

Machbarkeit einer Erdwärmeversorgung

Baugebiet „Nördlich der Gartenstraße“ in 26188 Edeweicht-Jeddeloh II

für:

Gemeinde Edeweicht
Rathausstr. 7
26188 Edeweicht

bearbeitet von:

Dr. Roland Gaschnitz, M.Sc.

aix-o-therm GeoEnergien
In den Kämpfen 83
45770 Marl
info@aioxotherm.de

Tel.: 02365 – 9318-148

Fax: 02365 – 9318-425

Freitag, 7. Januar 2022

Vorbemerkung

Die Gemeinde Edeweicht plant in der Bauerschaft Jeddelloh II die Erschließung des Baugebietes „Nördlich der Gartenstraße“. Gemäß dem Bebauungsplan Nr. 198 sollen auf bis zu 70 Grundstücken eingeschossige Wohnhäuser und Mehrparteienhäuser entstehen. Angaben zum Wärmebedarf und zur Gesamtheizlast des Baugebietes liegen derzeit nicht vor.

Die Gemeinde erwägt eine geothermische Wärmeversorgung des Baugebietes in Form eines Nahwärmenetzes oder einer individuellen Versorgung der Gebäude. Ebenfalls kommt der Einsatz von Luftwärmepumpen in Betracht. Vor diesem Hintergrund wird nachfolgend die geotechnische und genehmigungsrechtliche Machbarkeit möglicher geothermischer Versorgungsvarianten dargestellt und darüber hinaus einer Wärmegewinnung aus Umgebungsluft gegenübergestellt.

1 Rahmenbedingungen

1.1 Gebäudetechnische Anforderungen

Das Baugebiet „Nördlich der Gartenstraße“ umfasst 70 Baugrundstücke, die mit freistehenden Einfamilienhäusern und Doppelhaushälften bebaut werden dürfen. Gemäß den Angaben des Landesamtes für Statistik Niedersachsen (2019) ist für Einfamilienhäuser von durchschnittlich 130 m² beheizter Nutzfläche auszugehen, während Doppelhaushälften eine typische Nutzfläche von 110 m² aufweisen. Unter der Annahme einer überwiegenden Bebauung mit Einfamilienhäusern und Doppelhaushälften ergibt sich für das Baugebiet eine zu versorgende Nutzfläche von ca. 12.250 m².

Aufgrund der anstehenden Änderungen der Förderrichtlinien des Bundes ist davon auszugehen, dass die Gebäude im Baugebiet überwiegend entsprechend dem Effizienzhaus-40-Standard (EH-40) errichtet werden und nur wenige Gebäude den zukünftig nicht mehr förderfähigen EH-55-Standard aufweisen werden. Basierend auf dieser Annahme ist für das gesamte Baugebiet von einem Heizwärmebedarf in der Größenordnung von 360 MWh/a und einem Wärmebedarf von etwa 180 MWh/a für Trinkwarmwasserbereitung auszugehen. Die Gesamtheizlast wird mit etwa 230 kW abgeschätzt.

1.2 Geologische Situation

Die geologischen Verhältnisse im Untergrund des Baugebietes lassen sich durch die drei Vergleichsbohrungen *Veogesack C1/78* (2,69 km NW), *Neu Friedrichsfehn-9* (4,71 km NO) und *Achternmeer A1 10/76* (3,95 km SO), sowie durch einen Profilschnitt des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) mit ausreichender Genauigkeit gut bis über die technisch zu erwartenden Endteufe von maximal 130 m abzuschätzen:

Im Baugebiet folgen unter einer 2 bis 3 m mächtigen Torfschicht geringmächtige fluviatile Sande der Weichsel-Kaltzeit. Diese werden von insgesamt etwa 20 m mächtigen

gen Grobsanden des Drenthe-Stadiums und der Elster-Kaltzeit unterlagert. Im Liegenden werden Feinsande des Pliozäns und Miozäns mit einer Mächtigkeit von ca. 95 m angetroffen. Zur Tiefe in schließt sich bis über 200 m eine mächtige Schichtfolge aus Tonen und Schluffen des Miozäns an.

Die hydraulische Durchlässigkeit der Ablagerungen ist mit einem Kf-Wert von meist $10^{-3} - 10^{-4}$ m/s bis in eine Bohrteufe von 120 m gut und im Einzelfall gar hoch, so dass Grundwasserströmungen hier die thermischen Eigenschaften des Untergrundes verbessern können. Die Tone und Schluffe des unterlagernden Miozäns weisen hingegen eine nur geringe bis äußerst geringe Durchlässigkeit im Bereich von $10^{-5} - 10^{-9}$ m/s auf und sind hydraulisch weitgehend inaktiv.

Die thermischen Eigenschaften der Schichtfolge lassen sich zum einen mit ausreichender Genauigkeit aus deren oben beschriebener Petrographie in Verbindung mit Labordaten der Wärmeleitfähigkeit abschätzen. Zum anderen wurden für die genannten Vergleichbohrungen Wärmeleitfähigkeiten durch das LBEG ermittelt: Bis in eine Bohrtiefe von 35 m kann auch aufgrund der zum Teil guten hydraulischen Durchlässigkeit mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit von 2,6 W/(m K) gerechnet werden. Bohrungen bis etwa 120 m werden eine mittlere Wärmeleitfähigkeit von bis zu 2,4 W/(m K) aufweisen. Für Bohrungen mit größerer Bohrteufe ist wegen der thermisch und hydraulisch weniger günstigen Eigenschaften der miozänen Tone und Schluffe insgesamt eine Abnahme der Wärmeleitfähigkeit zu erwarten, so daß eine Begrenzung der Bohrteufe auf nicht mehr als 120 m sinnvoll erscheint.

1.3 Geotechnische Anforderungen

Das Baugebiet „Nördlich der Gartenstraße“ befindet sich nicht in einem Wasserschutzgebiet. Die nächstgelegenen Wasserschutzgebiete befinden sich in mehr als 15 km Entfernung und werden nicht beeinflusst. Auch sind keine anderen Schutzgüter bekannt, die einer Erlaubnis zur Erstellung und zum Betrieb von Erdwärmesonden entgegenstehen könnten. Für individuelle Erdwärmesondenanlagen sind lediglich die einschlägigen Normen und Leitfäden zu berücksichtigen. Für quartiersbezogene Erdwärmesondenanlagen ist insbesondere bei einer Rückführung von Wärme aus einer möglichen Gebäudekühlung eine Überwachung der Untergrundtemperatur erforderlich.

1.4 Klimatische Situation

Zur Beurteilung der technischen Nutzbarkeit von Luftwärmepumpen sind unter anderem die örtlichen Klimadaten ein Beurteilungskriterium. Zu diesem Zweck werden historischen Daten der Wetterstation Oldenburg (DWD-Nr. 3791) des deutschen Wetterdienstes herangezogen. Als Referenzjahr wird der vergleichsweise kalte Winter 2009/10 ausgewertet: Die Lufttemperatur in 2 m Höhe über dem Erdboden variiert in der Zeit vom 1.7.2009 bis zum 30.6.2010 zwischen -13,2 °C und 35,2 °C. Die Häufigkeitsverteilung der stündlich gemessenen Temperaturen ergibt ein Maximum zwischen +5 und +10 °C und eine Jahresmitteltemperatur von 9,1 °C. Die Voraussetzungen für eine thermische Nutzung der Umgebungsluft sind gegeben.

2 Versorgungskonzepte

2.1 Individuelle Versorgung

2.1.1 Luftwärme

Luftwärmepumpen nutzen die Wärme der Umgebungsluft und sind aufgrund ihrer begrenzten Heizleistung in erster Linie für die individuelle Wärmeversorgung von Gebäuden geeignet. Sie sind im Vergleich zu Erdwärmesondenanlagen mit signifikant geringeren Investitionskosten verbunden.

Luftwärmepumpen können zwar technisch selbst bei Temperaturen von bis zu -20 °C Wärme aus der Außenluft gewinnen. Allerdings variiert deren Wirkungsgrad, also die erzeugte Wärmemenge pro verbrauchter Strommenge, je nach Außentemperatur zwischen 1,4 und 4,5. Der Wirkungsgrad ist also in der winterlichen Heizperiode deutlich schlechter als in den Sommermonaten. Die Auswertung realer Betriebsdaten von Luftwärmepumpen durch das Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP 2017) ergibt einen Gesamtwirkungsgrad von etwa 2,6 und besagt, dass durchschnittlich etwa 60 % der Wärme aus der Umgebungsluft gewonnen werden.

Außeneinheiten von Luftwärmepumpen sollen zu Gehwegen, Nachbargrundstücken und Schlafzimmerfenstern ein Mindestabstand von 3 m einhalten, um Belästigungen durch kalte Zugluft und störenden Geräuschen entgegenzuwirken. Eine Aufstellung der Außeneinheit unmittelbar an der Hauswand, in Gebäudewinkeln oder -nischen kann zu störenden Schallreflektionen führen. Außeneinheiten der Luftwärmepumpen soll möglichst freistehend aufgestellt werden, um jederzeit ein ungehindertes Ansaugen und Ausblasen der Außenluft zu ermöglichen. Damit sind sie allerdings gut sichtbar und werden von Nachbarn gelegentlich als subjektiv als vermeintlich störende Lärmquelle wahrgenommen.

Insgesamt ermöglichen Luft-Wärmepumpen bei adäquater Aufstellung eine technische machbare Wärmeversorgung. Auch unter Berücksichtigung zusätzlicher Kosten für Schall- und Sichtschutz sind die Investitionskosten geringer als die einer Sole-Wärmepumpe mit Erdwärmesonden. Für ein typisches Einfamilienhaus ergeben sich jedoch um etwa 300 €/a höhere Betriebskosten, so dass nach 12 bis 15 Betriebsjahren Kostengleichheit eintritt. Die Nutzung von Eigenstrom aus einer PV-Anlage ändert daran nur wenig, weil der höchste Heizwärmebedarf zu Zeiten besteht, in denen der Ertrag aus PV-Anlagen eher gering ist.

Im Rahmen der aktuellen Änderung der Förderrichtlinien ist schließlich zu prüfen, unter welchen Rahmenbedingungen Wärmeversorgungen mit Luftwärmepumpen weiterhin förderfähig sein werden (Primärenergiefaktor).

2.1.2 Erdwärme

Die individuelle Versorgung jedes einzelnen Wohnhauses kann auch durch Erdwärmesonden erfolgen, die auf den jeweiligen Grundstücken errichtet werden. Dabei zirkuliert ein Wasser-Frostschutz-Gemisch („Sole“) in einem geschlossenen Kreislauf. Eine Wärmepumpe entzieht dieser Sole Wärme und stellt die so gewonnene

Energie auf einem höheren Temperaturniveau zur Beheizung des Gebäudes oder zur Trinkwassererwärmung bereit. Die abgekühlte Sole wird in den Untergrund zurückgeführt und erwärmt sich dort am Gestein.

Erdwärmesonden werden so ausgelegt, dass sie während der gesamten Nutzungsdauer des Gebäudes von 50 Jahren und weit darüber hinaus genutzt werden können. Sie werden typischerweise geringfügig überdimensioniert, um Ungenauigkeiten der Wärmebedarfsberechnung, Unwägbarkeiten der Gebäudenutzung und mögliche spätere Erweiterungen/Ausbauten zu berücksichtigen.

Genehmigungsrechtlich werden individuelle Erdwärmesonden letztlich ähnlich behandelt wie größere Erdwärmesondenanlagen eines Nahwärmenetzes: Nach vorliegenden Daten sind solche Anlagen an diesem Standort uneingeschränkt genehmigungsfähig. Jeder Bauherr stellt parallel zum Bauantrag seinen eigenen wasserrechtlichen Antrag und ist rechtlich für den ordnungsgemäßen Betrieb seiner Anlage verantwortlich. Alle Grundstücke verfügen nach derzeitigem Kenntnisstand über eine ausreichende Fläche, um voraussichtlich nicht mehr als eine Bohrung mit mindestens 5 m Abstand zu den Nachbargrundstücken zu erstellen.

Wärmepumpen, die in Verbindung mit Erdwärmesonden betrieben werden erreichen in der Praxis einen Wirkungsgrad mehr als 4, so dass 75 % der erzeugten Wärme dem Untergrund entzogen wird. Im Vergleich zu Luftwärmepumpen ist der Wirkungsgrad einer Erdwärme-Wärmepumpenanlage somit in jedem Fall deutlich besser.

2.2 Quartierslösungen

Die gemeinschaftliche Versorgung eines Quartiers durch ein Nahwärmenetz hat gerade bei Siedlungen mit geringem Wärmebedarf verschiedene Vorteile gegenüber einer individuellen Versorgung jedes einzelnen Hauses: Während individuelle Heizungsanlagen und auch Erdwärmesonden üblicherweise 10 bis 15 % überdimensioniert sind, kann dieser ‚Sicherheitszuschlag‘ bei Nahwärmenetzen weitgehend entfallen. Darüber hinaus kann ein Nahwärmenetz auf eine etwa 25 % kleinere Gesamtheizleistung dimensioniert werden, weil zu keiner Zeit alle Heizungsanlagen gleichzeitig mit voller Last betrieben werden.

Bei Quartierslösungen dient häufig ein Erdwärmesondenfeld als Wärmequelle, das vorzugsweise auf öffentlichen oder gemeinschaftlichen Flächen erstellt wird. Ähnlich wie bei individuellen Erdwärmesondenanlagen ist auch hier in aller Regel ein Grenzabstand von 5 m zu Nachbargrundstücken einzuhalten. Insofern kommen beim Baugebiet „Nördlich der Schulstraße“ die Straßengrundstücke mit einer Breite von lediglich 7,5 m nicht in Betracht. Zusätzlich würde dort die Erstellung eines Erdwärmesondenfeldes durch die anderweitig notwendige Infrastruktur, inklusive der zahlreichen Rigolkörper, eine Umsetzung erschweren.

Von den das Baugebiet umgebenden Grünstreifen kommt grundsätzlich nur der südlich gelegene in Betracht, weil er mit 10 m eine ausreichende Breite besitzt und der geplante Entwässerungsgraben augenscheinlich noch nicht existiert. Vor dessen

Realisierung können rechnerisch an über 70 Bohransatzpunkten Erdwärmesonden erstellt werden. Ein Nutzungskonflikt zwischen Sonden und Gräben besteht bei entsprechender planerischer Abstimmung nicht. Eine Einbindung der Erdwärmesondenbohrungen in das Nahwärmenetz kann gegebenenfalls entlang der beiden Zufahrtsstraßen des Baugebietes erfolgen.

Ebenso kommt auch das Grundstück des geplanten Regenrückhaltebeckens in Betracht: Auf einer Fläche von ca. 3.000 m² könnten dort bis zu 90 Sonden angeordnet werden, wenn eine entsprechende Vereinbarung mit dem Eigentümer der Fläche getroffen wird. Weder für das Regenrückhaltebecken noch für die südlich gelegene Grünfläche ergeben sich durch den Bau eines Erdwärmesondenfeldes bei abgestimmter Planung Nutzungseinschränkungen. Eine grobe Abschätzung zeigt, dass diese Fläche ausreichend für die Erstellung eines Erdwärmesondenfeldes ist, auch wenn die erforderliche Gesamtblöhlänge mangels entsprechender Planungsgrundlagen derzeit noch nicht ermittelt werden kann.

Als bevorzugte Fläche für ein zentrales Erdwärmesondenfeld steht der geplante Spielplatz mit 945 m² Fläche zur Verfügung. Hier wären allerdings lediglich etwa 25 Bohransatzpunkte möglich, so dass weitere Bohrungen im Bereich des benachbarten Grünstreifens oder des Rückhaltebeckens erforderlich wären.

Unabhängig davon kann die Anzahl der erforderlichen Bohrungen und der Investitionsbedarf um etwa 30 % reduziert werden, wenn das Erdwärmesondenfeld im Sinne eines ‚saisonalen Wärmespeichers‘ genutzt wird. Dabei wird die in der Heizperiode dem Untergrund entzogene Wärmemengen im darauf folgenden Sommer durch Einspeisung von Wärme, z.B. aus der sommerlichen Temperierung der Wohngebäude oder aus einem Luftwärmetauscher, ersetzt. Aufgrund der ganzjährig höheren Untergrundtemperatur steigt zudem der Wirkungsgrad der Wärmepumpen im Jahresmittel auf über 4,5, so dass mit geringeren Betriebskosten zu rechnen ist.

Die erheblichen Kosteneinsparungen einer gemeinsamen Wärmeversorgung sind im konkreten Einzelfall gegen die zusätzlichen Baukosten eines Nahwärmenetzes zu bilanzieren: Es zeigt sich erfahrungsgemäß, dass die Investitionskosten eines Nahwärmenetzes in aller Regel geringere sind, als die einer gleichen Anzahl individuelle Versorgungen.

Bei Quartierslösungen ist hier grundsätzlich kalten und warmen Nahwärmenetzen zu unterscheiden. Beide Netztypen können im Baugebiet „Nördlich der Gartenstraße“ aufgrund der Lage der Erschließungsstraßen als gemischtes Strahl-Ringnetz realisiert werden. Die technischen Unterschiede werden nachfolgend kurz dargestellt.

2.2.1 Kalte Nahwärme

Kalte Nahwärmenetze werden auf einem variablen Temperaturniveau zwischen 0 und 20 °C betrieben, wobei Wärmepumpen in den einzelnen Gebäuden die zur Beheizung und Trinkwassererwärmung erforderliche Wärme aus dem kalten Nahwärmenetz gewinnen.

Aufgrund der geringen Netztemperatur ist eine Isolierung der Leitungen nicht erforderlich. Im Gegenteil, die nicht gedämmten Nahwärmeleitungen nehmen Wärme aus dem umgebenden Boden auf. Sie dienen somit als Wärmequelle und steuern typischerweise etwa 15 bis 20 % zur Deckung des Wärmebedarfs eines Quartiers bei. Diese zusätzliche Wärmeaufnahme und der Wegfall der Dämmung reduzieren die Investitionskosten gegenüber einem warmen Nahwärmenetz deutlich. Ein weiterer Vorteil eines kalten Nahwärmenetzes besteht in der Möglichkeit einer sommerlichen Gebäudetemperierung/-kühlung, wobei Abwärme aus den Gebäuden vom vergleichsweise kalten Netz aufgenommen und zur Regenerierung der Wärmequelle genutzt wird.

Diese Kosteneinsparungen im Vergleich zu einem warmen Nahwärmenetz werden teilweise durch die Notwendigkeit von Wärmepumpen in den jeweiligen Wohngebäuden aufgezehrt, so dass größere Nahwärmenetze ab etwa 100 Wohneinheiten vermehrt als warmes Netz gebaut werden.

Im Vergleich zu einer individuellen Wärmeversorgung bleiben jedoch die Einsparungen durch die Vermeidung von Überdimensionierungen, durch die Berücksichtigung des Gleichzeitigkeitsfaktors sowie durch die sommerliche Gebäudekühlung und Quellenregenerierung.

2.2.2 Warme Nahwärme

Warme Nahwärmenetze werden ganzjährig auf mit einer konstanten Vorlauftemperatur von ca. 45 bis 50 °C betrieben. Dieses Temperaturniveau ist sowohl für die Gebäudebeheizung als auch für die Trinkwassererwärmung in Einfamilienhäusern ausreichend. Zwischen dem Erdwärmesondenfeld und dem warmen Nahwärmenetz befindet sich eine zentrale Wärmepumpenstation. Sie hebt die dem Sondenfeld entzogene Wärme auf die gebäudeseitig erforderliche Temperatur an und speist in das Nahwärmenetz ein. In den einzelnen Wohneinheiten befinden sich lediglich kostengünstige Übergabestationen.

Bei diesem Konzept werden durch den Einsatz einer Großwärmepumpe die ansonsten notwendigen Investitionskosten für eine Vielzahl kleiner, dezentraler Wärmepumpen stark reduziert. Allerdings ist der Bau eines gedämmten Nahwärmenetzes teurer als der eines kalten Netzes und die Möglichkeit einer individuellen Gebäudekühlung entfällt. Erfahrungsgemäß sind warme Nahwärmenetze in Quartieren ab 100 Wohneinheiten und tendenziell kleinen Grundstücken bzw. hoher Anschlußdichte günstiger als kalte Nahwärmenetze.

3. Fazit

Im geplanten Baugebiet „Nördlich der Gartenstraße“ in der Bauerschaft Jeddelloh II ist sowohl eine Wärmeversorgung auf Basis von Luftwärme als auch durch Erdwärme technisch machbar und genehmigungsfähig. Die thermische Ergiebigkeit des Untergrundes ist insgesamt gut und liegt mit einer Wärmeleitfähigkeit von etwa 2,4 W/(m K) über dem Durchschnitt in Niedersachsen. Sollten sich im Verlauf der weiteren Planung die zu versorgende Nutzfläche und der Wärmebedarf erhöhen, kann

dies zweifellos durch eine Anpassung der Erdwärmesonden aufgefangen werden. Eine individuelle Versorgung der Gebäude ist technisch ebenso umsetzbar wie ein zentrales Erdwärmesondenfeld für eine Quartiersversorgung.

Die wesentlichen Unterschiede zwischen den Versorgungsvarianten bestehen in Bezug auf deren jeweilige energetische Effizienz, deren Investitionskosten sowie im Hinblick auf die Förderfähigkeit der Varianten. Auch wenn dies außerhalb des Beauftragungsrahmens der vorliegenden Machbarkeitsanalyse liegt, sei insofern unverbindlich auf folgende Punkte hingewiesen:

1. Die bisher üblichen Gasbrennwertgeräte, ggf. in Kombination mit Solarthermie, scheiden für eine Wärmeversorgung des Baugebietes aus: Die jetzt geplanten Neubauten müssen spätestens 2040, also in 18 Jahren klimaneutral beheizt werden und haben eine Nutzungsdauer von erheblich mehr als 50 Jahren.
2. Individuelle Wärmeversorgungen sind in Summe mit höheren Investitionskosten verbunden als Quartierskonzepte und müssen von den Bauherren als Teil der Baukosten mitfinanziert werden.
3. Luftwärmepumpen zeichnen sich im Vergleich zu individuellen Erdwärmeeinrichtungen zwar durch deutlich geringere Investitionskosten aus. Dieses Ersparnis wird jedoch durch höhere Betriebskosten erfahrungsgemäß nach etwa 15 Jahren aufgezehrt; Erdwärmesonden sind somit langfristig wirtschaftlich sinnvoller.
4. Durch Quartierskonzepte lassen sich sowohl eine individuelle Überdimensionierung von Heizungsanlagen vermeiden und als auch zusätzlich die Investitionskosten durch Berücksichtigung des Gleichzeitigkeitsfaktors reduzieren. Diese Einsparungen in einer Größenordnung von etwa 35 % sind mit den Mehrkosten eines Nahwärmenetzes zu verrechnen.
5. Kalte Nahwärmenetze sind kostengünstiger als mittelwarme Netze, nutzen den sie umgebenden Boden als zusätzliche Wärmequelle und erlauben eine sommerliche Gebäudetemperierung. Daraus ergeben sich substantielle Kostenvorteile insbesondere für Quartiere unter 100 Abnehmern.
6. Die Nutzung von Erdwärmesonden als saisonaler Wärmespeicher mit sommerlicher Regeneration des Untergrundes erlaubt gegenüber reinen Erdwärmesondenanlagen deutliche Kostenreduzierungen. Dies stellt häufig die kostengünstigste Versorgungslösung dar.

Vor diesem Hintergrund empfehlen wir für das Baugebiet „Nördlich der Gartenstraße“ eine Quartiersversorgung mit hybrider Wärmequelle, wobei auf Grundlage von konkreten Versorgungsangeboten zu entscheiden ist, ob ein kaltes und oder ein mittelwarmes Netz für die späteren Nutzer wirtschaftlicher ist. Sollte letztlich doch einer individuellen Wärmeversorgung der Gebäude der Vorzug gegeben werden, ist mittelfristig die Nutzung von Erdwärme wirtschaftlicher als der Einsatz von Luftwärmepumpen.

Marl, 7. Januar 2022

Dr. Roland Gaschnitz, M.Sc.
aix²-therm GeoEnergien