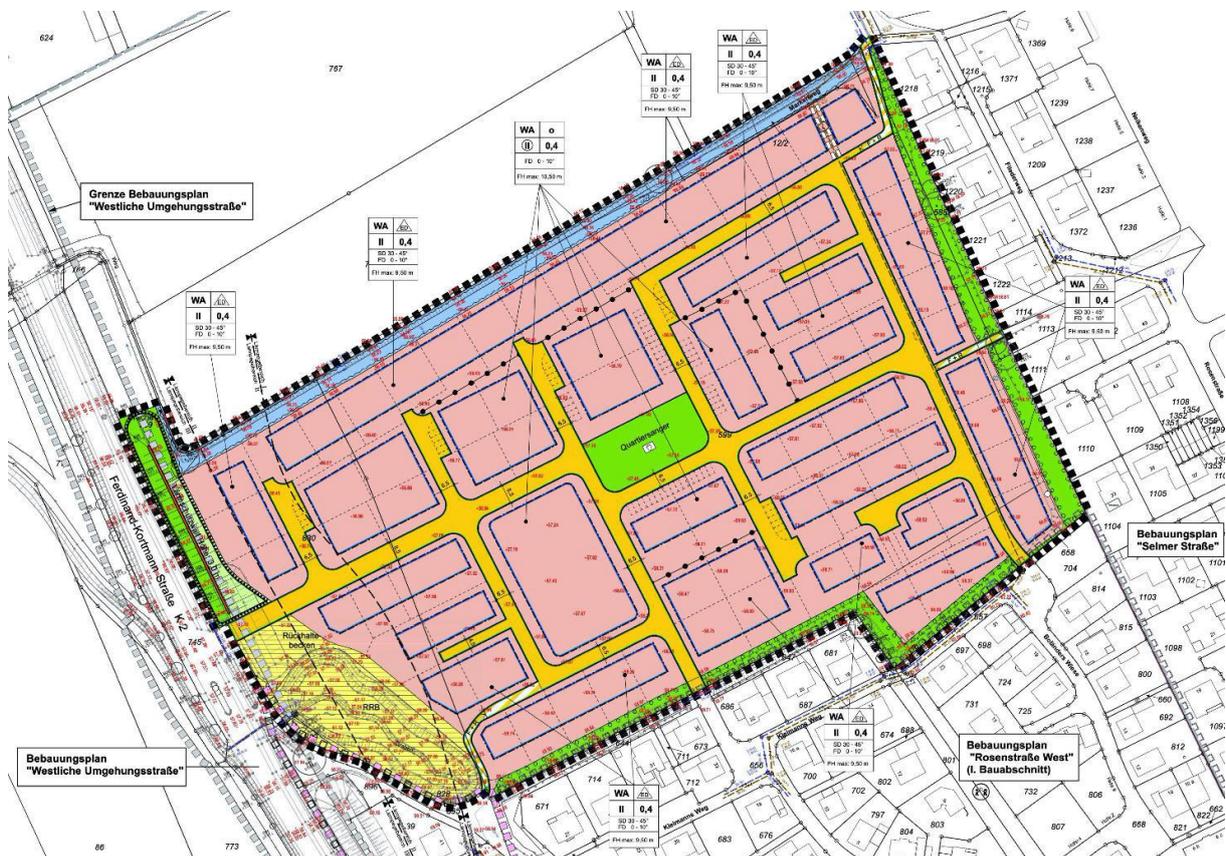


Fachbeitrag „Energie“ für das Neubaugebiet „Rosenstraße-Nord“

September 2021



Quelle: Gemeinde Nordkirchen Bebauungsplan NK 67 „Rosenstraße – Nord“

Bearbeitung durch:

Gertec GmbH Ingenieurgesellschaft
Martin-Kremmer-Str. 12
45327 Essen
Telefon: +49 [0]201 24 564-0

Auftraggeber:

Gemeinde Nordkirchen
Fachbereich Bauen, Planung und Umwelt
Josef Klaas
Bohlenstraße 2
59394 Nordkirchen
Telefon: +49 [0]2596 917-148
josef.klaas@nordkirchen.de

Dieser Bericht darf nur unverkürzt vervielfältigt werden. Eine Veröffentlichung, auch auszugsweise, bedarf der Genehmigung durch die Verfasserin.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	9
Abkürzungsverzeichnis	11
1 Aufgabenstellung	13
1.1 Zielsetzung für das Baugebiet	13
2 Rahmenbedingungen	15
2.1 Haustypen und beheizte Fläche	15
2.2 Spezifische Bedarfskennwerte der Gebäudestandards	16
2.3 Wärmebedarf für Raumheizung und Warmwasser	16
3 Versorgungsoptionen	18
3.1 Allgemein verfügbare Techniken und Energieträger der Wärmeerzeugung	18
3.2 Allgemein verfügbare Techniken und Energieträger der Wärmeerzeugung	20
3.2.1 Abwärme aus Elektrolyse-Prozess Venneker	20
3.2.2 Flächen für Erdkollektoren und Erdsonden	20
3.2.3 Biogas als lokal verfügbarer Energieträger	21
4 Detaillierte Beschreibung der ausgewählten Optionen	24
4.1 Erdsondenfeld und kalte Nahwärme	24
4.1.1 Erdwärmeverteilung	25
4.1.2 Wärmepumpen in den Gebäuden	25
4.2 Alternative: Erdsondenfeld und low-ex-Netz	26
4.3 Nahwärmeverteilung im konventionellen Heißwassernetz	26
4.3.1 Nahwärmenetz	26
4.3.2 Hausanschluss und Übergabestation	27
4.4 Wärmeerzeugung durch Heizzentrale für das Neubaugebiet	28
4.4.1 Biogas-BHKW	28
4.4.2 Holzpelletkessel	30
4.4.3 Referenzsysteme	30
5 Energie- und Umweltbilanz	31
5.1 Raumheizung und Warmwasser	31
6 Fördermittel	33
6.1 Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG WG)	33
6.2 Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)	34
7 Wirtschaftlichkeit	35
7.1 Kosten der Energieversorgung im Vergleich	35

7.1.1	Investitionen und Kapitalkosten	35
7.1.2	Energiepreise	36
7.1.3	Zuschläge und Vergütungen	38
7.2	Ergebnis als Vollkosten	39
7.3	Sensitivität bei anderen Energiepreisen	40
8	Zusammenfassende Empfehlung	42

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Satelitenaufnahme Boländers Wiese, Nordkirchen (Quelle: 2021 Geo-Basis-DE/BKG)	13
Abbildung 2	Gebäudetypen des Neubaugebiets	15
Abbildung 3	abgeschätzte Heizlast in kW der Gebäude bei KfW 55 / KfW 40	17
Abbildung 4	Potenzialflächen mit Größe in m ²	21
Abbildung 5	Jahresdauerlinie: Wärmeversorgung durch wärmeseitige Anbindung	22
Abbildung 6	Jahresdauerlinie: Wärmeversorgung durch Heizzentrale mit Biogas-BHKWs	23
Abbildung 7	Trassenverlauf Nahwärmenetz mit Heizzentrale im Quartier	27
Abbildung 8	Nahwärmeversorgung „klassisch“ aus einer Heizzentrale über BHKW	28
Abbildung 9	Jahresdauerlinie mit den beiden BHKW-Modulen	29
Abbildung 10	Jahresdauerlinie mit Holzpelletkessel	30
Abbildung 11	Wohnflächenbezogene CO ₂ -Emissionen zu Beginn und am Ende der Betriebsphase	32
Abbildung 12	Investitionen ohne Förderung	35
Abbildung 13	Investive Fördermittel	36
Abbildung 14	Vollkostenvergleich der Varianten in €/MWh	39
Abbildung 15	Vollkostenvergleich (inkl. CO ₂ -Bepreisung Erdgas) der Varianten €/m ² bezogen auf Wohnfläche	40
Abbildung 16	Sensitivität in Hoch- und Tiefpreis-Szenario	41
Abbildung 17	Kosten und CO ₂ -Emissionen bezogen auf Wohnfläche	42

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Bauweise und Ableitung der zu beheizenden Fläche	15
Tabelle 2	Bedarfskennwerte der Raumheizung für einen Mischwert KfW 55/ KfW 40 nach Gebäudetypen	16
Tabelle 3	Wärmebedarf des Baugebiets KfW 55 / KfW 40	16
Tabelle 4	Raumwärmeleistung des Baugebiets für KfW55 / KfW 40	17
Tabelle 5	Vorauswahlmatrix Versorgungstechniken	19
Tabelle 6	Wärmepotenzial Erdwärmesonden	21
Tabelle 7	Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren	31
Tabelle 8	Energiepreise inkl. CO ₂ -Bepreisung für fossiles Erdgas	37
Tabelle 9	Grobkalkulation Biogaspreis	38
Tabelle 10	Basispreise und Szenariendefinition (ohne CO ₂ -Bepreisung bei Erdgas)	40

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
d.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung
EE/EV	Handlungsfeld „Erneuerbare Energien und Energieversorgung“
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EnEV	Energie-Einsparverordnung
ggf.	gegebenenfalls
GWh	Gigawattstunde
Hi	Heizwert
inkl.	inklusive
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kW _{el}	Kilowatt elektrisch
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
MWh	Megawattstunde
PV	Photovoltaik
t	Tonne
THG	Treibhausgas
Tsd.	Tausend
u.a.	unter anderem
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

1 Aufgabenstellung

1.1 Zielsetzung für das Baugebiet

Der Ausschuss für Bauen und Planung des Rates der Gemeinde Nordkirchen hat in seiner Sitzung am 19.12.2019 die Aufstellung des Bebauungsplans „Rosenstraße Nord“ gem. § 2 Abs. 1 Baugesetzbuch (BauGB) beschlossen, um im Westen der Ortslage Nordkirchen neue Wohnbauflächen planungsrechtlich zu entwickeln. Das Plangebiet befindet sich im Westen der Ortslage Nordkirchen ca. 1,0 km vom Ortskern mit seinen Versorgungseinrichtungen entfernt und ist im Osten und Süden bereits von Wohngebieten eingefasst. Derzeit wird die Fläche hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt. Geplant ist, die Baustruktur der angrenzenden Wohngebiete im Osten und Süden mit der nachgefragten Eigenheimbebauung (Einzel- und Doppelhäuser) fortgesetzt. Im Bereich des Quartierplatzes soll eine Verdichtung durch Mehrfamilienhäuser angeboten werden, u.a. auch für „Besonderes Wohnen“ (Wohnheim für Behinderte, Kinderheilstätte, u.ä.). Insgesamt kann, je nach gewünschten Grundstücksgrößen, ein Angebot von ca. 73 Baugrundstücken für Einzel-/Doppelhäuser und ca. 10 Mehrfamilienhäuser bzw. Wohnheimbauten angeboten werden.¹



Abbildung 1 Satelitenaufnahme Boländers Wiese, Nordkirchen (Quelle: 2021 Geo-Basis-DE/BKG)

Für die weitere Ausarbeitung des Wohnbaugebiets soll ein Fachbeitrag zum Thema „Energie/Energiekonzept bzw. Klimaschutz“ erstellt werden, der das Plangebiet auf eine energieeffiziente und klimagerechte Wohngebietsplanung überprüft.

Ziel des Energieversorgungskonzeptes für das Neubaugebiet der „Rosenstraße Nord“ ist es, eine zukunftsfähige Energiekonzeption unter Berücksichtigung der Aspekte Energiebedarfsreduzierung, einer optimalen und effizienten Energieversorgung sowie die Berücksichtigung des Einsatzes erneuerbarer Energien vorzuschlagen. Gleichzeitig stehen dauerhaft niedrige Energiekosten bei gleichzeitiger hoher Betriebs- und Planungssicherheit für den Nutzer im Fokus. Angesichts der klimapolitischen Herausforderungen, vor denen auch die Stadt Nordkirchen steht, soll das Versorgungskonzept möglichst wenige Treibhausgase emittieren.

¹ Auszüge aus der Begründung zum Vorentwurf des Bebauungsplans NK 67 mit Stand vom 27.10.2020

Die Energie- und Umweltbilanz des neu zu entwickelnden Gebietes wird dabei zum einen durch den baulichen Standard der Gebäude und zum anderen durch die Systeme zur Versorgung mit Heiz- sowie ggf. Kälteenergie und Warmwasser sowie Strom bestimmt. Im Rahmen der Konzepterstellung werden daher folgende Punkte betrachtet:

- Im Sinne einer Sektorenkopplung sowohl der Energiebedarf für Raumwärme, Warmwasser, Haushalts- und sonstiger Strom sowie ggf. Kälte und Elektromobilität.
- Die Erfordernisse an die technische Konzeption sowie die ggf. stufenweise Realisierung der Energieversorgung, die aus der zeitlichen Umsetzung der geplanten Bebauung resultieren.
- Die Auswirkungen für die späteren Investoren und Nutzer, insbesondere in finanzieller Hinsicht.
- Die Integration eines möglichst hohen Anteils erneuerbarer Energien sowie die Nutzung weiterer endogener Potenziale (z.B. Nutzung Abwärme von Venneker Firmengelände Ermener Straße).
- Die Eckpunkte eines Kommunikationskonzeptes zur Einbindung der späteren Gebäudenutzer.
- Ein konzeptbegleitender Prozess mit den relevanten Entscheidungsträgern, um so neben der technisch-gutachterlichen Tätigkeit ein besonderes Augenmerk auf die prozessbegleitende Beratung der Entscheidungsträger zu legen.

2 Rahmenbedingungen

2.1 Haustypen und beheizte Fläche

Das Baugebiet ist ein Wohngebiet und besteht aus ca. 72 Baugrundstücksflächen für Einzel- bzw. Doppelhäuser und ca. 11 Mehrfamilienhäuser bzw. Wohnheimbauten. Die Grundstücke der Gebäude sind auf dem Bebauungsplan noch nicht eingezeichnet. Daher wird eine durchschnittlich zu beheizende Nettogrundfläche je nach Gebäudetyp angenommen, um den zukünftigen Wärmebedarf abzuschätzen.

Bauweise	Anzahl	Geschossanzahl	NF je Gebäude [m ²]	NF [m ²]
Einfamilienhäuser	42	1,6	161	6.774
Doppelhaushälften	30	1,6	138	4.147
Mehrfamilienhäuser	11	2,0	abhängig von Grundstücksfläche	9.079
Summe	83			20.000

Tabelle 1 Bauweise und Ableitung der zu beheizenden Fläche



Abbildung 2 Gebäudetypen des Neubaugebiets

2.2 Spezifische Bedarfskennwerte der Gebäudestandards

Der spezifische Bedarfskennwert für den Standard KfW 55 bzw. KfW 40 ist aus dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) und den Förderrichtlinien der KfW nicht einfach abzuleiten. Der zulässige Primärenergiebedarf ist dort in Bezug auf das sogenannte Referenzgebäude definiert.

Die Primärenergieanforderungen sind in dem GEG über eine in weiten Bereichen gestaltbare Kombination von Hüllflächenqualität, Lüftung, PV-Eigenerzeugung und Wärmeerzeugung zu erfüllen. Bei gleichem Standard kann die an das Gebäude zu liefernde Nettoheizwärme (Q_H) sehr unterschiedlich ausfallen. Nur bei den KfW-Standards ist auch die bessere Hüllflächenqualität (als H'_T = mittlerer Transmissionswärmeverlust) ein zusätzliches Kriterium. KfW 55 erfordert eine um 30 % bessere Hüllfläche als das Referenzgebäude.

Eine gute Quelle ist die vom IWU erstellte Wohngebäudetypologie², die zusätzlich eine Differenzierung zwischen den Gebäudetypen ermöglicht. Die hieraus abgeleiteten und im Folgenden verwendeten Richtwerte sind in der folgenden Tabelle aufgeführt. Je Gebäudetyp sind einheitliche Werte zugrunde gelegt, die sich an der vorgesehenen Bauweise, d.h. der Kompaktheit der Gebäude orientieren. Die Warmwasserversorgung mit 15 kWh/m²a ist mit einzubeziehen. Der Flächenbezug ist hier die Wohnfläche und nicht die größere Fläche A_N des GEG. Die Kenngrößen der Wohngebäudetypologie sind nach wie vor gültig, da sich die Anforderungen an Neubauten seit 2016, wie sie in der Wohngebäudetypologie aufgeführt sind, nicht verschärft haben.

Bauweise	Heizlast [W/m ²]	Wärmebedarf [kWh/(m ² a)]
Einfamilienhaus	39,4	50,2
Doppelhaushälfte	39,4	50,2
Reihenhaus	32,1	41,3
Mehrfamilienhaus	31,6	36,9

Tabelle 2 Bedarfskennwerte der Raumheizung für einen Mischwert KfW 55 (50 %)/ KfW 40 (50%) nach Gebäudetypen

2.3 Wärmebedarf für Raumheizung und Warmwasser

Aus den spezifischen Bedarfswerten sind über die Gebäudegrößen und Gesamtflächen für die Gebäude des Baugebiets abgeleitet worden.

Gebäudetyp	NF [m ²]	Heizwärmebedarf [MWh]	Wärmebedarf Trinkwarmwasser [MWh]	Wärmebedarf ges. [MWh]
EFH	6.774	340	102	442
DHH	4.147	208	62	270
MFH	9.079	335	136	471
Summe	20.000	883	300	1.183

Tabelle 3 Wärmebedarf des Baugebiets KfW 55 / KfW 40

² IWU: Deutsche Wohngebäudetypologie Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden -zweite erweiterte Auflage – Darmstadt 2015

Gebäudetyp	NF [m ²]	Heizlast [kW]
EFH	6.774	267
DHH	4.147	163
MFH	9.079	287
Summe	20.000	717

Tabelle 4 Raumwärmeleistung des Baugebiets für KfW55 / KfW 40

Die räumliche Verteilung im Plangebiet stellt sich wie folgt dar, wobei hier der Wärmebedarf bei einem Mischwert für KfW 55 / KfW 40 für die Raumheizung je Gebäude dargestellt ist. Diese Verteilung ist die wesentliche Grundlage der Netzdimensionierung.



Abbildung 3 abgeschätzte Heizlast in kW der Gebäude bei KfW 55 / KfW 40

Der Warmwasserbedarf ist für die Leitungsdimensionierung dann von Bedeutung, wenn in den Häusern ein Durchfluss System installiert wird. In diesem Fall steigt der Anschlusswert eines Einfamilienhauses auf 20 bis 25 kW an.

Wenn die Warmwasserversorgung über Speicher erfolgt, kann über den Anschlusswert der Raumheizung auch die Speicherbeladung erfolgen. Die in der Konstruktion der Jahresdauerlinie verwendete Tagesganglinie geht davon aus, dass die Speicherbeladung in der nachfrageschwachen Zeiten der Raumheizung stattfindet.

3 Versorgungsoptionen

3.1 Allgemein verfügbare Techniken und Energieträger der Wärmeerzeugung

Die folgende Matrix gibt zunächst einen Überblick über mögliche Techniken der Wärmeerzeugung mit deren Einsatzbereichen (zentral/dezentral) sowie ihren Vor und Nachteilen.

Wärmeerzeugung durch	Einsatzbereich	Vorteile	Nachteile
Holzackschnitzel	zentrale Versorgung	niedrige Brennstoffkosten keine Kopplung an den Ölpreis regionale Verfügbarkeit der Brennstoffe niedrige CO ₂ Emissionen Grund und Spitzenlast	aufwändige Anlagentechnik hoher Betriebsaufwand hoher Platzbedarf für Kessel und Brennstofflager hohes Transportaufkommen
Holzpellet	zentrale und dezentrale Versorgung	mäßige Brennstoffkosten keine Kopplung an den Ölpreis (über-)regionale Verfügbarkeit hoher Automatisierungsgrad geringerer Betriebsaufwand mäßiger Platzbedarf geringe CO ₂ Emissionen Grund und Spitzenlast	aufwändige Anlagentechnik mäßiger Platzbedarf für Kessel und Brennstofflager mittleres Transportaufkommen
KWK mit fossilem Erdgas	zentrale Versorgung	mäßige Brennstoffkosten hohe Effizienz niedrige CO ₂ Emissionen bei einer Stromgutschrift gegen den fossilen BRD Mix geringer/mittlerer Platzbedarf	Abhängigkeit von Energie Importen BHKW nur für die Grundlast, Spitzenlast über Gaskessel Wartungsaufwand
KWK mit Biomethan (virtuelles Biogas, stofflich Erdgas)	zentrale Versorgung	Stromvergütung gem. EEG je nach Leistungsklasse hohe Effizienz geringe CO ₂ Emissionen geringer/mittlerer Platzbedarf	hohe Brennstoffkosten begrenzte Verfügbarkeit von Biomethan mittlere CO ₂ Äquivalent Emissionen (Methan, Lachgas fallen bei der Erzeugung an) BHKW nur für die Grundlast, Spitzenlast über Gaskessel Wartungsaufwand
Elektro-Wärmepumpe Luft als Wärmequelle	dezentrale Versorgung	geringer Betriebsaufwand mäßiger Platzbedarf geringe CO ₂ Emissionen Grund und Spitzenlast	Temperaturniveau der Wärmeabgabe <50 °C, besser <40 °C u.U. Lärmbelästigung der Nachbarschaft

Wärmeerzeugung durch	Einsatzbereich	Vorteile	Nachteile
Elektro-Wärmepumpe Erdsonden als Wärmequelle	dezentrale Versorgung	geringer Betriebsaufwand mäßiger Platzbedarf geringe CO ₂ Emissionen Grund und Spitzenlast Effizienz höher als bei Luftwärmepumpen	Temperaturniveau der Wärmeabgabe <50 °C, besser <40 °C Bohrung auf jedem Grundstück erforderlich, bei hoher Bebauungsdichte gegenseitige Beeinträchtigung oder allmähliche Auskühlung geologische Eignung nicht immer gegeben
kalte Nahwärme Sondenfeld, Kollektorfeld Abwasserkanäle, Gewässer, geringwertige Abwärme <30° C	dezentrale Wärmepumpen je Haus zentrale Versorgung über ein kaltes Nahwärmenetz	wie Erdsondenwärmepumpe Nahwärmenetz ohne Isolierung keine Netzverluste	Temperaturniveau der Wärmeabgabe <50 °C, besser <40 °C geeignete Flächen sind im lokalen Umfeld nicht immer verfügbar lokale Verfügbarkeit dieser speziellen Quellen erforderlich
Solarthermie	dezentrale Versorgung	minimale CO ₂ Emissionen gute Kombinierbarkeit mit anderen Energie Quellen geringer Betriebsaufwand	vorwiegend für Warmwasser nicht für Heizung im Winter
Erdgas	dezentrale Versorgung	geringer Platzbedarf gute Kombinierbarkeit	hohe CO ₂ Emissionen fossiler Energieträger Abhängigkeit von Energie-Importen
Erdgas	zentrale Versorgung	mäßiger Platzbedarf gute Kombinierbarkeit	hohe CO ₂ Emissionen und Netzverluste fossiler Energieträger Abhängigkeit von Energie-Importen

Tabelle 5 Vorauswahlmatrix Versorgungstechniken

Theoretisch wäre es möglich, die Wärme für jedes Gebäude dezentral durch eine der eben erwähnten Versorgungstechniken bereitzustellen. Jedoch blieben bei einer dezentralen Wärmeversorgung (sowohl ökologische wie auch wirtschaftliche) Effizienzpotenziale ungenutzt, die eine zentrale Nahwärmeversorgung ausschöpfen könnte. Beispielsweise könnte jedes Gebäude einzeln über kleinere BHKWs mit Wärme versorgt werden. Größere BHKWs sind jedoch zum einen effizienter in der Wärme- und Stromproduktion, zum anderen liegen bei kleinen BHKWs die spezifischen Kosten deutlich höher. Auch ist der Wartungsaufwand für viele dezentrale Anlagen höher als für eine zentrale Anlage. Sollte die Wahl auf den Energieträger Holz fallen, ergibt sich bei einer zentralen Versorgung der Vorteil, dass die Pelletlagerung und -anlieferung über eine Heizzentrale logistisch leichter zu handhaben ist, als über eine dezentrale Versorgung. Auch die Vorgaben bezüglich Lärm- und Emissionsschutz lassen sich mit einer zentralen Versorgung leichter einhalten. Da das gesamte Gebiet neu errichtet wird, können Nahwärmeleitungen im Vorhinein gut eingeplant werden.



Die Errichtung eines Neubaugebietes bietet außerdem die Möglichkeit, Wärme auf niedrigem Temperaturniveau einzusetzen. Der spezifische Wärmebedarf ist durch den guten Effizienzstandard der Gebäudehülle (KfW55 und KfW40) ausreichend klein und auch das Verteilsystem und die Wärmeübergabe in den Gebäuden können durch Installation von Flächenheizungen optimal auf das niedrige Temperaturniveau ausgelegt werden. Aus diesem Grund werden zunächst die Möglichkeiten einer Wärmeversorgung basierend auf Umweltwärme untersucht. Neben dem Einsatz erneuerbarer Energien ist diese Art der Wärmeversorgung lokal betrachtet emissionsfrei und unabhängig von zusätzlichen (fossilen) Wärmelieferanten. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit der passiven Kühlung in den Sommermonaten.

3.2 Allgemein verfügbare Techniken und Energieträger der Wärmeerzeugung

3.2.1 Abwärme aus Elektrolyse-Prozess Venneker

Die Venneker-Gruppe plant die Errichtung einer Wasserstoffproduktion mittels Elektrolyse aus Windkraftanlagen-Strom auf dem Firmengelände des Viehhandel Josef Venneker an der Ermener Straße. Da sich das Firmengelände lediglich ca. 700 m vom Neubaugebiet entfernt befindet, bietet es sich an, die bei der Elektrolyse anfallende Abwärme über eine Fernwärmeleitung in das Neubaugebiet zu leiten und für die Gebäudeheizung zu verwenden.

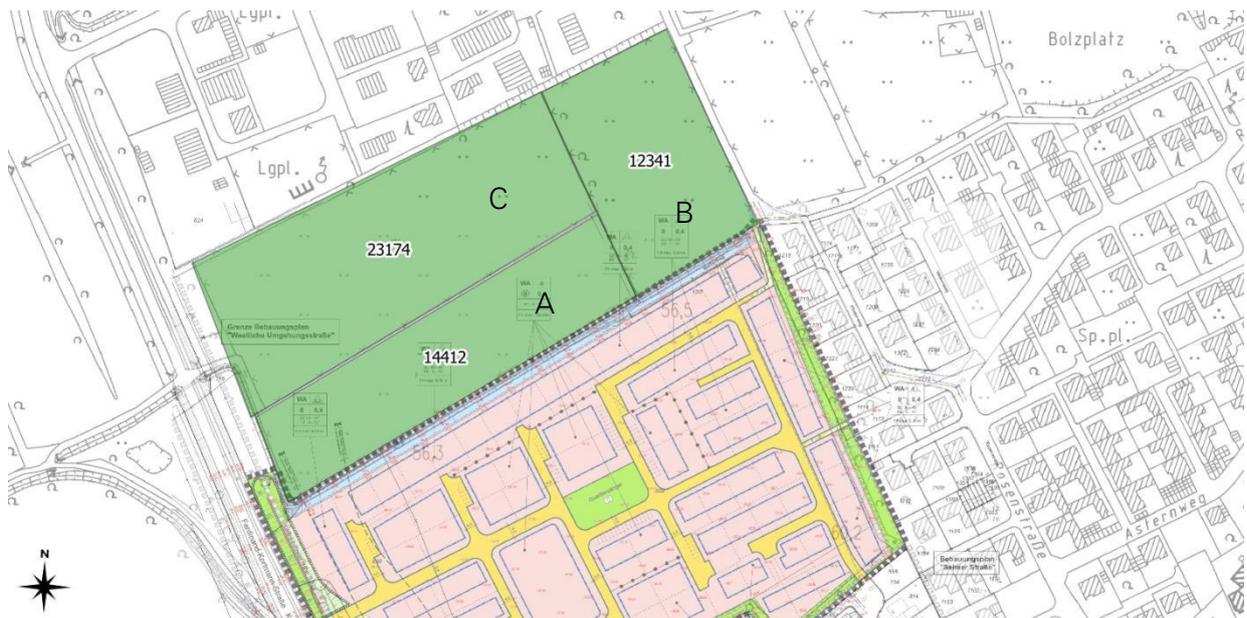
Bei einer geplanten Elektrolyseurleistung von ca. 4 MW lassen sich ca. 700 kW Abwärme-Heizleistung bei einem Temperaturniveau von 50 bis 70 °C nutzen. Bei 3.000 Betriebsstunden stünden so ca. 2.100 MWh Abwärme zur Verfügung.

Würde das Effizienzniveau der Gebäudehülle geringfügig verbessert, würde das Abwärmepotenzial der Wasserstoffproduktion theoretisch ausreichen, um das Neubaugebiet mit Wärme versorgen zu können. Die Planung der Wasserstoffproduktion durch Windkraft ist jedoch derzeit noch in einem sehr frühen Stadium, so dass die Eckdaten als noch nicht gesichert angesehen werden können. Auch die langfristige Abwärmeversorgung der Elektrolyseproduktion kann derzeit nicht als gesichert angenommen werden, so dass die Variante „Abwärme aus dem Elektrolyseprozess“ in Absprache mit der Stadt Nordkirchen nicht tiefer gehend betrachtet wird.

3.2.2 Flächen für Erdkollektoren und Erdsonden

Ausreichende Flächen für Erdkollektoren und Erdsondenfelder sind die Voraussetzung für kalte Nahwärmenetze mit dezentralen Wärmepumpen je Haus oder für sog. low ex Netze mit zentraler Wärmepumpenanlage.

Im Plangebiet sind die verfügbaren Flächen quantifiziert und hinsichtlich ihrer thermischen Leistungsfähigkeit in Bezug auf den Bedarf des Gebietes eingeschätzt worden.

Abbildung 4 Potenzialflächen mit Größe in m²

Die Richtwerte für eine flächenspezifische Entzugsleistung liegen bei 44 W/m², womit die folgende Potenzialberechnung für die einzelnen Flächen durchgeführt wird. Das Gebiet ist geeignet für Erdsondenbohrungen. Für Erdkollektoren ist das Gebiet nicht geeignet.³ Die potenziell geeigneten Flächen befinden sich außerhalb des Baugebiets.

		Fläche A	Fläche B	Fläche C
Fläche	[m ²]	14.412	12.341	23.174
spezifische Entzugsleistung	[W/m ²]	44	44	44
Entzugsleistung	[kW]	282	241	453
Leistungszahl Wärmepumpen	-	4,0	4,0	4,0
Leistungsbedarf Strom	[kW]	94	80	151
Potenzial Wärmeabgabe	[kW]	376	322	604
Bedarf Baugebiet	[kW]	717	717	717
Deckungsgrad	%	52 %	45 %	84 %

Tabelle 6 Wärmepotenzial Erdwärmesonden

Die Wärmeversorgung des Gebiets könnte über eine Kombination aus Fläche A+C oder Fläche B+C durch Geothermie versorgt werden.

3.2.3 Biogas als lokal verfügbarer Energieträger

Das landwirtschaftliche Unternehmen Lütke Holz betreibt eine Biogasanlage. Das dort produzierte Biogas wird in einem BHKW genutzt, welches zu einem großen Anteil die Holz Trocknung sicherstellt.

³ Quelle: Geothermie in NRW – Standortcheck (<https://www.geothermie.nrw.de/>), Zugriff März 2021

Die EEG-Vergütung wird spätestens Ende 2026 auslaufen. Die Biogasproduktion wird jedoch weiterhin erfolgen. Da Lütke Holz in Zukunft die Heizwärme zur Holz Trocknung nicht mehr durch ein BHKW bereitstellen möchte, ergeben sich für das Neubaugebiet zwei Optionen, das weiterhin produzierte Biogas zu nutzen: zum einen die Verlegung einer Biogasleitung von dem Landwirtsbetrieb zum Neubaugebiet, zum anderen eine wärmeseitige Anbindung. Der Abstand zum Wohngebiet beträgt ca. 2,1 km.

Die Verlegung der Biogasleitung hat in diesem Fall mehrere Vorteile gegenüber der wärmeseitigen Anbindung. Mit der Verlegung der Gasleitung werden Leitungswärmeverluste vermieden, die eine wärmeseitige Anbindung mit sich bringen würden. Die Verlegung der Gasleitung hat den weiteren Vorteil, dass diese kostengünstiger in ihrer Investition als die Verlegung einer isolierten Wärmeleitung ist. Außerdem ist mit Installation einer Heizzentrale in das Neubaugebiet eine gewisse Flexibilität und Unabhängigkeit gegeben, sollte sich die Versorgung von Biogas langfristig ändern oder nicht mehr möglich sein. In diesem Fall könnte die Brennstoffversorgung der Heizzentrale entsprechend angepasst werden und müsste nicht neu errichtet werden.

Momentan wird das erzeugte Biogas vollständig selbst genutzt. Das Biogas-BHKW hat eine Leistung von 240 kW_{el}. Nachfolgende Grafik zeigt die theoretische Jahresdauerlinie, sollte die Holz Trocknung durch den Wärmebedarf des Neubaugebiets ersetzt werden.

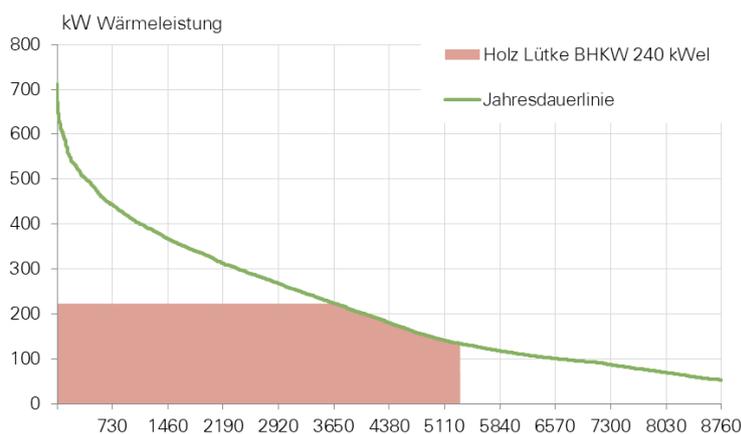


Abbildung 5 Jahresdauerlinie: Wärmeversorgung durch wärmeseitige Anbindung

Abbildung 5 zeigt, dass das vorhandene BHKW nicht optimal für eine Wärmeversorgung des Neubaugebiets geeignet wäre. Günstiger wäre es, würden mehrere kleine BHKWs die Grundlastversorgung sicherstellen, so dass ein höherer Wärmeanteil des Neubaugebiets durch KWK gedeckt und eine höhere Volllaststundenanzahl der Aggregate erzielt werden könnte.

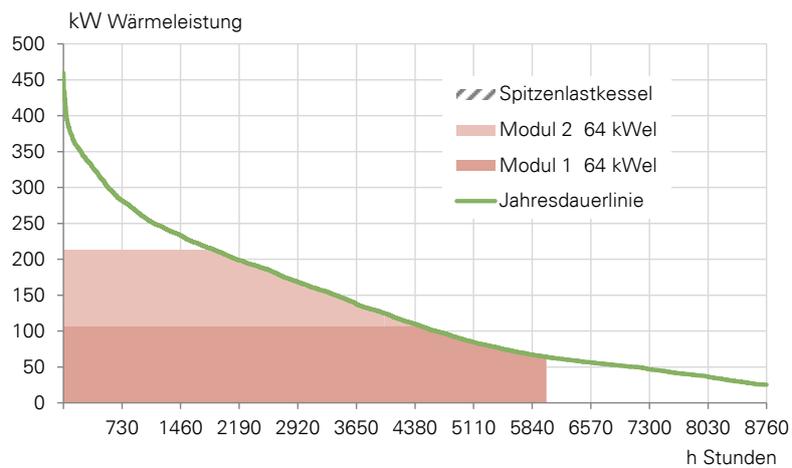


Abbildung 6 Jahresdauerlinie: Wärmeversorgung durch Heizzentrale mit Biogas-BHKWs

Der Aspekt, dass die BHKW-Module passend für die Wärmeversorgung des Neubaugebiets ausgelegt werden können, ist ein weiteres Argument für die Errichtung einer Heizzentrale im Neubaugebiet.

4 Detaillierte Beschreibung der ausgewählten Optionen

Die Voraussetzungen für kalte Nahwärme sind, sofern die im Kapitel 3.2.2 beschriebenen Flächen zur Verfügung stehen, gegeben. Somit wird die kalte Nahwärme als mögliche Versorgungsoption mit einbezogen. Daneben werden als Erzeugungsanlagen für ein konventionelles Heißwassernetz die folgenden Systeme ausgewählt, die sich in der Wahl des Energieträgers unterscheiden. Die Biogas-KWK-Variante wird mit lokalem Biogas versorgt. Falls die Heranführung nicht möglich sein sollte, könnte mit dieser Variante auf virtuelles Biogas (Biomethan) aus dem Erdgasnetz zurückgegriffen werden.

Theoretisch könnte jedes Gebäude seine eigene Wärmeversorgung über BHKW oder Holzpellets bekommen. Vorteil der quartierszentralen Versorgung ist die höhere Effizienz der BHKWs in dieser Größenordnung gegenüber eines BHKWs, welches für die Wärmeversorgung eines einzelnen Gebäudes zuständig ist. Die spezifischen Kosten liegen gebäudebezogen bei einer gebäudezentralen Wärmeversorgung durch das BHKW deutlich höher als bei einer Versorgung über eine Heizzentrale, die das gesamte Quartier versorgt. Auch die Wärmebereitstellung durch Holzpellets ist aufgrund der Pelletlagerung und -anlieferung über eine Heizzentrale logistisch leichter zu handhaben.

Als Referenzsystem werden in den anschließenden Vergleichsrechnungen die im Neubau verbreiteten Systeme Erdgasheizung mit Solarthermie sowie Luft/Wasser-Wärmepumpe mitgeführt.

Option der Wärmeerzeugung	Vor- und Nachteile	KfW 55 EE / KfW 40 EE
kalte Nahwärme	voraussichtlich 40% der Investitionen des gesamten Systems nach BEW, zunächst Betrieb mit BRD-Strommix 40-50% EE-Anteil, später mit wesentlich höherem Anteil, abhängig den Entwicklungen im Strommarkt	ja
Biogas-BHKW und Spitzenlast über fossiles Erdgas	40% Förderung des Nahwärmenetzes nach KWK-G oder nach BEW für alle Systemkomponenten Biogas als Erneuerbare Energie Aufwand für die Rohbiogasleitung und Substrate Spitzenlast fossil	ja
Holzpelletkessel und Spitzenlast über fossiles Erdgas	Holz als Erneuerbare Energie 90% zur Zeit höherer Brennstoffpreis, langfristig höhere Preisstabilität als bei Erdgas anlagentechnischer Aufwand Abgasreinigung Spitzenlast fossil	ja

4.1 Erdsondenfeld und kalte Nahwärme

Die Wärmegewinnung aus dem Erdreich erfolgt über Erdsonden, da das Gebiet nach Angaben des geologischen Dienstes für die Flachkollektornutzung nicht so gut geeignet ist. Die Ergiebigkeit liegt nach erster Einschätzung bei 44 W/m. Aus einer 100 m tiefen Sonde lassen sich 4,4 kW gewinnen. Für die Vollversorgung sind 122 Sonden ausreichend.

Die Angaben zur Ergiebigkeit sind mit Unsicherheiten behaftet und müssen durch Probebohrungen mit einem Geothermal Response Test (GRT) sowie dann später auch im realen Betrieb verifiziert werden.

Wenn die Ergiebigkeit höher ist, kann man auf eine gewisse Zahl von Sonden verzichten, sofern sie niedriger ist, muss die Zahl erhöht werden. Mit dem allmählichen Ausbau des Gebietes kann hier flexibel reagiert werden. Auch die Kühlung der Gebäude kann durch Regeneration des Sondenfeldes zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit beitragen.

4.1.1 Erdwärmeverteilung

Die Wärmeverteilung erfolgt über nicht isolierte Rohrleitungen der kalten Nahwärme mit Vor- und Rücklaufleitung. Das Rohrmaterial ist Kunststoff, ähnlich wie bei Gas- und Wasserleitungen. Das Netz hat eine Nebenfunktion als Wärmequelle wie ein flach verlegter Erdkollektor. Erfahrungsgemäß gewinnt man je Trassenmeter ca. 12 kWh/a, wobei der Gewinn an kalten Tagen im Winter gering ist, wenn Bodenfrost sich in die Tiefe ausbreitet.

Das Netz kann mit Wasser oder mit Sole betrieben werden. Der Nachteil von Wasser ist die Gefahr der Eisbildung. Sobald an den Wärmetauscherflächen der Wärmepumpen eine Eisbildung stattfindet, bricht der Wärmeübergang weitgehend zusammen und die Wärmepumpe heizt nicht mehr.

Die Verwendung von Sole verhindert dies, bringt aber über schlechtere Wärmeeigenschaften des Trägermediums Nachteile in der Leistung bzw. höhere Durchflussraten und Pumpstromaufwände mit sich.

Wenn ein kaltes Nahwärmenetz weit über dem Nullpunkt betrieben wird, weil z.B. Abwärme über 20 °C aus einem Industriebetrieb verfügbar ist, kann Wasser eingesetzt werden. Im Neubaugebiet „Rosenstraße-Nord“ wird man Sole verwenden müssen.

Die Temperaturen im Netz liegen im Vorlauf bei ca. 10 °C und im Rücklauf bei 6 bis 4 °C. Die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf als Auslegungsparameter zur Bestimmung der Nennweite wird mit 5 K in Ansatz gebracht. Aus der geringen Spreizung ergeben sich wesentlich größere Nennweiten als bei einem konventionellen Hochtemperatur-Wärmenetz.

Für die Umwälzung der kalten Nahwärme sind zwei Varianten denkbar:

Zentral: Es wird eine zentrale Pumpenstation eingesetzt. Diese sammelt die Erdwärme aus den Sonden und ggfs. auch aus den Zuleitungen und verteilt sie über das Versorgungsnetz, das als Strahlennetz ausgeführt ist. Die Berechnung der Netz-Nennweiten auf den einzelnen Abschnitten ist einfach über Summe der Leistungen auf den Strangabschnitten möglich.

Dezentral: Die zur Umwälzung benötigte Energie wird beim Abnehmer eingesetzt. Die Einspeisung der Erdsonden-Wärme erfolgt an mehreren Punkten, die eine Funktion als Verteilerstationen wahrnehmen. Das Netz wird ringförmig und vermascht ausgeführt werden. Die Berechnung der Netz-Nennweiten auf den einzelnen Abschnitten ist mit einfachen Mitteln nicht mehr möglich, die Dimensionierung ist auf der Konzeptebene überschlägig mit Sicherheitszuschlägen vorzunehmen.

Es wird hier die dezentrale Variante mit zwei Verteilerstationen zugrunde gelegt.

4.1.2 Wärmepumpen in den Gebäuden

In den einzelnen Gebäuden sind vom Betreiber des Netzes oder dem Eigentümer Wärmepumpen zu installieren, die das Niveau der Erdwärme (ca. 10 °C im Vorlauf, Rücklauf 6-4 °C) auf den jeweiligen Bedarf anheben, ca. 35 °C für die Raumheizung mit Flächenheizsystemen (Fußbodenheizung) sowie 40 bis 60 °C für die Trinkwassererwärmung.

Wenn der Netzbetreiber die Wärmepumpen installiert und in seinem Eigentum behält, sind sie Teil des Gesamtsystems kalte Nahwärme und im Rahmen der BEW förderfähig. Diese Betreibervariante ist auch aus anderen Gründen zu bevorzugen, z.B. aus regelungstechnischen Gründen mit zentralem Zugriff auf alle Wärmepumpen und auch Vorteilen bei der Beschaffung und Wartung.

Der Strom zum Antrieb der Wärmepumpen wird nicht vom Netzbetreiber, sondern vom Hausbesitzer bereitgestellt. Es besteht so die Möglichkeit, eigenerzeugten PV-Strom in größerem Umfang selbst zu nutzen.

4.2 Alternative: Erdsondenfeld und low-ex-Netz

Eine Alternative zum kalten Nahwärmenetz mit dezentralen kleinen Wärmepumpen ist das low-ex-Netz mit zentraler Groß-Wärmepumpe. In einem low-ex-Netz werden die Temperaturen soweit abgesenkt, dass die Heizenergie mit 38 - 45 °C Vorlauf aus dem Netz bezogen werden kann. Nicht alle Warmwassersysteme sind mit diesen Temperaturen ausreichend zu versorgen. Frischwasserstationen mit kurzen Leitungswegen zu den Zapfstellen sind in Einfamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern eine praktikable hygienisch zulässige Lösung, auch wenn die Konzeption der kalten und warmen Trinkwasserinstallation mit besonderer Sorgfalt zu erfolgen hat. In Nichtwohngebäuden und Mehrfamilienhäusern mit Zirkulationsleitungen muss unter Umständen ein zusätzlicher Aufwand zur Gewährleistung des Legionellenschutzes getroffen werden.

Nachteil der zentralen Wärmepumpe ist die Erfordernis, alle Solemenge aus dem Sondenfeld an einer Stelle zu sammeln und über ein hierarchisches Sammelnetz der Heizzentrale zuzuführen. Ein weiterer Nachteil sind die Netzverluste des low-ex-Netzes, die zwar deutlich geringer sind als die eines Hochtemperatur-Netzes mit 70-80 °C im Vorlauf, aber dennoch die Energiebilanz verschlechtern. Eine Gebäudekühlung ist mit Ausführung dieser Option ebenfalls nicht möglich.

Diese Variante wird hier nicht weiter verfolgt.

4.3 Nahwärmeverteilung im konventionellen Heißwassernetz

Unabhängig von der Art der Erzeugung erfolgt die Verteilung der Wärme über ein Nahwärmenetz. Die einzelnen Gebäude werden über eine indirekte Übergabestation mit Wärmetauscher an das Netz angeschlossen. Das in den Gebäuden zirkulierende Heizungswasser ist vom Heizwasser des Nahwärmenetzes hydraulisch getrennt. Schäden oder Installationsfehler in einem Gebäude haben keine Rückwirkungen auf das Netz.

Die mögliche Variante einer direkten Übergabe ist in einem Gebiet dieser Größe und dem Verkauf der Gebäude an verschiedene Eigentümer mit zu hohen Risiken behaftet, die Kostenvorteile der etwas einfacheren Ausführung der Übergabestationen sind im Verhältnis dazu gering. Zudem müsste der Nahwärmenetzbetreiber seinen Kunden verbindliche enge Vorgaben zur Ausführung der hausinternen Installationen machen und sich auch gegen spätere nichtkonforme Änderungen absichern.

4.3.1 Nahwärmenetz

Ausgangspunkt der als Strahlennetz konzipierten Versorgung ist die Heizzentrale, die auf dem städtischen Grundstück errichtet wird. Die Nennweiten des Nahwärmenetzes sind auf Grundlage der kumulierten Anschlusswerte ermittelt. Dabei ist ein Mischwert KfW 55/ KfW 40-Standard in Ansatz gebracht.

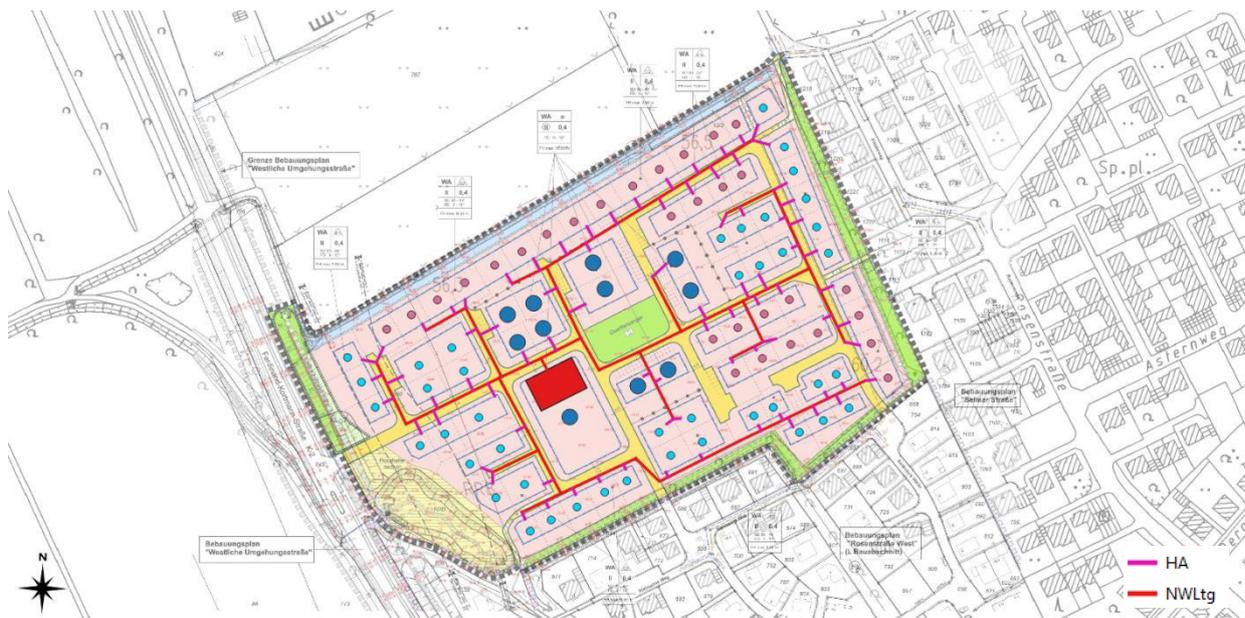


Abbildung 7 Trassenverlauf Nahwärmenetz mit Heizzentrale im Quartier

Die Investitionen für das Netz liegen inklusive Planungskosten (20 %) und Zuschlägen für Unvorhergesehenes (10 %) bei 460 T€. Im Mittel ergeben sich für das 1,3 km lange Netz spezifische Trassenkosten von 276 €/m.

Auf jedes der anzuschließenden Gebäude entfällt bei Umlage dieser Kosten nach Gebäudeanzahl ein Betrag von 5.545 €. Bei Umlage nach Nettoschossfläche liegen die spezifischen Kosten bei 23,0 €/m².

Bei diesen Kostenangaben handelt es sich um erste Orientierungswerte. Die Regelungen der AVB-FernwärmeV (Verordnung über allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme) sind in der Kalkulation zu berücksichtigen. Die Ausgestaltung eines Umlagesystems und des Tarfsystems steht ganz am Ende des Planungsprozesses und liegt - in Abstimmung mit der Stadt - im Verantwortungsbereich des Betreibers der Nahwärmeversorgung.

Die Kosten des Netzes können unter bestimmten Voraussetzungen über das KWKG gefördert werden. Wenn die KWK-Anlage so ausgelegt wird, dass der KWK-Anteil der Wärmenetzeinspeisung über 75% liegt, besteht ein Anspruch auf eine 40%ige Förderung der Netzinvestition. Diese Förderung ist in den oben dargestellten Kosten noch nicht berücksichtigt. Die Förderung beträgt bei Anschluss der geplanten 83 Gebäude an das Nahwärmenetz 2.218 €/Gebäude.

4.3.2 Hausanschluss und Übergabestation

Der Hausanschluss (HA, pink) verbindet das in der Straße liegende Nahwärmenetz mit dem Gebäude. Diese Leitung wird häufig auch nicht getrennt nach Vor- und Rücklaufleitung, sondern als DUO-Rohr mit gemeinsamer Isolierung ausgeführt. Die Verlegung und Hauseinführung ist dann weniger aufwändig.

Die Übergabestation befindet sich im Keller oder im Hausanschlussraum. Sie umfasst die Mess-, Regel- und Absperrrichtungen sowie den Wärmetauscher als Schnittstelle zur Hausinstallation des Kunden. Vielfach werden Teile der Hausinstallation, insbesondere der Warmwasserspeicher, auch vom Versorger mit angeboten. Diese optionalen Zusatzleistungen werden hier kostenseitig nicht mit einbezogen.

Die Kosten für Hausanschluss inkl. Übergabestation werden zu 100 % dem Kunden vom Versorger in Rechnung gestellt.

Die Kosten der Übergabestation liegen für die Einfamilienhäuser bei 1.500 € und für die Mehrfamilienhäuser bei 6.000 € pro Hausanschluss. Im Mittel werden 3.831 € (als Mittelwert der Gebäudebezogenen Daten) kalkuliert.

Die in [Abbildung 7](#) dargestellten Hausanschlüsse sind in ihren Kosten weniger von der Länge und Dimension als vom Aufwand für den Anschluss an die Leitung in der Straße und Wanddurchführung bestimmt. Sie werden pauschal mit 3.831 €/Anschluss veranschlagt.

4.4 Wärmeezeugung durch Heizzentrale für das Neubaugebiet

4.4.1 Biogas-BHKW

Der Einsatz von Blockheizkraftwerken (KWK-Anlagen) kann eine wirtschaftliche Alternative auf dem Weg zu einer CO₂-neutralen Versorgung sein. Eine KWK-Anlage kommt in der Regel zur Grundlastversorgung zum Einsatz und muss daher immer mit einer weiteren Versorgungstechnik (z. B. Erdgaskessel) kombiniert werden.

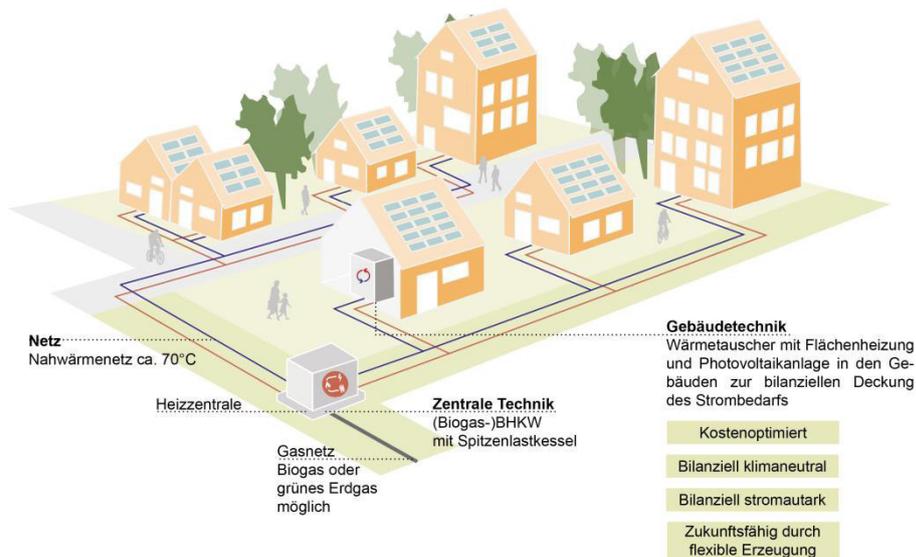


Abbildung 8 Nahwärmeversorgung „klassisch“ aus einer Heizzentrale über BHKW

Die Auslegung des BHKWs erfolgt anhand der Jahresdauerlinie. Die folgende Jahresdauerlinie ist aus den Temperaturdaten für Nordkirchen (TRY zukünftig) in Verbindung mit dem SLP-Gas und Tagesganglinien erstellt worden. Die Maximalleistung von 717 kW bei einer Norm-Auslegungstemperatur von -12 °C wird hier nicht erreicht, da die Tiefst-Temperatur des Testreferenzjahres bei -4,1 °C liegt.

Die Dimensionierung zielt darauf ab, über einen hohen KWK-Anteil der Erzeugung positive Umweltwirkungen zu erzielen und eine Förderung nach KWKG 2020 für die Netzinvestitionen zu erhalten. Dies ist ab 75 % KWK-Anteil möglich.

(Die Förderung nach BEW ist noch nicht sicher kalkulierbar. Unter Umständen kann hier die gesamte Anlagentechnik der Erzeugung inkl. Netz und Kundenanlagen mit ca. 40 % förderfähig werden. Der geforderte Anteil von 55 % erneuerbarer Energie in der Erzeugung ist erfüllt.)

Die BHKW-Gesamtleistung wird auf zwei Module aufgeteilt, um im Teillastbereich günstiger betrieben werden zu können. Beide Module haben eine elektrische Leistung von 64 kW und eine Wärmeleistung von 107 kW. Anhand der Dauerlinie des Wärmebedarfs kann ein KWK-Anteil an der Netzeinspeisung von 84 % erzielt werden. Die Volllaststundenzahl liegt bei 7.485 h/a.

Die Spitzenlastabdeckung erfolgt über einen Erdgaskessel, d.h. aus einem fossilen Energieträger.

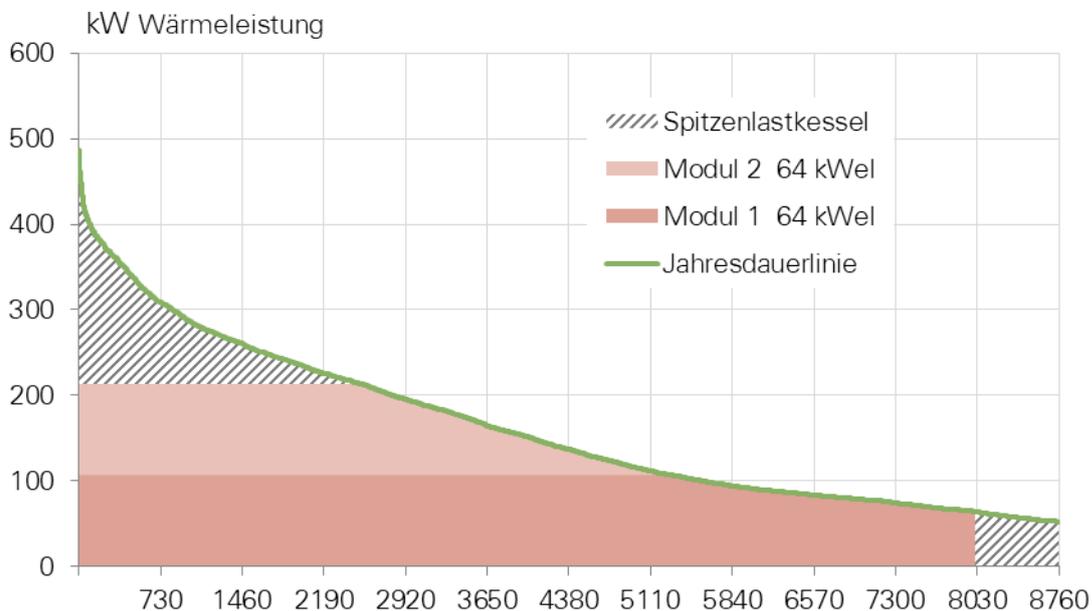


Abbildung 9 Jahresdauerlinie mit den beiden BHKW-Modulen

Der erzeugte Strom kann zu geringen Anteilen für Hilfsenergie verwendet werden, dies ist quantitativ aber ohne Relevanz. Der Strom muss in das öffentliche Netz eingespeist werden. Es gibt zwei Wege für die Vergütung dieser Einspeisung, das KWKG und das EEG.

Der Einsatz von Biomethan in BHKWs war im EEG 2012 durch sehr hohe Vergütungen begünstigt. Mit dem EEG 2014 hat sich diese Situation grundlegend geändert. Die zusätzlichen Einsatzstoffvergütungen sind vollständig entfallen.

Für Anlagen der hier betrachteten Größenordnung gibt es anstelle einer effektiven Gesamtvergütung von früher mehr als 20 ct/kWh nur noch 12 bis 13 ct/kWh.

Gemäß des §42, EEG 2021 (Erneuerbare-Energien-Gesetz) wird für Strom aus Biomasseanlagen mit 12,8 ct/kWh bei einer Bemessungsleistung bis 150 kW vergütet. Ab dem 1. Juli 2022 verringert sich die Einspeisevergütung nochmals um 0,5 % (vgl. §44a EEG 2021). Dieser Wert ist nach §53 nochmals um 0,2 ct/kWh zu reduzieren. Bei einer Inbetriebnahme ab Juli 2022 werden somit 12,54 ct/kWh Einspeisevergütung in Ansatz gebracht.

4.4.2 Holzpelletkessel

Heizzentralen mit Holzpelletkesseln können bivalent oder monovalent konzipiert werden. Bivalent bedeutet, dass die Grundlast mit 50 bis 90 % der Netzeinspeisung aus Holz stammt und der Rest aus einem Erdgaskessel. Monovalent bedeutet im Extremfall, dass kein zweites System installiert wird. Praktisch wird jedoch zur Sicherheit, als Reserve im Stör- oder Wartungsfall, oder für die Schwachlastphasen ohne oder mit geringer Raumheizung auch bei monovalenter Auslegung ein Gaskessel zusätzlich installiert.

Es wird eine bivalente Anlage mit großer Auslegung des Holzkessels konzipiert. Dieser erbringt 83 % der Wärmenetzeinspeisung. Der Spitzenlastabdeckung dient, wie in der BHKW-Variante, ein Gaskessel.

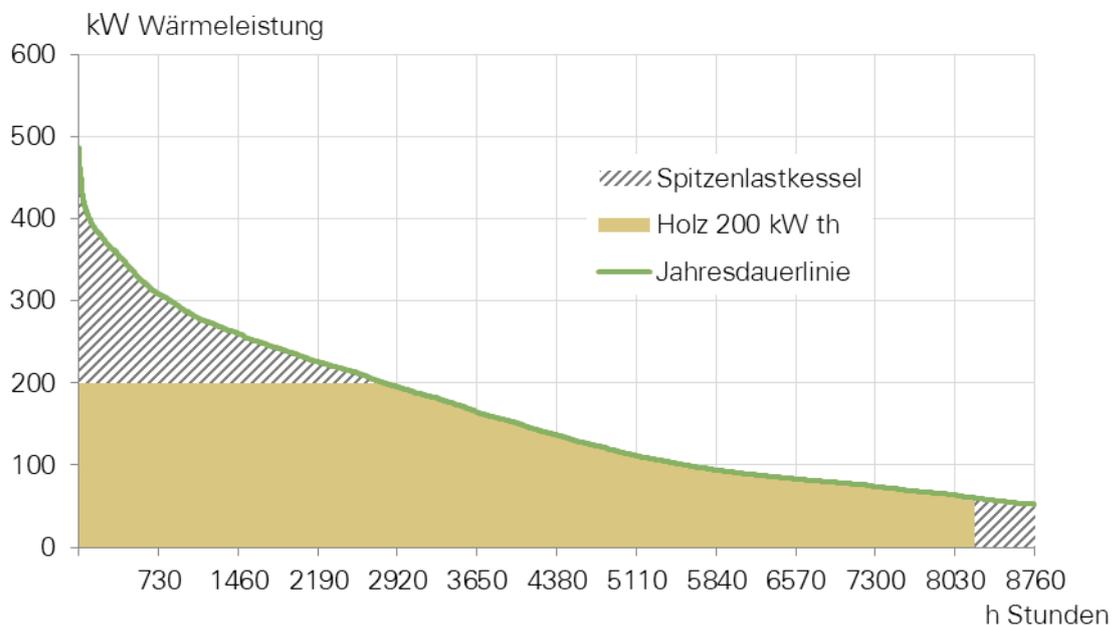


Abbildung 10 Jahresdauerlinie mit Holzpelletkessel

Theoretisch könnte anstelle des Holzpelletkessels auch ein Holzhackschnitzelkessel zum Einsatz kommen. Da der Holzhackschnitzelkessel allerdings erfahrungsgemäß aufwendiger im Betrieb ist sowie einen größeren Lagerraum für die Holzhackschnitzel als für Holzpellets benötigt, wird diese Variante nicht weiter betrachtet.

4.4.3 Referenzsysteme

Um eine Orientierung im Vergleich mit den üblichen Systemen zu ermöglichen, werden in den folgenden Variantenvergleichen immer die beiden Systeme Erdgasheizung/Solarthermie und die Luft-Wasser-Wärmepumpe mitgeführt.

5 Energie- und Umweltbilanz

Vor dem Hintergrund der Entscheidungsfindung über die Errichtung eines Nahwärmenetzes steht die Betrachtung der damit verbundenen Anwendungen Raumheizung und Warmwasser im Vordergrund.

5.1 Raumheizung und Warmwasser

Der Endenergieeinsatz der betrachteten Systeme wird zur Erstellung der CO₂-Bilanz mittels energieträgerspezifischer Emissionsfaktoren in jährlich verursachte Mengen von Treibhausgasen umgerechnet. Es handelt sich hier um sog. CO₂-Äquivalente, die auch weitere Treibhausgase gewichtet in ihrer Wirkung gewichtet mit abbilden. Die Primärenergiefaktoren sind in [Tabelle 7](#) ebenfalls ergänzend nur zur Information aufgeführt. Sie sind für öffentlich-rechtliche Nachweise erforderlich, eine Primärenergiebilanzierung erfolgt in diesem Konzept nicht.

Die Emissionsfaktoren sind dem GEG entnommen. Die hier nicht relevanten Energieträger sind zum Vergleich grau kursiv dargestellt.

	als Äquivalent	GEG
endenergieverbrauchsbezogen	CO _{2e}	PE-Faktor
Energieträger	kg/MWh	-
Erdgas Kessel	240	1,1
<i>Erdgas KWK</i>	<i>240</i>	<i>1,1</i>
<i>Biomethan KWK</i>	<i>140</i>	<i>0,5</i>
Biogas lokal	75	0,3
Wärmepumpenstrom dezentral	560	1,8
Holz-Pellets	20	0,2
Solarthermie	0	0,1
Hilfsstrom Wärmenetze	560	1,8
Stromerzeugung	-860	-2,8

Tabelle 7 Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren

Die ermittelten CO₂-Emissionen werden umgelegt auf die zu beheizende Wohnfläche. Der so ermittelte Kennwert kann in Bezug gesetzt werden zu den Anforderungen, die im Leitfaden des Landes NRW an Klimaschutzsiedlungen gestellt werden. In diesem Leitfaden liegt der Grenzwert bei 9 kg/m²a. Dieser Wert gibt nur eine grobe Orientierung, da die zugrunde liegenden Faktoren des schon älteren Leitfadens von denen aus [Tabelle 7](#) abweichen.

Die Darstellung der Ergebnisse der Emissionsberechnung mit den GEG-Faktoren wird ergänzt um eine Darstellung der Berechnung mit zukünftig zu erwartenden Faktoren. Änderungen sind im Strom-Mix mit dem Kohleausstieg und weiterer Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien zu erwarten.

Exakte Prognosen liegen nicht vor. Es wird hier davon ausgegangen, dass der Strommix-Faktor von 560 g/kWh auf 250 g/kWh absinkt und der Verdrängungs-Faktor von 860 g/kWh (mit hohem Kohleanteil) auf 400 g/kWh (nur noch Verdrängung von Erdgas) absinkt.

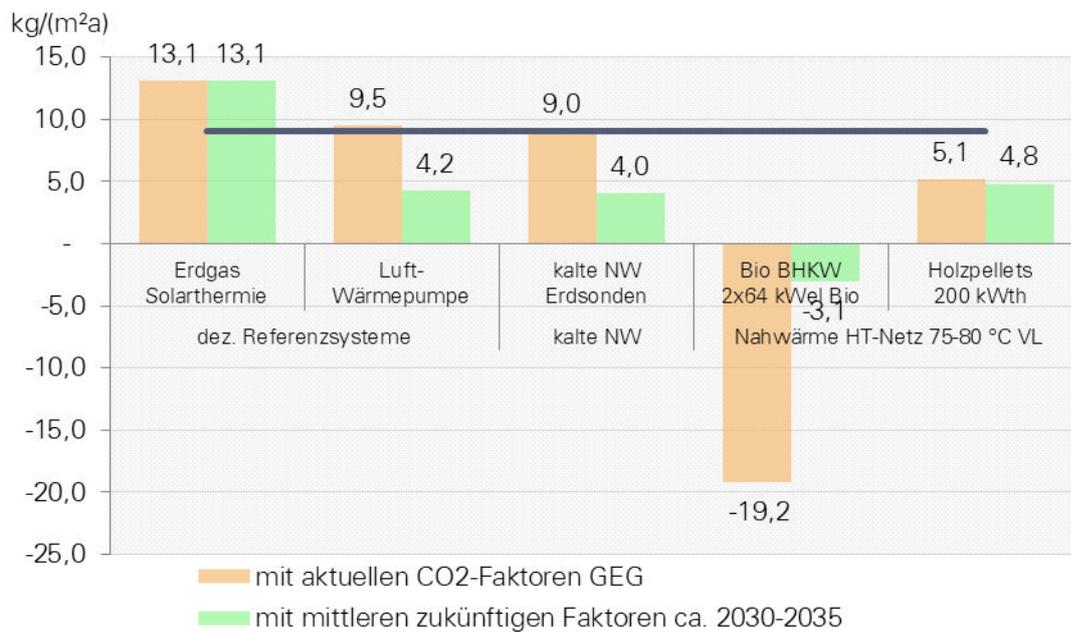


Abbildung 11 Wohnflächenbezogene CO₂-Emissionen zu Beginn und am Ende der Betriebsphase

Die strombasierten Wärmepumpen-Systeme verbessern sich deutlich gegenüber den Systemen mit Kraft-Wärme-Kopplung und Stromverdrängung bei Berücksichtigung der prognostizierten CO₂-Emissionsfaktoren. Die extremen Unterschiede reduzieren sich stark, wobei die Biogas-BHKW-Variante immer noch die geringsten CO₂-Emissionen verursacht.

6 Fördermittel

6.1 Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG WG)

Anfang 2021 bestand noch eine gewisse Unsicherheit hinsichtlich der Förderkonditionen im Rahmen der "Bundesförderung für effiziente Gebäude" (BEG WG). Die neuen Richtlinien gelten ab Mitte 2021. Merkblätter und Ausführungsrichtlinien liegen inzwischen vor, die Anwendung ist möglich und kalkulierbar geworden. Die Dauer der Gültigkeit in vorliegender Form ist offen. Nach der Bundestagswahl ist von Änderungen auszugehen. Insbesondere die angestrebte Verschärfung des GEG wird Auswirkungen auf die Fördertatbestände haben.

Die im Dezember 2020 veröffentlichte BEG-WG führt für die Effizienzhäuser KfW 55 und 40 eine neue Qualitätsstufe EE ein, die erreicht wird, wenn mehr als 55 % der Wärme aus erneuerbaren Energie stammt.

Für ein Gebäude des Standard KfW 55 entsteht dann der höhere Standard KfW 55 EE. Die Anhebung auf den EE-Standard erhöht die Kreditsumme von 120.000 € auf 150.000 €, zusätzlich wird der Prozentsatz des Tilgungszuschusses von 15 % auf 17,5 % angehoben. Der Vorteil für den Kreditnehmer liegt in diesem Fall bei maximal 8.250 €. Falls z.B. ein Eigenheim mit Einliegerwohnung gebaut wird, verdoppelt sich dieser Vorteil auf maximal 16.500 €, da Bemessungsgrundlage die Zahl der Wohneinheiten ist.

Die BEG WG richtet sich an private Investoren und nicht an Unternehmen. Sie stellt somit keine Beihilfe dar, die andere, nicht geförderte Unternehmen benachteiligen würde. Im Verfahren der Erstellung der BEG WG wurde geklärt, dass sie beihilferechtlich freigestellt ist.

Es wird zurzeit davon ausgegangen, dass bei einem Neubau der maximale Kreditbetrag erreicht wird und so auch den maximalen Vorteil der EE-Förderung in Anspruch genommen werden kann. Da im vorliegenden Fall eine Mischung aus KfW 55 und KfW 40 Standard (zu jeweils 50 %) angenommen wird, liegt der Vorteil der EE-Varianten bei durchschnittlich 9.000 € je Wohneinheit.

Dieser Zuschuss ist in der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigen bei allen Systemen, die mindestens 55 % erneuerbare Energie für die Wärmeerzeugung einsetzen, d.h. dezentrale Luft-Wärmepumpe und Sole-Wärmepumpen sowie zentrale Nahwärmesysteme mit lokalem Biogas, Biomethan aus dem Erdgasnetz, Holz-Pellets, Holzhackschnitzel, Wärmepumpen und große Solarthermieanlagen. Förderfähig ist auch der Anschluss an ein kaltes Nahwärmesystem. Die Förderung wurde in der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt.

Nicht förderfähig nach BEG WG ist der Anschluss an Nahwärme, die aus einem Erdgas-BHKW stammt. Diese Systeme haben sich bisher hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und CO₂-Bilanz häufig besser dargestellt als andere Systeme. Sie werden jetzt durch höhere Förderung der anderen Systeme etwas zurückgedrängt werden.

Die neue Förderung ist bei zeitnah umzusetzenden Projekten in die Entscheidung einzubeziehen. Mittelfristig ist zu berücksichtigen, dass die Förderung nur dann gezahlt wird, wenn die entsprechenden Finanzmittel bereitstehen und die Fördertöpfe immer wieder ausreichend gefüllt werden. Die Verlässlichkeit ist geringer als bei Anlagenkonzepten, für deren Förderung ein Rechtsanspruch nach KWKG oder EEG besteht.

6.2 Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)

Auch die verstärkte Förderung von strombasierten Heizsystemen in der neuen Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) kann die Kalkulationen in erheblichem Umfang verändern. Der Entwurf befand sich Mai/Juni 2021 innerhalb der Bundesregierung in der Abstimmung und ist seit Ende Juli öffentlich zugänglich.

Die investive Förderung von Wärmenetzen ist in der BEW systemisch angelegt, d.h. es wird nicht nur das Verteilnetz, sondern auch die vor- und nachgelagerte Anlagentechnik gefördert. Die Höhe der Förderung soll bei 40 % liegen.

Eine weitere Komponente soll auch die Förderung der Erzeugung thermischer Energie mittels Elektro-Wärmepumpen analog zum KWKG und EEG sein, d.h. nicht investiv, sondern als Zuschuss in ct/kWh_{th}. Der BEW-Entwurf sieht hier für die Wärme, die aus Wärmepumpen erzeugt wird, einen Zuschuss von 7 bis 4 ct/kWh vor, der mit steigender Jahresarbeitszahl (JAZ) degressiv gestaltet ist: 7 ct/kWh bei einer JAZ von 2,0 und 4 ct/kWh bei einer JAZ 5,0.

Die neue Förderung ist bei zeitnah umzusetzenden Projekten in die Entscheidung einzubeziehen. Mittelfristig ist zu berücksichtigen, dass die Förderung nur dann gezahlt wird, wenn die entsprechenden Finanzmittel bereitstehen und die Fördertöpfe immer wieder ausreichend gefüllt werden. Die Verlässlichkeit ist geringer als bei Anlagenkonzepten, für deren Förderung ein Rechtsanspruch nach KWKG oder EEG besteht.

Trotz der Unsicherheiten hinsichtlich leichter Anpassung oder auch grundlegender Umgestaltung des BEW-Entwurfs wird davon ausgegangen, dass wesentliche Elemente Bestand haben werden. Die investive Förderung von 40 % wurde in der Wirtschaftlichkeit schon berücksichtigt. Die gestaffelten Wärmekostenzuschüsse bleiben in den Wirtschaftlichkeitsberechnungen unberücksichtigt.

7 Wirtschaftlichkeit

7.1 Kosten der Energieversorgung im Vergleich

Die Kosten der Wärmeversorgung sind ein relevantes Bewertungskriterium für die Auswahl von Wärmeerzeugern. Aus diesem Grund erfolgt eine grobe Einschätzung der Kosten im Vergleich der Wärmeversorgungssysteme. Dabei lassen sich folgende Bestandteile der Kosten unterscheiden:

- Kapitalkosten: Kosten für Wärmeerzeuger, Nahwärmenetz, Hausanschlüsse,
- Betriebskosten: Kosten für Wartung und Instandhaltung,
- Verbrauchskosten: Kosten des Endenergiebedarfs für Erdgas, Biogas, Holzpellets, Strom als Energieträger für die Luftwärmepumpe, Strom als Hilfsenergie,
- Erlöse: Vermarktung des erzeugten Stroms mit gesetzlichen Zuschlägen nach KWKG oder EEG-Vergütungen bzw. Erlöse aus der Direktvermarktung.

7.1.1 Investitionen und Kapitalkosten

Die Investitionen der Systems stellen sich ohne Abzug von Fördermitteln wie folgt dar. Sie sind aufgliedert in Erzeugung (auch das Sondenfeld bei kalter Nahwärme), Wärmeverteilung über ein Netz und die Gebäude-Anlagentechnik (ohne systemneutrale nachgelagerte Hausinstallation wie Heizkörper, Fußbodenheizung und Warmwassersystem).

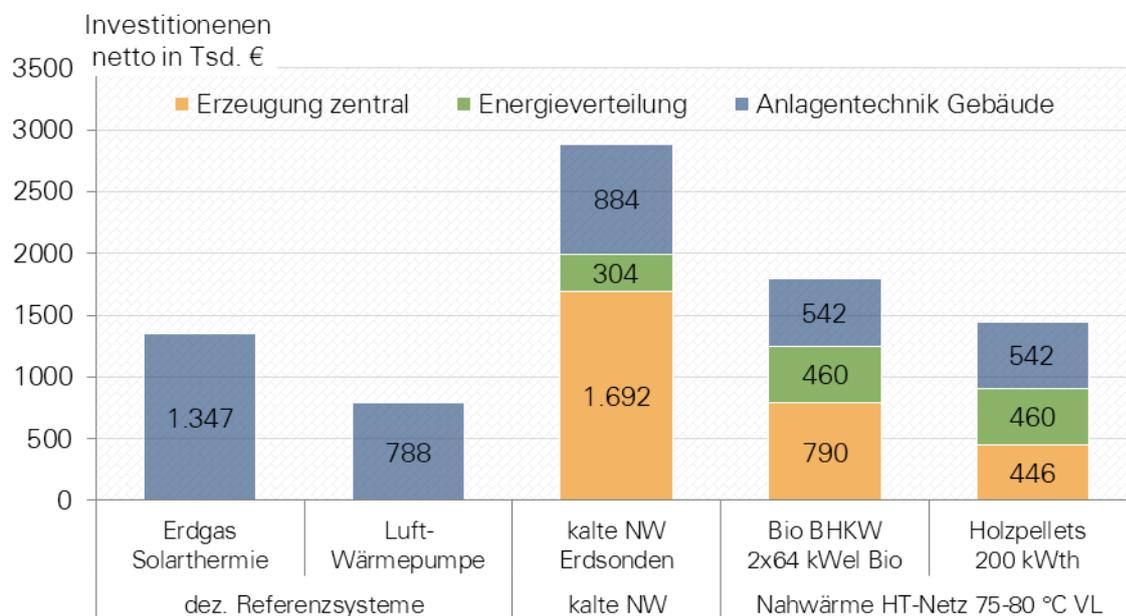


Abbildung 12 Investitionen ohne Förderung

Die hohen Investitionskosten der kalten Nahwärme sind unter anderem dadurch begründet, dass das Erdsondenfeld außerhalb des Neubaugebiets liegt und die Wärme von dort zu den beiden Verteilern geführt werden muss. Die Kosten hierfür sind mit etwas mehr als 50 % der zentralen Erzeugungskosten veranschlagt, wobei dieser Posten mit großen Unsicherheiten behaftet ist und im Verlauf tiefer gehender Planung konkretisiert werden kann.

Zur Erstellung einer Vollkostenrechnung mit Systemjahreskosten ist es erforderlich, die Investitionen in jährliche Kosten umzurechnen. Dies erfolgt über den Kapitalkostenfaktor bzw. Annuitätenfaktor. Dieser Faktor beinhaltet den kalkulatorischen Zinssatz – hier wird ein Zinssatz von 2 %/a zugrunde gelegt – und die Nutzungsdauer der jeweiligen Komponenten.

Die Investitions-bezogenen Fördermittel und Finanzierungsvorteile / Zuschüsse nach BEG WG sind im Folgenden zusammengestellt.

Es wird zurzeit davon ausgegangen, dass die BEG-Förderung sich an den Höchstgrenzen der Kreditsummen je Wohnung orientiert. (Da die Förderung, wie in [Abbildung 13](#) ersichtlich, sehr hoch ist, wurde eine Anfrage an das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle gestellt, um diesen Sachverhalt zu klären. Diese wurde bis dato nicht beantwortet.)

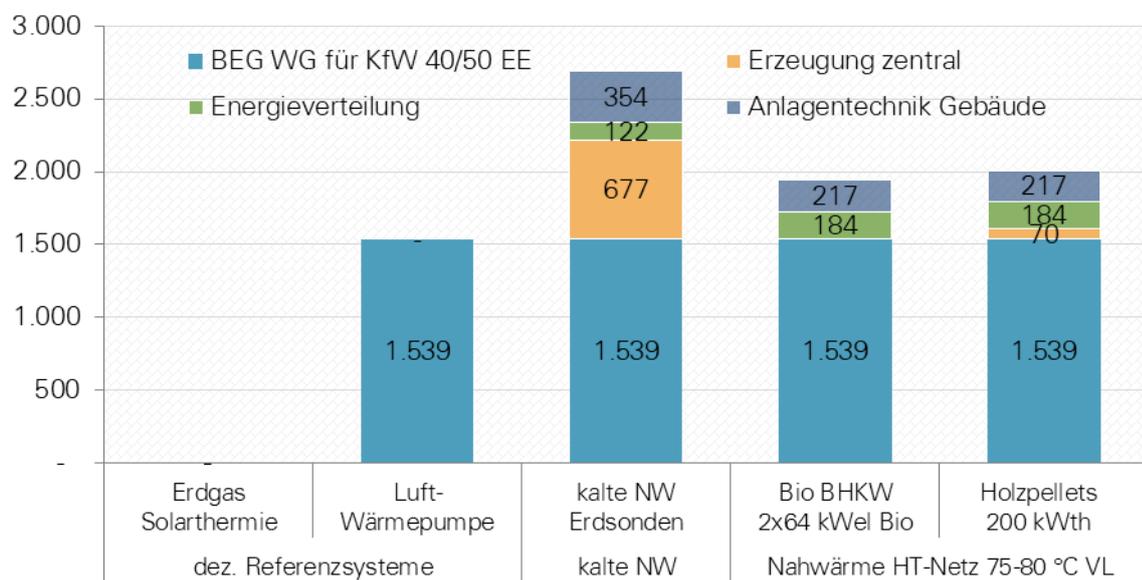


Abbildung 13 Investive Fördermittel

7.1.2 Energiepreise

Es werden die folgenden Energiepreise zugrunde gelegt. Die CO₂-Bepreisung in Höhe von 60 €/t als zukünftiger Wert für 2026 (55 bis 65 €/t als Korridor) ist bereits berücksichtigt. Dies betrifft fossiles Erdgas, das im Preis 12 €/MWh_{Hi} zu erhöhen ist. Dieser im Brennstoffemissionshandlungsgesetz (BEHG) definierte Zielkorridor kann zukünftig auch weit überschritten werden. Dies ist von den Marktverhältnissen abhängig. Modellrechnungen des ifeu⁴ gehen z.B. auch von 180 €/t aus, wenn die CO₂-Bepreisung Wirkung erzielen soll.

⁴ ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH

Endenergiepreise (netto)		Basis
Erdgas Kessel Gebäude	€/MWh	72
Erdgas Kessel HZ	€/MWh	67
Biogas lokal KWK	€/MWh	75
<i>Biomethan nach §5 EEG</i>	€/MWh	90
Holz-Pellets	€/MWh	50
Strom dez	€/MWh	240
Wärmepumpenstrom dezentral	€/MWh	200
Hilfsstrom Wärmenetze	€/MWh	230
<i>baseload EEX</i>	€/MWh	40
<i>vermiedene Netznutzung Niederspannung</i>	€/MWh	10
<i>Stromvergütung Netz ohne KWK-G</i>	€/MWh	50
<i>Wärmepumpenstrom zentral</i>	€/MWh	180
<i>PV-Strom-Erzeugung</i>	€/MWh	160

Tabelle 8 Energiepreise inkl. CO₂-Bepreisung für fossiles Erdgas

Die Angabe von 75 €/MWh für lokales Biogas ist lediglich ein Orientierungswert. Zur Festlegung eines Verrechnungspreises zwischen Lieferant und Wärmenetzbetreiber sind Machbarkeitsstudien und technische Planungen zu erstellen. Eine erste Grobkalkulation ist in der folgenden Tabelle wiedergegeben, die dort getroffenen Kostenansätze sind noch in Abstimmung mit dem möglichen Lieferanten zu verifizieren. Letztendlich wird über die Konditionen und den Preis zu verhandeln sein.

Rohbiogasleitung Transportaufwand		Lütke Holz
Trassenlänge	m	2.100
Rohrmaterial DN 100	€/m	40
Tiefbau	€/m	60
Oberflächenwiederherstellung	€/m	50
spez.Kosten gesamt	€/m	150
Investition gesamt	€	315.000
Planung und Unvorhergesehenes 20%	€	63.000
Investition gesamt	€	378.000
Förderung %	%	20%
Investition ./.. Förderung gesamt	€/m	302.400
Zins	%/a	2,0%
Nutzungsdauer	a	40
Annuitätsfaktor	%/a	3,7%
jährliche Kapitalkosten	€/a	11.054
Instandhaltung	€/a	3.780
Messung, Abrechnung	€/a	1.500
Grundpreis Transport	€/a	16.334
Rohbiogas Liefermenge und Kostenstruktur		
Gasmenge Hi für BHKW	MWh/a	2.175
Kosten Maissilage, Gülle	€/t FM	25
spez. Biogasausbeute	MWh/t FM	0,83
Biogaskosten für Substrat	€/MWh	30,10
Biogaskosten für Betriebsaufwand	€/MWh	13,00
Deckungsbeitrag Fermenteranlage	€/MWh	10,00
Summe ab BGA	€/MWh	53,10
Verdichter inkl. Strom	€/MWh	2,00
Transportkosten Leitung	€/MWh	7,51
Biogaspreis an Heizzentrale netto	€/MWh	63

Tabelle 9 Grobkalkulation Biogaspreis

Der verwendete kalkulatorische Preisansatz von 75 €/MWh scheint nicht zu niedrig angesetzt zu sein. Die Grobkalkulation deutet eher darauf hin, dass die Bereitstellung von Rohbiogas auch günstiger mit ca. 63 €/MWh machbar ist. Hier sind vertiefende Untersuchungen notwendig.

7.1.3 Zuschläge und Vergütungen

Im Hinblick auf den Einsatz des BHKW mit Biogas sind die Erlöse der Stromeinspeisung auf Grundlage des Gesetzes für den Ausbau erneuerbarer Energien (EEG)⁵ berücksichtigt. Da die KWK-Anlagen in der Summe die Grenze von 150 kW_{el} nicht überschreiten, kann ohne Direktvermarktung die Vergütungsregelung in Anspruch genommen werden. Die Höhe der Vergütung liegt bei Inbetriebnahme im Jahr 2023 bei 12,54 ct/KWh.

⁵ Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG 2021, am 01.01.2021 in Kraft getreten

7.2 Ergebnis als Vollkosten

Der Vergleich aller Kosten erfolgt als Kennwerte bezogen auf die im Gebäude verbrauchte Nutzwärme in €/MWh, um eine Vergleichbarkeit aller Varianten zu ermöglichen. Die Umsatzsteuer ist in diesen Kennwerten nicht enthalten.

Abbildung 14 gibt einen Überblick über die Kosten und ihre Zusammensetzung. Die Kosten sind als Richtwerte für das Energiepreisniveau zu verstehen, das 2019 vor der Coronakrise für die nächsten Jahre erwartet wurde. Die Auswirkungen veränderter Rahmenbedingungen und Preisentwicklungen werden unter 7.3 dargestellt.

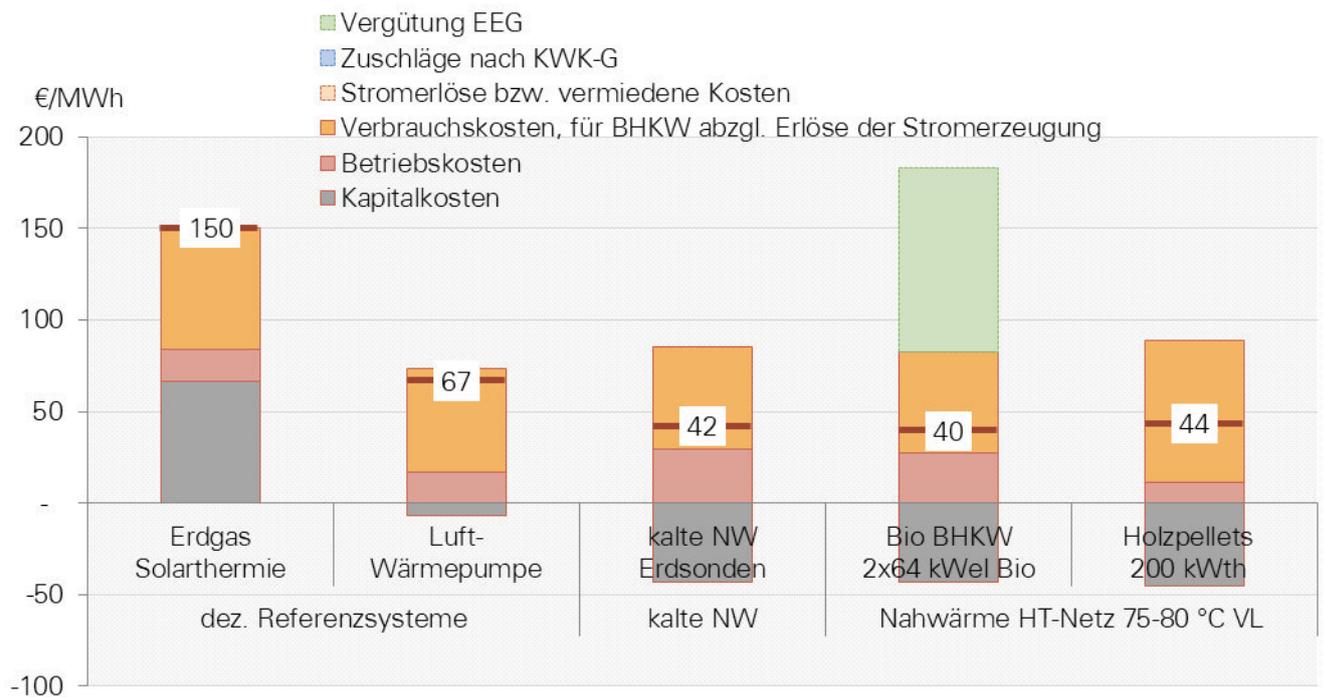


Abbildung 14 Vollkostenvergleich der Varianten in €/MWh (inklusive Förderung)

Rechnet man die Vollkosten auf die monatliche Belastung je m² Wohnfläche (zum Vergleich mit Miete und Nebenkostenumlage) um, ergibt sich folgendes Bild – hier aus Sicht des Endverbrauchers als Bruttowert ausgewiesen. Auch in dieser Darstellung sind die sehr hohen Förderungen der EE-Varianten sichtbar, so dass auch die Wärmeerzeugungsvarianten mit hohen Investitionen deutlich günstiger als die dezentrale Variante Gas-Brennwert mit Solarthermie sind.

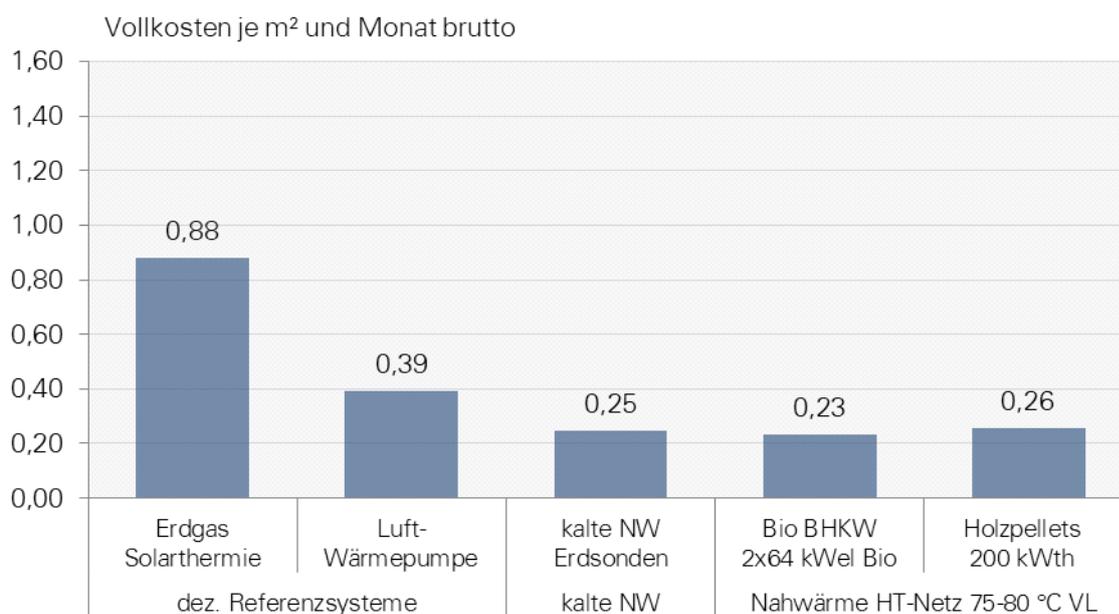


Abbildung 15 Vollkostenvergleich (inkl. CO₂-Bepreisung Erdgas) der Varianten €/m² bezogen auf Wohnfläche

7.3 Sensitivität bei anderen Energiepreisen

Die untersuchten Systeme sind in unterschiedlichem Maße von Preisveränderungen betroffen, mit denen zukünftig zu rechnen ist. Es wird hier keine Prognose mit prozentualen Steigerungen erstellt, sondern es werden zwei Szenarien betrachtet, die wie folgt definiert sind.

Die erneuerbaren Energien sind etwas schwächer in ihrer Steigerung definiert. Preissenkungen sind hier nicht zu erwarten. Die Preisentwicklung beim lokalen Biogas ist auch von den Produktionskosten der eingesetzten Substrate abhängig. Hier ist eine moderate Steigerung angenommen worden.

Endenergiepreise (netto)		Basis	Hochpreis	Tiefpreis
Erdgas Kessel Gebäude	€/MWh	60	80	40
Erdgas Kessel HZ	€/MWh	55	75	35
Biogas lokal KWK	€/MWh	75	90	75
<i>Biomethan nach §5 EEG</i>	€/MWh	90	100	90
Holz-Pellets	€/MWh	50	60	50
Strom dez	€/MWh	240	270	210
Wärmepumpenstrom dezentral	€/MWh	200	230	170
Hilfsstrom Wärmenetze	€/MWh	230	260	200

Tabelle 10 Basispreise und Szenariendefinition (ohne CO₂-Bepreisung bei Erdgas)

Die Sensitivität der Varianten wird inklusive der CO₂-Bepreisung von durchschnittlich 60 €/t gemäß BEHG für Erdgas in allen Szenarien berechnet. Dies bedeutet einen Zuschlag von 12,096 €/MWh auf den Gaspreis bei Varianten, in denen die Wärme ganz oder teilweise durch Erdgas erzeugt wird.

Mit diesen Annahmen als Eingangsgrößen der Berechnung ergeben sich die folgenden Veränderungen der Vollkosten entsprechend [Abbildung 16](#). Die Rangfolge ändert sich dadurch nicht.

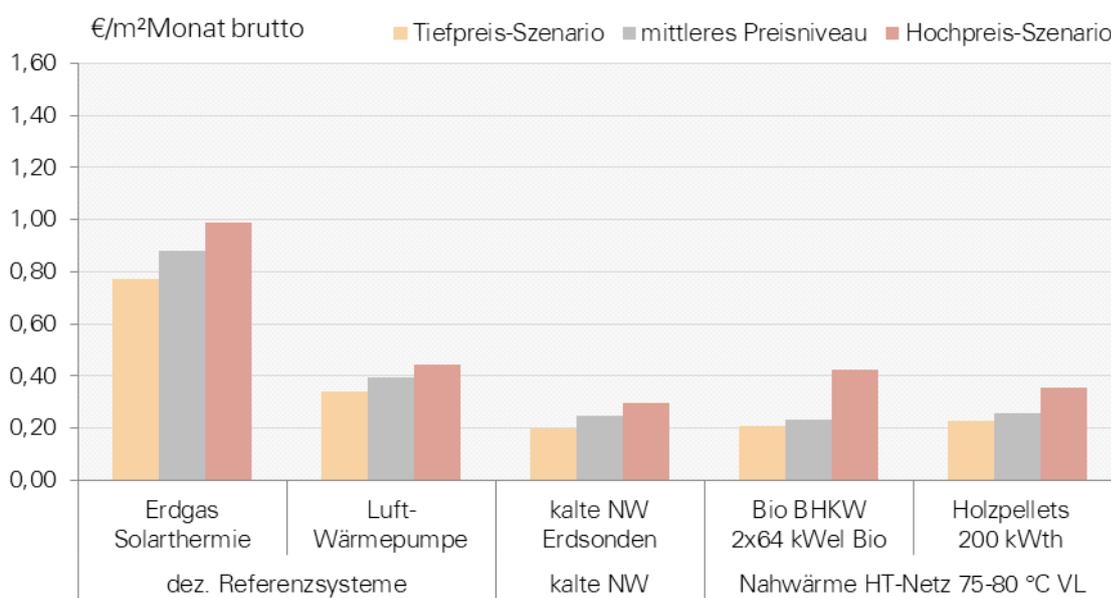


Abbildung 16 Sensitivität in Hoch- und Tiefpreis-Szenario

8 Zusammenfassende Empfehlung

Die Zusammenführung der beiden zentralen Kriterien Kosten und CO₂-Minderung ist in [Abbildung 17](#) vorgenommen worden - unter der Annahme eines 100 %igen Anschlussgrades an ein konventionelles oder kaltes Nahwärmeversorgungsnetz. Die CO₂-Minderung wird nicht für den aktuellen Stand (inkl. der nächsten Jahre) ausgewiesen, sondern für einen perspektivischen Stand mit fortgeschrittenem Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung und ohne Kohlestrom (vgl. [Abbildung 11](#)).

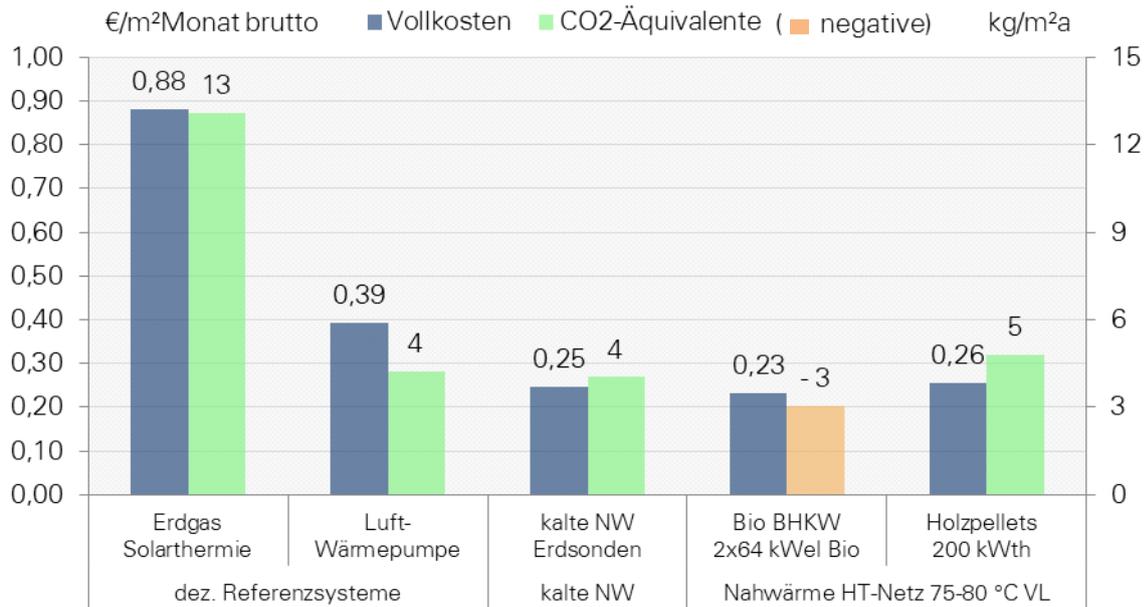


Abbildung 17 Kosten und CO₂-Emissionen bezogen auf Wohnfläche

Die Nahwärmelösung mit HT-Netz und Biogas als Hauptenergieträger bieten das höchste Potenzial der CO₂-Emissionsminderung. Durch die Berücksichtigung der Stromverdrängung (zukünftig im BRD-Kraftwerksmix Stromerzeugung aus Erdgas), führt diese Wärmeversorgungsvariante zu geringen CO₂-Emissionen. Die Vollkosten der Wärmeerzeugung sind durch die sehr hohe Förderung in den betrachteten Varianten mit die günstigsten.

Die Luft/Wasser-Wärmepumpe und kalte Nahwärme liegen hinsichtlich der CO₂-Emissionen gleichauf mit ca. 4,2 kg/(m²a) für die Luft/Wasser-Wärmepumpe und 4,0 kg/(m²a) für die kalte Nahwärme. Die Differenz ist gering, da der Vorteil der höheren Jahresarbeitszahl bei der Wärmequelle Erdreich von dem Aufwand für die Hilfsenergie für den Pumpenstrom im Netz weitgehend aufgezehrt wird. Hier sind jedoch weitere Aspekte zu berücksichtigen: die kalte Nahwärme kann ohne weiteren Energieeinsatz in der Wärmepumpe im Sommer zur Temperierung der Gebäude mit ca. 10 °C kaltem Wasser genutzt werden. Dies ist mit einer Luftwärmepumpe nicht oder nur höchst ineffizient möglich. Ein weiterer Nachteil der Luftwärmepumpe ist die mögliche Geräuschbelastigung im Umfeld und die in der Regel ungünstige Wirkung der Außengeräte auf die Gestaltqualität der neuen Wohnsiedlung. Dieser Aspekt ist vor allem im Bereich der geplanten Mehrfamilienhäuser zu berücksichtigen.

Auch wenn die Nahwärmevariante, welche durch Holzpellets bereitgestellt wird, ebenfalls ökologisch positiv zu bewerten ist, hat diese Variante den Nachteil, nicht gleichzeitig Wärme und Strom produzieren zu können. Auch muss in dieser Variante die Heizzentrale aufgrund des Pelletlagers deutlich größer dimensioniert sein. Gerade weil es sich bei dem betrachteten Gebiet um ein

Neubaugebiet handelt, bei dem die Wärmeübergabe auch für niedrige Vorlauftemperaturen ausgelegt werden kann und keine Wärmeabnehmer geplant sind, die zwingend hohe Vorlauftemperaturen benötigen, kann hier auf eine alternative Wärmeerzeugung zurückgegriffen werden. Der Rohstoff Holz ist nicht unbegrenzt verfügbar, auch verschlechtern lange Transportwege die Umweltbilanz, so dass die Wärmeversorgung durch Holz(-pellets) den Fällen vorbehalten werden sollte, bei denen keine alternative Wärmeversorgung möglich ist.

Vor dem Hintergrund der Klimaschutzpolitischen Ziele der Gemeinde Nordkirchen bietet sich für das Rosenstraße Nord eine Nahwärmeversorgung mit Biogas-KWK an.

Die grundsätzliche Machbarkeit und Bereitstellung ausreichender Mengen kann als sicher angesehen werden. Es wurde in der Berechnungen davon ausgegangen, dass lokales Biogas für 75 €/MWh bereit gestellt werden kann, d.h. um 15 €/MWh günstiger als virtuelles Biomethan/Erdgas.

Dieser Kostenrahmen ist noch sehr unsicher, insbesondere der Trassenverlauf, Verlegeschwierigkeiten und -kosten sowie die Förderung sind noch zu untersuchen.

Aus Gutachtersicht wird empfohlen, nichtsdestotrotz den Aufbau einer klimaneutralen Nahwärmeversorgung mit Biogas weiter zu verfolgen.

Falls die Heranführung von Biogas sich als nicht machbar erweisen sollte, kann alternativ nach Anpassung der Heizzentrale auf eine Wärmeerzeugung durch Biomethan-BHKW zurückgegriffen werden. In diesem Falle würden die technischen Investitionen für die Heizzentrale geringer ausfallen, während der Energiepreis des Biomethans aufgrund der Aufbereitung höher als der des lokal erzeugten Biogases sein wird.

Auch wenn der Kostenrahmen der kalten Nahwärme ebenfalls an dieser Stelle noch sehr unsicher ist, ist auch diese Option der Wärmeversorgung für das Gebiet der Rosenstraße-Nord empfehlenswert. Die vergleichsweise höheren CO₂-Emissionswerte zur Biogas-BHKW-Variante könnten bilanziell mit Nutzung der Dächer zur Installation von Photovoltaikanlagen ausgeglichen werden. Diese Variante hat den Vorteil der Kühloption, welche mit den erwartbaren zukünftig häufiger auftretenden Hitzesommern nicht zu unterschätzen ist.

1 Exkurs – Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgungsvarianten ohne Fördermittel

1.1 Ergebnis als Vollkosten

Der Vergleich aller Kosten erfolgt als Kennwerte bezogen auf die im Gebäude verbrauchte Nutzwärme in €/MWh, um eine Vergleichbarkeit aller Varianten zu ermöglichen. Fördermittel aus der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) sowie die Förderung des Wärmenetzes des Bafa werden in dieser Übersicht nicht berücksichtigt. Die Umsatzsteuer ist in diesen Kennwerten nicht enthalten.

Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Kosten und ihre Zusammensetzung. Die Kosten sind als Richtwerte für das Energiepreisniveau zu verstehen, das 2019 vor der Coronakrise für die nächsten Jahre erwartet wurde. Die Auswirkungen veränderter Rahmenbedingungen und Preisentwicklungen werden unter 1.2 dargestellt.

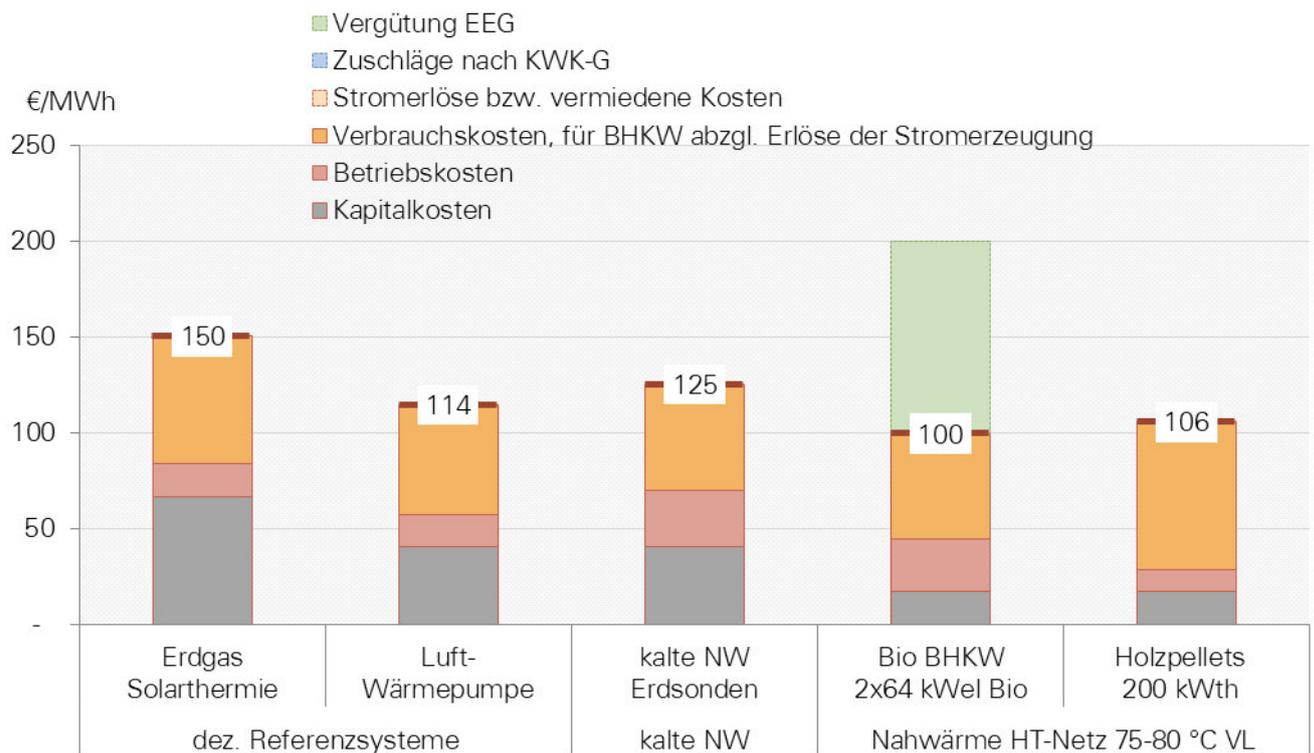


Abbildung 1 Vollkostenvergleich der Varianten in €/MWh (exklusive Förderung)

Rechnet man die Vollkosten auf die monatliche Belastung je m² Wohnfläche (zum Vergleich mit Miete und Nebenkostenumlage) um, ergibt sich folgendes Bild – hier aus Sicht des Endverbrauchers als Bruttowert ausgewiesen.

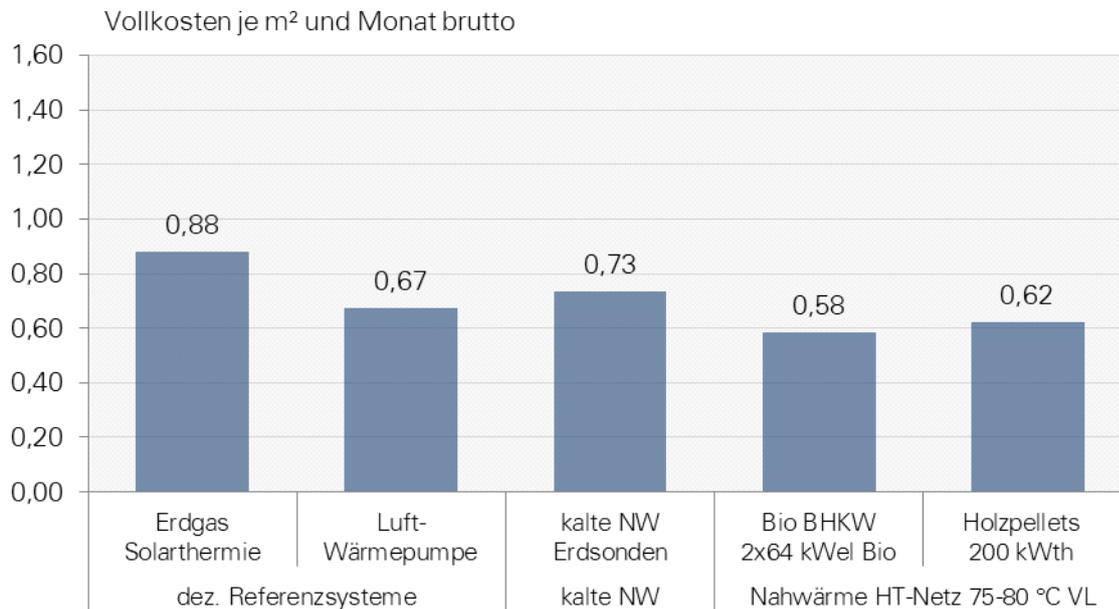


Abbildung 2 Vollkostenvergleich (inkl. CO₂-Bepreisung Erdgas) der Varianten €/m² bezogen auf Wohnfläche

1.2 Sensitivität bei anderen Energiepreisen

Die untersuchten Systeme sind in unterschiedlichem Maße von Preisveränderungen betroffen, mit denen zukünftig zu rechnen ist. Es wird hier keine Prognose mit prozentualen Steigerungen erstellt, sondern es werden zwei Szenarien betrachtet, die wie folgt definiert sind.

Die erneuerbaren Energien sind etwas schwächer in ihrer Steigerung definiert. Preissenkungen sind hier nicht zu erwarten. Die Preisentwicklung beim lokalen Biogas ist auch von den Produktionskosten der eingesetzten Substrate abhängig. Hier ist eine moderate Steigerung angenommen worden.

Endenergiepreise (netto)		Basis	Hochpreis	Tiefpreis
Erdgas Kessel Gebäude	€/MWh	60	80	40
Erdgas Kessel HZ	€/MWh	55	75	35
Biogas lokal KWK	€/MWh	75	90	75
<i>Biomethan nach §5 EEG</i>	€/MWh	90	100	90
Holz-Pellets	€/MWh	50	60	50
Strom dez	€/MWh	240	270	210
Wärmepumpenstrom dezentral	€/MWh	200	230	170
Hilfsstrom Wärmenetze	€/MWh	230	260	200

Tabelle 1 Basispreise und Szenariendefinition (ohne CO₂-Bepreisung bei Erdgas)

Die Sensitivität der Varianten wird inklusive der CO₂-Bepreisung von durchschnittlich 60 €/t gemäß BEHG für Erdgas in allen Szenarien berechnet. Dies bedeutet einen Zuschlag von 12,096 €/MWh auf den Gaspreis bei Varianten, in denen die Wärme ganz oder teilweise durch Erdgas erzeugt wird.

Mit diesen Annahmen als Eingangsgrößen der Berechnung ergeben sich die folgenden Veränderungen der Vollkosten entsprechend [Abbildung 3](#). Die Rangfolge ändert sich dadurch nicht.

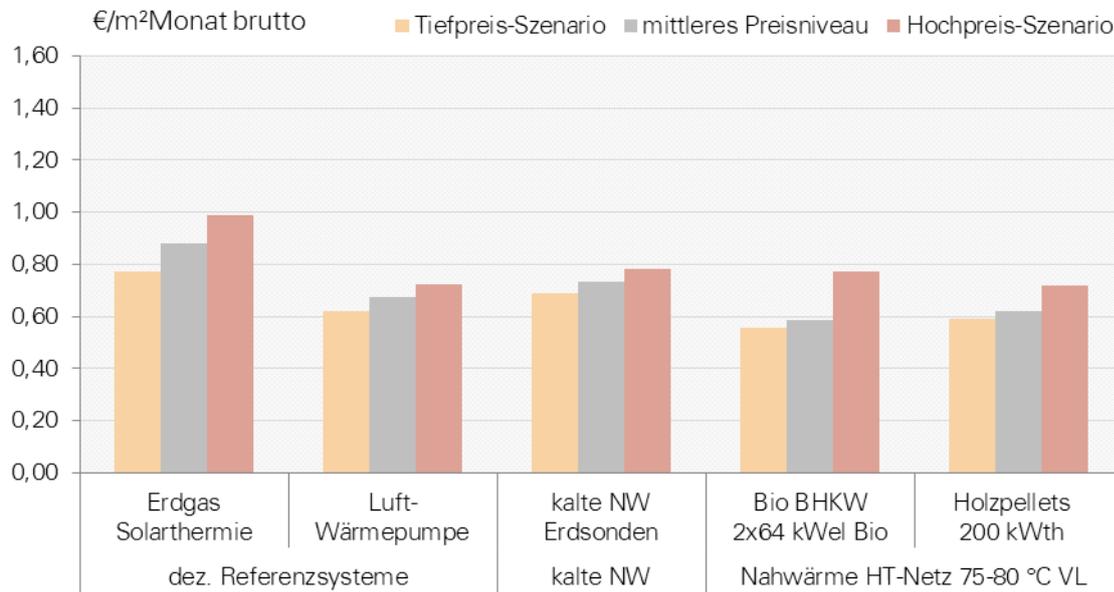


Abbildung 3 Sensitivität in Hoch- und Tiefpreis-Szenario