststoff-)Rohrleitungen, die über Bohrungen in die Erde eingebracht werden. Eine angeschlossene Wärmepumpe ermöglicht die Umwandlung der Erdwärme in nutzbare Wärme oder Kälte zur Beheizung oder Kühlung von Gebäuden.

Ermittlung des Potenzials

Für den Landkreis München wurde durch das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) ein hydrogeologisches Untergrundmodell zur Verfügung gestellt. Auf dieser Grundlage erfolgte die Bestimmung des lokalen Potenzials zur Nutzung von Erdwärmesonden für jedes Flurstück. Über weitergehende Analysen wurde ein hydrogeologisches Potenzial für die Nutzung von Erdwärmesonden für die Beheizung von Gebäuden ermittelt und räumlich für jedes Flurstück ausgewiesen.

Das technische Potenzial für die Integration von Erdwärmesonden wird durch unterschiedliche Einschränkungen und Bohrrisiken vermindert. Hierzu zählen beispielsweise rechtliche Restriktionen durch Wasser- und Heilquellenschutzgebiete oder eine Begrenzung der Bohrtiefe. Weiterhin sind bestimmte Abstände zu Grundstücksgrenzen, Gebäuden, Versorgungsleitungen oder benachbarten geothermischen Anlagen einzuhalten.

Im Rahmen der Analysen wurde zunächst die prinzipielle Flächenverfügbarkeit zur Einbringung von Erdwärmesonden auf dem jeweiligen Flurstück unter Berücksichtigung der bohrrechtlichen Rahmenbedingungen geprüft. Als Indikator für eine generelle wirtschaftliche Realisierung von Erdwärmesonden innerhalb des Landkreis München kann die Bohrtiefenbegrenzung sowie die spezifische Entzugsleistung dienen.

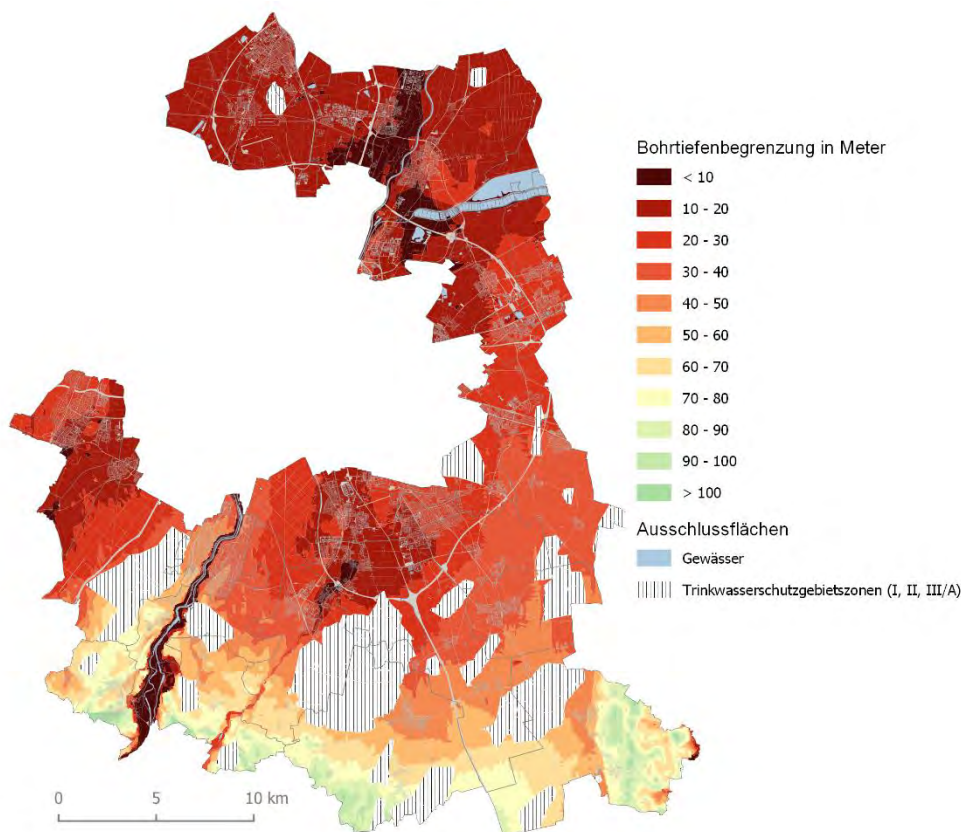


Abbildung 4: Bohrtiefenbegrenzung für Erdwärmesonden und Trinkwasserschutzgebiete innerhalb des Landkreis München.

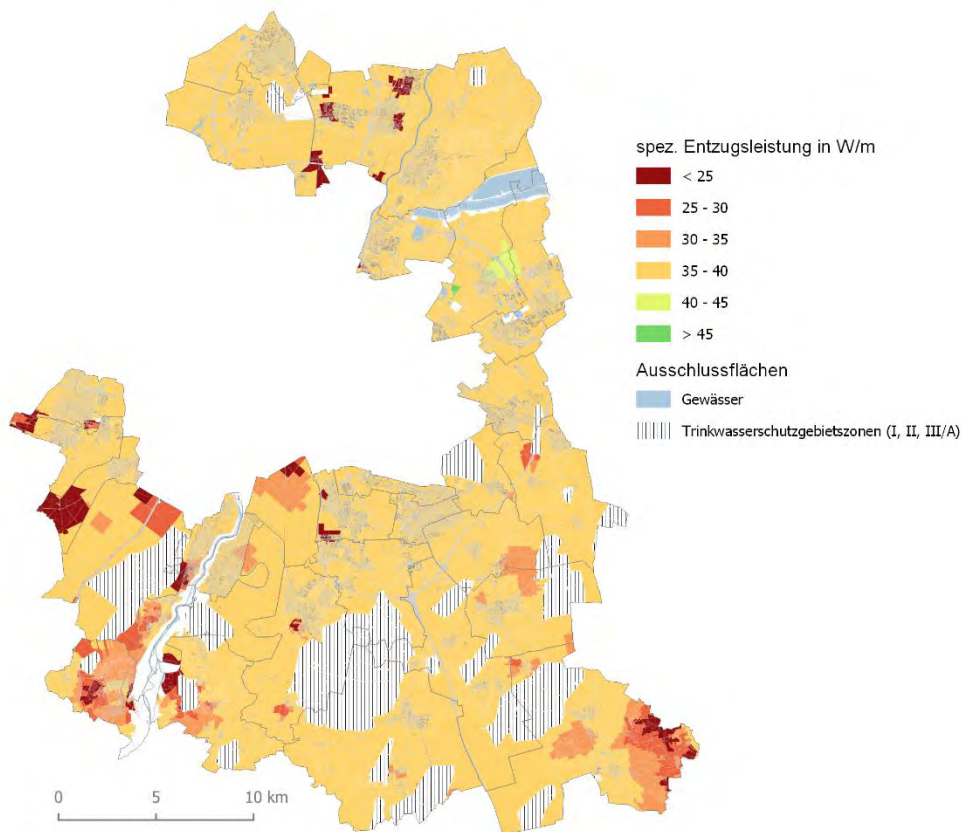


Die lokale Bohrtiefenbegrenzung in Abbildung 4 gibt einen ersten Hinweis, welche Gebiete innerhalb des Landkreises für die Errichtung einer Erdwärmesondenanlagen geeignet sind. Von einer prinzipiellen Eignung zur Nutzung von Erdwärmesonden kann ab einer möglichen Bohrtiefe von 40 Meter ausgegangen werden. Für Erdwärmesonden mit einer Länge über 100 Meter ist eine bergrechtliche Genehmigung des Landesbergamtes nötig. Die Potenzialkarten beinhalten zudem Trinkwasserschutzgebiete in denen die Einbringung von Erdwärmesonden rechtlich ausgeschlossen ist.

In Abbildung 5 ist die spezifische Wärmeentzugsleistung je Flurstück dargestellt. Sie beschreibt die aus dem Untergrund pro Bohrmeter entziehbare Wärmemenge. Dies stellt einen bestimmenden Faktor für das Potenzial zur Beheizung von Gebäuden mittels Erdwärmesonden dar. Die Berechnung erfolgte nach VDI 4640¹ unter folgenden Annahmen:

- eine Erdwärmesonde je Flurstück
- Berücksichtigung der am Standort maximal möglichen Bohrtiefe
- Betriebsstunden der Wärmepumpe von 2400 h/a (Heizungsanlage mit Warmwasseraufbereitung)
- Temperaturspreizung 5 K

¹ VDI 4640 Thermische Nutzung des Untergrunds, Blatt 2, Juni 2019



- *Abbildung 5: Spezifische Entzugsleistung für Erdwärmesonden und Trinkwasserschutzgebiete innerhalb des Landkreis München.*

Beurteilung und Einordnung des Potenzials

Die landkreisweite Potenzialermittlung gibt erste fachliche Hinweise und Auskunft über die Eignung eines Standortes für die Nutzung oberflächennaher Geothermie zur Beheizung mithilfe von Erdwärmesonden. In der Mehrzahl der Gemeinden innerhalb des Landkreises liegt die Bohrtiefenbegrenzung unter 40 Metern. Dies erschwert die Nutzung der oberflächennahen Geothermie durch Erdwärmesonden erheblich. Innerhalb der südlich liegenden Kommunen des Landkreises sind Bohrungen in größere Tiefen, bis teils über 100 Meter möglich. Im Süden des Landkreises ist daher prinzipiell die Nutzung von Erdwärmesonden gut möglich. Die räumliche Konzentration der Trinkwasserschutzgebiete auf diese Bereiche stellt demgegenüber einen beschränkenden Faktor dar. Innerhalb von Gebieten mit einer Bohrtiefenbegrenzung kleiner 40 Meter ist eine weitere Detailprüfung erforderlich, um Aussagen über den wirtschaftlichen Betrieb einer Erdwärmesondenanlage zu treffen.

In großen Teilen des Landkreises liegt die spezifische Entzugsleistung in einem Bereich zwischen 35 und 40 W/m. In diesen Gebieten beträgt die Bohrtiefenbegrenzung meist unter 40 Metern, was eine wirtschaftliche Projektumsetzung erschwert und eine weitere Detailprüfung erfordert. Lokal sind Entzugsleistungen bis über 45 W/m möglich.



Ergebnisse und Planungsgrundlagen

Im Rahmen der Potenzialermittlung wurden umfangreiche Datengrundlagen zu den technischen Potenzialen und Rahmenbedingungen von Erdwärmesondenanlagen in einer einheitlichen, flurstückscharfen Datenbasis vereint. Die Erhebung dieser Daten schafft erstmals eine Arbeitsgrundlage für eine schnelle Beurteilung der Entzugsleistung von Erdwärmesondenanlagen für alle Flurstücke im Landkreis München in Verbindung mit dem Heizwärmebedarf der jeweiligen Gebäude (3D-Wärmekataster).

Die Informationen über die Bohrtiefenbegrenzung sowie das Geothermische Potenzial wurden neben der Bereitstellung als GIS-Datensatz in Form von Potenzialkarten aufbereitet und zusammenfassend dargestellt. In der Anlage finden sich dazu die Karten:

- „Bohrtiefenbegrenzung und Ausschlussflächen für Erdwärmesonden“
- „Geothermisches Potenzial Erdwärmesonden“

Die Potenzialkarten ermöglichen eine erste Standortbeurteilung und dienen als fachliche Hilfestellung auf dem Weg zur Projektrealisierung.

Erdwärmekollektoren

Bei Erdwärmekollektoren (EWK) handelt es sich um flächige Systeme für die Nutzung der Erdwärme in Tiefen von 1 bis 5 m. Flächenkollektoren werden als Rohrschlangen in einer Tiefe von ca. 1,5 Metern eingebracht. Weitere Systeme sind beispielsweise Grabenkollektoren, Kapillarrohrmatten oder Erdwärmekörbe. Eine angeschlossene Wärmepumpe wandelt die über den Kollektor entzogene Erdwärme in nutzbare Wärme oder Kälte zur Beheizung oder Kühlung von Gebäuden um. In Gebieten, in denen der Einsatz von Erdwärmesonden oder Grundwasserwärmepumpen nicht möglich oder unwirtschaftlich ist (bspw. aufgrund von Bohrtiefenbegrenzungen), bieten Erdwärmekollektoren oftmals eine alternative Nutzungsform der oberflächennahen Geothermie.

Ermittlung des Potenzials

Für den Landkreis München wurde durch die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) ein geologisches Bodenmodell der oberflächennahen Schichten entwickelt. Auf dieser Grundlage erfolgte die Bestimmung des lokalen Potenzials zur Nutzung von Erdwärmekollektoren (sowie Erdwärmekörben und Erdwärmeregistern) für die Beheizung von Gebäuden. Die Potenzialanalyse für sämtliche Flurstücke im Landkreis und deren kartografische Aufbereitung in Potenzialkarten schafft eine digitale Arbeitsgrundlage und dient als Hilfestellung für eine erste Standortbeurteilung.

Durch das bodenkundliche Modell konnten für jedes Flurstück wesentliche Parameter des lokalen Potenzials zur Nutzung von horizontalen Geothermiesystemen ermittelt werden. Ob eine wirtschaftliche Nutzung dieser Systeme zur Beheizung eines Gebäudes an einem Standort möglich ist, hängt von einer Vielzahl an Randbedingungen ab.

Einen entscheidenden Faktor stellt die spezifische Wärmeentzugsleistung am jeweiligen Standort dar. Diese ist ein Maß für die Wärme, die über eine Wärmepumpe für die Beheizung von Gebäuden zur Verfügung steht. Sie hängt im Wesentlichen von der auf dem Flurstück vorhandenen Bodenart, den klimatischen Standortbedingungen und dem verwendeten System ab. Die spezifische Entzugsleistung kann als Indikator für die wirtschaftliche Realisierung von Erdwärmekollektoren herangezogen werden. Die Berechnung der potenziellen Entzugsleistung erfolgte flurstücksweise nach VDI 4640.

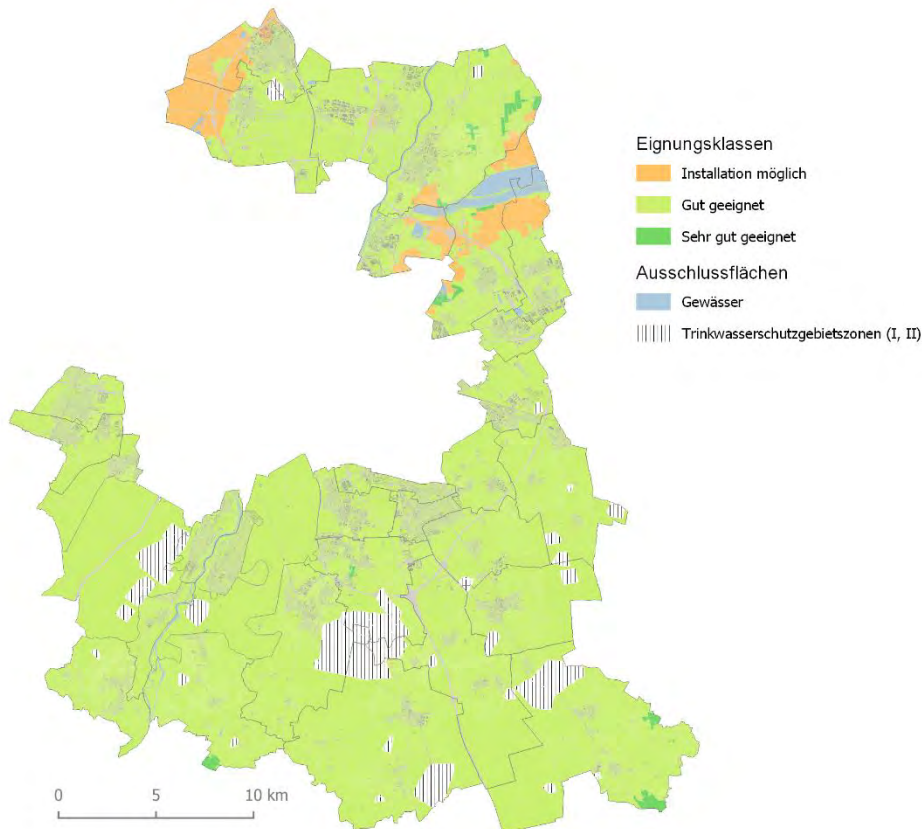


Abbildung 6: Potenzial zur Nutzung horizontaler Geothermiesysteme und deren Sonderformen sowie Trinkwasserschutzgebiete innerhalb des Landkreis München.

In Abbildung 6 ist das Potenzial zur Nutzung von horizontalen Geothermiesystemen innerhalb des Landkreis München dargestellt. Die Karte zeigt in Form von Eignungsklassen, wo im Landkreis der Einsatz von Kollektorsystemen grundsätzlich möglich ist. Die einzelnen Klassen basieren auf den folgenden systembedingten Entzugsleistungen:

- Installation möglich: 16 W/m²
- Gut geeignet: 25 W/m²
- Sehr gut geeignet: 27 W/m²



Die Angaben erfolgen beispielhaft unter der Annahme eines horizontalen Flächenkollektors, was einer sehr konservativen Potenzialabschätzung entspricht. Mit alternativen Kollektorformen sind oftmals höhere Entzugsleistungen zu erzielen.

Das technische Potenzial für die Nutzung von Erdwärmekollektoren wird z.B. durch die in der Potenzialkarte dargestellten Trinkwasserschutzgebiete vermindert, die im Rahmen der Potenzialermittlung berücksichtigt wurden. In diesen Gebieten ist die Einbringung von Erdwärmekollektoren in der Regel rechtlich ausgeschlossen.

Zudem hängt der tatsächliche Ausbau häufig von weiteren Faktoren, wie z.B. Bodenbeschaffenheit, Grundstücksgröße, Sanierungszustand und Wärmebedarf des Gebäudes ab, die sich auf die Kosten und somit auf die Wirtschaftlichkeit dieser Systeme auswirken.

Beurteilung und Einordnung des Potenzials

Die landkreisweite Potenzialermittlung gibt erste fachliche Hinweise und Auskunft über die Eignung eines Standortes für die Nutzung oberflächennaher Geothermie zur Beheizung von Gebäuden mithilfe von horizontalen Geothermiesystemen.

Generell ist im Landkreis München ein hohes theoretisches Potenzial für die Nutzung von Erdwärmekollektoren bzw. sehr oberflächennahen Systemen gegeben. Lediglich in einzelnen südlichen Gebieten wird das Potenzial durch die räumliche Konzentration der Trinkwasserschutzgebiete reduziert.

Im überwiegenden Teil des Landkreises liegt die spezifische Entzugsleistung bei 25 W/m². Die oberflächennahen Bodenschichten sind dort somit gut für die Nutzung von Erdwärmekollektoren geeignet. Lokal sind sogar spezifische Wärmeentzugsleistungen bis 27 W/m² möglich, was einer besonders guten Eignung entspricht.

In einzelnen Gebieten im Nordosten sowie Nordwesten des Landkreises liegt die lokale Entzugsleistung bei 16 W/m². Die Realisierbarkeit und Installation eines horizontalen Systems ist in diesen Bereichen möglich, sollte aber über Detailprüfungen abgeklärt werden. Mithilfe alternativer Kollektorsysteme (Grabenkollektoren, Kapillarrohrmatten, Erdwärmekörbe) können deutlich höhere Entzugsleistungen erzielt werden, was sich positiv auf die wirtschaftliche Umsetzung auch in weniger geeigneten Gebieten auswirken kann.

Obwohl die hier erhobenen Daten eine sehr gute Basis für eine erste flurstückscharfe Standortbeurteilung darstellen, sind aufgrund der häufig unsicheren geologischen Verhältnisse stets ergänzende Untersuchungen vor Ort nötig.

Ergebnisse und Planungsgrundlagen

Im Rahmen der Potenzialermittlung wurden umfangreiche Datengrundlagen zu den theoretischen Potenzialen und Rahmenbedingungen von horizontalen Geothermiesystemen in einer einheitlichen, flurstückscharfen Datenbasis vereint. Die Erhebung dieser Daten schafft erstmals eine Arbeitsgrundlage für eine schnelle Beurteilung der spezifischen Entzugsleistung von Erdwärmekollektoranlagen für jedes Flurstück im Landkreis München. Neben den zuvor



beispielhaft erläuterten Flächenkollektoren wurden zudem Grabenkollektoren, Kapillarrohrmatten und Erdwärmekörbe innerhalb der Analyse näher untersucht.

Die Informationen über das geothermische Potenzial wurden, neben der Bereitstellung als GIS-Datensatz, in Form einer landkreisweiten Potenzialkarte aufbereitet und zusammenfassend dargestellt. Die Karte ermöglicht eine erste Standortbeurteilung und dient als fachliche Hilfestellung auf dem Weg zur Projektrealisierung. In der Anlage findet sich dazu die landkreisweite Potenzialkarte „Potenzial zur Nutzung von horizontalen Geothermiesystemen und deren Sonderformen“