

Investitions- und Betriebskosten eines Kalten-Nahwärmenetzes / Anergie-Netzes incl. Wärmepumpen

In den Straßen

Körnerwall,
Schildstr.,
Weberstr.,
Theodor-Körner-Str.,
In den Runken.

Auf der Grundlage der **Machbarkeitsstudie der Humboldtstraße** erfolgt eine Berechnung eines Kalten Nahwärmenetzes incl. Wärmepumpe. Die Ringleitung hat eine Länge von 500 m mit 35 angeschlossenen Grundstücken.

Die **35 Grundstücke sind nicht fiktiv**, sondern die Eigentümer haben ihr Interesse schriftlich bekundet.

(In Zusammenarbeit mit dem **Verein ErdwärmeDich e. V.**, Humboldtstraße, erarbeitet)



Die Ringleitung mit
Hausanschluss



Ein Bohrgerät



Die Wärmepumpe

(© Die Fotos dürfen nicht veröffentlicht werden. Sie dienen nur zur Bebilderung dieses Konzeptes)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorbemerkung.....	3
Karte über Lage der Ringleitung und die anzuschließenden Gebäude	4
Fotos der Straßen und deren Besonderheiten.....	5
Prämissen der Berechnung.....	7
Investitionskosten für 35 Grundstücke.....	8
Betriebskosten des Kalten-Nahnetzes incl. der Wärmepumpe für 35 Grundstücke	9
Sensitivitätsanalyse der Investitions- und Betriebskosten.....	10
Kostenvergleich des Betriebes einer Gastherme gegenüber einer Wärmepumpe (35 Grundstücke) für den Grundstückseigentümer.....	11
Veränderung der Kosten beim zusätzlichen Anschluss von 20 Grundstücken an das bestehende Kalt-Nahwärmenetz	
Zusätzliche Investitionskosten für 20 Grundstücke.....	12
Veränderte Betriebskosten mit 55 Grundstücken.....	13
Kostenvergleich des Betriebes einer Gastherme gegenüber einer Wärmepumpe (55 Grundstücke) für den Grundstückseigentümer.....	14
Anlage 1: Erläuterung der Investitionskosten für 35 Grundstücke.....	15
Anlage 2: Erläuterung der Betriebskosten für 35 Grundstücke.....	18
Anlage 3: Erläuterung der zusätzlichen Investitionskosten von 20 Grundstücken.....	20
Anlage 4: Erläuterung der veränderten Betriebskosten von 55 Grundstücken.....	21
Anlage 5: Heizungsdaten der interessierten Grundstückseigentümer.....	22
Auswertung der Heizungsdaten.....	23

Vorbemerkung

Die Bundesregierung will zum Erreichen der Energiewende bei den Gebäudeheizungen den Einsatz von Wärmepumpen vorantreiben und fördern.

Zu Recht wird kritisiert, dass trotz Förderung die Investition für viele Bürger /rinnen finanziell nicht leistbar ist. Dies zeigen die Kostenansätze, die bei der anschließenden Berechnung zugrunde gelegt sind, wenn sie auf nur ein Grundstück ohne den Mengenrabatt angewendet werden:

Kosten einer Bohrung	30.000.- €
Kosten des Hausanschlusses	985.- €
Kosten der Wärmepumpe	17.400.- €
Summe	48.385.- €
Förderung 40%	19.354.- €
Summe	29.031.- €

Bei der Fernwärme gehört der Hausanschluss und die Wärmeübergabestation zum Fernwärmenetz. Der Fernwärmebezieher muss sich an diesen Kosten bis zu 10.000.- € (abzüglich einer Förderung) beteiligen. Dadurch liegen die Kosten in der Größenordnung einer neuen Gastherme.

Der folgenden Berechnung liegt zugrunde, dass, wie bei der Fernwärme, **der Hausanschluss und die Wärmepumpe (Wärmeübergabestation) zum Kalten-Nahwärmenetz / Anergie-Netz gehören.** Eine Kostenbeteiligung ist zur Vereinfachung nicht vorgesehen. Die Kosten werden auf die jährlichen Jahresabrechnungen umgelegt. Später sollte auch die Möglichkeit bestehen, dass die Grundstückseigentümer selbst eine Wärmepumpe anschaffen können.

Dadurch können bei Bedarf alle Grundstückseigentümer / innen unabhängig von ihrer wirtschaftlichen Lage bei der angestrebten Wärmewende integriert werden.

Das Ergebnis zeigt, dass eine solche Wärmerzeugung wesentlich günstiger ist als der jetzige Betrieb einer Erdgasheizung.

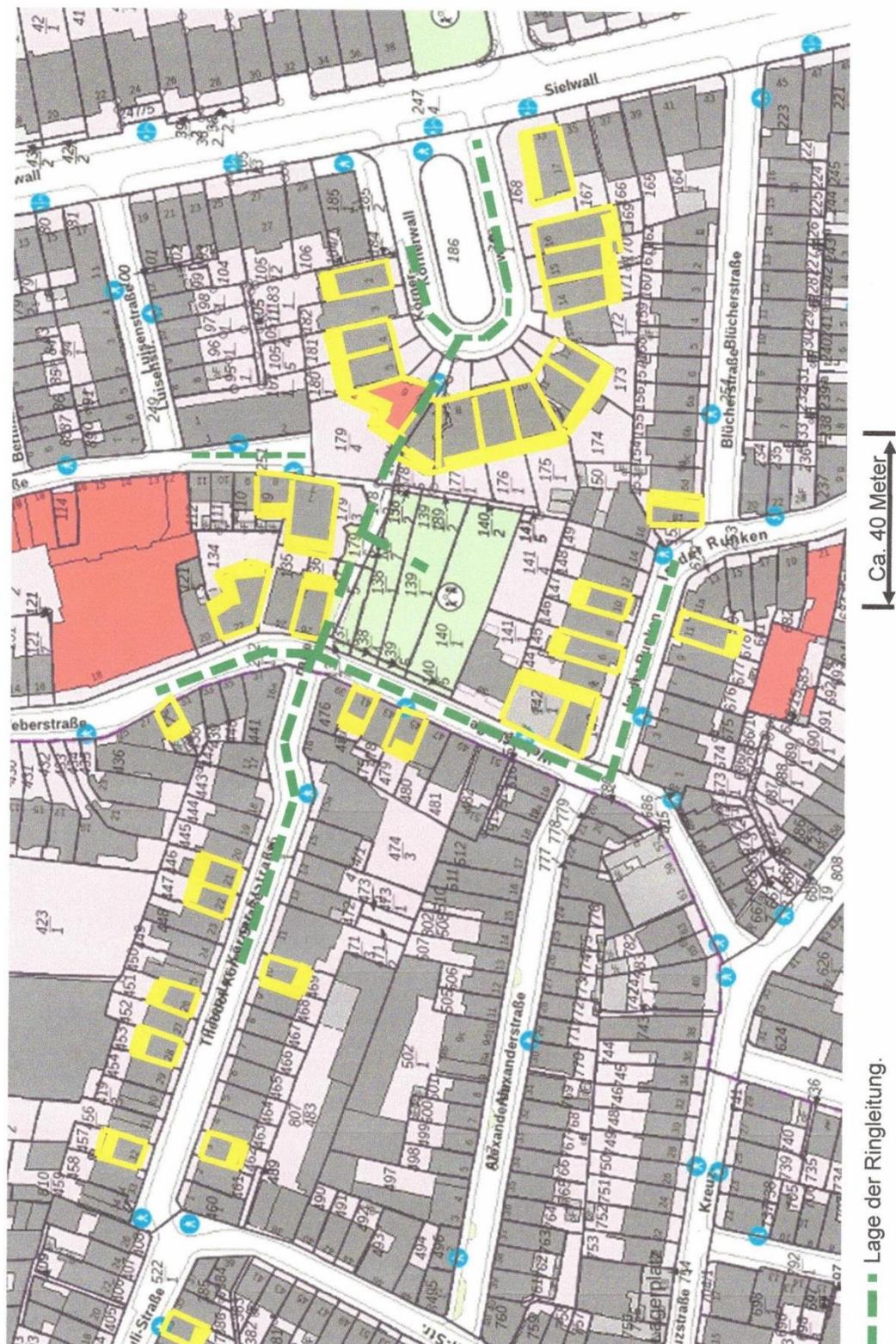
Der Anreiz, weitere Einsparungen der Heizenergie anzustreben, bleibt bestehen, da die von der Wärmepumpe benötigte elektrische Energie vom Grundstückseigentümer / innen auch weiterhin zu tragen ist.

Bremen, den 29.03.2023

Dipl. Wirtschaftsing. Werner Westphal und Dipl. Physiker Philipp Metz

Die Ringleitung (grüne Linie) mit den potenziell an Erdwärmenutzung interessierten Grundstücken (gelb gekennzeichnet)

Im Bereich der Ringleitung sind 86 Grundstücke vorhanden. 35 Grundstücke (gelb gekennzeichnet) haben Interesse an einer Erdwärmenutzung bekundet.



**Körnerwall**

Die Grünfläche gehört zu den Grundstücken rund um den Körnerwall. Die Miteigentümer haben die Genehmigung für die Erdwärmeh Bohrungen erteilt.

**Ostertorpark**

Das Grundstück gehört der Stadt Bremen vom Verein Ostertorpark e. V. gepachtet. Der Verein hat die Genehmigung für Erdwärmeh Bohrungen erteilt.



Der öffentliche Verbindungsweg zwischen Körnerwall – Ostertorpark



Schildstr.: Rechts hinten der Durchgang zum Ostertorpark



Theodor-Körner-Str.: Blick vom Ostertorpark. Im hinteren Bereich bestehen an den Gebäuden kleine Vorgärten



Weberstr.: Links der Großbaum gehört zum Ostertorpark, Die Gebäude grenzen direkt an die Straße



In den Runken. Vor den Gebäuden bestehen kleine Vorgärten

Anmerkung: 86 Grundstücke wurden über die Informationsveranstaltung informiert. Nach der Veranstaltung haben sich 35 Grundstücke in die Liste der Interessenten eingetragen. Es ist zu vermuten, dass in den weiteren Straßen ebenfalls ein großes Interesse vorhanden ist.

Die Berechnung mit zusätzlichen 20 Grundstücken wurde durchgeführt, weil davon ausgegangen wird, dass sich bei erwiesener Funktionalität weitere Grundstückseigentümer / innen anschließen wollen.

Grundlage der Berechnungen sind die Kostenangaben in der Machbarkeitsstudie von Prof. Giel. In der Studie steht zu diesen Kosten: „*Marktübliche Preise wurden aus anderen Projekten abgeleitet. Die Preise können jedoch regional sehr unterschiedlich sein.*“ Die Kostenansätze sind Netto-Kosten, Kostenstand 2022/23.

Das fiktive Gebäude

Die Auswertung der Heizungsdaten (siehe Anlage 5, Seite 23) zeigt, dass der Energiebedarf in den einzelnen Straßen sehr unterschiedlich ist. Eine differenzierte Berücksichtigung der Unterschiede kann erst bei einer technischen Feinplanung erfolgen.

Für diese Berechnung ist es ausreichend den durchschnittlichen Energiebedarf aller Grundstücke in Ansatz zu bringen. Entsprechend der Angaben der einzelnen Grundstücke ergibt sich ein fiktives Gebäude mit folgenden Daten (siehe Seite 23):

Wohnfläche		240 m ²
Heizleistung der Gastherme		19 kW
Volllaststunden		1.800 Std./a
Energiebedarf gesamt		34.200 kWh/a
Energiebedarf je m ² und Jahr		143 kWh/(m ² x a)

Leistung der Wärmepumpe:

Eine Gastherme hat je nach Alter einen Wirkungsgrad von 85 bis 95 %. Für die obige Heizung wird ein Wirkungsgrad von 90% unterstellt. Der Wirkungsgrad der Wärmepumpe wird bei der Berechnung des notwendigen elektrischen Energiebedarfs berücksichtigt.

Heizleistung der Gastherme		19 kW
Wirkungsgrad der Gastherme	x	0,9
Leistung der Wärmepumpe	=	17 kW
Volllaststunden	x	1.800 h/a
Erzeugte Wärme	=	30.780 kWh/a

Die gesamte Wärmemenge: 35 Gebäude x 30.780 kWh/a = rd. 1.077.300 kWh/a.

Elektrischer Energiebedarf der Wärmepumpe

Heizleistung		17 kW
Jahresarbeitszahl (JAZ)	÷	4
Volllaststunden	x	1.800 h/a
Elektrischer Energiebedarf	=	7.650 kWh/a
Kosten von einer kWh	x	0,33 €/kWh
Kosten pro Jahr	=	2.525 €/a

(Stromkosten für Wärmepumpen der SWB = 0,3243 €/kWh.)

Investitionskosten für ein Kaltes-Nahwärmenetz von 500 m Länge mit 35 Hausanschlüssen einschließlich der Wärmepumpen.

(Die Erläuterung der einzelnen Kosten siehe Anlage 1, Seite 15)

				Förder- würdig	
Bohrungen		702.000 €		702.000 €	
Erdarbeiten Ringleitung		47.000 €		47.000 €	
Ringleitung		51.500 €		51.500 €	
Erdarbeiten Hausanschlüsse		16.500 €		16.500 €	
Stichleitung Hausanschlüsse		18.025 €		18.025 €	
Installation		21.000 €		21.000 €	
Wärmepumpe		560.000 €		560.000 €	
Wiederherstellung der Grünfläche		5.000 €		5.000 €	
Meßtechnik, Druck, Tem., usw.		30.000 €		30.000 €	
Zwischensumme		1.451.025 €		1.451.025 €	
Unvorhergesehenes 4% vom Invst.		58.041 €		58.041 €	
Planung /Bauaufsicht 6% v. Invest.		87.062 €		87.062 €	
Zwischensumme		1.596.128 €		1.538.087 €	
Fördersumme 40%		-615.235 €		615.235 €	
Gebühren, Genehmigungen		2.000 €			
Rechtsberatung		10.000 €			
Zu finanzierender Eigenanteil		992.893 €			

Rücklagenbildung für eine Ersatzinvestitionen

Für das Kalte-Nahwärmenetz / Anergienetz

In der Literatur wird die wirtschaftliche Gesamtnutzungszeit zwischen 50 bis 80 Jahren angegeben. Für diese Berechnung werden 50 Jahre unterstellt. Es wird eine Fremdfinanzierung mit einer Laufzeit von 25 Jahren in Ansatz gebracht (siehe Seite 18). Vom 26. bis zum 50. Betriebsjahr entfallen die Kosten der Fremdfinanzierung und die Beträge werden zur Rückstellung genutzt. Nach 50 Jahren kann mit den Rückstellungen das gesamte Kalte-Nahwärmenetz erneuert werden.

Für die Wärmepumpe

Die Lebensdauer einer Wärmepumpe wird mit 25 Jahren angenommen. In den jährlichen Betriebskosten ist eine Rückstellung enthalten (siehe Seite 19), mit der nach 25 Jahren die Wärmepumpen erneuert werden können.

Die jährlichen Betriebskosten des Netzes incl. Wärmepumpen für 35 Grundstücke

Die Kosten des Strombedarfes der Wärmepumpen trägt nicht der Netzbetreiber, sondern der Grundstückseigentümer. Diese Kosten sollen als Anreiz dienen, um weitere Maßnahmen zur Senkung der Heizenergie durchzuführen.

(Die Erläuterung der einzelnen Kosten siehe Anlage 2, Seite 18)

Tilgung /Zinsen (siehe Seite 18)			
Laufzeit 25 Jahre, 4% Zinsen		62.890	€
Wartung / Reparatur		5.000	€
Versicherung		2.000	€
Rechtsberatung		2.000	€
Sreuerberatung		1.000	€
Verwaltung (Aufwandsentschädigung)			
	je Monat		
	Raumkosten	500	
	Personal	1.500	
	Büromaterial	200	
		2.200	26.400 €
Leitungsgebühren			0 €
Rückstellung Wärmepumpe			12.000 €
Unvorhergesehenes			5.000 €
Summe jährliche Kosten		116.290	€
Gesamte Anschlussleistung		595	kW
Kosten je kW Anschlussleistung		195	€/a
Jährlicher Grundpreis für 17 kW Leistung		3.315	€/a
Benötigte kWh/a		1.077.300	kWh/a
Abgabepreis netto		0,108	€/kWh
Abgabepreis incl. 19% MwSt.		0,128	€/kWh

Diese jährlichen Kosten werden nicht auf die bezogenen kWh umgelegt, sondern auf die installierte Anschlussleistung je Gebäude. Die gesamte Anschlussleistung beträgt 599 kW. Dies erspart den Einbau von Wärmezählern und den Aufwand der Abrechnung.

Kosten je 1 kW Anschlussleistung: $116.290.- \text{ €/a} / 595 \text{ kW} = \text{rd. } 195.- \text{ €/a}$.

Die zugrunde gelegte Wärmepumpe hat eine Anschlussleistung von 17 kW (siehe Seite 7).

Die jährliche Anschlussgebühr beträgt $195.- \text{ €} \times 17 \text{ kW} = \text{rd. } 3.315.- \text{ €/a}$.

Sensitivitätsanalyse

Bei der Erstellung einer Investitions- und Betriebskostenrechnung ist es wichtig, die Kosten zu kennen, die den größten Einfluss auf das Ergebnis haben. Diese Kosten bedürfen einer genaueren Betrachtung und bei der Umsetzung des Projekts einer besonderen Kontrolle.

Als Ergebnis wird in diesem Fall der kWh-Preis gewählt. Dieser ist bei der durchgeführten Rechnung 0,128 €/kWh (siehe Seite 9).

Investitionskosten:

Eingeplant ist eine Position Unvorhergesehenes in Höhe von rd. 58.000.- €. Werden die **Investitionskosten zusätzlich um 100.000.- € erhöht (rd. 10%)**, so vergrößert sich der kWh-Preis von 0,128 €/kWh auf 0,133 €/kWh, eine **Steigerung von rd. 4 %**.

Betriebskosten:

Eine **Vergrößerung der Betriebskosten um 10%** durch eine Erhöhung der Personalkosten von 1.500.- €/Mo. auf 2.500.- €/Mo. (bei den Verwaltungskosten als zweit größte Position) ergibt eine Steigerung des kWh-Preises von 0,128 €/kWh auf 0,142 €/kWh. Dies ist eine **Steigerung von rd. 11%**.

Das Ergebnis zeigt, das auch beim Zusammentreffen beider Erhöhungen von 13% die Steigerung des kWh-Preises auf $0,128 \text{ €/kWh} \times 1,15 = \text{rd. } 0,147 \text{ €/kWh}$ noch in einem wirtschaftlichen Bereich liegt.

Während die Investitionskosten einigermaßen sicher erstellt werden können, bei der Realisierung des Projektes durch die Einholung von Angeboten, bedürfen die Personalkosten einer besonderen Betrachtung (siehe Seite 19).

Der jährliche Betriebskostenvergleich Gastherme – Wärmepumpe aus Sicht des einzelnen Gebäudeeigentümers

	Wärmepumpe	Gastherme
	€ pro Jahr	€ pro Jahr
Grundpreis 17 kW (siehe Seite 9)	3.315	112
Rückstellung für Ersatzinvestition	0	300
Wartung	150	150
Schornsteinfeger	0	150
Summe	3.465	712
Energiekosten:		
Strom	0,33 €/kWh	0
Gas	0	0,200 €/kWh
CO2-Abgabe	0	0,006 €/kWh
Verbrauch JAZ = 4, 1.800 Std./a	7.650 kWh/a	34.000 kWh/a
Energiekosten	2.525 €/a	7.004 €/a
Summe	5.990 €/a	7.716 €/a

Die zu erwartende Weiterentwicklung der Kosten:

Tendenz bei der Wärmepumpe:

Der Strompreis wird noch geprägt durch den Betrieb der sehr teuren Gaskraftwerke. Mit dem verstärkten Ausbau der erneuerbaren Energien wird dieser Anteil sinken und damit der Strompreis.

Tendenz bei der Gastherme:

Im Dezember 2022 lag der durchschnittliche Gaspreis in der Bundesrepublik bei 0,20 €/kWh (Quelle: BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.)). Auch wenn er zwischenzeitlich leicht gesunken ist, wird er das alte Niveau nicht mehr erreichen. Mittelfristig soll der Betrieb einer Gastherme auch nicht mehr möglich sein.

Das die swb derzeit noch sehr günstige Gaspreise hat liegt an noch bestehenden alten Lieferverträgen. Bei Auslaufen dieser Verträge werden auch die Bremer Preise sich den bundesdurchschnittlichen Preisen anpassen.

Für Januar 2023 haben Grundversorger bereits 474 Gaspreiserhöhungen von durchschnittlich 56% gemeldet.

Die zusätzlichen Investitionskosten beim Anschluss von 20 weiteren Gebäuden an das bestehende Kalte-Nahwärmenetz

(Die Erläuterung der einzelnen Kosten siehe Anlage 2, Seite 20)

				Förder- würdig
Bohrungen		405.000 €		405.000
Erdarbeiten Ringleitung		0 €		0
Ringleitung		0 €		0
Erdarbeiten Hausanschlüsse		9.400 €		9.400
Stichleitung Hausanschlüsse		10.300 €		10.300
Installation		12.000 €		12.000
Wärmepumpe		320.000 €		320.000
Wiederherstellung der Grünfläche		0 €		0
Meßtechnik, Druck, Tem., usw.		20.000 €		20.000
Zwischensumme		776.700 €		776.700
Unvorhergesehenes 4% vom Invest.		0 €		0
Planung /Bauaufsicht 6% v. Invest.		0 €		0
Zwischensumme		776.700 €		776.700
Fördersumme 40%		-310.680 €		310.680
Gebühren, Genehmigungen		2.000 €		
Rechtsberatung		0 €		
Zu finanzierender Eigenanteil		468.020 €		

Die jährlichen Betriebskosten des Netzes incl. Wärmepumpen für 55 Grundstücke

(Die Erläuterung der einzelnen Kosten siehe Anlage 2, Seite 21)

Tilgung /Zinsen			
Laufzeit 25 Jahre, 5% Zinsen		92.535	€
Wartung / Reparatur		6.000	€
Versicherung		2.000	€
Rechtsberatung		1.000	€
Sreuerberatung		1.000	€
Verwaltung (Aufwandsentschädigung)			
	je Monat		
	Raumkosten	500	
	Personal	1.500	
	Büromaterial	200	
		2.200	26.400 €
Leitungsgebühren			0 €
Rückstellung Wärmepumpe		18.700	€
Unvorhergesehenes		5.000	€
Summe jährliche Kosten		152.635	€
Gesamte Anschlussleistung		935	kW
Kosten je kW Anschlussleistung		163	€/a
Jährlicher Grundpreis für 17 kW Leistung		2.775	€/a
Benötigte kWh/a		1.692.900	kWh/a
Abgabepreis netto		0,090	€/kWh
Abgabepreis incl. 19% MwSt.		0,107	€/kWh

Der jährliche Betriebskostenvergleich Gastherme – Wärmepumpe mit 55 Grundstücke aus Sicht des einzelnen Gebäudeeigentümers

	Wärmepumpe	Gastherme
	€ pro Jahr	€ pro Jahr
Grundpreis 17 kW (siehe Seite 13)	2.775	112
Rückstellung für Ersatzinvestition	0	300
Wartung	150	150
Schornsteinfeger	0	150
Summe	2.925	712
Energiekosten:		
Strom	0,33 €/kWh	0
Gas	0	0,200 €/kWh
CO2-Abgabe	0	0,006 €/kWh
Verbrauch JAZ = 4, 1.800 Std./a	7.650 kWh/a	34.000 kWh/a
Energiekosten	2.525 €/a	7.004 €/a
Summe	5.450 €/a	7.716 €/a

Anlage 1**Erläuterung der Investitionskosten für 35 Grundstücke****Kosten und Anzahl der Bohrungen / Erdsonden**

In der Machbarkeitsstudie hat Prof. Giel die Kosten für die Erdsonden mit 1.005.000.- € angegeben. Die Kosten beziehen sich auf 30 Erdsonden mit einer Tiefe von 300 m.

Die Kosten je Meter Erdsonde sind:

Gesamtkosten Erdsonden		1.005.000 €
Anzahl Sonden	÷	30 Sonden
Tiefe eine Sonde	÷	300 m
Kosten je Meter Sonde	=	112 €/m

Zwei Bohrfirmen in der Nähe von Bremen gaben die Kosten je Bohrung mit 90.- €/m und 111.- €/m an, was einen Mittelwert von rd. 100.- €/m ergibt. Die geringeren Bohrkosten könnten durch das gut zu bohrende Erdreich (Kies, Sand, Lehm) in Bremen ihren Grund haben. Felsiger Untergrund, der aufwendiger zu Bohren ist, ist in Bremen kaum zu erwarten.

Der Aufwand besteht in einem Tag Aufbau des Gerätes mit Zubehör, einen Tag bohren und eine Tag Abbau des Gerätes.

Im geplanten Netz müssten viele Bohrungen im geringen Abstand gebohrt werden, so dass sich der zeitliche Aufwand für den Auf- und Abbau und das versetzen des Bohrgerätes erheblich reduziert. Man kann deshalb unterstellen, dass ein Preisnachlass möglich ist. Hier wird ein Preisnachlass von 10% angenommen.

**In Ansatz gebrachte Bohrkosten sind 100.- € x 0,9 (Preisnachlass) = rd. 90 ., €/m.
Eine Bohrung mit 300 Meter Tiefe kostet 90.- €/m x 300 m = rd. 27.000.- €.**

Der Geologische Dienst Bremen gibt die Wärmeentzugsleistung für Erdsonden in diesem Bereich mit 40 W/m bis 55 W/m an. Für das geplante Netz werden 45 W/m in Ansatz gebracht.

Die Wärmepumpe hat eine Anschlussleistung von 17 KW (siehe Seite 7). 35 Gebäude benötigen eine Heizleistung von 595 kW. Mit einem COP von 4 teilen sich diese auf in 25% der benötigten elektrischen Energie für die Wärmepumpe und 75% die durch Erdwärme erzeugt werden müssen. Die Leistung die durch die Erdsonden gewonnen wird, beträgt:

595 kW x 0,75 = rd. 446 kW. Die **zeitliche Streuung von auftretenden Leistungsspitzen** von einzelnen Verbrauchern ist geringer als die Summe der Leistungsspitzen aller Verbraucher. Dies wird bei der Netzauslegung mit dem Gleichzeitigkeitsfaktor berücksichtigt. Je nach Größe des Netzes kann dieser zwischen 1 und 0,5 betragen. Für die hiesige Auslegung wird 0,80 angenommen wird.

Leistung Erdsonden		446 kW
Gleichzeitigkeitsfaktor	x	0,8
Leistungsentnahme der Sonde	÷	0,045 kW/m
Gesamtlänge der Bohrungen	=	7.929
Tiefe einer Bohrung	÷	300 m
Anzahl der Bohrungen	=	26 Stück

26 Bohrungen x 27.000.- € = rd. 702.000.- €.

Erdarbeiten für den Netzbau

In der Machbarkeitsstudie werden diese Kosten mit 198.000.- € angegeben. Diese beziehen sich auf 2 x 800 m Ringleitung und 50 Hausanschlüsse je 10 m = 500 m. Gesamtlänge = 2.100 m.

Kosten je Meter:

$198.000 \text{ €} / 2.100 \text{ m} = \text{rd. } 94.- \text{ €/m.}$

Das geplante Netz hat eine Länge von 500 Metern. Aufgrund der geringeren Straßenbreite gegenüber der Humboldtstr. werden für die 35 Hausanschlüsse jeweils 5 Meter berücksichtigt.

Für das **geplante Netz** ergeben sich die Kosten zu:

$500 \text{ m} \times 94.- \text{ €/m} = \text{rd. } 47.000.- \text{ €.}$

Die spezifischen Kosten für die Hausanschlüsse sind geringer als die für das Netz. Dieser Umstand wird hier nicht berücksichtigt.

Für **die Hausanschlüsse**: $175 \text{ m} \times 94.- \text{ €} = \text{rd. } 16.500.- \text{ €.}$

Netzbau / Ringleitung

Der Netzbau wird mit Kosten von 216.000.- € aufgeführt und bezieht sich auf 2.100 m.

Die Kosten je Meter sind:

$216.000.- \text{ €} / 2.100 \text{ m} = \text{rd. } 103.- \text{ €/m.}$

Für das geplante **Netz** ergeben sich Kosten zu:

$500 \text{ m} \times 103.- \text{ €/m} = \text{rd. } 51.500.- \text{ €.}$

Für die **Hausanschlüsse**: $175 \text{ m} \times 103.- \text{ €/m} = \text{rd. } 18.025.- \text{ €.}$

Installation

Für die Installation des 2.100 m langen Netzes mit 50 Hausanschlüssen sind in der Machbarkeitsstudie 30.525.- € in Ansatz gebracht.

Diese vorliegende Berechnung bezieht sich auf ein Netz von 675 m und 35 Hausanschlüsse. Bezieht man die Kosten nur auf die Hausanschlüsse, so ergeben sich Installationskosten von:

$30.525.- \text{ €} / 50 \times 35 = \text{rd. } 21.000.- \text{ €.}$

Wärmepumpen

Die Kosten einer Wärmepumpe mit einer Leistung von 17 kW werden geschätzt auf 14.4000.- €. Bei einer gemeinsamen Bestellung ist ein Rabatt von 10% realistisch.

$14.400.- \text{ €} \times 0,9 = \text{rd. } 13.000.- \text{ €.}$

Der Einbau und die Anpassung an das bestehende Heizungssystem werden mit 3.000.- € in Ansatz gebracht.

Gesamtkosten: $35 \text{ Pumpen} \times 16.000.- \text{ €} = \text{560.000.- €.}$

Wiederherstellung der Grünflächen nach dem Bohren

Die Grünflächen Körnerwall und die im Ostertorpark müssen nach dem Bohren wieder hergestellt werden. Dafür werden **5.000.- €** in Ansatz gebracht.

Messtechnik

Zur Kontrolle des Netzes hinsichtlich Temperatur, Druck, Volumenstrom, usw. wird eine Messtechnik benötigt. Deren Kosten werden auf **30.000.- €** geschätzt.

Unvorhergesehenes und Planung und Bauaufsicht

Die Kosten für Unvorhergesehenes sind in der Machbarkeitsstudie mit 2% angegeben. Für ein Pilotprojekt dieser Größenordnung sind 4% sachgemäßer.

In der Machbarkeitsstudie sind diese Kosten prozentual berücksichtigt. Dies erfolgt auch bei dieser Berechnung.

Gebühren und Rechtsberatung

Diese Kosten sind nicht förderwürdig und werden als Schätzgröße in Ansatz gebracht.

Anlage 2**Erläuterungen der Betriebskosten für 35 Grundstücke****Die jährlichen Betriebskosten des Netzes und der Wärmepumpen**

Das Netz hat eine Gesamtnutzungsdauer von ca. 50 Jahren, die Wärmepumpen von ca. 25 Jahren.

Es wird unterstellt, dass der Eigenanteil durch einen Kredit über 25 Jahre finanziert wird. In der Machbarkeitsstudie wird mit einem Zinssatz von ca. 2% gerechnet.

Mit der jetzigen Entwicklung der Zinssätze ist der Ansatz zu gering. Hier werden 4% in Ansatz gebracht.

Darlehn		992.893 €
Laufzeit		25 Jahre
		300 Monate
Zinssatz		4%
		5.241 pro Mo.
		62.890 pro Jahr

Rückstellungen zur Erneuerung des Kalten-Nahwärmenetz

Die wirtschaftliche Gesamtnutzungsdauer des Netzes liegt zwischen 50 bis 80 Jahren. Für diese Berechnung werden 50 Jahre unterstellt. Es wird eine Fremdfinanzierung mit einer Laufzeit von 25 Jahren in Ansatz gebracht. Vom 26. bis zum 50. Betriebsjahr entfallen diese Kosten der Fremdfinanzierung und mit den jetzt nicht mehr abfließenden Beträgen wird eine Rückstellung gebildet. Nach 50 Jahren kann mit den Rückstellungen nahezu das gesamte Kalte-Nahwärmenetz erneuert werden.

Jährlicher Kapitaldienst bis zum 25. Betriebsjahr = rd. 63.000.- €/a.
 Rückstellungen vom 26. bis 50. Betriebsjahr = rd. 63.000.- €/a x 25 Jahre = rd. 1.575.000.- €.
 Projektkosten ohne Förderung = rd. 1.644.000.- € (siehe Seite 8).

Wartung / Reparatur

In der Machbarkeitsstudie wurden für das Netz mit 2.100 m Länge und 50 Hausanschlüssen rd. 7.000.- € in Ansatz gebracht.

Bei dem hiesigen Netz mit 675 m Länge und 35 Hausanschlüssen werden die Kosten auf **5.000.- €** geschätzt.

Versicherungen, Rechtsberatung, Steuerberatung

Diese Positionen sind Schätzgrößen.

Verwaltung / Personalkosten

Die Verwaltung ist Ansprechpartner für

- 1) die Kapitalgeber und Fördergeldgeber,
- 2) für die Bauaufsicht und den ausführenden Unternehmen,
- 3) die Kunden.

Es müssen Grundkenntnisse über die vorhandene Technik vorhanden sein, sowie auch kaufmännische und buchhalterische Kenntnisse.

Man kann unterstellen, dass die Personen, die bisher das Projekt entwickelt haben, beratend unterstützen.

Während der Arbeitsaufwand in der Bauphase hoch ist, ist sie beim laufendem Netzbetrieb geringer. Es ist anzunehmen, dass nach diesem Pilotprojekt weitere Projekte hinzukommen, was dann zu einer kontinuierlichen Auslastung und einer vollen Stelle führt.

In der Machbarkeitsstudie werden die Verwaltungskosten mit 3.000.- €/a angegeben.

Aufgrund der für diese Aufgaben notwendigen Qualifikation und der möglichen Betreuung von 3 Projekten sind Personalkosten in Höhe von 4.500.- €/Mo. sachgerechter. Diesem Projekt können aber nur 1/3 der Kosten angelastet werden = 1.500.- €. Damit belaufen sich die Verwaltungskosten auf 26.400.- €.

Eine genauere Kostenbetrachtung muss sich aus einer Liquiditätsplanung ergeben.

Dies betrifft auch die Bürokosten. Während hier nur durchschnittliche Kosten angesetzt werden können, ist der zeitliche Anfall unterschiedlich. So müssen z. B. nur am Anfang Mobiliar und EDV angeschafft werden. Auch hier muss eine genauere Kostenbetrachtung mittels einer Liquiditätsplanung erfolgen.

Leitungsgebühren

Wer eine Leitung in den öffentlichen Raum verlegt, muss eine Gebühr bezahlen. In diesem Fall wird unterstellt, dass das Netz der Daseinsvorsorge dient und keine Gebühren erhoben werden.

Rückstellung Wärmepumpe

Die Wärmepumpen haben eine Gesamtnutzungsdauer von 25 Jahren und müssen dann ersetzt werden. Beim erstmaligen Einbau der Wärmepumpe sind Kosten von 3.000.- € berechnet. Es wird geschätzt, dass bei einem Austausch ein geringerer Aufwand notwendig ist.

Kosten für eine Wärmepumpe:	13.000.- €
Kosten des Einbaus	1.000.- €
Summe	14.000.- €

Summe für 35 Wärmepumpen	490.000.- €
<u>Abzüglich Förderung 40%</u>	<u>-196.000.- €</u>
Zu finanzieren	294.000.- €

Notwenige jährliche Rückstellung beträgt:

294.000.- € / 25 Jahre = **rd. 12.000.- €/a.**

Anlage 3**Erläuterung der zusätzlichen Investitionskosten bei Anschluss von 20 weiteren Grundstücken an das bestehende Kalte-Nahwärmenetz**

Die Investitionskosten sind aus den Investitionskosten der 35 Grundstücke abgeleitet (siehe Seite 15).

Die Bohrungen:

Für 35 Grundstücke werden 26 Bohrungen benötigt.
Für 20 Grundstücke sind es $26 / 35 \times 20 = \text{rd. } 15$ Bohrungen.
 $27.000.- \text{ € /Bohrung} \times 15 = \text{rd. } 405.000.- \text{ €}$.

Die Erdarbeiten für die Hausanschlüsse:

20 Hausanschlüsse, Länge 5 m = 100 m.
 $94.- \text{ €/m} \times 100 \text{ m} = \text{rd. } 9.400.- \text{ €}$

Die Stichleitung des Hausanschlusses:

$100 \text{ m} \times 103.- \text{ €/m} = \text{rd. } 10.300.- \text{ €}$.

Installation:

$21.000.- \text{ €} / 35 \times 20 = \text{rd. } 12.000.- \text{ €}$

Wärmepumpen:

$20 \text{ Wärmepumpe} \times 16.000.- \text{ €} = \text{rd. } 320.000.- \text{ €}$.

Anlage 4**Erläuterung der veränderten Betriebskosten für 55 Grundstücke****Erhöhung des Kapitaldienstes:**

Darlehn			468.020 €
Laufzeit			25 Jahre
			300 Monate
Zinssatz			4%
			2.470 pro Mo.
			29.645 pro Jahr

Gesamter Kapitaldienst: 62.890.- € + 29.645.- € = 92.535.- €.

Zusätzliche Rückstellung für die Wärmepumpen:

Kosten für die Wärmepumpe:	13.000.- €
<u>Kosten des Einbaus</u>	<u>1.000.- €</u>
Summe	14.000.- €

Summe für 20 Wärmepumpen	280.000.- €
<u>Abzüglich Förderung 40%</u>	<u>-112.000.- €</u>
Zu finanzieren	168.000.- €

Notwendige jährliche Rückstellung:

168.000.- € / 25 Jahre = **rd. 6.700.- €/a.**

Gesamtrückstellung: 6.700.- € + 12.000.- € = 18.700.- €.

Anlage 5

Heizungsdaten der interessierten Grundstücke

(Aus Datenschutzgründen ohne Hausnummern)

Haus	Fläche m ²	Pers.		Heiz- alter Jahre	W.W. Speicher	Heiz- leistung kW	kWh/a	Volllast. Std.	kWh/m ² a
Weberstr.									
Weberstr.	230	4	Gas	10	ja	22	27.432	1.247	119
Weberstr.	90	2	Gas	22	ja	21	16.445	783	183
Weberstr.									
Weberstr.	118	3	Gas	30	ja	21	22.159	1.055	188
Weberstr.	400	7	Gas	10	ja	52	48.614	935	122
Weberstr.	200	5	Gas	10	ja	21	44.633	2.125	223
Weberstr.									
Durchschnitt	208	4	0	16	0	27	31.857	1.229	167
Th.-Körn.									
Th.-Körn.	195	5	Gas	21	ja	27	23.848	883	122
Th.-Körn.	140	5	Gas	13	(ja)	18	14.408	800	103
Th.-Körn.	160	4	Gas	18	ja	22	29.595	1.345	185
Th.-Körn.	125	3	Gas	13	ja	26	14.575	561	117
Th.-Körn.									
Durchschnitt	155	4,3	0	16	0	23	20.607	886	132
Schildstr.7	367	9	Gas	3	ja	50	59.509	1.190	162
Schildstr.8									
Durchschnitt	367	9	0	3	0	50	59.509	1.190	162
In den Runken	194	6	Gas	15	(ja)	22	17.367	789	90
In den Runken	175	2	Gas	1	nein	24	24.306	1.013	139
In den Runken									
In den Runken	240	5	Gas	10	ja	32	37.190	1.162	155
Durchschnitt	203	4,3	0	9	0	26	26.288	1.011	128
Körnerwall	200	2	Gas	15	(ja)	23	41.833	1.819	209
Körnerwall									
Körnerwall	210	6	Gas	1	ja	34	35.667	1.049	170
Körnerwall	200	4	Gas	28	ja	30	60.333	2.011	302
Körnerwall	299	6	Gas	3	ja	29	41.990	1.448	140
Körnerwall	294	5	Gas	9	ja	26	33.201	1.277	113
Körnerwall	320	4	Gas	5	(ja)	24	25.288	1.054	79
Körnerwall	228	4	Gas	10	ja	24	37.662	1.569	165
Körnerwall	240	1	Gas	13	nein	20	53.170	2.658	222
Körnerwall	220	6	Gas	8	(ja)	24	27.660	1.153	126
Körnerwall	253	3	Öl	19	nein	46	42.520	924	168
Körnerwall	240	6	Öl	29	(Öl)	27	36.353	1.346	151
Körnerwall	300	7	Gas	13	ja	28	39.910	1.425	133
Körnerwall									
Durchschnitt	250	4,5	0	12,8	0	28	39.632	1.420	165
Mittelwert	237	5,3	0	11	0	31	35.579	1.151	151

Auswertung der Heizungsdaten

Mittelwert aller Daten

Wohnfläche:	237 m ²	(Spanne 90 bis 400 m ²)
Anzahl Personen im Gebäude:	5,3	(Spanne 1 bis 9)
Alter der Heizung:	11 Jahre	(Spanne 3 bis 30 Jahre)
Nennleistung der Heizung:	31 kW	(Spanne 20 bis 50 kW)
Wärmebedarf:	35.579 kWh/a	(Spanne 561 bis 59.509 kWh/a)
Volllaststunden der Heizung:	1.151 Std.	(Spanne 924 bis 2.658 Std.)
Wärmebedarf:	151 kWh/(m ² x a)	(Spanne 79 bis 302 kWh/(m ² x a))

Volllaststunden: Jährlicher Wärmebedarf / Nennleistung der Heizung

Den besten Wirkungsgrad hat eine Heizung, wenn der Brenner lange Laufzeiten hat. Dies ist bei Außentemperaturen unter 0 Grad der Fall. Steigen die Temperaturen, geben die Heizkörper aufgrund der geringeren Temperaturdifferenz langsamer die Wärme ab. Die eingestellte Vorlauftemperatur wird schnell erreicht, und der Brenner schaltet ab. Sinkt die Rücklauftemperatur auf ein bestimmtes Niveau ab, schaltet der Brenner sich wieder ein, die Heizung taktet. Die Volllaststunden werden weniger. Der Wirkungsgrad nimmt ab und der Verschleiß nimmt zu.

Bei einem gut aufeinander abgestimmten Heizungssystem betragen die Volllaststunden für Einfamilienhäuser zwischen 1.800 bis 2.100 Std./a, bei Mehrfamilienhäusern zwischen 1.600 bis 2.000 Std./a.

Wenn weniger Volllaststunden vorhanden sind, bedeutet dies eine überdimensionierte Heizung. Die Leistung ist so groß, dass die Vorlauftemperatur schnell erreicht ist und der Brenner immer wieder abgeschaltet wird. **Bei der obigen Auswertung wird deutlich, dass bei fast allen Häusern die Heizungsanlagen eine viel zu groß Leistung haben, und deswegen auch nur die durchschnittliche 1.144 Volllaststunden.**

Bei der vorliegenden Berechnung werden 1.800 Volllaststunden angenommen. Die notwendige durchschnittliche Leistung der obigen Heizungsanlagen beträgt dann:

$$35.000 \text{ kWh/a} / 1.800 \text{ Stunden} = \text{rd. } 19 \text{ kW benötigt.}$$

Für die Berechnung des Kalten-Nahwärmenetzes / Anergie-Netz wird für das fiktive Gebäude eine Heizleistung von 19 kW mit 1.800 Volllaststunden zugrunde gelegt.

Der Wärmebedarf ist in den einzelnen Straßen durch die unterschiedlich großen Gebäude sehr unterschiedlich. Die Auslegung des Netztes und die Positionen der Bohrungen müssen durch Berechnungen eines Ingenieurbüros ermittelt werden.

Plausibilitätsprüfung der Heizleistung von 19 kW

Brennwert-Gastherme Leistung 24 kW, Alter 10 Jahre, Wohnfläche ca. 230 m², Wärmebedarf ca. 37.000 kWh/a,

Die Gastherme wurde gewartet und optimal eingestellt. Die Wärmemesszähler für das Heizungssystem gleich hinter der Gastherme wurden gegen neue ausgetauscht.

Es wurden der Gasverbrauch (ohne Warmwassererzeugung) und die Wärmemenge der Zähler gemessen.

Außentemperatur bis zu 6 Grad, die Messungen wurden mehrmals durchgeführt. Gemessen über jeweils ca. 5 Std.

Leistung der Therme zwischen 7 und 8 kW.

Durch Taktung ca. 50 % der Zeit ohne Brennerbetrieb, Brennerleistung tatsächlich 14 bis 16 kW.

Wirkungsgrad ca. 82%.

Aufheizen des Warmwasserspeichers mit 120 Liter (nach längerer Abkühlzeit)

Die ersten 13 Minuten Brennerleistung ca. 24 kW, danach 38 Minuten mit 11 kW.

Fazit:

Bei allen Ungenauigkeiten der Messungen kann festgestellt werden:

Die Brennerleistung von 24 kW kommt nur in den ersten Minuten des Aufheizens des Warmwasserspeichers zum Einsatz.

In der restlichen Zeit liegt die Leistung unter 16 kW.