

Technischer Bericht

Projekt: Neumünster – Grüner Weg
Energieversorgungskonzept

Auftraggeber

FRANK Projektentwicklung Wohnkonzept GmbH
Kirschgartenstraße 15
65719 Hofheim am Taunus

Fachingenieur

FRANK Ecozwei GmbH
Stadtdeich 7
20097 Hamburg

Inhalt

1 Projektinformation	3
2 Energieversorgungskonzept	5
2.1 Variante 1: Mittelwarmes Nahwärmenetz (Contracting-Modell)	5
2.2 Variante 2: Fernwärme	12
2.3 Variante 3: Einzelversorgung über Luft-Wasser-Wärmepumpe	17
3 Zusammenfassung	19

1 Projektinformation

FRANK plant auf dem ehemaligen Lekkerland-Gelände, Grüner Weg Nr. 42 – 46 in 24539 Neumünster, ein neues Wohnquartier bestehend aus 104 Reihenhäusern, 18 Doppelhaushälften und 4 Geschosswohnungsbauten mit insgesamt ca. 55 Wohneinheiten sowie einer 4-zügigen Kita.

Im Geschosswohnungsbau werden Mietwohnungen mit öffentlich-gefördertem Anteil errichtet. Die Grundstücke der Reihen- und Doppelhäuser sollen schlüsselfertig bebaut und an die späteren Nutzer verkauft werden.

Aktuell ist das Grundstück noch mit Gewerbehallen bebaut, die im Zuge der Realisierung komplett zurück gebaut werden (Abb. 1).

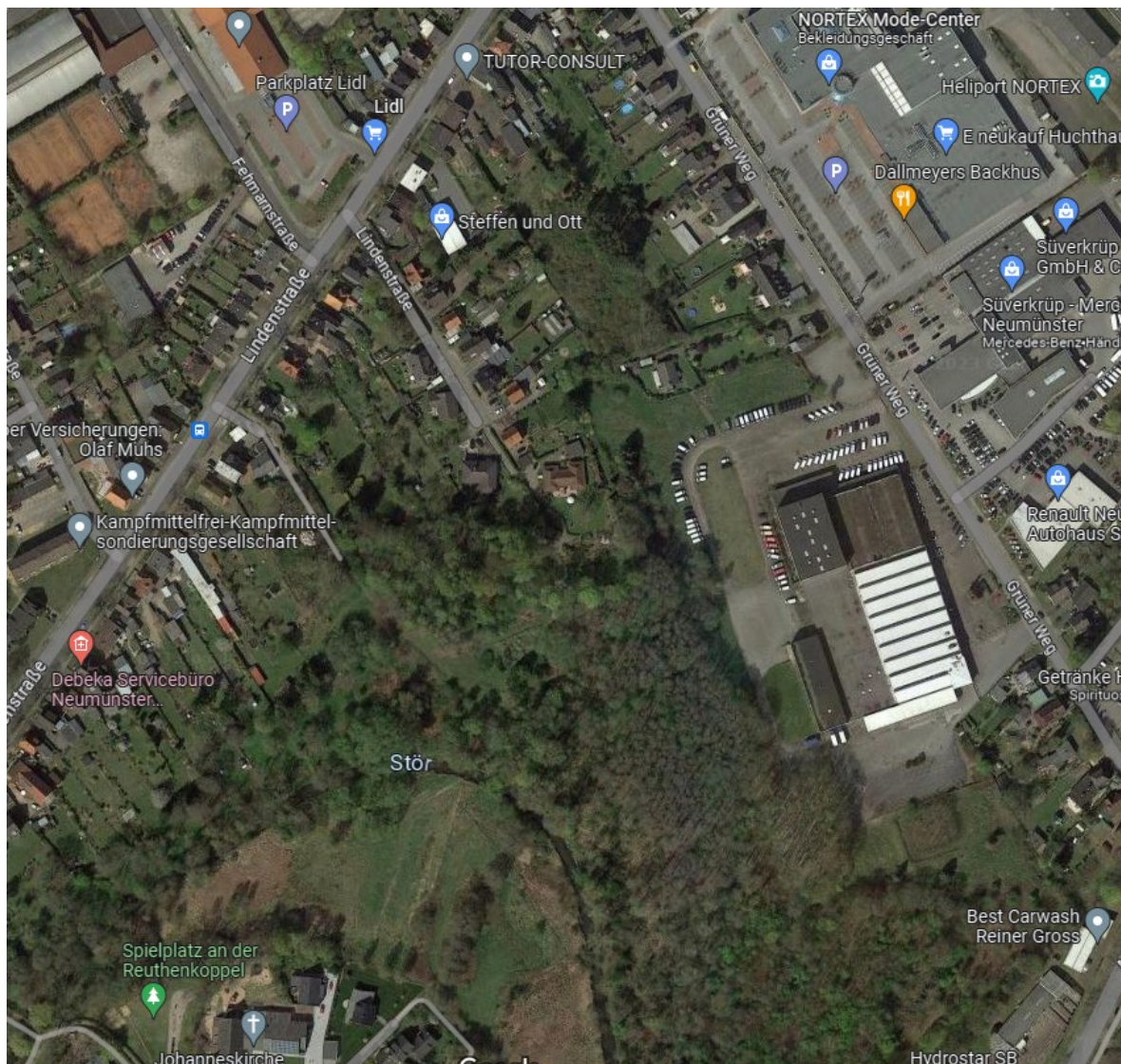


Abbildung 1 Auszug aus Google Maps

Das Grundstück grenzt im hinteren Bereich an einen Wald an. Durch die Waldfläche fließt der Fluss Stör.



Abbildung 2 Auszug aus dem städtebaulichen Konzept

In der oben aufgeführten Abbildung 2 ist das städtebauliche Konzept dargestellt. Die schwarz gestrichelte Linie stellt den zukünftigen Geltungsbereich des Bebauungsplans dar. Die nördliche Fläche, auf der im städtebaulichen Konzept bisher 6 Doppelhaushälften und 11 Reihenhäuser geplant sind, wird nicht von FRANK angekauft und im Rahmen des B-Plan-Verfahrens aus dem Geltungsbereich entnommen. Daher ist diese Fläche in Abb. 2 ausgegraut.

Für das neue Wohnquartier wird eine verbrennungsfreie, innovative und zukunftsgerichtete Energieversorgung angestrebt. Im Folgenden werden drei Varianten vorgestellt.

2 Energieversorgungskonzept

2.1 Variante 1: Mittelwarmes Nahwärmenetz (Contracting-Modell)

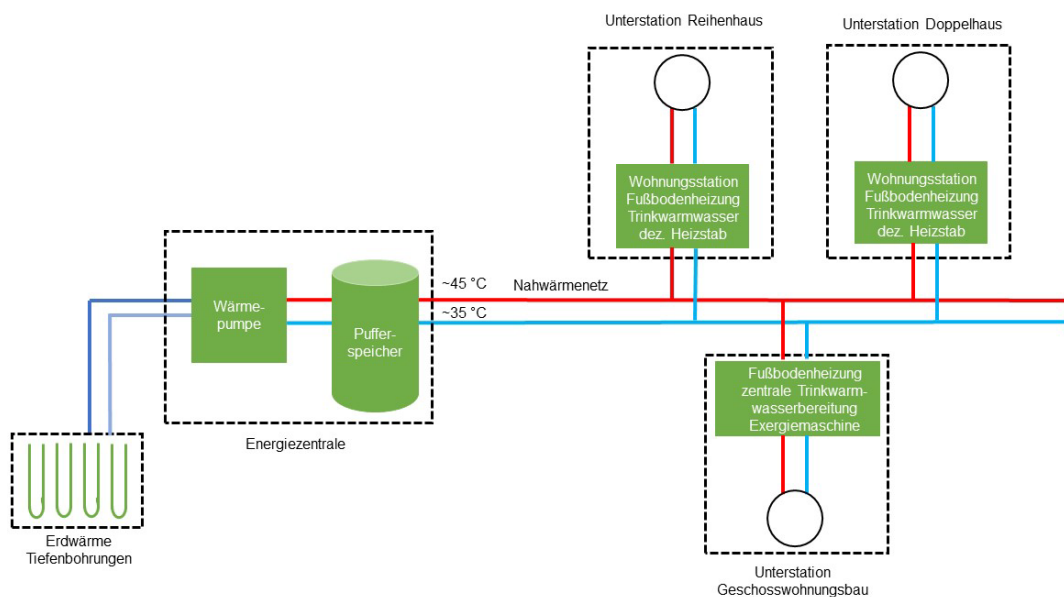


Abbildung 3 Schematische Darstellung des Wärmeversorgungskonzepts

Die Wärmebereitstellung für das gesamte Quartier erfolgt aus einer gemeinsamen Energiezentrale bestehend aus zwei zweistufigen Sole-Wasser-Wärmepumpen und einem Elektro-Heizstab für die Spitzenlast mit einer Leistung von insgesamt ca. 580 kW.

Um eine konstante Wärmequelle für die Wärmepumpen zu gewährleisten, wird Erdwärme in Form von Tiefenbohrungen in Betracht gezogen. Nach Rücksprache mit der unteren Wasserbehörde der Stadt Neumünster sind Tiefenbohrungen bis zu einer Tiefe von 100 m in diesem Gebiet zulässig. Für Tiefenbohrungen, die eine Tiefe von 100 m überschreiten, bedarf es einer Genehmigung durch das Landesbergamt.

Die Temperatur im Erdreich liegt im Mittel bei ca. 10°C. Dieses Temperaturniveau stellt somit eine nutzbare Quelle für eine Wärmepumpe dar.

Der Kartenausschnitt aus dem Umweltportal des Landes Schleswig Holstein, in dem die mittlere Wärmeleitfähigkeit für Bohrtiefen zwischen 0 – 100 m aufgeführt ist, ist in der nachstehenden Abbildung aufgeführt. Die mittlere Wärmeleitfähigkeit des Bodens liegt in dem Gebiet Lindenstraße/Grüner Weg/Altonaer Straße bei 1,6 – 1,8 W/m*K.



Abbildung 4 Kartenausschnitt aus dem Umweltportal des Landes Schleswig Holstein. Dargestellt ist die mittlere Wärmeleitfähigkeit in $W/m^{\circ}K$ für Bohrtiefen zwischen 0 - 100 m Tiefe.

Da die exakte Bodenbeschaffenheit zum jetzigen Zeitpunkt nicht bekannt ist, wird eine spezifische Entzugsleistung von $60 W/m$ angenommen.

Unter dieser Annahme werden insgesamt 94 Erdsonden in einem Abstand von jeweils 6 Meter benötigt.

Es wird empfohlen im Vorfeld einen sogenannten Thermal-Response-Test durchführen zu lassen. Über einen Thermal-Response-Test (TRT) wird die exakte Bodenbeschaffenheit vor Ort überprüft und die tatsächliche Wärmeleitfähigkeit des Bodens bestimmt. Mit diesen Informationen wird dann die spezifische Entzugsleistung ermittelt.

Um die exakte Anzahl an notwendigen Tiefenbohrungen ermitteln zu können, ist der TRT sinnvollerweise bereits im frühen Planungsstadium durchzuführen.

Die Anbindung der Gebäude erfolgt über ein niedertemperierte Nahwärmenetz mit einer maximalen Vorlauftemperatur von $45^{\circ}C$.

In der unten aufgeführten Abbildung ist die Lage der Heizzentrale sowie das Nahwärmenetz dargestellt. Für die Energiezentrale wird eine Aufstellfläche von ca. $80 - 100 m^2$ benötigt. Die Lage der Energiezentrale dient in dem untenstehenden Lageplan nur als Platzhalter. Die Energiezentrale kann auch an anderer Stelle (sowohl auf privaten als auch auf öffentlichen Grund) im Quartier untergebracht werden.

Für die Tiefenbohrungen wird eine Gesamtfläche von ca. $2.650 m^2$ benötigt. Die Anzahl der Tiefenbohrungen sowie die zur Verfügung stehende Fläche ist im weiteren Planungsverlauf noch einmal im Detail zu prüfen.



Abbildung 5 Auszug aus dem städtebaulichen Konzept. Dargestellt ist das Nahwärmenetz und die Lage der Heizzentrale.

Der Wärmebedarf des Quartiers ist in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt:

	Wohnfläche	Wärmebedarf in kWh Baustandard EH-40 (inkl. 10 % Netzverluste)
Reihenhäuser	11.600 m ²	1.090.621 kWh
Doppelhäuser	2.430 m ²	
Geschosswohnungsbau	6.020 m ²	

Tabelle 1 Wärmebedarf für Heizung und Trinkwarmwasser in kWh inkl. 10 % Netzverluste

Die Reihenhäuser und Doppelhäuser erhalten je Wohneinheit eine Nahwärmeübergabestation sowie einen Pufferspeicher mit Frischwasserstation zur Trinkwarmwasserbereitung. Die vier Geschosswohnungsbauten erhalten je Gebäude eine zentrale Übergabestation inkl. zentraler Trinkwarmwasserbereitung und Exergiemaschine.

Der Platzbedarf für die Übergabestation und Trinkwarmwasserbereitung bei den Abnehmern ist in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt:

	Platzbedarf	Leistung	Anzahl
Reihenhaus/Doppelhaus	6 m ²	~ 3,4 kW	122
Geschosswohnungsbau GWB 1	15 m ²	~ 21 kW	1
Geschosswohnungsbau GWB 2	20 m ²	~ 50 kW	1
Geschosswohnungsbau GWB 3 inkl. Kita	20 m ²	~ 66 kW	1
Geschosswohnungsbau GWB 4	15 m ²	~ 25 kW	1

Tabelle 2 Übersicht des Platzbedarfes für die Technikräume

Trinkwarmwasserbereitung Geschosswohnungsbauten:

Die Geschosswohnungsbauten erhalten je Gebäude eine zentrale Trinkwarmwasserbereitung über einen Heizungswasser-Pufferspeicher und einer Frischwasserstation.

Mit Frischwasserstationen wird ein längeres Speichern größerer Mengen erwärmten Trinkwassers verhindert und damit das Risiko einer Bakterienbildung (Legionellen) eingedämmt. Das Trinkwasser wird dabei bedarfsorientiert im Durchflussprinzip erwärmt.

Das bedeutet konkret:

Wenn in einem Gebäude an einer Zapfstelle ein Warmwasserbedarf besteht, fließt frisches Trinkwasser in der Frischwasserstation über einen Plattenwärmetauscher am heißen Heizungswasser vorbei und wird dadurch erwärmt. Eine Vermischung findet dabei nicht statt.

Um die Gefahr der Legionellenbildung in Gebäuden mit zentraler Trinkwarmwassererwärmung einzudämmen, ist in den aktuell gültigen technischen Richtlinien und DIN Normen¹ vorgeschrieben, dass die Austrittstemperatur aus dem Speicher immer mind. 60 °C betragen muss. Zudem darf die Wassertemperatur im System nicht um mehr als 5 K niedriger liegen, als die Wasseraustrittstemperatur am Speicher. Dementsprechend muss die

¹ DIN 1988-200:2012-05 „Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen“ und DVGW W 551:2004-04 „Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen – Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums – Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen“

Warmwassertemperatur immer zwischen 60 °C und 55 °C liegen. Diese Anforderungen können nur mit einer Zirkulationsleitung eingehalten werden.

Bei einer zentralen Trinkwarmwasserbereitung mit Zirkulationsleitung fördert die Zirkulationspumpe das Trinkwasser an 8.760 h im Jahr im Keis. Aus ökologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten kritisch zu betrachten ist dabei der reine Zirkulationsbetrieb. Damit ist der Betrieb gemeint, in dem kein Trinkwarmwasser gezapft wird. Die Zirkulationspumpe fördert das Trinkwasser aber dennoch im Kreis, um das Trinkwarmwasser kontinuierlich von 55°C auf 60°C zu erwärmen. Der zusätzliche Energiebedarf für die Deckung der Zirkulationsverluste muss über den Wärmeerzeuger bereit gestellt werden.

Bei einem mittelwarmen Nahwärmenetz mit einer Vorlauftemperatur von max. 45 °C erfolgt der Temperaturhub auf 60 °C zentral in den Gebäuden.

Für den Temperaturhub wird eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe (z.B. Exergiemaschine der Firma Varmeco) als Temperaturbooster eingesetzt. Die Exergiemaschine verwendet Wasser in einem Pufferspeicher als Wärmequelle und hebt ein Teilvolumen durch Einsatz von Strom auf ein höheres Temperaturniveau. Gleichzeitig wird das andere Teilvolumen möglichst weit ausgekühlt. Die Exergiemaschine arbeitet laut Herstellerangaben mit einem COP von 5,0 (W40/W65). Die Exergiemaschine bietet damit den Vorteil, dass die Betriebskosten (Strom) im Vergleich zu einem herkömmlichen Elektro-Heizstab deutlich reduziert werden können. Hier eine Beispielrechnung:

		Heizstab	Exergiemaschine
Zirkulationsverluste	kW	2	2
COP	-	1	5
Stunden	h	8.760	8.760
Strompreis	€/kWh	0,30	0,30
Stromkosten 1 Jahr	€/a	5.256	1.051
Stromkosten in 10 Jahren	€/10a	52.560	10.510

Tabelle 3 Gegenüberstellung der Stromkosten zur Deckung der Zirkulationsverluste mit einem Heizstab und einer Exergiemaschine. Es handelt sich hierbei um eine Beispielrechnung. Annahme: 2 kW Zirkulationsverluste

Trinkwarmwasserbereitung Reihen- und Doppelhäuser:

Die Reihenhäuser und die Doppelhäuser erhalten je Wohneinheit eine Wohnungsstation für die Raumheizung und die Trinkwarmwasserbereitung. Die Trinkwarmwassertemperatur beträgt ca. 45°C. Der Temperaturhub auf 45 °C erfolgt über eine elektrische Nacherhitzung.

Photovoltaik:

Alle Dächer werden zur Nutzung durch Photovoltaik-Anlagen vorgesehen.

Auf dem Grundstück soll im Zuge der weiteren Planung ein öffentliches Straßennetz errichtet werden. Die Errichtung eines Areal-Netzes und das Anbieten eines

Mieterstrommodells durch den Wärmedienstleister ist aus diesem Grund nicht möglich. Der auf den Dächern erzeugte PV-Strom kommt den jeweiligen Hauseigentümern zugute.

Leistungsgrenze im Rahmen eines Energieliefervertrags mit FRANK:

Im Rahmen eines Energieliefervertrags könnte die Schnittstelle zwischen dem Energielieferanten FRANK und den Hauseigentümer:innen und Bewohner:innen folgendermaßen aussehen:

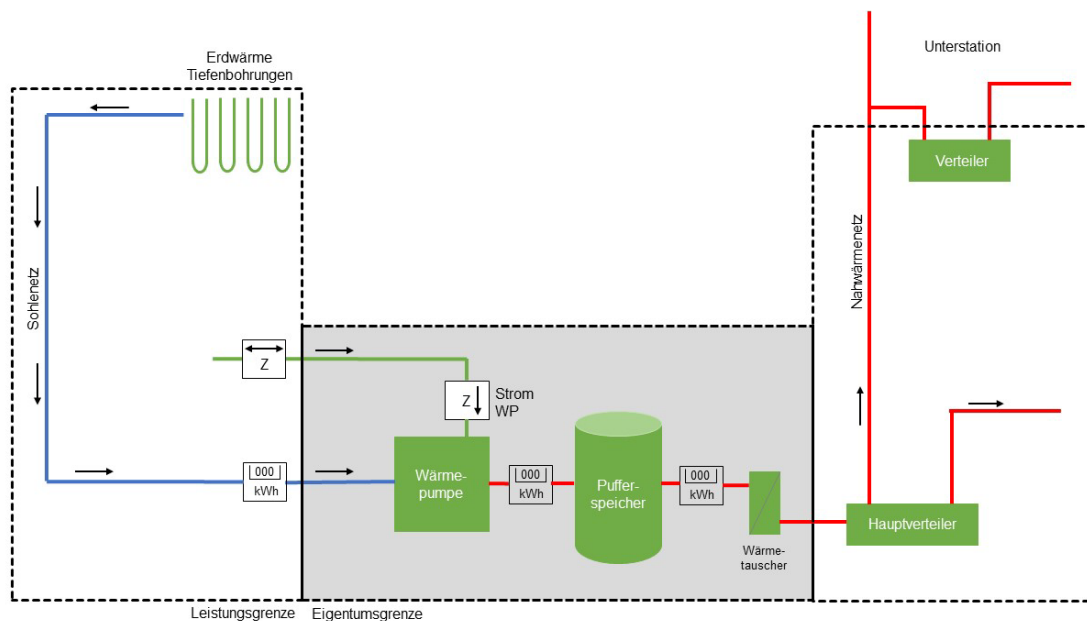


Abbildung 6 Liefer- und Leistungsumfang

Die Liefer-, Leistungs- und Eigentumsgrenzen von FRANK liegen bei den Reihen- und Doppelhäusern hinter den Absperrarmaturen an der Übergabe zur Hausinstallation (Wärmetauscher). Die abrechnungsrelevante Messung erfolgt am Wärmemengenzähler zwischen Pufferspeicher und Wärmetauscher.

Bei den Geschosswohnungsbauten befindet sich auch die Hausübergabestation sowie die Trinkwarmwasserbereitung inkl. Exergiemaschine im Liefer-, Leistungs- und Eigentumsbereich von FRANK.

Die Systemkomponenten sowie die Messeinrichtungen innerhalb der Leistungs- und Eigentumsgrenze liegen im Eigentum sowie in der Verantwortung von FRANK und werden durch FRANK gewartet, Instand gesetzt und falls erforderlich erneuert.

Die Systemkomponenten sowie die Messeinrichtungen außerhalb der Leistungsgrenze liegen im Eigentum der jeweiligen Hauseigentümer:innen und Bewohner:innen und werden durch diese gewartet und Instand gesetzt.

Die voraussichtlich zu erwartenden Betriebskosten, Wartungskosten und Investitionskosten für die Wohneinheiten der Reihen- und Doppelhäuser sind in der nachfolgenden

Tabelle aufgeführt. Dabei sind die Kosten beispielhaft für eine Wohneinheit sowie aufsummiert für die gesamten 122 Wohneinheiten aufgeführt.

		1 WE	122
Jahresenergiebedarf Heizen & Trinkwarmwasser	kWh/a	4.800	561.200
Leistung Heizen & Trinkwarmwasser	kW	3,4	414,8
Wärmepreis jährlich	€/a	1.204	144.570
Investitionskosten	€	12.340	1.505.480
Wartungskosten	€/a	300	36.600
Rücklage für Instandsetzungsmaßnahmen	€/a	123,40	15.054,80
Wärmepreis	€/a	1.627	196.225
Wärmepreis	ct/kWh	33,90	34,97

Tabelle 4 Voraussichtlich zu erwartende Betriebskosten, Wartungskosten und Investitionskosten für die Wohneinheiten der Reihen- und Doppelhäuser.

In der nachfolgenden Tabelle sind die zu erwartenden Betriebskosten, Wartungskosten und Investitionskosten der vier Geschosswohnungsbauten aufgeführt.

		GWB 1	GWB 2	GWB 3	GWB 4
Jahresenergiebedarf Heizen & Trinkwarmwasser	kWh/a	53.363	131.099	179.002	66.809
Leistung Heizen & Trinkwarmwasser	kW	20,4	49,46	66,22	25,57
Wärmepreis jährlich	€/a	8.130	19.873	26.938	10.182
Investitionskosten	€	16.320	39.568	52.976	20.456
Wartungskosten	€/a	0,00	0,00	0,00	0,00
Rücklage für Instandsetzungsmaßnahmen	€/a	0,00	0,00	0,00	0,00
Wärmepreis	€/a	8.130	19.873	26.938	10.182
Wärmepreis	ct/kWh	15,23	15,16	15,05	15,24

Tabelle 5 Voraussichtlich zu erwartende Betriebskosten, Wartungskosten und Investitionskosten für die vier Geschosswohnungsbauten.

Der Wärmepreis in €/a bzw. in ct/kWh setzt sich zusammen aus dem Baukostenzuschuss, den Investitionskosten für die Hausübergabestation und Trinkwarmwasserbereitung, den Wärmekosten, den Wartungskosten sowie einer Rücklage für Instandsetzungsmaßnahmen. Die Investitionskosten werden im Wärmepreis anteilig auf 20 Jahre berücksichtigt. Die jährliche Rücklage für Instandsetzungsmaßnahmen beträgt 1% der Investitionskosten.

Da die Hausübergabestationen und die Trinkwarmwasserbereitung bei den Geschosswohnungsbauten im Liefer- und Leistungsbereich des Energiedienstleisters liegen, sind keine Wartungskosten und Rücklagen für Instandsetzungsmaßnahmen aufgeführt.

Der Primärenergiefaktor dieser Wärmeversorgung liegt bei 0,37.

Die spezifischen CO₂-Emissionen liegen für den Strommix laut Umweltbundesamt im vergangenen Jahr 2022 bei ca. 435 g/kWh. Damit liegen die CO₂-Emissionen bei dieser Wärmeversorgungsvariante bei ca. 118,61 t/a.

Da FRANK jedoch ausschließlich Ökostrom bezieht, liegen die CO₂-Emissionen bei 0 g/kWh. Damit liegen die CO₂-Emissionen in der Variante 1 (mittelwarmes Nahwärmenetz über Wärme-Contracting) bei 0 t/a.

2.2 Variante 2: Fernwärme

In der Straße Grüner Weg liegen Fernwärmeleitungen der Stadtwerke Neumünster. Auf Höhe der Hausnummer 48 sind die Fernwärmeleitungen bereits auf das Grundstück vorgestreckt. In der nachfolgenden Abbildung ist die Leitungsauskunft der Stadtwerke Neumünster dargestellt.

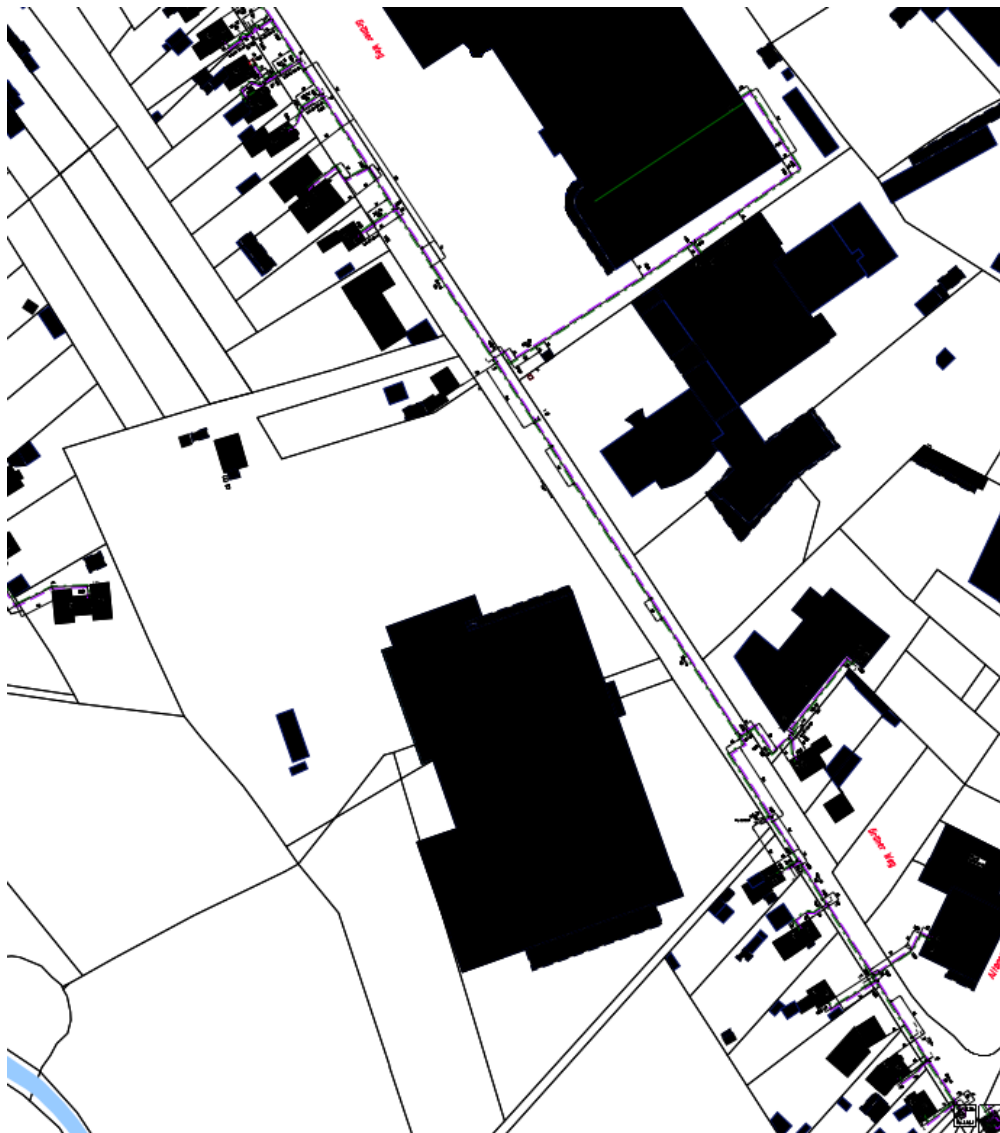


Abbildung 7 Leitungsauskunft Fernwärme der Stadtwerke Neumünster

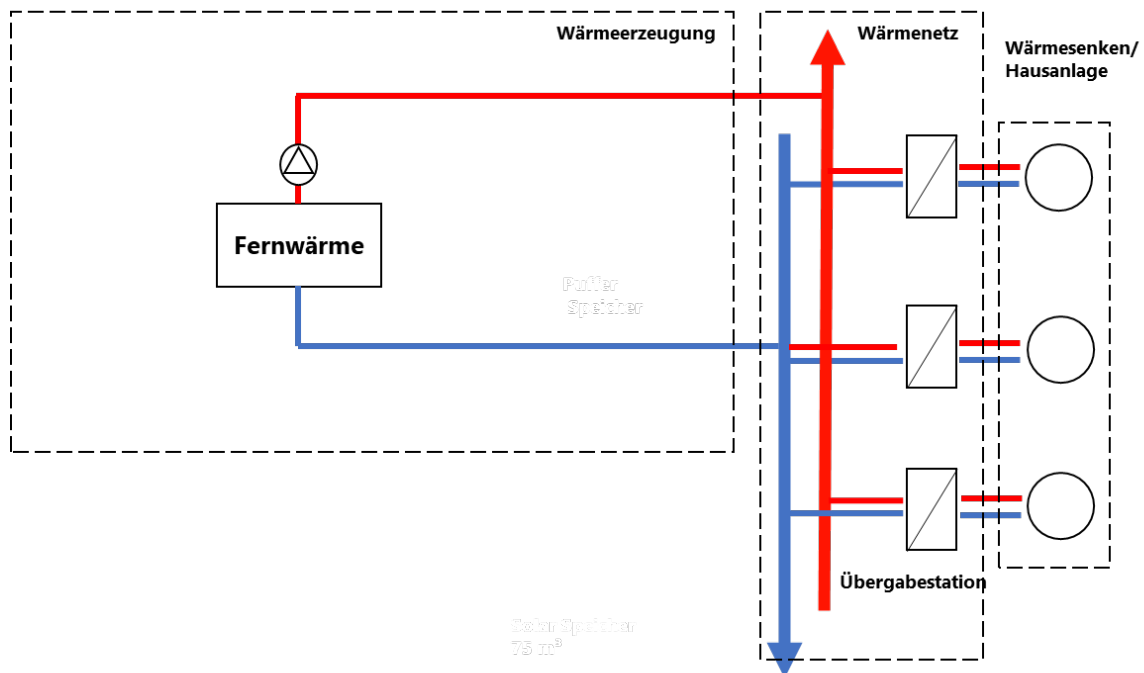


Abbildung 8 Schematische Darstellung des Wärmeversorgungskonzepts

Die Wärmeversorgung für das gesamte Quartier erfolgt über Fernwärme der Stadtwerke Neumünster. Nach telefonischer Rücksprache mit den Stadtwerken Neumünster ist es zum jetzigen Zeitpunkt noch unklar, ob der bereits vorgestreckte Anschluss auf Höhe der Hausnummer 48 sinnvoll genutzt werden kann. Aufgrund der Größe des Quartiers ist es vermutlich erforderlich die Fernwärmeleitungen an zwei Stellen auf das Gelände zu führen.

Innerhalb des neuen Quartiers wird seitens der Stadtwerke Neumünster ein Nahwärmenetz erstellt. Die Kosten für die Erstellung des Nahwärmenetzes werden teilweise über einen Baukostenzuschuss finanziert.

Die Reihenhäuser und Doppelhäuser erhalten je Wohnung eine Übergabestation für die Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung. Die Geschosswohnungsbauten erhalten gebäudeweise eine Übergabestation für die Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung.

Die Fernwärmeleitungen liegen bis zur Hausübergabestation im Leistungsbereich der Stadtwerke Neumünster. Die Investitionskosten für die Hausübergabestationen liegen beim jeweiligen Hauseigentümer.

Bei diesem Wärmeversorgungskonzept ist keine Energiezentrale erforderlich.

Die Fernwärmeerzeugung der Stadtwerke Neumünster besteht derzeit aus einem Energieträgermix:

Ersatzbrennstoff	552.403.563 kWh	69,6%
Steinkohle	213.630.008 kWh	26,9%
Erdgas	17.218.956 kWh	2,2%
Heizöl	9.942.383 kWh	1,3%
Summe	793.194.910 kWh	100,0%

Gem. FW 309-5 Tab. 4 sind 50% des EBS erneuerbar (276.201.782 kWh entspricht 34,8 % vom Gesamteinsatz).

Datenbasis: Istdaten der Kalenderjahre 2018 bis 2020

Abbildung 9 Auszug aus den Veröffentlichungen zum Energiewende- und Klimaschutzgesetz (EWKG) der Stadtwerke Neumünster ²

Demnach besteht die Fernwärme zu 69,9 % aus einem Ersatzbrennstoff, zu 26,9 % aus Steinkohle, zu 2,2 % aus Erdgas und zu 1,3 % aus Heizöl. Der erneuerbare Energieanteil des Ersatzbrennstoffs beträgt aktuell 50 %. Das entspricht 34,8 % vom Gesamteinsatz. ³ Der Primärenergiefaktor für Fernwärme der Fernwärmeversorgung Stadtnetz Neumünster liegt bei 0,27.

Die spezifischen CO₂-Emissionen für das Stadtnetz Neumünster liegt gemäß Angaben der Stadtwerke Neumünster bei 24 g/kWh. Damit liegen die CO₂-Emissionen für Fernwärme für das gesamte Quartier bei ca. 23,8 t/a.

Der Fernwärmepreis der Stadtwerke Neumünster setzt sich aus einem Grundpreis, einem Arbeitspreis und einem Emissionspreis zusammen. Der Grundpreis bezieht sich dabei auf die maximale Wärmeleistung, die durch den Fernwärmeversorger bereitgestellt werden soll. Beim Grundpreis handelt es sich um einen Fixpreis, der unabhängig vom Verbrauchsverhalten gezahlt wird. Der Arbeitspreis richtet sich dabei nach dem tatsächlichen Verbrauch.

Der Fernwärmepreis für 2023 ist im Preisblatt 2023 (gültig vom 01.01.2023 bis 31.12.2023) der Stadtwerke Neumünster folgendermaßen aufgeführt:⁴

- **Grundpreis GP** (brutto):
 - 143,52 €/kW (Anschlussleistung: 1 – 5 kW)
 - 110,40 €/kW (Anschlussleistung: > 5 – 10 kW)
 - 88,32 €/kW (Anschlussleistung: > 10 – 20 kW)
 - 71,76 €/kW (Anschlussleistung: < 20 kW)
- **Arbeitspreis AP** (brutto):
 - 70,52 €/MWh = 7,052 ct/kWh
- **Emissionspreis EP** (brutto):
 - 7,62 €/MWh = 0,762 ct/kWh

² Quelle: Fernwärme Stadtwerke Neumünster, Veröffentlichungen gemäß §8 Abs. 3 EWKG

³ Quelle: Fernwärme Stadtwerke Neumünster, Veröffentlichungen gemäß §8 Abs. 3 EWKG

⁴ Quelle: SWN-Fernwärme – Preisblatt 2023

Die Erstellung des Nahwärmenetzes innerhalb des Quartiers wird von den Stadtwerken Neumünster durch einen Baukostenzuschuss finanziert. Zudem wird für jeden Hausanschluss ein Hausanschlusskostenbeitrag fällig. Für die Verlegung der Fernwärme-Verteilungen wird nach heutigem Stand ein **Baukostenzuschuss** in Höhe von ca. **324.870 € (brutto)** fällig. Für die Reihen- und Doppelhäuser ergeben sich im Mittel **Hausanschlusskosten** in Höhe von ca. **10.115 € (brutto)** pro Hausanschluss. Für die vier Geschosswohnungsbauten sind Hausanschlusskostenbeiträge in Höhe von ca. **21.420 € (brutto)** pro Hausanschluss anzusetzen.

Die voraussichtlich zu erwartenden Betriebskosten, Wartungskosten und Investitionskosten für die Wohneinheiten der Reihen- und Doppelhäuser sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt. Dabei sind die Kosten beispielhaft für eine Wohneinheit sowie aufsummiert für die gesamten 122 Wohneinheiten aufgeführt.

		1 WE	122 WE
Jahresenergiebedarf Heizen & Trinkwarmwasser	kWh/a	4.800	561.200
Leistung Heizen & Trinkwarmwasser	kW	3,4	414,8
Fernwärmepreis jährlich	€/a	863,04	103.384,26
Investitionskosten*	€	19.809	2.406.858
Wartungskosten	€/a	300	36.600
Rücklage für Instandsetzungsmaßnahmen	€/a	198,09	24.068,58
Wärmepreis	€/a	1.361	164.053
Wärmepreis	ct/kWh	28,36	29,23

Tabelle 6 Voraussichtlich zu erwartende Betriebskosten, Wartungskosten und Investitionskosten für die Wohneinheiten der Reihen- und Doppelhäuser. *Bei den Investitionskosten ist der anteilige Baukostenzuschuss, der Hausanschlusskostenbeitrag, die Kosten für die Erstellung der Hausübergabestation sowie der Trinkwarmwasserbereitung berücksichtigt.

In der nachfolgenden Tabelle sind die zu erwartenden Betriebskosten, Wartungskosten und Investitionskosten der vier Geschosswohnungsbauten aufgeführt.

		GWB 1	GWB 2	GWB 3	GWB 4
Jahresenergiebedarf Heizen & Trinkwarmwasser	kWh/a	53.363	131.099	179.002	66.809
Leistung Heizen & Trinkwarmwasser	kW	20,4	49,46	66,22	25,57
Fernwärmepreis jährlich	€/a	5.972	13.793	18.739	7.055
Investitionskosten*	€	82.646	100.113	109.640	85.822
Wartungskosten	€/a	800,00	800,00	800,00	800,00
Rücklage für Instandsetzungsmaßnahmen	€/a	826,46	1.001,13	1.096,40	858,22
Wärmepreis	€/a	7.598	15.594	20.636	8.714
Wärmepreis	ct/kWh	14,24	11,90	11,53	13,04

Tabelle 7 Voraussichtlich zu erwartende Betriebskosten, Wartungskosten und Investitionskosten für die vier Geschosswohnungsbauten. *Bei den Investitionskosten ist der anteilige Baukostenzuschuss, der Hausanschlusskostenbeitrag, die Kosten für die Erstellung der Hausübergabestation sowie der Trinkwarmwasserbereitung berücksichtigt.

Der Wärmepreis in €/a bzw. in ct/kWh setzt sich zusammen aus den Fernwärmekosten, den Wartungskosten sowie einer Rücklage für Instandsetzungsmaßnahmen. Die jährliche Rücklage für Instandsetzungsmaßnahmen beträgt 1% der Investitionskosten.

Der Platzbedarf für die Fernwärmeübergabestation und Trinkwarmwasserbereitung bei den Abnehmern ist in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt:

	Platzbedarf	Leistung	Anzahl
Reihenhaus/Doppelhaus	6 m ²	~ 3,4 kW	122
Geschosswohnungsbau GWB 1	10 m ²	~ 21 kW	1
Geschosswohnungsbau GWB 2	15 m ²	~ 50 kW	1
Geschosswohnungsbau GWB 3 inkl. Kita	15 m ²	~ 66 kW	1
Geschosswohnungsbau GWB 4	10 m ²	~ 25 kW	1

Tabelle 8 Übersicht der Platzbedarfe für die Technikräume.

2.3 Variante 3: Einzelversorgung über Luft-Wasser-Wärmepumpe

In dieser Variante erfolgt die Wärmeerzeugung als Einzelversorgung über Luft-Wasser-Wärmepumpen. Aufgrund der Realteilung erhalten die Reihenhäuser und die Doppelhäuser wohnungsweise eine Luft-Wasser-Versorgung inkl. Pufferspeicher und Frischwasserstation zur Trinkwarmwasserbereitung.

Die Wärmeversorgung der Geschosswohnungsbauten erfolgt gebäudeweise über Luft-Wasser-Wärmepumpen. Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt gebäudeweise über eine zentrale Frischwasserstation.

Die Wärmeverteilung erfolgt in den Gebäuden über eine Fußbodenheizung, sodass heizungsseitig niedrige Vorlauftemperaturen von ca. 35 °C möglich sind. Für die zentrale Trinkwarmwasserbereitung in den Geschosswohnungsbauten ist eine Austrittstemperatur aus dem Speicher von mind. 60 °C einzuhalten. Die Sicherstellung der Speichertemperatur erfolgt über einen Elektro-Heizstab.

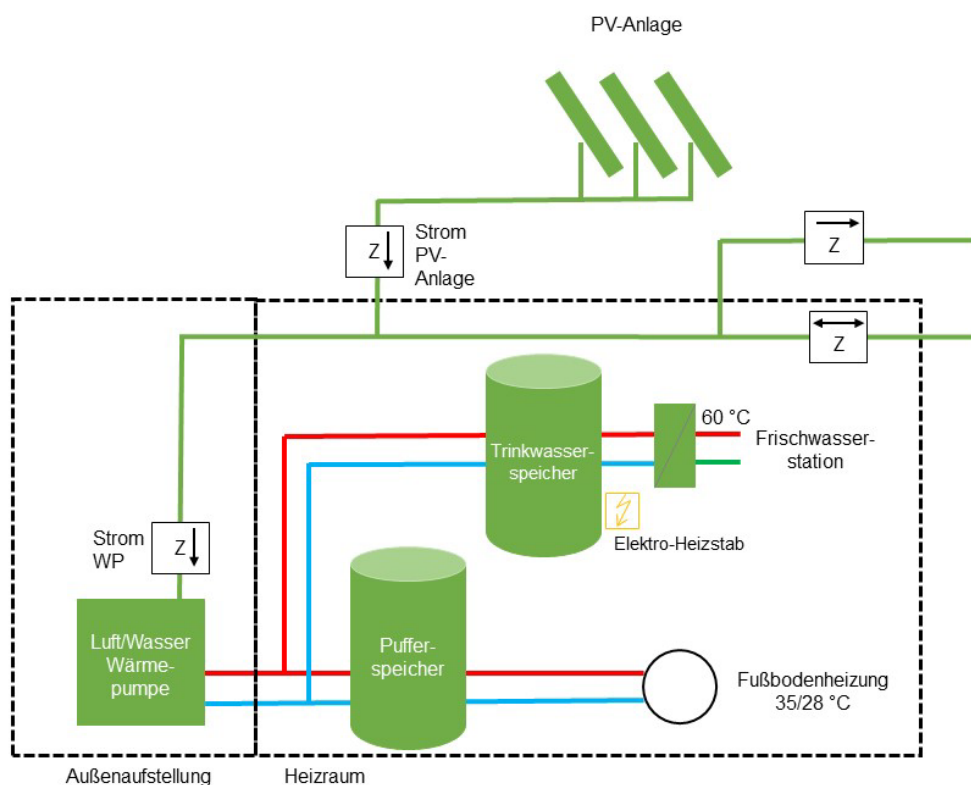


Abbildung 10 Schematische Darstellung der Einzelversorgung über jeweils eine Luft-Wasser-Wärmepumpe

Die voraussichtlich zu erwartenden Betriebskosten, Wartungskosten und Investitionskosten für die Wohneinheiten der Reihen- und Doppelhäuser sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt. Dabei sind die Kosten beispielhaft für eine Wohneinheit sowie aufsummiert für die gesamten 122 Wohneinheiten aufgeführt.

		1 WE	122 WE
Jahresenergiebedarf Heizen & Trinkwarmwasser	kWh/a	4.800	561.200
Leistung Heizen & Trinkwarmwasser	kW	3,4	414,8
Stromkosten Wärmepumpe	€/a	686	83.741
Investitionskosten	€	23.100	2.818.200
Wartungskosten	€/a	500	61.000
Rücklage für Instandsetzungsmaßnahmen	€/a	231	28.182
Wärmepreis	€/a	1.417	172.923
Wärmepreis	ct/kWh	29,53	30,81

Tabelle 9 Voraussichtlich zu erwartende Betriebskosten, Wartungskosten und Investitionskosten für die Wohneinheiten der Reihen- und Doppelhäuser.

In der nachfolgenden Tabelle sind die zu erwartenden Betriebskosten, Wartungskosten und Investitionskosten der vier Geschosswohnungsbauten aufgeführt.

		GWB 1	GWB 2	GWB 3	GWB 4
Jahresenergiebedarf Heizen & Trinkwarmwasser	kWh/a	53.363	131.099	179.002	66.809
Leistung Heizen & Trinkwarmwasser	kW	20,4	49,46	66,22	25,57
Stromkosten Wärmepumpe	€/a	6.937	17.043	23.270	8.685
Investitionskosten	€	90.000	100.000	100.000	90.000
Wartungskosten	€/a	1.200	1.200	1.200	1.200
Rücklage für Instandsetzungsmaßnahmen	€/a	900	1.000	1.000	900
Wärmepreis	€/a	9.037,25	19.242,83	25.470,28	10.785,21
Wärmepreis	ct/kWh	16,94	14,68	14,23	16,14

Tabelle 10 Voraussichtlich zu erwartende Betriebskosten, Wartungskosten und Investitionskosten für die vier Geschosswohnungsbauten.

Der Wärmepreis in €/a bzw. in ct/kWh setzt sich zusammen aus den Stromkosten für die Wärmepumpe, den Wartungskosten sowie einer Rücklage für Instandsetzungsmaßnahmen. Die jährliche Rücklage für Instandsetzungsmaßnahmen beträgt 1% der Investitionskosten.

Die Stromkosten der Wärmepumpe wurden mit einem Strompreis von 39 ct/kWh berechnet. Die aktuelle Strompreisbremse liegt bei 40 ct/kWh.

3 Zusammenfassung

In den nachfolgenden Diagrammen sind die kumulierten Investitions- und Betriebskosten, bestehend aus den jeweiligen Wärmekosten, Wartungskosten und einer Rücklage für Instandsetzungsmaßnahmen in einem Zeitraum von 20 Jahren dargestellt. Die Wartungskosten sind mit einer jährlichen Preissteigerung von 3 % berücksichtigt. In Variante 1 und 3 sind die Betriebskosten mit einer jährlichen Preissteigerung von 3 % berücksichtigt. Die Fernwärmekosten in Variante 2 sind mit einer jährlichen Preissteigerung von 4 % beaufschlagt. Es wurde eine um 1 % höhere Preissteigerung gewählt, da durch die bevorstehende Dekarbonisierung und den damit verbundenen Kosten für den Ausbau der Fernwärmenetze mit höheren Preissteigerungen zu rechnen ist. Die Investitionskosten sind im ersten Jahr fällig. Aufgrund der höheren Investitionskosten in Variante 2 und 3 starten die Kurven oberhalb der Kurve für die Variante 1. In den darauffolgenden Jahren zahlen die Eigentümer:innen die Betriebskosten, die sich wie oben beschrieben zusammensetzen.

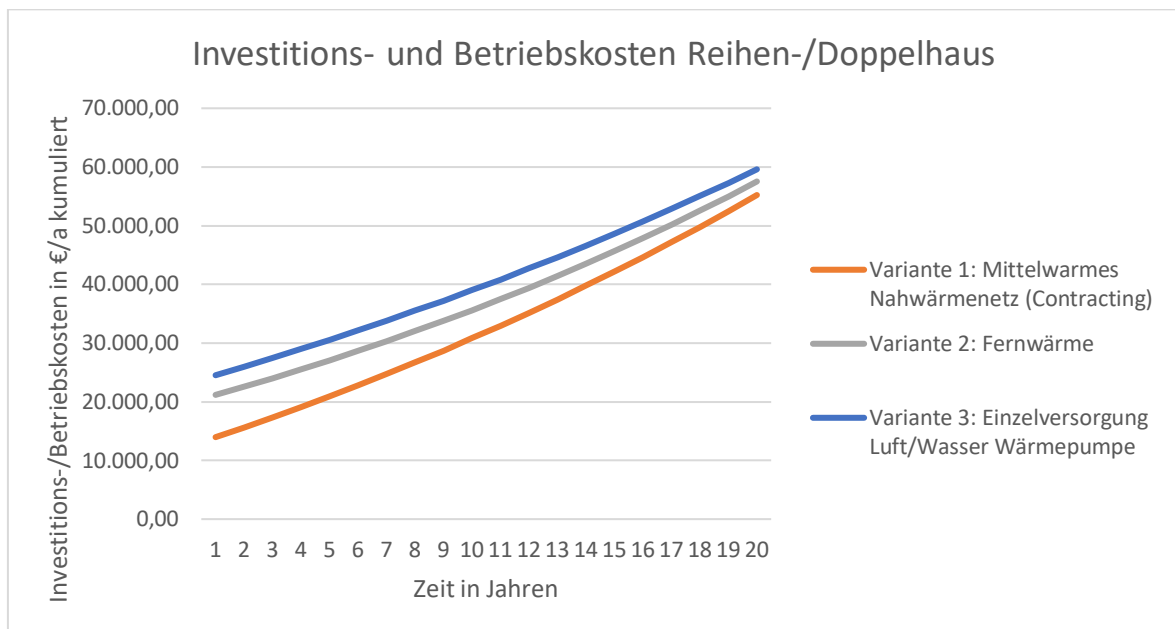


Abbildung 11 Investitions- und Betriebskosten für die Reihen- und Doppelhäuser anhand einer Beispielwohnung für drei Wärmeversorgungsvarianten (Mittelwarmes Nahwärmenetz, Fernwärme und Einzelversorgung über Luft-Wasser-Wärmepumpen).

Die Abbildung 11 zeigt auf, dass die Investitions- und Betriebskosten der Variante 3 (Einzelversorgung über Luft-Wasser-Wärmepumpen) im Vergleich zur Wärmeversorgung über ein mittelwarmes Nahwärmenetz (Contracting-Modell) und Fernwärme bei den Reihen- und Doppelhäusern etwas höher ausfallen. Nach 20 Jahren nähern sich die Investitions- und Betriebskosten der drei Varianten an. Die Variante 1 steht in diesem Fall dennoch am günstigsten dar.

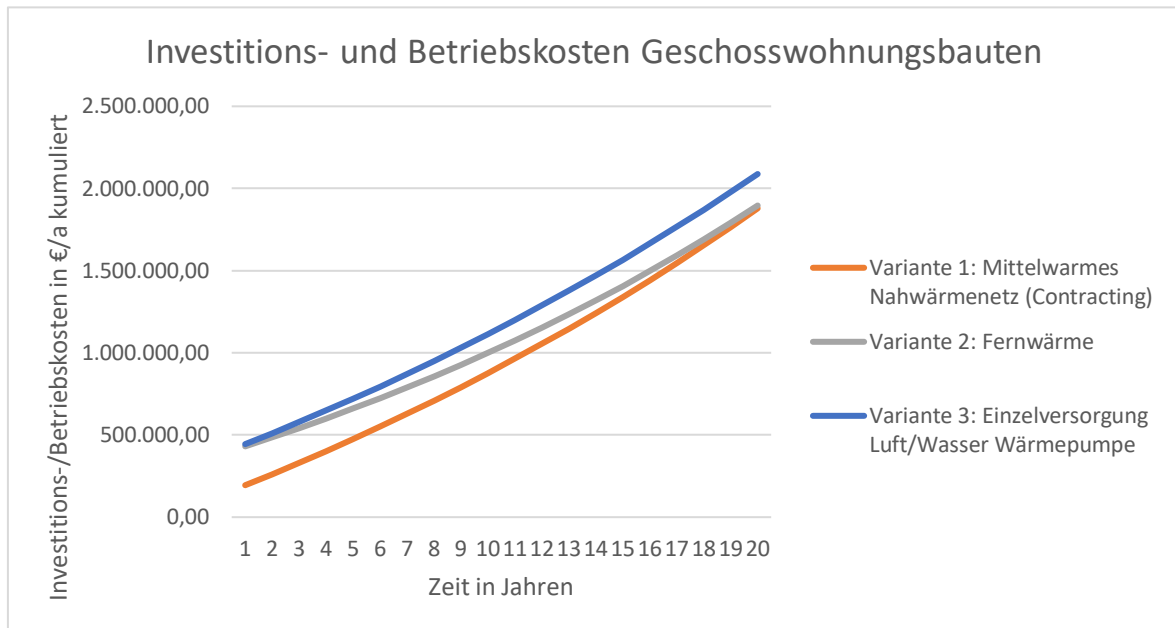


Abbildung 12 Investitions- und Betriebskosten für die Geschosswohnungsbauten für drei Wärmeversorgungsvarianten (Mittelwarmes Nahwärmenetz, Fernwärme und Einzelversorgung über Luft-Wasser-Wärmepumpen).

Die Abbildung 12 zeigt auf, dass die Investitionskosten der Variante 3 (Einzelversorgung über Luft-Wasser-Wärmepumpen) und der Variante 2 (Fernwärme) in etwa gleich hoch sind. Aufgrund der etwas höheren Betriebskosten der Variante 3 fallen die Investitions- und Betriebskosten nach 20 Jahren für die Variante 3 höher aus. Die Variante 1 steht aktuell sowohl in ihren Investitionskosten als auch in den Betriebskosten am günstigsten dar. Nach ca. 20 Jahren sind die Investitions- und Betriebskosten für Variante 1 und 2 in etwa gleich hoch.

Primärenergiefaktor

Über das mittelwarme Nahwärmenetz, das durch zwei zweistufige Sole-Wasser-Wärmepumpen und einem Elektro-Heizstab für die Spitzenlast gespeist wird, wird ein Primärenergiefaktor von 0,37 erreicht.

Der Primärenergiefaktor für Fernwärme der Fernwärmeversorgung Stadtnetz Neumünster liegt bei 0,27.

CO₂ Einsparung/CO₂ Emissionen

Die spezifischen CO₂-Emissionen liegen für den Strommix in Deutschland laut Umweltbundesamt im vergangenen Jahr 2022 bei ca. 435 g/kWh. Da FRANK jedoch ausschließlich Ökostrom bezieht, liegen die CO₂-Emissionen bei 0 g/kWh. Damit liegen die CO₂-Emissionen in der Variante 1 (mittelwarmes Nahwärmenetz über Wärme-Contracting) bei 0 t/a.

Die spezifischen CO₂-Emissionen für das Stadtnetz Neumünster liegt gemäß Angaben der Stadtwerke Neumünster bei 24 g/kWh. Damit liegen die CO₂-Emissionen für Fernwärme für das gesamte Quartier bei ca. 23,8 t/a.

In der Variante 3 (Einzelversorgung über Luft-Wasser-Wärmepumpen) liegen die CO₂-Emissionen für das gesamte Quartier bei ca. 143,76 t/a. Durch den Bezug von Ökostrom lassen sich auch in dieser Variante die CO₂-Emissionen deutlich reduzieren.

Vor- und Nachteile:

In den nachfolgenden Tabellen 11-13 sind die Vor- und Nachteile der für alle drei Wärmeversorgungsvarianten gegenübergestellt.

Variante 1: Mittelwarmes Nahwärmenetz (Contracting-Modell)	
Vorteile	Nachteile
Es ist eine rein regenerative und nachhaltige Wärmeversorgung möglich. Durch diese Art der Wärmeversorgung entstehen keine Treibhausgasemissionen.	Fläche für eine Energiezentrale notwendig.
Da FRANK in dieser Versorgungsvariante ausschließlich Ökostrom bezieht, liegen die CO ₂ -Emissionen bei 0 t/a.	Öffentliche Grünflächen für die Tiefenbohrungen notwendig.
Das Neubauquartier wird von FRANK ganzheitlich betrachtet. Von der Entwicklung, über die Planung bis zum Betrieb kommt alles aus einer Hand.	Gestattungsvertrag für die Verlegung von Leitungstrassen im öffentlichen Grund erforderlich.
Die Betreiberpflicht der Wärmeversorgungsanlage ist zu Beginn des Projekts geklärt.	
Da keine Dekarbonisierung erforderlich ist, besteht eine höhere Kostensicherheit hinsichtlich Wärmepreissteigerungen.	
Das Quartier erfüllt die Klimaziele der Stadt Neumünster von Anfang an.	
Die quartierszentrale Wärmeversorgung trägt zukünftig zur Entlastung der Fernwärmenetze bei.	
Niedriges Temperaturniveau der Abnehmer ermöglicht eine effiziente Betriebsweise der Sole-Wasser-Wärmepumpen.	
Geringere Investitionskosten für die Hauseigentümer gegenüber Variante 2 und 3.	
Geringere Wartungskosten für die Hauseigentümer gegenüber Variante 3.	
Im Heizungsraum der Hauseigentümer wird gegenüber Variante 3 wenig Platz für die Übergabestation benötigt.	
Keine Wartungskosten in den Geschosswohnbauten erforderlich, da die Heizzentrale im Liefer- und Leistungsumfang des Wärme-Contractors liegt.	

Tabelle 11 Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile einer Wärmeversorgung über ein mittelwarmes Nahwärmenetzes (Contracting-Modell).

Variante 2: Fernwärme	
Vorteile	Nachteile
Keine Energiezentrale notwendig.	Die hohen Vorlauftemperaturen der Stadtwerke Neumünster von 90 °C passen nicht zum Temperaturniveau der Abnehmer. Bestandsgebäude benötigen aufgrund ihres höheren Energiebedarf i.d.R. deutlich höhere Vorlauftemperaturen als Neubauten. Die Kapazitäten des Fernwärmenetzes sollten daher für Bestandsgebäude vorgehalten werden.
Leicht geringere Investitionskosten für die Hauseigentümer gegenüber Variante 3.	Fernwärme der Stadtwerke Neumünster besteht derzeit zu 69,9 % aus einem Ersatzbrennstoff, zu 26,9 % aus Steinkohle, zu 2,2 % aus Erdgas und zu 1,3 % aus Heizöl. Der erneuerbare Energienanteil im Fernwärmenetz beträgt aktuell 34,8 % . Der Anteil fossiler Brennstoffe ist im Fernwärmenetz aktuell noch verhältnismäßig hoch.
Geringere Wartungskosten für die Hauseigentümer gegenüber Variante 3.	Es ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht klar, wann die Fernwärmeversorgung auf einen rein regenerativen Betrieb umgestellt wird.
Im Heizungsraum der Hauseigentümer wird im Vergleich zur Variante 3 weniger Platz für die Übergabestation benötigt.	Durch die hohen Vorlauftemperaturen entstehen über die Leitungstrassen nicht zu vernachlässigende Wärmeverluste.
Niedriger Primärenergiefaktor von 0,27.	Unsicherheiten bei der Preissteigerung des Wärmepreises durch die bevorstehende Dekarbonisierung
Niedrige CO ₂ -Emissionen von 23,8 t/a.	

Tabelle 12 Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile einer Wärmeversorgung über Fernwärme der Stadtwerke Neumünster.

Die Fernwärme der Stadtwerke Neumünster wird in Heizkraftwerken mittels Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt. Bei diesem Prozess entstehen Wärme und Strom. In Deutschland wird bei Versorgungssystemen mit KWK-Anlagen die erzeugte Wärme nach der Stromgutschriftmethode bewertet. Die Stromgutschriftmethode führt trotz Einsatz fossiler Energieträger (Gas) zu einem verhältnismäßig geringen Primärenergiefaktor von 0,27. Die Stromgutschriftmethode findet auch Anwendung in der Ermittlung der spezifischen CO₂-Emissionen für Fernwärme. Die Anrechnung des durch die KWK-Anlage erzeugten Stroms führt zu einem niedrigen CO₂-Faktor für Fernwärme von 24 g/kWh. Das entspricht für das gesamte Quartier einer CO₂-Emission von 23,8 t/a.

Variante 3: Einzelversorgung über Luft-Wasser-Wärmepumpen	
Vorteile	Nachteile
Es ist eine rein regenerative und nachhaltige Wärmeversorgung möglich.	Höhere Investitionskosten für die Hauseigentümer gegenüber den Varianten 1 und 2, da jedes Gebäude über eine eigene Luft-Wasser-Wärmepumpe verfügt.
Keine Energiezentrale notwendig.	Höhere Wartungs- und Instandsetzungskosten für die Hauseigentümer gegenüber den Varianten 1 und 2.
Keine Leitungstrassen im öffentlichen Grund erforderlich.	Bei der Wahl des Aufstellortes ist die Schallausbreitung der Luft-Wasser-Wärmepumpen zu beachten.
Niedriges Temperaturniveau der Abnehmer ermöglicht eine effiziente Betriebsweise der Luft-Wasser-Wärmepumpen.	Beeinträchtigung des optischen Erscheinungsbildes, wenn die Luft-Wasser-Wärmepumpen außen aufgestellt werden.
Der durch die Photovoltaik-Anlagen produzierte Strom kann zur anteiligen Deckung des Wärmepumpenstroms genutzt werden.	Luft-Wasser-Wärmepumpen haben bei kalten Außentemperaturen einen höheren Strombedarf (bivalenter Betrieb).

Tabelle 13 Gegenüberstellung einer Wärmeversorgung als Einzelversorgung über Luft-Wasser-Wärmepumpen.

Zusammenfassung und Empfehlung:

Die Wärmeversorgungsvariante 1, in der die Wärmebereitstellung für das gesamte Quartier aus einer gemeinsamen Energiezentrale heraus, bestehend aus zwei zweistufigen Sole-Wasserpumpen und einem Elektro-Heizstab für die Spitzlast, erfolgt, bringt entscheidende Vorteile mit sich.

Mit dieser Versorgungsvariante ist eine verbrennungsfreie, innovative und zukunftsgerichtete Energieversorgung möglich. Die Wärmepumpen werden ausschließlich mit Ökostrom betrieben.

Durch die Reduzierung der Vorlauftemperatur im Nahwärmenetz auf maximal 45°C werden die Wärmeverluste im Nahwärmenetz erheblich gemindert. Zum Vergleich: Die Vorlauftemperatur im Fernwärmenetz der Stadtwerke Neumünster ist mit 90 °C doppelt so hoch. Diese hohe Vorlauftemperatur führt zwangsläufig zu höheren Wärmeverlusten im Leitungsnetz. Zudem werden derart hohe Vorlauftemperaturen in diesem Neubauquartier nicht benötigt.

Eine Vorlauftemperatur von maximal 45 °C ist für die Beheizung der Gebäude ausreichend. Nur in den Geschosswohnungsbauten sind für die Trinkwarmwasserbereitung höhere Vorlauftemperaturen von bis zu 65 °C erforderlich. Der Temperaturhub von 45 °C auf 65 °C erfolgt direkt in den Gebäuden, sodass die Summe aller Leitungslängen, die mit höheren Vorlauftemperaturen beaufschlagt werden, auf das Notwendigste reduziert werden. In den Reihen- und Doppelhäusern sind für die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen i.d.R. niedrigere Vorlauftemperaturen für die Trinkwarmwasserbereitung erforderlich.

Im Zuge der bevorstehenden Wärmewende wird es gerade in dicht bebauten Stadtgebieten erforderlich, dass vor allem die Bestandsgebäude aufgrund ihres höheren

Energiebedarfs und den damit verbundenen notwendigen höheren Vorlauftemperaturen über Fernwärme versorgt werden können. Durch die quartierszentrale Wärmeversorgung wird das Fernwärmenetz der Stadtwerke Neumünster zukünftig entlastet, sodass die Kapazitäten für die Bestandsgebäude vorgehalten werden können.

Das Neubauquartier in Neumünster im Grünen Weg Nr. 42-46 hat daher großes Potential ein Vorbildprojekt für die Stadt Neumünster zu werden.

Aus den oben genannten Gründen empfehlen wir für dieses Quartier die Wärmeversorgungsvariante 1.

Sofern eine Umsetzung der Variante 1 nicht möglich ist, empfehlen wir die Einzelversorgung über Luft-Wasser-Wärmepumpen (Variante 3).