



## **Kaltes Nahwärmenetz in der Humboldtstraße, Bremen Machbarkeitsstudie**

**Auftraggeber:**

Bremer Energie-Konsens GmbH  
Am Wall 172/173  
28195 Bremen

**Gutachter:**

GTR Gebäudetechnik-Rheinstraße GmbH  
Rheinstraße 194 b  
55218 Ingelheim am Rhein  
Prof. Dipl.-Ing. (FH) Thomas Giel

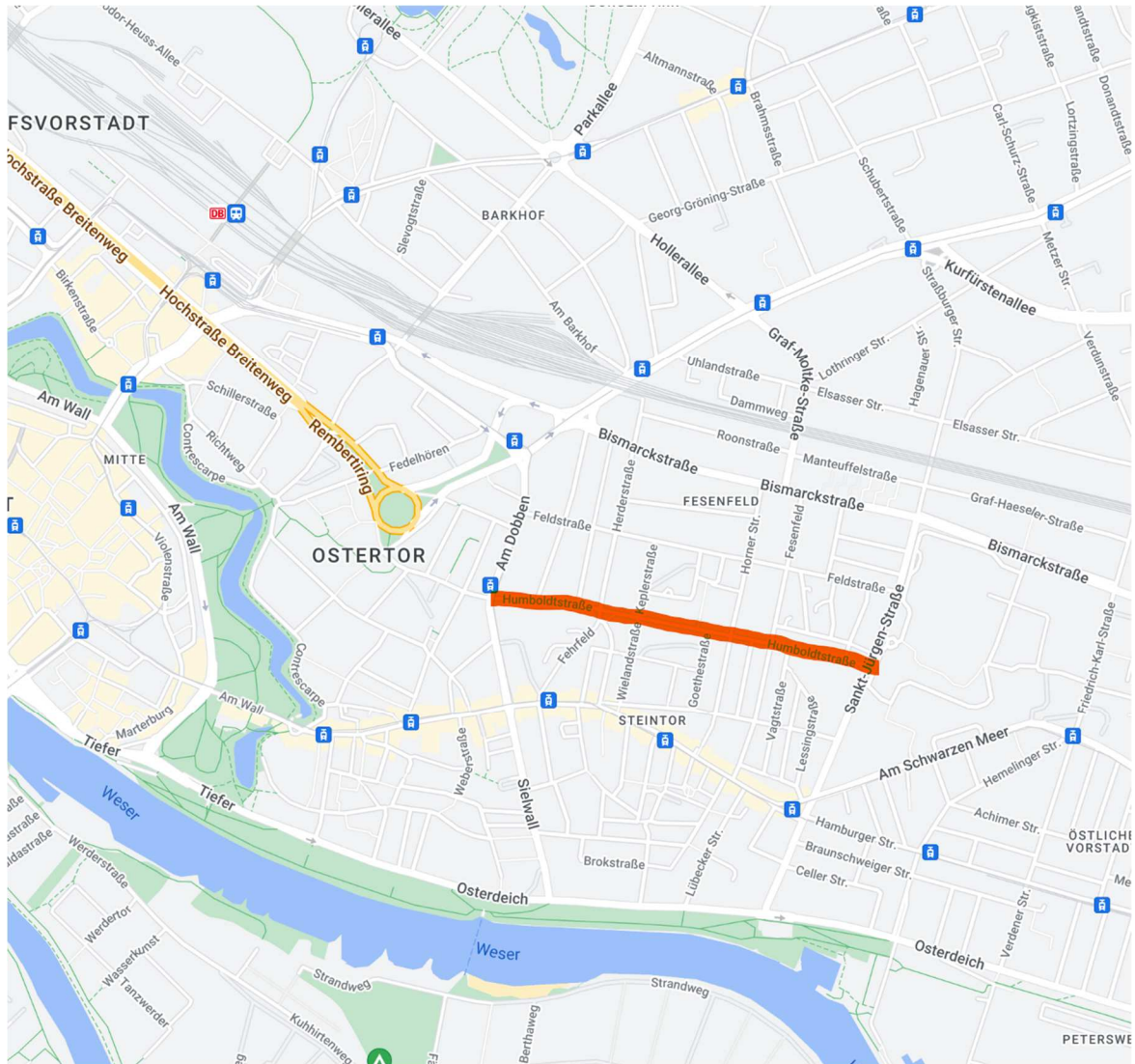
## Inhalt

1	Standort und Zielbestimmung .....	1
2	Status Quo und Bedarfsermittlung .....	2
2.2	Wärme- und Kältebedarf .....	3
3	Potentialanalyse / Kundeninteresse .....	3
4	Innovative Bereitstellung der Wärme / Klimaverträglichkeit .....	4
5	Verteilung der Wärme .....	5
6	Hausübergabestationen, dezentrale Speicher und Wärmesenken .....	8
7	Speicherkonzept und (saisonale) Großwärmespeicher .....	9
8	Sektorkopplung und Strommarktdienlichkeit .....	9
9	Einzelkomponenten der industriellen Forschung .....	9
10	Prüfung der rechtlichen Genehmigungsfähigkeit .....	9
11	Wirtschaftlichkeit .....	10
11.2	Erträge .....	11
12	Mindestgröße .....	11
13	Online-Monitoring .....	11
14	Fortlaufende Veröffentlichung der Ergebnisse des Vorhabens .....	12
15	Zeitplan / Ablauf .....	12
16	Erwarteter Einfluss auf den Primärenergieverbrauch und die CO <sub>2</sub> -Erzeugung .....	12

### 1 Standort und Zielbestimmung

Das Bundesland Bremen betrachtet im Rahmen der fortlaufenden Arbeiten an der Wärmewende in Bremen verschiedene Konzepte zur klimafreundlicheren Wärmeversorgung von Quartieren.

Auf Grundlage dieser Bestrebungen gibt es das Projekt „Quartiere klimafreundlich gestalten“. Ein zu betrachtendes Gebiet innerhalb dieses Projektes ist die Humboldtstraße in Bremen.



Die Humboldtstraße befindet sich im Zentrum von Bremen und bildet mit ihrem West-Ost-Verlauf die Grenze zwischen den Stadtteilen Fesenfeld im Norden und Steintor südlich des geradlinigen Straßenzugs. Die Rund 900m lange Straße befindet sich hierbei mittig zwischen Hauptbahnhof und Weser. In dem Straßenzug ist eine Bestandsbebauung vorzufinden, welche hauptsächlich aus städtetypischen Reihenhäusern besteht. Ziel der Maßnahme ist eine Änderung des Wärmeversorgungskonzeptes hin zu einer klimafreundlicheren Variante.

## 2 Status Quo und Bedarfsermittlung

### 2.1 Versorgungskonzept

Das betrachtete Versorgungskonzept der Humboldtstraße basiert auf einem kalten Nahwärmenetz, welches im Straßenverlauf als Ringnetz verlegt werden soll. Aufgrund der Zentralen Lage in Bremen und der dichten Bebauung im Zentrum der Stadt bietet ein passives kaltes Nahwärmenetz gegenüber einem warmen Nahwärmenetz an diesem Standort energetische und ökonomische Vorteile, da sich die baulichen Maßnahmen lokal beschränkt halten und keinen Eingriff über das zu versorgende Gebiet hinaus benötigen.

Bei einer zentralen Versorgungslösung wurde bei dieser Variante ein passives kaltes Nahwärmenetz untersucht. Zur Grundlage der Berechnungen wurde von einer Anschlussnehmerzahl von 50 Liegenschaften ausgegangen. Ein wesentlicher Unterschied zwischen einem warmen und kalten Nahwärmenetz besteht darin, dass letzteres keine Wärmeverluste hat. Stattdessen dient das Erdreich im Umfeld der Leitungstrasse als saisonaler Wärmespeicher.

Unter der Passivität versteht man, dass keine aktiven Komponenten wie z.B. Zirkulations- oder Zubringerpumpen im Bereich der kalten Nahwärme vorhanden sind. Die einzelnen Wärmepumpen in den Nutzungseinheiten ziehen bei Bedarf über ihre Solepumpe die Energie aus dem vorgelagerten kalten Netz. Die Idee ist dabei, dass das Netz hydraulisch so günstig konzipiert ist, dass handelsübliche, in den Wärmepumpen verbaute Solepumpen eingesetzt werden.

Innerhalb dieser Studie wurde nur das kalte Nahwärmenetzes mit der Variante Erdwärmennutzung geprüft.

Die Überprüfung ergab, dass eine Wärmegewinnung mittels Erdwärmesonden geotechnisch und genehmigungsrechtlich als realisierbar einzustufen ist.

Das Versorgungskonzept für die Humboldtstraße basiert somit auf einem passiven kalten Nahwärmenetz, bei welchem die Erdwärmesonden mit einem Abstand von sechs Metern zueinander entlang des Straßenverlaufs verteilt und an die Ringleitung angebunden werden.

Das kalte Nahwärmenetz kann bei den Endkunden eine sommerliche Gebäudetemperierung durchführen. Dabei entzieht das Nahwärmenetz über einen Free-Cooling-Wärmetauscher, der parallel zur Wärmepumpe geschaltet ist, den Gebäuden sommerliche Wärme und erzielt eine Kühlleistung in Form von Strahlungskühlung über die Flächenheizung.

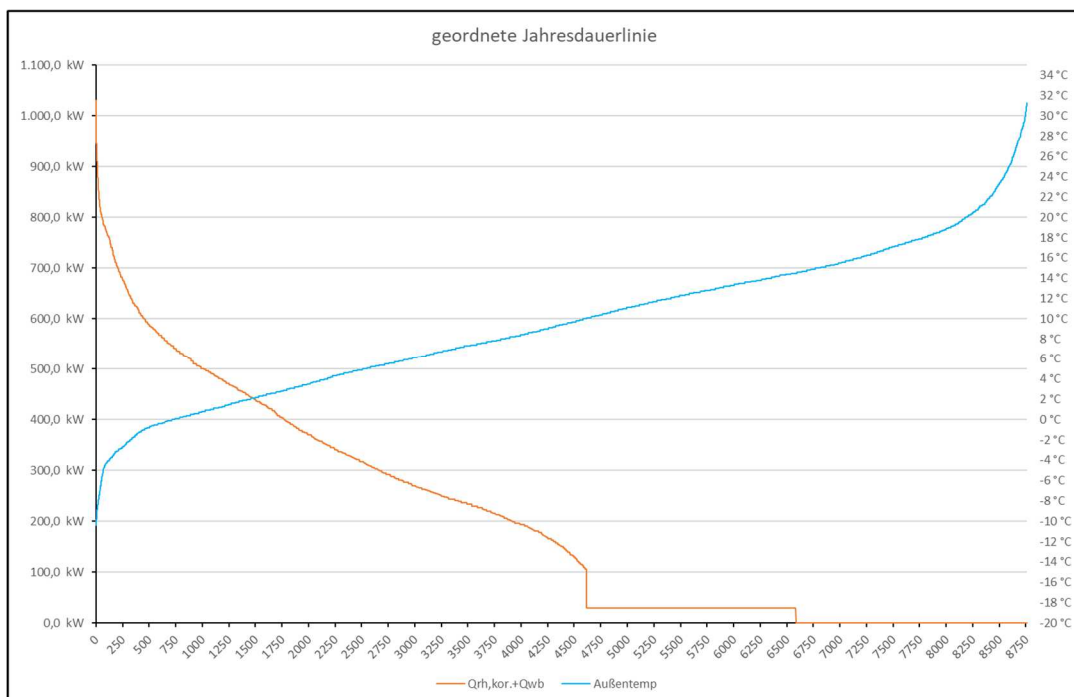
Diese passive Temperierung der Gebäude ist höchst effizient und kostengünstig, weil dazu der Betrieb der Wärmepumpe nicht erforderlich ist. Die anfallende „Abwärme“ wird in den Sondenfeldern gespeichert und in der nachfolgenden Heizperiode zurückgewonnen.

## 2.2 Wärme- und Kältebedarf

Der Gesamtwärmebedarf und die zu erwartende Gesamtheizlast der Anschlussnehmer in der Humboldtstraße wurde auf Basis der Vorbetrachtungen berechnet. Basis ist die vorhandene Bebauung der historischen Bausubstanz bestehend aus Ein- und Mehrfamilienhäusern.

Die Ermittlung des maximalen Energiebedarfs bezieht sich auf die vorherige Konzeptstudie „Quartiere klimafreundlich gestalten“<sup>1</sup> sowie Internetrecherchen wie z.B. Google Earth und Maps.

Die Heizlast der Liegenschaften errechnet sich aus einer Betrachtung der Bestandsbebauung, welche aus hauptsächlich teilsanierten Gebäuden besteht. Ein geringer Anteil besteht aus vollsanierten und auch unsanierten Gebäuden. Hieraus ergibt sich eine Heizlast von rund 1031 kW und ein Wärmebedarf von 1.650 MWh pro Jahr für den Straßenzug.



Jahresdauerlinie Heizbedarf des Areals

## 3 Potentialanalyse / Kundeninteresse

Die Bremer Energie-Konsens GmbH hat mit dem Projekt „Quartiere klimafreundlich gestalten“ das Ziel, die Wärmeversorgung für Bremer Quartiere umweltschonend umzugestalten. In diesem Zug soll die Planung und Entwicklung eines modellhaften kalten Nahwärmenetzes für die Humboldtstraße ausgearbeitet werden, um Energiepotentiale für die Bestandsbebauung nach „typischem Bremer Gebäudebestand“ zu ermitteln.

Die Ergebnisse sollen als Vorlage zur technischen Machbarkeit sowie den regulatorischen und finanziellen Rahmenbedingungen für die Stadt Bremen dienen.

Die hier angedachte passive kalte Nahwärme hat den Vorteil, dass sie um weitere Maschen vergrößert werden kann, sodass es auch möglich ist, das Netz in den Bestand zu erweitern.

<sup>1</sup> Lütkemeyer/Strauß

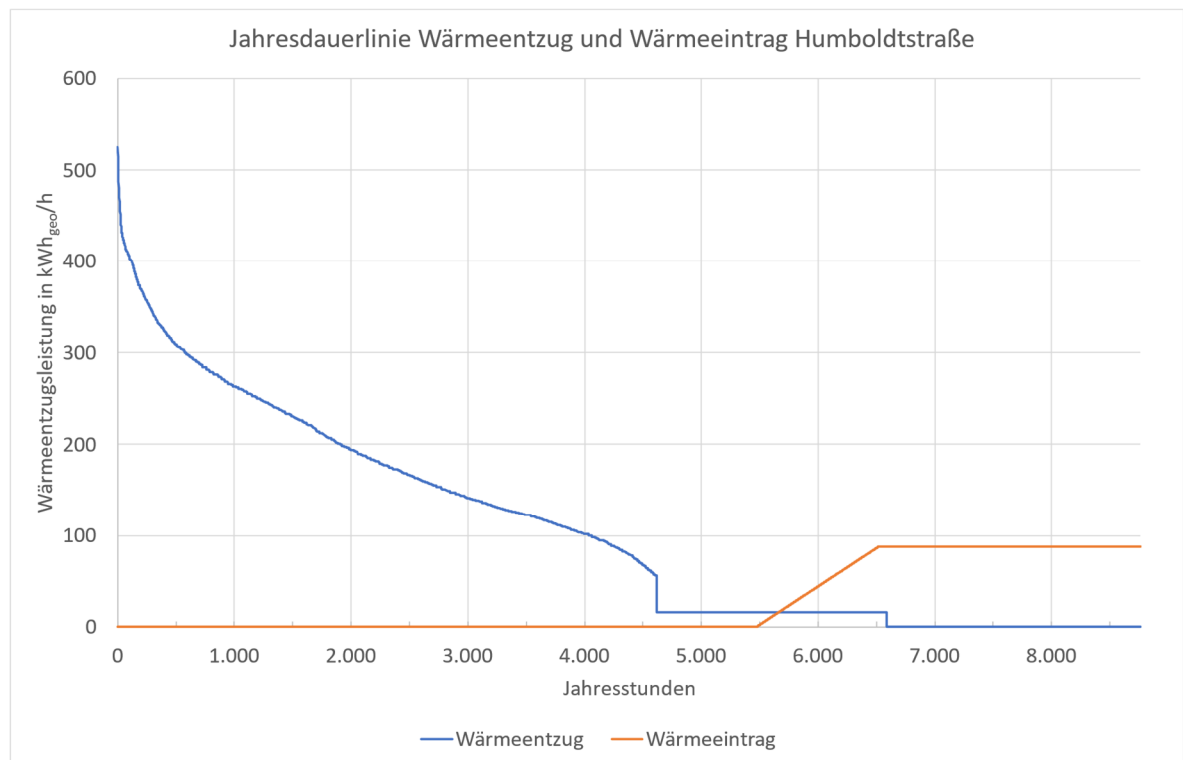
#### 4 Innovative Bereitstellung der Wärme / Klimaverträglichkeit

Die Energiegewinnung aus der passiven kalten Nahwärme in der Humboldtstraße wird ausschließlich durch Erdwärmesonden gewährleistet.

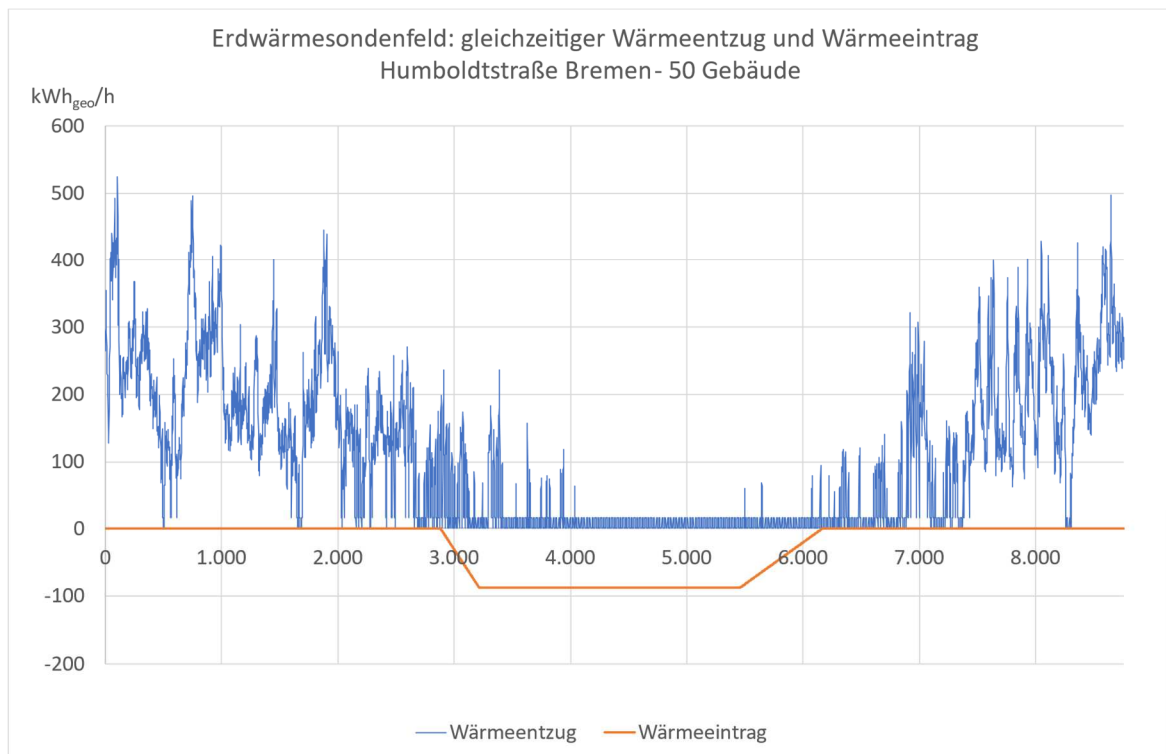
Um auch langfristig die Bereitstellung von Wärme und Kälte aus der passiven kalten Nahwärme gewährleisten zu können, sind ein Betriebsführungskonzept und ein dauerhaftes Monitoring der wesentlichen Parameter des Nahwärmenetzes erforderlich.

Als zusätzlicher Nutzen können die Wohngebäude in den Sommermonaten passiv gekühlt werden, also ohne den Einsatz einer Wärmepumpe temperiert werden.

Die nachfolgenden Diagramme zeigen die Verteilung des Wärmeentzugs zur Deckung des Wärmebedarfs des Quartiers und den Wärmeeintrag zur Kühlung aus dem Netz als theoretisches Modell.



Wärmeentzug und -eintrag der Erdwärmesonden (geordnet)



Wärmeentzug und -eintrag der Erdwärmesonden (Jahresverlauf)

Insgesamt werden durch den Einsatz eines saisonalen Wärmespeichers Phasen des Wärmeangebotes und der -nachfrage zeitlich voneinander entkoppelt. Durch den extrem großen Massenspeicher und den austarierten Bedarf an Wärme und Kälte ergibt sich durch einen Selbstregelleffekt eine jahreszeitliche, optimierte Versorgung.

Der saisonale Wärmespeicher wird aus Gründen der begrenzten Flächenverfügbarkeit in der Humboldtstraße im Straßenverlauf verlegt. Die Erdsonden werden hierbei mit sechs Meter Abstand zueinander gebohrt. In der Summe und der maximalen Ausbaustufe werden 63 Erdwärmesonden mit je 300m Bohrtiefe benötigt. Die Sonden bestehen aus zwei U-förmigen Polyethylen-Rohren (HDPE DA 40, SDR 11), die vorkonfektioniert auf die Baustelle geliefert und nach Einbau in das fertige Bohrloch mit einem hochwärmeleitenden Verpressbaustoff ( $\lambda$  min. 2,0 W/(m K)) verpresst werden. Die einzelnen Sonden werden durch horizontale Leitungen mit der Ringleitung verbunden, in denen der hydraulische Abgleich der Sonden erfolgt. Der Druckverlust bis zum Abgang Hauptleitung beträgt bei voller Auslastung und turbulenter Strömung ca. 570 mbar. Über eine Stichleitung DA 200 wird das Wärmeträgermedium in den Vorlauf des kalten Nahwärmemaschennetz aus DA 160 eingespeist. Als Schutz gegen austretendes Wärmeträgermedium ist der monolithische HDPE-Schacht tagwasserdicht ausgeführt. Alle genehmigungsrechtlichen Anforderungen sind diesbezüglich somit erfüllt.

## 5 Verteilung der Wärme

Das kalte Nahwärmenetz ist als Zweileiter-System konzipiert, welches in der aktuellen Ausbaustufe aus einer Masche besteht. Von den Maschenleitungen gehen jeweils Stichleitungen strahlenförmig in die Wohngebäude sowie Stichleitungen zu den Erdsonden. Die Erdsonden werden wie Gebäude ohne Verteiler an die Maschenringleitung angeschlossen. Der hydraulische Abgleich des Sondenfelds findet über die Länge der Anbindeleitung statt. Alle Leitungen werden im steinfreien Sandbett verlegt und sind

ungedämmt. Die Rohrleitungen stehen somit in thermischen Austausch mit dem sie umgebenden Boden und dienen – ähnlich einem Erdkollektor – der Gewinnung von Wärme, die durch solare Einstrahlung in den Sommermonaten in den Boden eingetragen wird.

Über den Erdkollektor des Maschennetzes werden nach den derzeitigen Untersuchungen 20% bis 25% des Jahresenergiebedarfs der Gebäude abgedeckt. Dies entspricht einer Arbeit bezogen auf das Heizen von 264 MWh bis 330 MWh.



Leistung des Flächenkollektor pro Meter Leitung im Mittel über 25 Jahre (Basis der Entzugsleistung Flächenkollektor)

Zur Kühlung der Gebäude können die bestehenden Heizsysteme verwendet werden. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Wärme-/ Kälteübertragung in den meisten Liegenschaften über Heizkörper stattfindet. Im Vergleich zu Flächenüberträgern sind die Heizkörper zwar weniger effektiv, jedoch ist eine Gebäudetemperierung möglich. Unter der vorangegangenen Annahme wird eine maximale Kühllast von 88 kW für das Quartier angesetzt. Hieraus ergibt sich ein Kühlpotential und ein entsprechender Wärmeeintrag in das Erdreich von 240 MWh/a. Dieser Wärmeeintrag unterstützt die natürliche Regeneration des Erdsondenfeldes.

Das Nahwärmenetz bildet hydraulisch eine Einheit mit den Erdwärmesondenfeldern und dem Flächenkollektor; als Wärmeträgermedium dient ein Ethanol-Wasser-Gemisch mit einem Stockpunkt von minimal -5 °C. Als Rohrmaterial wird Polyethylen (HDPE SDR 11, PN10) verwendet. Die Verbindungen werden gemäß geltenden Vorgaben (DVS 2207-1) ausnahmslos durch Elektroschweißmuffen stoffschlüssig hergestellt. An den Abzweigen der jeweiligen Maschen sind Absperrschieber und Versorgungsanschlüsse in Vor- und Rücklauf vorgesehen, die erforderlichenfalls eine Segmentierung des Netzes ermöglichen und eine Notversorgung von Teilnetzen ermöglichen. Als Schutz gegen austretendes Wärmeträgermedium sind die Armaturen in einem tagwasserdichten HDPE-Schacht verbaut, der einen Durchmesser von ca. 1,5 m hat und als vorkonfektionierter Monolith geliefert wird. Alle genehmigungsrechtlichen Anforderungen sind diesbezüglich erfüllt.



Während die Masche als Ringleitung mit einer Grabenlänge von ca. 1800 m durchgängig einen Innendurchmesser von 147 mm (DA 160) besitzt, werden die Stichleitungen in der Dimension DA 90 bzw. DA 75 ausgeführt. Deren Grabenlänge beläuft sich auf insgesamt 800 m und variiert je nach Anschluss.



Auszug aus Plan mit Rohrnetzberechnung

Die Verlegung der Rohrleitungen des kalten Nahwärmenetzes erfolgt im Optimalfall zeitgleich mit der Installation der übrigen Infrastruktur. Aufgrund der Bestandsbebauung vor Ort wird davon ausgegangen, dass ein gesonderter Graben für die Verlegung des Rohrnetzes hergestellt werden muss. Bei der Herstellung des Netzes muss entsprechend auf die bestehenden Ver- und Entsorgungsleitungen geachtet werden, um diese nicht zu beschädigen.

Der Hausanschluss an das kalte Nahwärmenetz kann mit einem deutlichen Zeitversatz nach Errichtung des Netzes erfolgen. Dazu werden in der Regel die Rohre der Nahwärmeleitung örtlich freigelegt, sodass je ein Druckanbohrventil stoffschlüssig aufgeschweißt werden kann. Dies ermöglicht auch ein späteres Absperrn des Hausanschlusses. Die Hausleitungen werden als direkte Anbindung von dem in der Straße verlegten Ringnetz in die Gebäude ausgeführt. Die Leitungen werden über eine Mehrsparten-Hauseinführungen durch die Bodenplatte oder durch die Kellerwand in die Wohngebäude eingeführt. Die Absperrvorrichtungen sind entsprechend im Hausanschlussraum der einzelnen Liegenschaften.

Die Druckhaltung des Nahwärmenetzes erfolgt in den Gebäuden der jeweiligen Nutzer, vorzugsweise in Mehrfamilienhäusern und gleicht temperaturbedingte Volumen- und damit Druckänderungen aus. Die dezentralen Wärmepumpen verfügen jeweils über eine eigene Drucküberwachung, die im Schadenfall sowohl deren Primärkreiszirkulationspumpe abschaltet, als auch das elektrische Ventil im Vorlauf durch einen elektrischen Spannungsabfall automatisch schließt.

Die notwendige Mess- und Regeltechnik erfolgt, da das Netz einen Selbstregelleffekt hat,

ausschließlich in den angeschlossenen Gebäuden an den Wärmepumpen, über die auch eine kontinuierliche Überwachung und Aufzeichnung der Systemparameter möglich ist. Dazu gehören neben dem Betriebsdruck auch die Erfassung der Vor- und Rücklauftemperaturen und der Volumenströme auf der Gebäudeseite. Um einen genehmigungsrechtlich einwandfreien Betrieb zu gewährleisten werden die Daten mindestens jährlich ausgewertet.

## **6 Hausübergabestationen, dezentrale Speicher und Wärmesenken**

Die dezentralen Wärmepumpen in den Haustechnikräumen der Gebäude ersetzen die Hausübergabestationen eines konventionellen Nahwärmenetzes. Sie bilden eine hydraulische Barriere zum Verteilnetz innerhalb der Wohngebäude und sind in ihrer Leistung den zu erwartenden gebäudespezifischen Anforderungen angepasst.

Der für die Wärmeversorgung momentan notwendige Volumenstrom wird mit einer geregelten Primärkreispumpe aktiv dem Nahwärmenetz entnommen. Sie reguliert die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf nach Vorgabe in einem Wertebereich zwischen 5 und 8 K. Je nach Wärmepumpentyp verfügt diese Zirkulationspumpe über eine Restförderhöhe von mindestens 820 mbar, die zur Umwälzung des Wärmeträgerfluids im Maschennetz ausreicht. Ein hydraulischer Abgleich der Abnehmer untereinander ist insofern nicht erforderlich. Zur Vermeidung von undefinierten Querströmen ist an den Hausanschlüssen jeweils ein Magnetventil im Vorlauf eingebaut.

Primärseitig werden die Wärmepumpen mit einer Sicherheitsgruppe ausgerüstet. Diese besteht aus dem zuvor beschriebene Magnetventil im Vorlauf sowie den internen Druckwächtern, die im Havariefall auslösen, das Vorlaufventil schließen und die Wärmepumpe abschalten.

Die Wärmeübertragung in den Gebäuden erfolgt über das vorhandene Heizungssystem. Ein Niedertemperatur-Flächenheizungssysteme (z.B. Fußbodenheizung) auf einem mittleren Temperaturniveau von 35 °C wäre ideal, da mit diesem System auch hervorragend gekühlt werden kann. Sicherheitshalber wurde überwiegend mit Heizkörpern gerechnet. Auch die Kühlung wurde für die Heizkörper ausgelegt.

Der Flächenbedarf der Wärmepumpeneinheit in den Haustechnikräumen beträgt typischerweise mindestens 2,5 m<sup>2</sup> inklusive Bewegungsflächen. Die konkrete Anordnung der Komponenten ist vom jeweiligen Gerätetyp abhängig und wird in den technischen Anschlussbedingungen des Wärmeversorgers dem Bauherrn vorgegeben.

Je nach Hersteller und Fabrikat sind moderne Wärmepumpen werksseitig oder über ein nachrüstbares Zusatzmodul mit einer Kühlfunktion ausgestattet, sodass in den Sommermonaten eine Gebäudetemperierung ohne den Betrieb der Wärmepumpe möglich ist. Dabei ist in der Regel ein Trennwärmetauscher parallel zur Wärmepumpe verbaut, der den gebäudeseitigen Heizkreis über die kalte Sole des Nahwärmenetzes kühlt. Dies ermöglicht unter Berücksichtigung des Taupunktes eine Temperaturabsenkung von etwa 3 K über ein Fußbodenheizungssystem, soweit die Vorlauftemperatur aus dem Netz einen Wert von etwa 19 °C nicht überschreitet. Alternativ kann eine reversible Wärmepumpe installiert werden, die anders als die zuvor beschriebene passive Kühlung aktiv das Gebäude kühlt und die Abwärme in das Nahwärmenetz ableitet. Diese „aktive Kühlung“ ist ganzjährig möglich, jedoch mit zusätzlichen Kosten verbunden. Die Abwärme aus der Gebäudekühlung und die damit verbundenen Wärmemengen sind sehr stark vom

Nutzerverhalten und von der jeweiligen Witterung abhängig. Sie werden deshalb bei der Auslegung der Wärmequellen und des Netzes in einem konservativen Ansatz berücksichtigt. Dies gilt auch für die mit Heizköpern geheizten Gebäuden.

## **7 Speicherkonzept und (saisonale) Großwärmespeicher**

Das kalte Nahwärmenetz verfügt grundsätzlich über zwei Speicherarten: Zum einen dienen die Erdwärmesonden und alle horizontalen Leitungen im Nahwärmenetz als saisonaler Wärmespeicher, der in der Heizperiode entleert und in den darauffolgenden Sommermonaten durch Wärmeeinspeisung regeneriert wird. Zum anderen dienen die beschriebenen Pufferspeicher in den Hausanschlussräumen der Kunden als thermische Kurzzeitspeicher, die im Sinne eines Lastmanagements zu einer Verlängerung der Laufzeiten und einer Reduzierung der Schalthäufigkeit der Wärmepumpen führen.

## **8 Sektorkopplung und Strommarktdienlichkeit**

Der geothermische Erdwärmespeicher und das Nahwärmenetz dienen der Wärmeversorgung des Wohnquartiers. Die dezentralen Wärmepumpen in den Wohngebäuden können aus der Leitwarte des Netzbetreibers nach Erfordernis in Zeiten hohen allgemeinen Strombedarfs abgeschaltet werden, um Lastspitzen im örtlichen Stromnetz entgegenzuwirken. Die Gebäudemasse und ein eventuell verbauter Pufferspeicher ermöglichen solche Sperrzeiten ohne Komforteinbußen für den Nutzer. Weitergehende Strommarktdienlichkeit des geplanten Nahwärmenetzes wurde nicht untersucht.

## **9 Einzelkomponenten der industriellen Forschung**

Im Rahmen des Vorhabens ist gegenwärtig keine industrielle Forschung in relevantem Umfang notwendig und auch nicht geplant.

## **10 Prüfung der rechtlichen Genehmigungsfähigkeit**

Die Prüfung der rechtlichen Genehmigungsfähigkeit des geplanten kalten Nahwärmenetzes fokussiert sich auf wasser-, berg- und umweltrechtliche Aspekte. Die Konformität des Vorhabens zu allgemeinen Rechtsvorschriften der Europäischen Union und der Bundesrepublik Deutschland wie z.B. BGB, HGB, GO etc., wird als gegeben vorausgesetzt.

Der geplante Projektstandort befindet sich nicht innerhalb eines Wasserschutzgebietes, welche aufgrund der hydrogeologischen Gesamtsituation eines besonderen Schutzes bedürfen. Die geplante Erdwärmesondenanlage ist somit grundsätzlich von Seiten der Unteren Wasserbehörde in Kombination mit dem Bergamt und weiteren Behörden erlaubnisfähig. Ein Erörterungsgespräch mit der Unteren Wasserbehörde wurde schon geführt.

Aufgrund der Bohrtiefe von 300m müssen die Bohrungen auch vom Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) überprüft werden. Das BASE bewertet in Zusammenarbeit mit den Landesbehörden, inwiefern wasser- und bergrechtlich zulassungspflichtige Vorhaben zugelassen oder abgelehnt werden müssen.

## 11 Wirtschaftlichkeit

### 11.1 Kosten

Die nachfolgende Kostenschätzung für das kalte Nahwärmenetz basiert auf der Betrachtung der Bestandsbebauung und der Auswertung des Berichts „Strategien und Potenziale energieeffizienter Sanierung für den Bremer Wohnungsbestand“. Zur Kostenabschätzung wurde der Fall mit 50 Anschlussnehmern betrachtet. Abweichungen von diesen Annahmen führen zu signifikanten Änderungen des Wärmebedarfs und der technischen Installationen und somit auch der Investitionskosten. Alle Investitionskosten verstehen sich als Netto-Preise für betriebsbereite Komponenten. Als Leistungsgrenze ist die Hausanbindung bis zur Mehrsparten-Hauseinführung im Technikraum der jeweiligen Immobilie definiert. Die spezifischen Kosten des Erdwärmesondenfeldes lassen sich aus aktuellen Ausschreibungen mit guter Genauigkeit ermitteln.

Zur Abschätzung der Kosten des kalten Nahwärmenetzes wird davon ausgegangen, dass das ungedämmte Nahwärmenetz in einem für das Nahwärmenetz hergestellten Graben verlegt wird. Der Graben ist 0,6 bis 0,8 Meter breit und maximal 1,25m Tief. Das Netz ist als 2-Leiter- Maschen-Ring-Strahlnetz konzipiert. Die Ringleitungen werden hauptsächlich aus DA160 PE Rohrleitungen bestehen. Die Stichleitungen zu den Gebäuden werden vornehmlich in DA 75 und DA 90 ausgeführt. Für die Hausanschlüsse wird pauschal eine Grabenlänge von 10 m angenommen. Es wird von insgesamt 30 Doppel-U-Erdsonden mit 300m Bohrtiefe in der Dimension DA40 ausgegangen. Marktübliche Preise wurden aus anderen Projekten abgeleitet. Die Preise können jedoch regional sehr unterschiedlich ausfallen.

laufende Kosten						
Investitionskosten		kalkulatorischer Zins: 2%				
	Investition	Nutzungszeit	Annuität	Kosten	Faktor Inst.	Instandsetzungen
	€	a	%	€/a	%/a	€/a
Erdsonden	1.005.000	25	5,12%	51.477	1%	5.025
+ Netzbau pro Trassen Rohr	216.000	25	5,12%	11.064	1%	1.080
+ Straßenbau / Erdarbeiten	198.000	25	5,12%	10.142	0%	0
+ Installation	30.525	25	5,12%	1.564	0%	0
+ Unvorhergesehenes	36.238	25	5,12%	1.856	0%	0
+ Planungskosten	85.000	25	5,12%	4.354	0%	0
- Förderung	628.305	25	5,12%	32.182		
= Gesamt	942.458			48.273		6.105
ohne Förderung	1.570.763					
Verbrauchsgebundene Kosten						
	spez. Kosten Einheit		Kosten			
Strom Wärmepumpe	0,3200 €/kWh		0 €/a			
+ Stromverbrauch	0,3200 €/kWh		0 €/a			
= Gesamt			0 €/a			
Betriebsgebundene Kosten						
	Ansatz Einheit		Kosten			
Verwaltung	3.000 €/a		3.000 €/a			
+ Wartung	1.000 €/a		1.000 €/a			
+ Instandsetzungen nach VDI 2067-1			6.105 €/a			
= Gesamt			10.105 €/a			
Gesamtkosten						
Kapitalgebunden			48.273 €/a			
+ Verbrauchsgebunden			0 €/a			
+ Betriebsgebunden			10.105 €/a			
= laufende Gesamtkosten			58.378 €/a			

## 11.2 Erträge

Ausgehend von einer bereitzustellenden Wärmemenge von etwa 1.650 MWh/a ergeben sich über einen Zeitraum von 10 Jahren bis zu 13 GWh Versorgungspotenzial, das ausschließlich aus dem kalten Nahwärmenetz gedeckt wird.

## 12 Mindestgröße

Die Größe der geplanten Erdwärmesondenanlage soll nach den ersten Gesprächen mit den Nutzern mindestens 50 Wohngebäude umfassen. Somit wäre das Kriterium der Mindestgröße erfüllt.

Eine Ausdehnung des geplanten Nahwärmenetzes auf angrenzende Straßenzüge ist grundsätzlich denkbar und realisierbar. Allerdings bestehen hier bisher keine verbindlichen Vereinbarungen.

## 13 Online-Monitoring

Anders als bei konventionellen, „warmen“ Nahwärmenetzen ist bei kalten Nahwärmenetzen ein Anlagen-Monitoring meist in gewissem Umfang genehmigungsrechtlich gefordert und technisch sinnvoll, um einen effizienten Betrieb des Netzes zu gewährleisten.

Durch das Monitoring sollte nachgewiesen werden, dass die Temperaturgrenzen im Untergrund eingehalten werden. Im Anlagenbetrieb dienen diese Daten dazu, den Beladungszustand des saisonalen Wärmespeichers zu erfassen und erforderlichenfalls einzugreifen. Entsprechende Messpunkte für Temperatur und Volumenstrom werden im Netz und im Sondenfeld installiert.

Die durch die vergleichsweise einfache Messtechnik ohnehin erhobenen Daten können zusätzlich zur strategischen und/oder wissenschaftlichen Analyse des kalten Nahwärmenetzes genutzt werden. So sind z.B. aufgrund der geringen Netztemperaturen Wärmegewinne im nicht gedämmten Leitungsnetz zu erwarten. Allerdings ist bisher schwer abzuschätzen, welche Wärmegewinne durch solare Erwärmung des Bodens insbesondere in den Sommermonaten im Nahwärmenetz erzielt werden können. Durch die Bilanzierung der ohnehin erhobenen Erzeugungs- und Verbrauchsdaten kann diese Fragestellung untersucht werden und durch Verknüpfung, z.B. mit Wetterdaten für eine langfristige Prognose des Betriebsverhaltens sowie den Erweiterungen des Netzes verwendet werden. Die Daten werden gemäß den Vorgaben der Förderbekanntmachung zentral erfasst und über einen Zeitraum von elf Jahren gespeichert. Sie werden auch für Dritte auf Antrag zugänglich gemacht.

## 14 Fortlaufende Veröffentlichung der Ergebnisse des Vorhabens

Der Antragsteller beabsichtigt den genehmigungsrechtlichen Verpflichtungen zur Dokumentation des Anlagenbetriebes jederzeit vollumfänglich nachzukommen. Darüber hinaus wird er über das Vorhaben im Rahmen von öffentlichen Veranstaltungen und Tagungen regelmäßig berichten.

Die erhobenen Betriebsdaten werden in erster Linie zur Erarbeitung einer langfristigen Regelstrategie genutzt werden. Sie werden auf Anfrage nach Absprache auch Dritten zu wissenschaftlichen Zwecken zur Verfügung gestellt. Der Antragsteller wird die Veröffentlichung von Fachartikeln aktiv unterstützen.

## 15 Zeitplan / Ablauf

Zur Vorbereitung des Genehmigungsverfahrens und zur Antragsstellung ist es nötig, den Betreiber und die Teilnehmer verbindlich festzulegen. Hierzu wird empfohlen, nach Festlegung des Betreibers mit Anschlussvorverträgen die Anschlussnehmer abzufragen, um eine Sicherheit in der Planung und Auslegung des Finalen Netzes zu erhalten. Siehe hierzu als Beispiel die Anlage: „Absichtserklärung als Vorvertrag“

Der Genehmigungsablauf wird nach den Festlegungen rund 2 Monate betragen.

Nach dem derzeitigen Stand können zum Ablauf der Ausführung nur Schätzungen angegeben werden. Für den Leitungsbau der im Straßenverlauf befindlichen Leitungen, wird für die Erd-, Straßenbau- und Leitungsverlegearbeiten ein Zeitbedarf von 4-8 Wochen angesetzt.

Der Zeitbedarf für das Bohren, Einbringen und Verpressen der Erdsonden mit einer Tiefe von 300 Metern wird mit 16 - 18 Arbeitsstunden pro Sonde bemessen. Dies entspricht rund zwei Werktagen für die Ausführung von einer Erdsonde. Insgesamt werden nach der aktuellen Auslegung 30 Erdsonden benötigt, was einem Zeitbedarf von 60 Werktagen entspräche. Damit sollte ein Zeitbedarf von rund drei Monaten für die Abteufung der Bohrungen eingeplant werden.

Der Zeitaufwand für jeweils einen Hausanschluss beträgt ca. eine Woche.

## 16 Erwarteter Einfluss auf den Primärenergieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Erzeugung

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass alle Bewohner der Humboldtstraße in durchschnittlichen Wohnverhältnissen mit einer durchschnittlich effizienten Wärmeversorgungsanlage leben. Auf Grundlage des Berichts „Strategien und Potenziale energieeffizienter Sanierung für den Bremer Wohnungsbestand“ und der Betrachtung der Bestandsbebauung kann gefolgert werden, dass eine mittlere Wärmeleistung von 28 kW pro Gebäude zur Raumheizung benötigt wird. Hieraus folgt, dass ein spezifischer Wärmebedarf von 110kWh/m<sup>2</sup>/a für Raumwärme anzusetzen ist. Ergänzend dazu ist der Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung auf 40 kWh/m<sup>2</sup>/a beschränkt.

Unter der Annahme des Standards einer „typischen“ Bremer Bestandsbebauung entsteht ein Wärmebedarf für Raumwärme und Brauchwassererwärmung von insgesamt rund 1.650 MWh/a.

Um die Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu veranschaulichen, die mit der Realisierung



eines kalten Nahwärmenetzes auf Basis von Erd- und Umweltwärme und dem Einsatz von Wärmepumpen verbunden ist, wird nachfolgend das Szenario einer konventionellen Wärmeversorgung gemäß EEWärmeG 2011, § 5, Abs (1) herangezogen. Dabei würden in jedem Gebäude eine Gasbrennwerttherme sowie eine solarthermische Anlage installiert, die einen Deckungsanteil von mindestens 15 % leistet. Gemäß Tabelle 6 ergibt sich daraus eine jährliche Emission des Baugebietes von ca. 396 t<sub>CO2</sub>.

<b>Beispiel Humboldtstraße</b>			
Wärmebedarf	1.650		MWh/a
Anteil	Solar	Gas	
	15	85	%
	-	0,9	Wirkungs- grad
	248	1.562	MWh/a
	0,024	0,247	t <sub>CO2</sub> /MWh
	6	386	t <sub>CO2</sub> /a
<b>Summe</b>	<b>392</b>		<b>t<sub>CO2</sub>/a</b>

CO<sub>2</sub>-Emissionen bei konventioneller Wärmeversorgung

Im Gegensatz dazu werden beim Einsatz von Wärmepumpen überschläglich etwa ¾ des jährlichen Wärmebedarfs aus Erd- und Umweltwärme sowie von möglicherweise verfügbarer Abwärme gewonnen, während ca. ¼ in Form von elektrischem Strom beigesteuert wird. Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe bei der Kalten Nahwärme beträgt 4.

Würde der gesamte Betriebsstrom aus dem deutschen Strom-Mix 2019 gedeckt, ergäben sich Emissionen von etwa 225 t<sub>CO2</sub>, was knapp mehr als die Hälfte des Basisszenarios entspricht. Würden PV-Anlagen auf den Gebäudedächern etwa die Hälfte des Stroms beisteuern, sänke die mit dem Baugebiet verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf weniger als 113 t<sub>CO2</sub>.

Anlage:

- Strategien und Potenziale energieeffizienter Sanierung für den Bremer Wohnungsbestand; Juli 2021; Prof. Dipl.- Ing. Ingo Lütkemeyer, Prof. Dipl.- Ing. Ingo Rolf-Peter Strauß
- Leitfaden Kalte Nahwärme; Energieagentur Rheinland-Pfalz; Mai 2021; Prof. Dipl.-Ing. Thomas Giel
- Muster: Absichtserklärung als Vorvertrag
- Antworten zu häufig gestellten Fragen
- Merkblatt: Baustellen für Erdwärmesonden; Geotherm

Stand 22.02.2022