

DWK Euskirchen GmbH & Co. KG

# Energieversorgungskonzept für das Areal der ehem. Steinzeugwerke Euskirchen

26. August 2021



Quelle: Astoc

Bearbeitung durch:

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

Auftraggeber:

DWK Euskirchen GmbH & Co. KG  
Maika Krallinger  
Fliederweg 2  
40789 Monheim am Rhein  
Telefon: +49 [0] 211 909918 33  
mkrallinger@wohnmkompanie.de

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

# Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	9
1 Aufgabenstellung	11
1.1 Zielsetzung für das Baugebiet	11
2 Rahmenbedingungen	13
2.1 Haustypen und beheizte Fläche	13
2.2 Spezifische Bedarfskennwerte der Gebäudestandards	14
2.3 Wärmebedarf für Raumheizung und Warmwasser	15
3 Versorgungsoptionen	18
3.1 Allgemein verfügbare Techniken und Energieträger der Wärmeerzeugung	18
3.1.1 Flächen für Erdkollektoren und Erdsonden	20
3.1.2 Thermisches Potenzial der Erft	21
4 Detaillierte Beschreibung der ausgewählten Optionen	22
4.1 Nahwärmeverteilung	22
4.1.1 Nahwärmenetz	22
4.1.2 Hausanschluss und Übergabestation	24
4.2 Wärmeerzeugung für das Neubaugebiet	24
4.2.1 Erdgas-BHKW	24
4.2.2 Biomethan-BHKW und Holzpelletkessel	26
4.2.3 Holzpelletkessel	27
4.2.4 Referenzsysteme	28
5 Energie- und Umweltbilanz	29
5.1 Raumheizung und Warmwasser	29
5.2 Stromverbrauch und PV-Eigenerzeugung	31
6 Wirtschaftlichkeit	34
6.1 Kosten der Energieversorgung im Vergleich	34
6.1 Sensitivität bei anderen Energiepreisen	36
6.2 Förderung Rahmenbedingungen	37
7 Zusammenfassende Empfehlung	38

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Bebauungsplan Nr. 140	11
Abbildung 2	Gebäudetypen des Neubaugebiets	14
Abbildung 3	abgeschätzte Heizlast in kW der Gebäudegruppen bei KfW 55	17
Abbildung 4	Mögliche Positionierung der Sondenbohrungen im Baugebiet	20
Abbildung 5	Trassenverlauf Nahwärmenetz mit Heizzentrale im Quartier	23
Abbildung 6	Nahwärmeversorgung „klassisch“ aus einer Heizzentrale über BHKW	25
Abbildung 7	Jahresdauerlinie in kW ungeordnet und geordnet (Linie)	25
Abbildung 8	Jahresdauerlinie mit den beiden Erdgas-BHKW-Modulen	26
Abbildung 9	Jahresdauerlinie mit den beiden Biomethan-BHKW-Modulen und dem Holzpelletkessel	27
Abbildung 10	Jahresdauerlinie mit Holzpelletkessel	28
Abbildung 11	Nutzflächenbezogene CO <sub>2</sub> -Emissionen mit Berücksichtigung der Gutschrift für die Stromerzeugung	30
Abbildung 12	Nutzflächenbezogene CO <sub>2</sub> -Emissionen (berücksichtigt werden nur der Wärmeanteil des KWK-Gas- bzw. KWK-Biomethanverbrauchs)	30
Abbildung 13	Ladekurve mit Lastmanagement	33
Abbildung 14	Vollkostenvergleich der Varianten in €/MWh	35
Abbildung 15	Vollkostenvergleich (inkl. CO <sub>2</sub> -Bepreisung Erdgas) der Varianten €/m <sup>2</sup> bezogen auf Wohnfläche	35
Abbildung 16	Sensitivität in Hoch- und Tiefpreis-Szenario	36
Abbildung 17	Kosten und CO <sub>2</sub> -Emissionen bezogen auf Wohnfläche	38
Abbildung 18	Kosten und CO <sub>2</sub> -Emissionen bezogen auf Wohnfläche	39

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Bauweise und Ableitung der zu beheizenden Fläche	13
Tabelle 2	Bedarfskennwerte der Raumheizung für KfW 55 nach Gebäudetypen	15
Tabelle 3	Wärmebedarf des Baugebiets KfW 55	16
Tabelle 4	Raumwärmeleistung des Baugebiets für KfW55	16
Tabelle 5	Vorauswahlmatrix Versorgungstechniken	19
Tabelle 6	Wärmepotenzial Sondenbohrungen	21
Tabelle 7	Abflussdaten der Erft, Pegelmessstelle Arloff	21
Tabelle 8	Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren	29
Tabelle 9	Basispreise und Szenariendefinition ohne CO <sub>2</sub> -Bepreisung bei Erdgas	36

# Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
CO <sub>2</sub>	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 <sub>el</sub>	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

Am Rande der Euskirchener Innenstadt auf dem Gelände der ehemaligen Westdeutschen Steinzeugwerke ist die Entwicklung eines neuen Wohn- und Geschäftsquartiers geplant.



Abbildung 1 Bebauungsplan Nr. 140

Mit diesem Energiekonzept ist der Anspruch verbunden, eine zukunftsfähige Energiekonzeption unter Berücksichtigung der Aspekte Reduzierung des Energiebedarfs, Optimierung der Energieversorgung und des Einsatzes erneuerbarer Energien zu erstellen, die dauerhaft niedrige Energiekosten bei gleichzeitiger hoher Betriebs- und Planungssicherheit für den Nutzer garantiert und bei der die klimapolitischen Ziele der Stadt Euskirchen berücksichtigt werden.

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 Integration eines möglichst hohen Anteils Erneuerbarer Energien sowie ggf. die Nutzung weiterer endogener Potenziale (z. B. Abwasserwärme).
- Die Integration des Themas Elektromobilität in Verbindung mit solarer Eigenstromerzeugung.

- 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.

## 2 Rahmenbedingungen

### 2.1 Haustypen und beheizte Fläche

Das Baugebiet ist ein gemischt genutztes Gebiet und besteht aus überwiegend Mehrfamilienhäusern mit teilweise gewerblicher Nutzung sowie aus einer Fläche Sondergebiet und einer Kita. Im Südosten befindet sich ein Grundstück, das nicht Eigentum der DWK Euskirchen GmbH & Co. KG ist, jedoch Teil des Bebauungsplans ist und somit im Versorgungskonzept entsprechend berücksichtigt wird. Dieses Grundstück wird als „Fremdgrundstück“ gekennzeichnet und wird zur überwiegenden Wohnnutzung mit teils gewerblicher Nutzung eingeplant.

Die Flächenermittlung erfolgte durch das Architekturbüro ASTOC Architects and Planners GmbH.

Nutzung gem. Bebauungsplan	Gebäudetyp	Bruttogrundfläche [m²]	Nettogrundfläche [m²]
SO	Mehrfamilienhaus (MFH)	1.650	1.287
	MFH	14.982	11.686
	Handel	9.793	8.716
WA1	MFH	18.905	14.746
	MFH	3.924	3.061
	Büro	654	556
WA2	MFH	16.565	12.921
WA3	MFH	11.653	9.089
WA4	MFH	4.268	3.329
MU1	MFH	14.708	11.472
Halle Süd 1 (Bestand)	MFH	4.632	3.613
MU3	MFH	8.355	6.517
MU4	MFH	1.122	875
	Kita	1.582	1.361
MU5	MFH	10.741	8.378
MU8	MFH	12.905	10.066
MU6	MFH	15.272	11.912
MU7.1	MFH/Büro	10.750	8.385
MU7.2	MFH/Büro	9.154	7.781
Bestandsgebäude	k. A.	k. A.	ca. 80
	<b>Summe</b>	<b>173.255</b>	<b>135.830</b>

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 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 Gebäudeenergiegesetz (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 Institut Wohnen und Umwelt erstellte Wohngebäudetypologie<sup>1</sup>, 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 der Wohngebäude mit  $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  ist mit einzubeziehen. Der Flächenbezug ist hier die Wohnfläche und nicht die größere Energiebezugsfläche  $A_{NE}$  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.

<sup>1</sup> IWU: Deutsche Wohngebäudetypologie Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden -zweite erweiterte Auflage – Darmstadt 2015

Die Bedarfswerte sind als Leistung in W/m<sup>2</sup> und als Arbeit in kWh/(m<sup>2</sup>a) abgeschätzt worden.

Bauweise	Heizlast [W/m <sup>2</sup> ]	Wärmebedarf [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
Mehrfamilienhaus	33,8	37,3
Kita	33,8	20,5
Büro	33,8	25,4
Handel (Sondergebiet)	45,0	30,6

Tabelle 2 Bedarfskennwerte der Raumheizung für KfW 55 nach Gebäudetypen

Die Leistung des Wärmeerzeugers wird entsprechend der Heizlast des Gebäudes gewählt, um die gewünschte Innentemperatur des Gebäudes auch bei Wintertemperaturen ohne jegliche solare und interne Gewinne aufrecht zu halten. Die Heizlast wird in kW angegeben.

Der Wärmebedarf gibt Auskunft darüber, welche Energiemenge über einen bestimmten Zeitraum aufgebracht werden muss. So resultieren bei gleicher Heizlast unterschiedliche Wärmebedarfswerte je nach Nutzungsart und –zeit. Der Wärmebedarf wird in kWh angegeben.

### 2.3 Wärmebedarf für Raumheizung und Warmwasser

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

Nutzung gem. Bebauungsplan	Gebäudetyp	Nettogrundfläche [m <sup>2</sup> ]	Heizwärmebedarf [MWh]	Wärmebedarf Trinkwarmwasser [MWh]	Wärmebedarf ges. [MWh]
SO	MFH	1.287	48	19	67
	MFH	11.686	436	175	612
	Handel	8.716	268	26	294
WA1	MFH	14.746	551	221	772
	MFH	3.061	114	46	160
	Büro	556	14	3	18
WA2	MFH	12.921	483	194	676
WA3	MFH	9.089	339	136	476
WA4	MFH	3.329	124	50	174
MU1	MFH	11.472	428	172	601
Halle Süd 1	MFH	3.613	135	54	189
MU3	MFH	6.517	243	98	341
MU4	MFH	875	33	13	46
	Kita	1.361	28	28	56
MU5	MFH	8.378	313	126	439
MU8	MFH	10.066	376	151	527

Nutzung gem. Bebauungsplan	Gebäudetyp	Nettogrundfläche [m²]	Heizwärmebedarf [MWh]	Wärmebedarf Trinkwarmwasser [MWh]	Wärmebedarf ges. [MWh]
MU6	MFH	11.912	445	179	624
MU7.1	MFH	8.385	313	126	439
MU7.2	Büro	7.781	199	47	246
Bestand	k. A.	80	3	1	4
	<b>Summe</b>	<b>135.830</b>	<b>4.894</b>	<b>1.866</b>	<b>6.760</b>

Tabelle 3 Wärmebedarf des Baugebiets KfW 55

Nutzung gem. Bebauungsplan	Gebäudetyp	Nettogrundfläche [m²]	Heizlast [kW]
SO	Mehrfamilienhaus (MFH)	1.287	44
	MFH	11.686	395
	Handel	8.716	392
WA1	MFH	14.746	499
	MFH	3.061	104
	Büro	556	19
WA2	MFH	12.921	437
WA3	MFH	9.089	308
WA4	MFH	3.329	113
MU1	MFH	11.472	388
Halle Süd 1 (Bestand)	MFH	3.613	122
MU3	MFH	6.517	221
MU4	MFH	875	30
	Kita	1.361	46
MU5	MFH	8.378	283
MU8	MFH	10.066	341
MU6	MFH	11.912	403
MU7.1	MFH	8.385	284
MU7.2	Büro	7.781	263
Bestand	k. A.	80	3
	<b>Summe</b>	<b>135.830</b>	<b>4.693</b>

Tabelle 4 Raumwärmeleistung des Baugebiets für KfW55

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

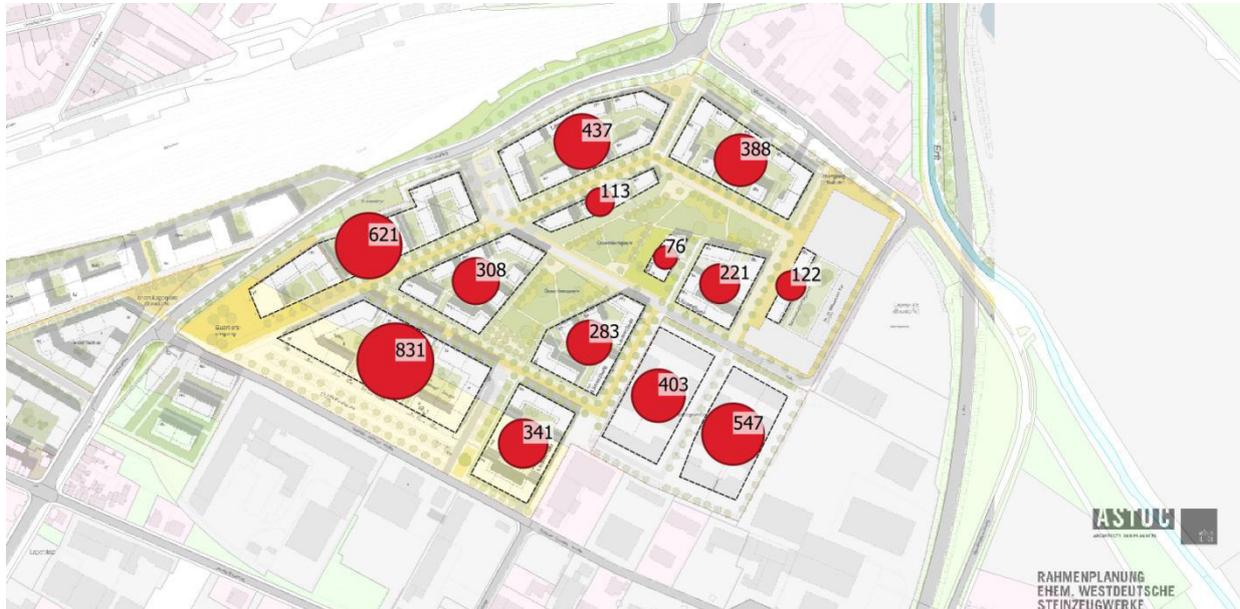


Abbildung 3 abgeschätzte Heizlast in kW der Gebäudegruppen bei KfW 55

Konzeptionell wird davon ausgegangen, dass die Warmwasserversorgung über Speicher erfolgt. So 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 den Einsatzbereichen (zentral/dezentral) sowie ihren Vor- und Nachteilen. Die Eignung für das Neubaugebiet ist unterschiedlich einzuschätzen. Die Auswahl angepasster Lösungen wird unter Kapitel 4 eingehender behandelt.

Wärmeerzeugung durch	Einsatzbereich	Vorteile	Nachteile
Holz hackschnitzel	zentrale Versorgung	niedrige Brennstoffkosten keine Kopplung an den Ölpreis regionale Verfügbarkeit der Brennstoffe niedrige CO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> Emissionen geringer/mittlerer Platzbedarf	hohe Brennstoffkosten begrenzte Verfügbarkeit von Biomethan mittlere CO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> Emissionen fossiler Energieträger Abhängigkeit von Energie-Importen
Erdgas	zentrale Versorgung	mäßiger Platzbedarf gute Kombinierbarkeit	hohe CO <sub>2</sub> 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) 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.

### 3.1.1 Flächen für Erdkollektoren und Erdsonden

Ausreichende Flächen für Erdkollektoren und Erdsondenfelder sind die Voraussetzung für zentrale kalte Nahwärmenetze mit dezentralen Wärmepumpen je Haus oder für sog. Low-Ex-Netze mit zentraler Wärmepumpenanlage.

Im Plangebiet ist das Verlegen von Erdkollektoren nicht möglich, da das Gebiet im Geothermieatlas NRW als „zu flach“ eingestuft wird. Jedoch ist die theoretische Möglichkeit von geothermischer Nutzung über Erdsonden gegeben.

Die Entzugsleistung wird von dem Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen mit 110 bis 119 kWh/(m<sup>2</sup>a) für 2.400 h/a Nutzungsstunden angegeben.

Im nachfolgenden Plan sind die möglichen Stellen für Erdwärmesonden dargestellt.



Abbildung 4 Mögliche Positionierung der Sondenbohrungen im Baugebiet

Die theoretische Entzugsleistung liegt bei 48 W/m, womit die folgende Potenzialberechnung einmal für einen Abstand der Sonden mit 15 m bzw. 10 m durchgeführt wird. Innerhalb des Fremdgrundstücks sind vorerst keine Sondenbohrungen geplant. Jedoch wird der Wärmebedarf des Fremdgrundstücks mit berücksichtigt.

	Abstand	15 m	10 m
Sonden	Anzahl	189	284
spezifische Entzugsleistung Erdreich	[W/m]	48	48
Bohrtiefe	[m]	100	100
Entzugsleistung	[kW]	907	1.363
Leistungszahl Wärmepumpen	-	4	4
Leistungsbedarf Strom	[kW]	302	454
<b>Potenzial Wärmeabgabe</b>	<b>[kW]</b>	<b>1.210</b>	<b>1.818</b>
Heizbedarf Baugebiet KfW55	[kW]	4.690	4.690
<b>Deckungsgrad</b>	<b>[%]</b>	<b>26%</b>	<b>39%</b>

Tabelle 6 Wärmepotenzial Sondenbohrungen

Der erzielbare Deckungsgrad liegt bei maximal 39 %. Dies ist nicht ausreichend, um das Gebiet vollständig mit geothermischer Energie zu versorgen.

### 3.1.2 Thermisches Potenzial der Erft

Die Erft verläuft in unmittelbarer Nähe zum Neubaugebiet, sodass hier eine weitere Quelle von Umweltwärme theoretisch verfügbar wäre.

Die nächstgelegene Pegelmessstelle ist Arloff.

	W [cm]	Q [m <sup>3</sup> /s]
MNW / MNQ	22	0.106
MW / MQ	31	0.81
MHW / MHQ	86	9.61

Tabelle 7 Abflussdaten der Erft, Pegelmessstelle Arloff<sup>2</sup>

Der mittlere Niedrigwasserabfluss liegt bei 106 l/s bzw. bei 381,6 m<sup>3</sup>/h. Um das Neubaugebiet vollständig über Wärme aus der Erft zu versorgen, ist eine Wassermenge von 938 m<sup>3</sup>/h notwendig. Unter der Annahme, dass der mittlere Niedrigwasserabfluss für eine Wärmeentnahme (einer Abkühlung von ca. 4 K) zur Verfügung stünde, könnten so maximal 41 % des Gebiets durch Wärme aus der Erft versorgt werden. In der Praxis können nicht 100 % der Durchflussmenge eines Fließgewässers zur Wärmeabnahme entnommen werden, da aufgrund der Gewässerdynamik eine ausreichende Restwassermenge im Fluss verbleiben muss. Auch ein Wärmeentzug direkt im fließenden Gewässer ist mit zusätzlichen Wärmeverlusten verbunden.

Da das Wärmepotenzial der Erft an dieser Stelle nicht ausreicht, um in Kombination mit Geothermie das Neubaugebiet ausreichend mit Wärme zu versorgen, wird diese Variante der Wärmeversorgung nicht weiter verfolgt.

<sup>2</sup> Quelle: [https://www.erftverband.de/mapserver/arcshp/flussgebiet/klima\\_abfluss/howis/html/pegel/Pegel\\_Arloff\\_zr.html](https://www.erftverband.de/mapserver/arcshp/flussgebiet/klima_abfluss/howis/html/pegel/Pegel_Arloff_zr.html) (Zugriff: Juni 2021)

## 4 Detaillierte Beschreibung der ausgewählten Optionen

Da das Potenzial der Umweltwärme (Geothermie und Gewässer) nicht ausreichend ist, um das Neubaugebiet mit Wärme zu versorgen und eine zusätzliche Wärmeerzeugung zwingend notwendig wäre, werden diese Varianten nicht weiter betrachtet.

Um die ökologischen und wirtschaftlichen Vorteile der zentralen Wärmeversorgung zu nutzen (siehe Kapitel 3.1), werden nachfolgend die Varianten einer möglichen Wärmeversorgung über eine Heizzentrale vorgestellt. Als Systeme der Erzeugung kommen folgende in Frage:

- Erdgas-BHKW mit Spitzenlastkessel,
- Biomethan-BHKW mit Holzpelletkessel und Spitzenlastkessel,
- Holzpelletkessel mit Spitzenlastkessel.

Die Spitzenlast wird jeweils von einem Gas-Brennwertkessel übernommen.

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.

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 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.

### 4.1 Nahwärmeverteilung

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 Heizungswasser 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 in Verhältnis dazu gering. Zudem müsste der Nahwärmenetzbetreiber seinen Kunden verbindliche enge Vorgaben zur Ausführung der hausinternen Installationen machen und sich auch gegen spätere nicht konforme Änderungen absichern.

#### 4.1.1 Nahwärmenetz

Ausgangspunkt der als Ringnetz konzipierten Versorgung ist die Heizzentrale, die auf dem Grundstück im südlichen Teil der unbeheizten Halle errichtet wird. Die Nennweiten des Nahwärmenetzes sind auf Grundlage der kumulierten Anschlusswerte ermittelt. Dabei ist der KfW55-Standard in Ansatz gebracht.





Abbildung 5 Trassenverlauf Nahwärmenetz mit Heizzentrale im Quartier

Die Heizzentrale ist im südlichen Bereich der Bestandshalle verortet. Der Standort wurde an dieser Stelle gewählt, da dieser zum einen ausreichend Platz für eine Heizzentrale ggf. inklusiver Lagerung der Pellets bietet, zum anderen gut für eine Pelletanlieferung geeignet ist und keine Grünflächen für eine Heizzentrale „geopfert“ werden müssten. Die Lage der Heizzentrale ist jedoch optional und wirkt sich in dem Energieversorgungskonzept nicht grundlegend aus. Die Wahl eines anderen Standortes am Rande des Neubaugebiets würde keine grundlegend abweichenden Ergebnisse des Energiekonzepts bewirken.

Die Nahwärmeleitungen sind als rote Linie dargestellt, wobei die Leitungsverläufe innerhalb des Fremdgrundstücks als gestrichelte Linie erkennbar sind. Teilweise verläuft die Wärmeleitung durch die Untergeschosse der geplanten Gebäude. Dieser Leitungsverlauf ist violett dargestellt.

Das kleine Pförtnerhäuschen (gelbe Darstellung) im nördlichen Teil des Gebiets soll ebenfalls an die Heizzentrale angeschlossen werden.

Die Investitionen für das Netz liegen inklusive Planungskosten (20 %) und Zuschlägen für Unvorhergesehenes (10 %) bei 889 T€. Im Mittel ergeben sich für das 1,8 km lange Netz spezifische Trassenkosten von 504 €/m.

Auf jedes der anzuschließenden Gebäude entfällt bei Umlage dieser Kosten nach Gebäudeanzahl ein Betrag von 17.097 € bezogen auf die dargestellte Struktur der Bebauung. Bei Umlage nach Nettogeschossfläche liegen die spezifischen Kosten bei 6,5 €/m<sup>2</sup>.

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 des Umlagesystems und des Tarifsystems 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 52 Gebäude an das Nahwärmenetz 6.839 €/Gebäude.

#### 4.1.2 Hausanschluss und Übergabestation

Der Hausanschluss (HA, rosafarben) 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 aufwendig.

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 des Versorgers in Rechnung gestellt.

Die in [Abbildung 5](#) 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 6.000 €/Anschluss für die Mehrfamilienhäuser und 12.000 €/Anschluss für das Sondergebiet veranschlagt.

### 4.2 Wärmeerzeugung für das Neubaugebiet

#### 4.2.1 Erdgas-BHKW

Der Einsatz von Blockheizkraftwerken (KWK-Anlagen) kann eine wirtschaftliche Alternative auf dem Weg zu einer CO<sub>2</sub>-neutralen Versorgung sein. Durch die hocheffiziente Erzeugung von Strom und Wärme werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber einer reinen Erdgasversorgung deutlich gesenkt. Da weiterhin Erdgas als Brennstoff zum Einsatz gelangt, kann eine vollständige CO<sub>2</sub>-Minderung nicht erzielt werden. KWK wird daher häufig als Brückentechnologie auf dem Wege zu einer CO<sub>2</sub>-neutralen Versorgung bezeichnet. Eine KWK-Anlage kommt lediglich zur Grundlastversorgung zum Einsatz und muss daher immer mit einer weiteren Versorgungstechnik (z. B. Erdgaskessel) kombiniert werden.

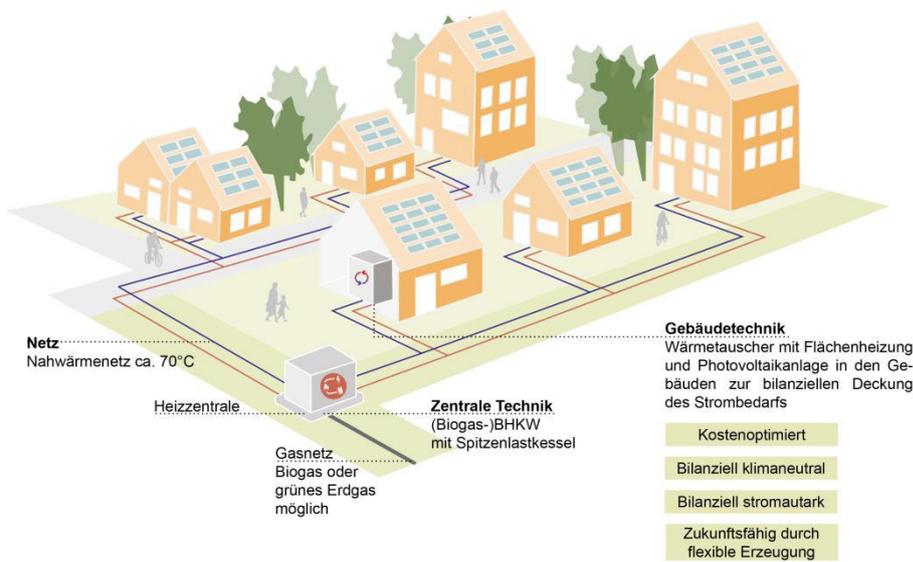


Abbildung 6 Nahwärmeversorgung „klassisch“ aus einer Heizzentrale über BHKW

Die Auslegung des BHKWs erfolgt anhand der Jahresdauerlinie. Die folgende Jahresdauerlinie ist aus den Temperaturdaten für Euskirchen (TRY zukünftig) in Verbindung mit dem SLP-Gas und Tagesganglinien erstellt worden. Die Maximalleistung von 4.690 kW bei einer Norm-Auslegungstemperatur von -12 °C wird hier nicht erreicht, da die Tiefst-Temperatur des Testreferenzjahres bei -1,9 °C liegt. Bei der in [Abbildung 7](#) dargestellten Wärmeleistung handelt es sich um die Netzeinspeisung aus der Heizzentrale einschließlich der Netzverluste.

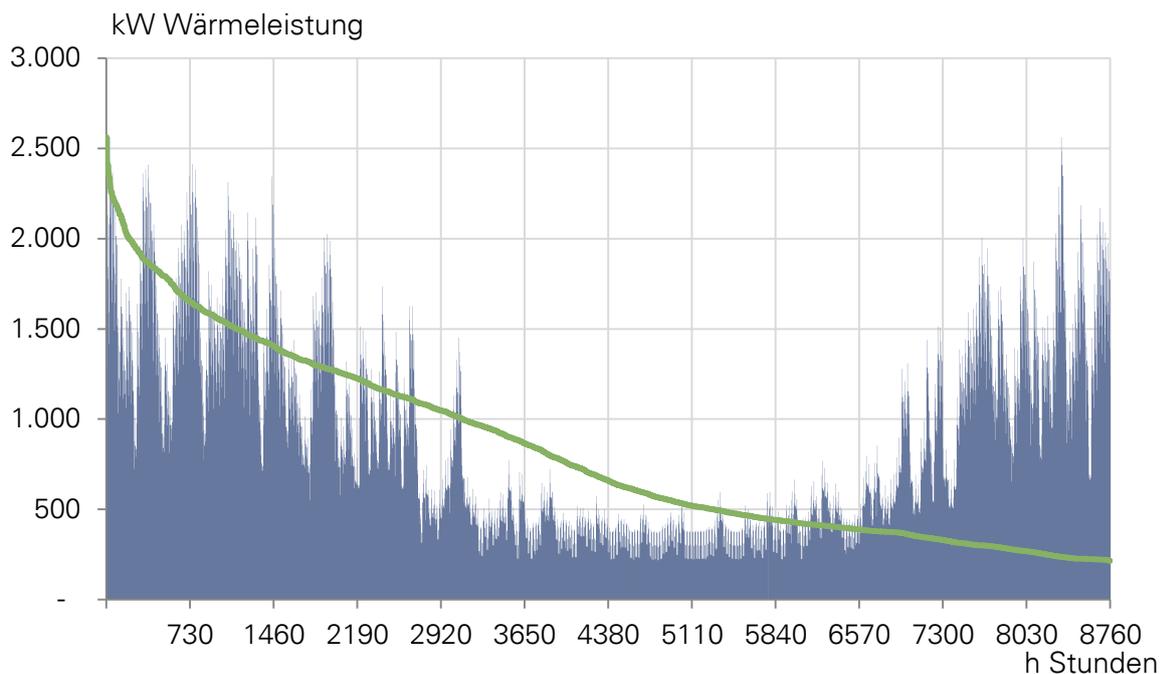


Abbildung 7 Jahresdauerlinie in kW ungeordnet und geordnet (Linie)

Die Dimensionierung des Erdgas-BHKWs zielt auf einen hohen KWK-Anteil an der Netzeinspeisung ab. Das BHKW hat eine elektrische Leistung von 2x404 kW und eine Wärmeleistung von 2x520 kW. Die Aufteilung auf zwei Module ermöglicht es, einen tieferen Teillastbereich abzudecken. Die Zahl der Volllaststunden liegt bei 5.475 h/a. Die Voraussetzungen für eine Förderung des Nahwärmenetzes sind mit der Überschreitung der im KWK-G geforderten 75 % erfüllt. Der KWKG-Fördersatz liegt bei 40 %.

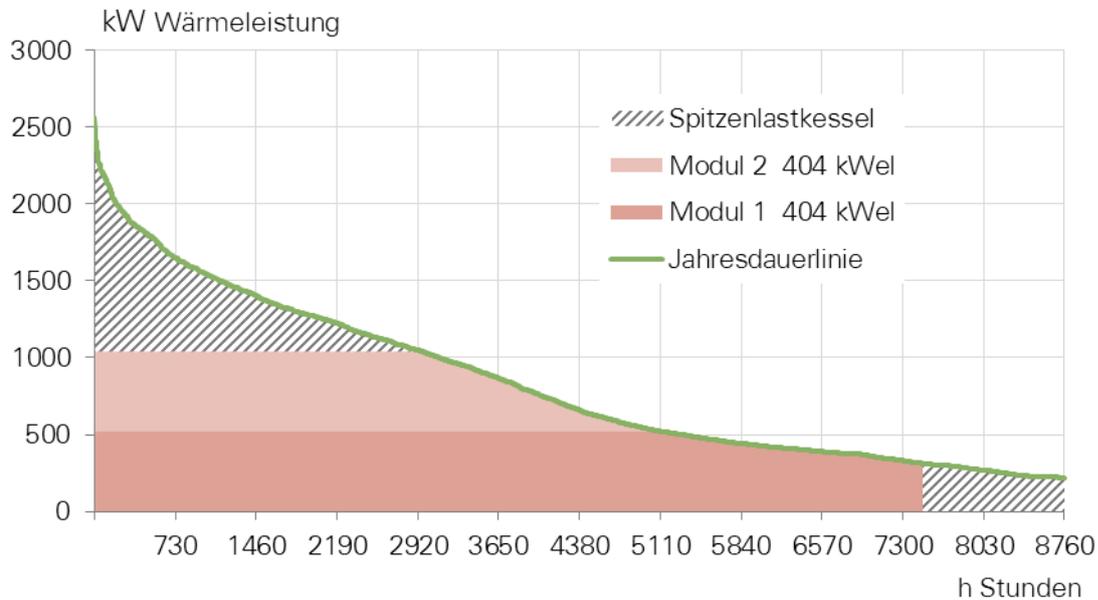


Abbildung 8 Jahresdauerlinie mit den beiden Erdgas-BHKW-Modulen

Anhand der Dauerlinie des Wärmebedarfs ist erkennbar, dass ca. 1.040 kW<sub>th</sub>, bereitgestellt durch KWK notwendig sind, um die Fördervoraussetzungen zu erfüllen. Für ein besseres Teillastverhalten wird die Wärmeversorgung auf zwei Module aufgeteilt. Die Spitzenlast wird durch einen Erdgaskessel abgedeckt.

#### 4.2.2 Biomethan-BHKW und Holzpelletkessel

Diese Anlagekonfiguration ist technisch ähnlich mit der vorherigen rein fossil betriebenen Anlage. Da in dieser Variante ein möglichst hoher Anteil der Wärme aus erneuerbaren Energien stammen soll, werden die BHKWs mit Biomethan, virtuellem Biogas, betrieben. Die Mittellast wird von einem Holzpelletkessel gedeckt. Die Spitzenlastdeckung, die hier auf eine äußerst geringe Restmenge reduziert ist, erfolgt weiterhin fossil über einen Gas-Brennwert-Kessel.

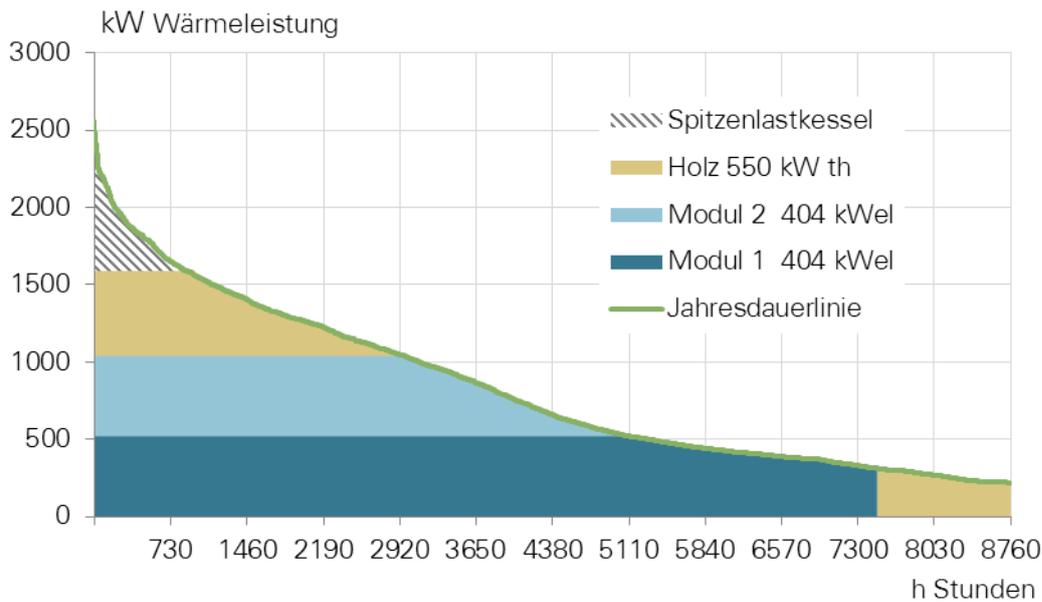


Abbildung 9 Jahresdauerlinie mit den beiden Biomethan-BHKW-Modulen und dem Holzpelletkessel

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. Da beide BHKW-Module eine größere Leistung als 150 kW haben, wird der hier produzierte Strom nicht gemäß EEG vergütet.

Im Rahmen des Klimaschutzprogrammes 2030 entwickelt die Bundesregierung die Förderung für energieeffiziente Gebäude weiter. Die neue „Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)“<sup>3</sup> startet bei der KfW zum 01.07.2021. Ab diesem Zeitpunkt werden für Neubauten, die den Standard EH 55 Erneuerbare-Energien-Klasse erfüllen, 17,5 % der zu fördernden Kosten gefördert. Fördervoraussetzung ist, dass mindestens 55 % der Wärmeversorgung durch erneuerbare Energien erfolgen muss. Diese Voraussetzung ist durch den Einsatz der Biomethan-BHKWs erfüllt. Der Hausanschluss wird hier jeweils zu 1.737 € je Gebäude gefördert.

Die Voraussetzungen für eine Förderung des Nahwärmenetzes sind mit der Überschreitung der im KWKG geforderten 75 % erfüllt. Der KWKG-Fördersatz liegt bei 40 %.

### 4.2.3 Holzpelletkessel

Die Verbrennung von Holzpellets ist (nahezu) CO<sub>2</sub>-neutral, da es sich um einen nachwachsenden Energieträger handelt. Aufgrund ihrer industriellen und genormten Herstellung ermöglichen Holzpellets einen wartungsarmen Betrieb der Feuerungsanlagen, der Brennstofflagerung und der Brennstofflogistik. Grundsätzlich kann über Pelletkesselanlagen eine Vollversorgung sichergestellt werden. Aufgrund der hohen Investitionskosten in die erforderliche Anlagentechnik erfolgt aber in der Regel eine Kombination mit Erdgaskessel(-anlagen).

Die Heizzentrale mit einem Holzpelletkessel wird auch in diesem Fall bivalent konzipiert. Bivalent bedeutet, dass die Grundlast mit 50 bis 90 % der Netzeinspeisung aus Holz stammt und der Rest aus einem Erdgaskessel. Monovalent würde im Extremfall bedeuten, dass kein zweites System installiert wird. Praktisch wird jedoch zur Sicherheit als Reserve im Stör- oder Wartungsfall oder für die

<sup>3</sup> Weitere Informationen auf der Internetseite der KfW ([www.kfw.de](http://www.kfw.de))

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 78 % der Wärmenetzeinspeisung. Der Spitzenlastabdeckung dient ein Gaskessel.

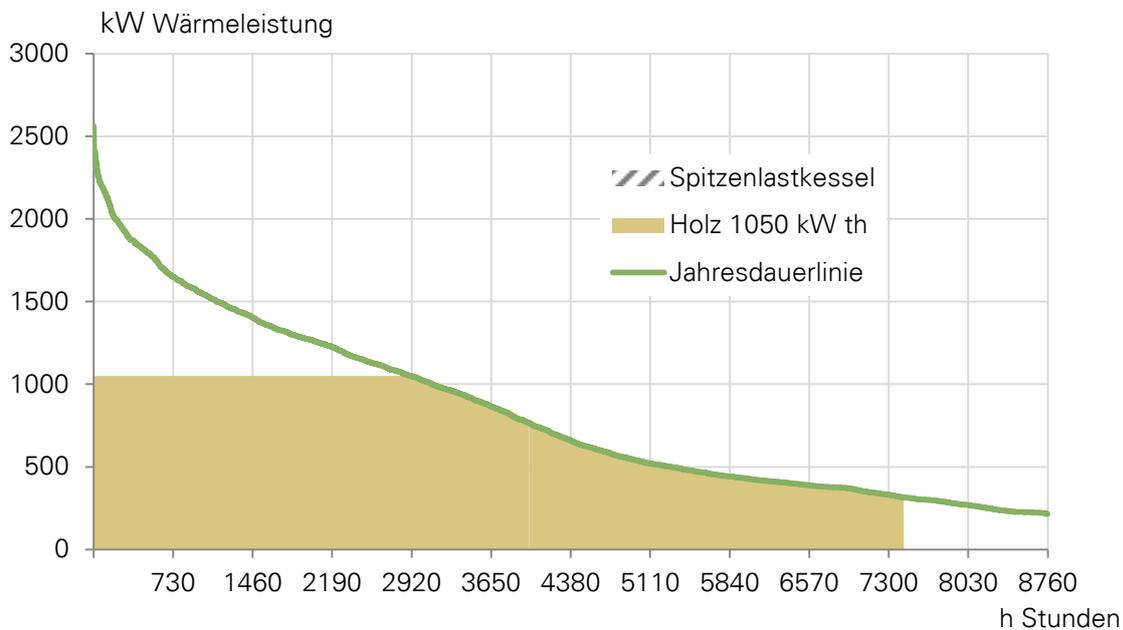


Abbildung 10 Jahresdauerlinie mit Holzpelletkessel

#### 4.2.4 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. Der Einsatz von Luft/Wasser-Wärmepumpen ist im Geschosswohnungsbau nur eingeschränkt empfehlenswert. Zum einen ist der Standort der Außeneinheiten gut auszuwählen, sodass Anwohner und Nutzer nicht durch Lärm belästigt werden, ggf. müssten Außeneinheiten auf den Flachdächern installiert werden, sodass weniger Fläche für Photovoltaik zu Verfügung stünde. Um die Trinkwarmwassererwärmung im Geschosswohnungsbau über Luft/Wasser-Wärmepumpen zu realisieren, ist ein hoher Planungsaufwand notwendig. In der Regel wird hier Trinkwarmwasser dezentral über Strom bereitgestellt. Die genaue Ausgestaltung der dezentralen Referenzsysteme wird hier nicht weiter ausgeführt, da diese hier zum Vergleich mit den zentralen Varianten dienen und nicht als mögliche Umsetzungsvariante in Betracht kommen.

## 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.

Die zusätzliche Einbeziehung des Stromverbrauchs für normale Nutzeranwendungen, die u. U. durch Ladestrom für Elektro-Autos gesteigert werden und die Einbeziehung der PV-Strom-Eigenerzeugung schließt sich an. Damit wird die Energiebilanz des Gebietes vervollständigt.

### 5.1 Raumheizung und Warmwasser

Der Endenergieeinsatz der betrachteten Systeme wird zur Erstellung der CO<sub>2</sub>-Bilanz mittels energieträgerspezifischer Emissionsfaktoren in jährlich verursachte Mengen von Treibhausgasen umgerechnet. Es handelt sich hier um sog. CO<sub>2</sub>-Äquivalente, die auch weitere Treibhausgase in ihrer Wirkung gewichtet mit abbilden. Die Primärenergiefaktoren sind in [Tabelle 8](#) ebenfalls zur Information aufgeführt. Sie sind für öffentlich-rechtliche Nachweise erforderlich, eine Primärenergiebilanzierung erfolgt in diesem Konzept nicht.

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

**Tabelle 8** Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren

Die Emissionsfaktoren sind dem GEG entnommen.

Die ermittelten CO<sub>2</sub>-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/m<sup>2</sup>a. Alle drei Nahwärmevarianten erfüllen dieses Kriterium.

Die deutliche Übererfüllung des Kriteriums bei den BHKW-Varianten resultiert aus der methodischen Abweichung bei der Bewertung der Stromerzeugung. Im Leitfaden gibt es die Differenzierung zwischen allgemeinem Verbrauchsmix und Verdrängungsmix noch nicht. Diese wirkt sich hier sehr stark aus.

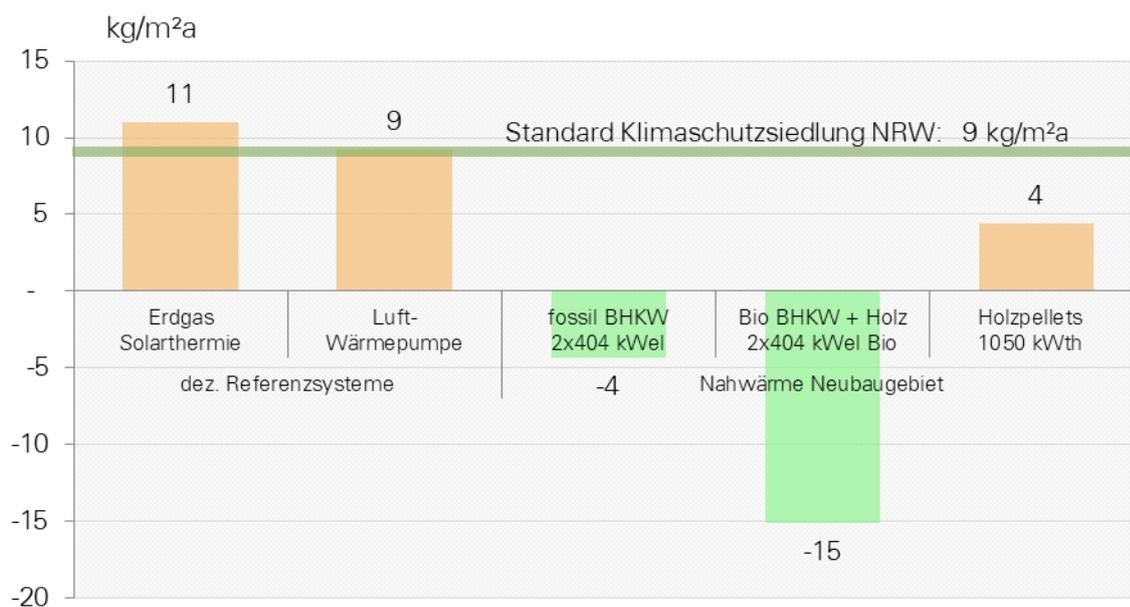


Abbildung 11 Nutzflächenbezogene CO<sub>2</sub>-Emissionen mit Berücksichtigung der Gutschrift für die Stromerzeugung

Nachfolgendes Diagramm zeigt die nutzflächenbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Wärmeerzeugungsvarianten im Vergleich ohne Berücksichtigung der Stromerzeugung durch die BHKWs. Der anteilige Erdgas- bzw. Biomethanverbrauch für die Stromerzeugung bleibt entsprechend unberücksichtigt<sup>4</sup>, um eine Vergleichbarkeit zu den übrigen Varianten herzustellen.

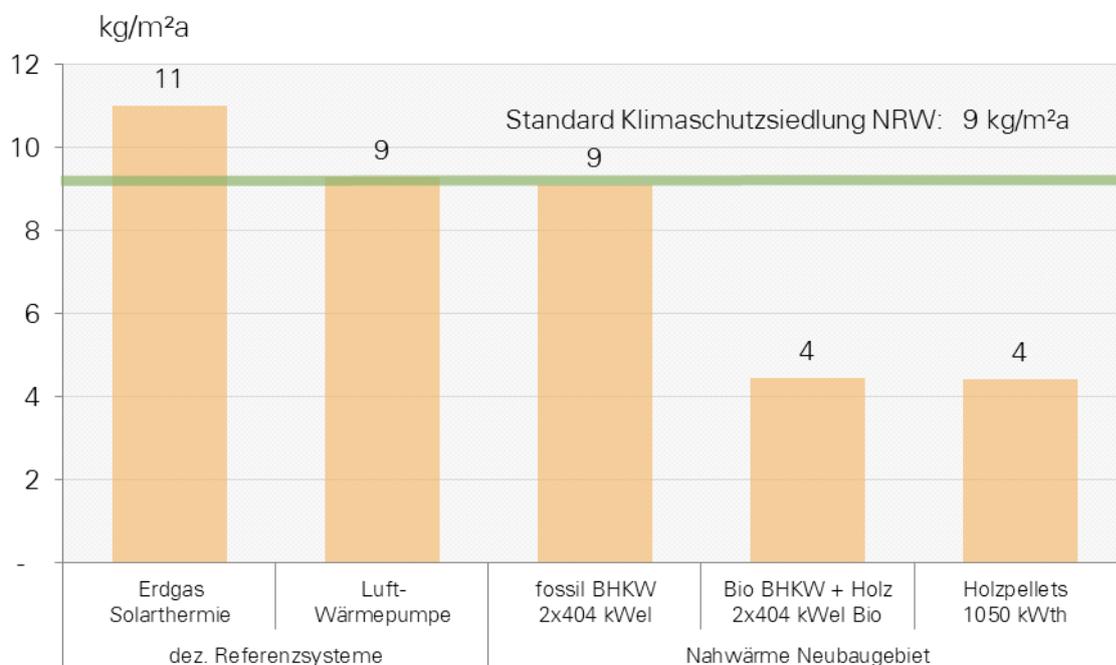


Abbildung 12 Nutzflächenbezogene CO<sub>2</sub>-Emissionen (berücksichtigt werden nur der Wärmeanteil des KWK-Gas- bzw. KWK-Biomethanverbrauchs)

<sup>4</sup> Berechnung gemäß der Carnot-Methode mit exergetischer Allokation für KWK-Prozesse

## 5.2 Stromverbrauch und PV-Eigenerzeugung

Früher wurde bei der Stromversorgung von Neubaugebieten das Stromnetz nur auf den elektrischen Energiebedarf der Gebäude ausgelegt. Mittlerweile muss mehr als nur dieser Aspekt in die Betrachtung einbezogen werden.

Zum einen mehrt sich die Nutzung von erneuerbaren Energien in Form der Photovoltaik und zum anderen steht ein Wandel in der Mobilität bevor. Beide Aspekte müssen in der Auslegung des Stromnetzes Berücksichtigung finden. Bei der Photovoltaik liegt das Augenmerk nicht auf dem Eigenverbrauch, sondern auf der Einspeisung des Stroms in das öffentliche Stromnetz. Das Stromnetz muss genügend Kapazität besitzen, dass die Einspeisung aus den Photovoltaikanlagen aufgenommen und weitergeleitet werden kann. Bei der Elektromobilität ist nicht die Aufnahme von Strom, sondern die Abgabe von Strom der zu betrachtende Aspekt. Mit steigender Nutzung von Elektrofahrzeugen steigt auch der heimische Strombedarf. Bei der Kombination beider Aspekte muss bedacht werden, dass sie nicht gleichzeitig auftreten werden. Wenn der Strombedarf der Gebäude und Elektromobilität hoch ist, wird die Einspeisung der Photovoltaikanlage niedrig bzw. nicht vorhanden sein. Andersherum wird bei einer hohen Photovoltaikeinspeisung kein hoher Strombedarf beim Gebäude oder der Elektromobilität bestehen. Entsprechend sollte das örtliche Stromnetz auf den Aspekt mit dem größeren Einfluss ausgelegt werden.

### Photovoltaik

Der elektrische Leistungsbedarf des Neubaugebietes wird unter Berücksichtigung der DIN 18015-1<sup>5</sup> abgeschätzt. In der Norm ist angegeben, dass der Leistungsbedarf einer Wohnung bei 14 kW liegt. Wenn eine elektrische Warmwasserbereitung besteht, liegt dieser bei 34 kW. Mit steigender Anzahl an Wohnungen bzw. Haushalten ist ein degressiver Anstieg der Leistungswerte verzeichnet. Der degressive Anstieg entsteht durch den sinkenden Gleichzeitigkeitsfaktor, der mit einer steigenden Anzahl an Abnehmern einhergeht. Der Gleichzeitigkeitsfaktor beschreibt, wie viele der elektrischen Verbraucher gleichzeitig genutzt werden. Mit steigender Anzahl an Verbrauchern sinkt die Wahrscheinlichkeit einer gleichzeitigen Nutzung aller Verbraucher. Diese Entwicklung ist bei den ersten 10 Wohneinheiten am stärksten und mildert sich im Anschluss mit steigender Zahl ab. Ab einem Wert von ca. 100 Wohneinheiten verringert sich der Gleichzeitigkeitsfaktor nur noch minimal. Dies ist auch der Grund, warum z. B. für 100 Wohnungen ein Leistungsbedarf ohne elektrische Warmwasserbereitung nur bei ca. 106 kW liegt.

Für das Gesamtgebiet (Annahme: 1.558 Wohneinheiten<sup>6</sup>), inklusive möglicher Wohneinheiten auf dem Fremdgrundstück, wird ein Leistungsbedarf von ca. 1.650 kW (ohne elektrische Warmwasserbereitung) angenommen.

Der elektrische Leistungsbedarf für das Einkaufszentrum (inkl. Klimatisierung) wird mit ca. 45 W/m<sup>2</sup>, der Leistungsbedarf für die Büros (inkl. Klimatisierung) mit ca. 40 W/m<sup>2</sup> und der Leistungsbedarf für die Kita mit ca. 20 W/m<sup>2</sup> abgeschätzt. Unter Berücksichtigung des Gleichzeitigkeitsfaktors von jeweils 0,6 wird ein Leistungsbedarf von 235 kW für das Einkaufszentrum, 200 kW für die Büros und 16 kW angenommen.

Bei Installation von Photovoltaik auf 60 % der verfügbaren Dachflächen (ausgeschlossen Fremdgrundstücke) ergibt sich eine installierte Leistung von insgesamt 2.890 kWp. Bei nicht

<sup>5</sup> DIN 18015-1: Elektrische Anlagen in Wohngebäuden – Teil 1: Planungsgrundlagen; Stand Mai 2020

<sup>6</sup> Angabe von ASTOC, Stand: 210.08.2020

elektrischer Warmwasserbereitung wird die höhere Kapazität durch die Photovoltaikanlagen vorgegeben. Bei elektrischer Warmwasserbereitung liegt der höhere Leistungsbedarf bei den Gebäuden. Dies zeigt, dass das Stromnetz nicht zwingend vorrangig durch den reinen Strombedarf der Gebäude bestimmt wird, sondern durch die Einspeiseleistung der PV-Anlagen bestimmt werden kann. Je nach Anzahl der installierten PV-Anlagen muss dies in der Auslegung des örtlichen Stromnetzes berücksichtigt werden.

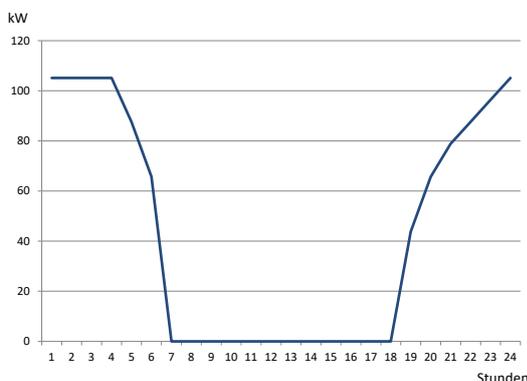
### Elektromobilität

Bei der Elektromobilität besteht eine vergleichbare Lage. Als Bewertungsgrundlage wird davon ausgegangen, dass zukünftig 10 % der privaten PKW-Stellplätze ein Ladesystem für ein Elektrofahrzeug bereitstellen. Beim vorliegenden Neubaugebiet wird also angenommen, dass insgesamt 146 Ladesysteme installiert werden. Als Ladesystem wird eine Wallbox mit einer Leistung von 11 kW angesetzt. Die installierten Ladesysteme besitzen insgesamt eine Leistung von 1.606 kW.

Anzumerken ist, dass das Ladeverhalten von Elektrofahrzeugen sich grundlegend unterscheidet von dem Tankverhalten von Verbrennern. Während beim Verbrenner üblicherweise der gesamte Tank gefüllt wird, wird bei einem Elektrofahrzeug nur die Strommenge wieder aufgeladen, die an diesem Tag verbraucht wurde. Die durchschnittliche Strommenge, die pro Tag verbraucht wird liegt bei ca. 7 kWh<sup>7</sup>. Bei einer Leistung von 1 kW wird die durchschnittliche verbrauchte Strommenge innerhalb von ca. 40 Minuten wieder aufgeladen. Dies ist nur ein Bruchteil der täglichen Standzeit am Gebäude. Dies wiederum bietet die Möglichkeit die Leistung zu reduzieren und den Ladezyklus auf die Standzeit zu verlängern. Dies ist durch die Installation eines Last- bzw. Lademanagementsystems umsetzbar. Eine grundlegende Verpflichtung zur Nutzung eines Managementsystems besteht (noch) nicht. Aus diesem Grund kann der Einfluss des Managementsystems nicht zwingend bei der Dimensionierung des örtlichen Stromnetzes berücksichtigt werden.

Um den Effekt des Lastmanagements einzuschätzen wurde die nachfolgende Ladekurve berechnet. Bei der Berechnung wurde davon ausgegangen, dass jedes Fahrzeug eine durchschnittliche Strommenge von 7 kWh pro Tag verbraucht. Des Weiteren wurde die Einschränkung vorgenommen, dass nur zwischen 18 Uhr abends bis 6 Uhr morgens geladen wird. Diese zusätzliche Einschränkung dient als Puffer.

Die Ladekurve in [Abbildung 13](#) zeigt, dass der Leistungsbedarf durch ein Last- bzw. Lademanagement stark gesenkt werden kann. Die benötigte Leistung beträgt nur ca. 105 kW. Diese drastische Senkung ist möglich, weil die gesamte Standzeit des Elektrofahrzeugs ausgenutzt wird, wodurch die 7 kWh über einen Zeitraum von sechs bis zwölf Stunden aufgeladen werden können.



<sup>7</sup> durchschnittliche Fahrstrecke 40 km; durchschnittlicher Verbrauch 18 kWh/100 km

### Abbildung 13 Ladekurve mit Lastmanagement

#### Fazit Stromversorgung

Die zuvor beschriebenen Aspekte müssen bei der Dimensionierung des örtlichen Stromnetzes betrachtet werden. Es wird empfohlen, diese Aspekte frühzeitig mit dem örtlichen Netzbetreiber zu besprechen und abzustimmen. Des Weiteren sollten die zukünftigen Bewohner über das Thema Elektromobilität sowie die Vorteile eines Last- und Lademanagements informiert werden.

Der Strombedarf pro Jahr des Neubaugebiets kann unter den gegebenen Rahmenbedingungen (realistisches Ausmaß der Elektromobilität, Anzahl der späteren Wohneinheiten und Bedarf der Nichtwohngebäudeteile) nur abgeschätzt werden. Zu diesem Zweck wird davon ausgegangen, dass alle Wohneinheiten realisiert werden und 146 Ladesysteme für Elektrofahrzeuge installiert werden. In diesem Falle würde sich der Strombedarf auf ca. 5.342 MWh/a belaufen und wie folgt zusammensetzen:

- Strombedarf Wohngebäude: 2.816 MWh/a
  - Spezifischer Strombedarf: ca. 24 kWh/(m<sup>2</sup>a)
- Strombedarf Nichtwohngebäude: 2.174 MWh/a
  - Spezifischer Strombedarf:
    - Büros: ca. 31 kWh/(m<sup>2</sup>a)
    - Handel: ca. 223 kWh/(m<sup>2</sup>a)
    - Kita: ca. 22 kWh/(m<sup>2</sup>a)
- Strombedarf Elektromobilität: 353 MWh/a

Unter der Prämisse, dass auf 60 % der für Photovoltaik geeigneten Dachflächen (ausgenommen Fremdgrundstücke) Photovoltaikanlagen mit einer gesamten Leistung von 2.890 kWp installiert wird, beläuft sich die Stromerzeugung auf ca. 2.457 MWh/a. Somit deckt die Photovoltaikanlage auf bilanzieller Ebene ca. 49 % des Strombedarfs der Gebäude und ca. 46 % des gesamten geschätzten Strombedarfs (Gebäude und Elektromobilität).

## 6 Wirtschaftlichkeit

### 6.1 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, Holzpellets, Strom als Energieträger für die Luftwärmepumpe, Strom als Hilfsenergie,
- Erlöse: Vermarktung des erzeugten Stroms mit gesetzlichen Zuschlägen und ggf. EEG-Vergütungen.

Im Hinblick auf den Einsatz des BHKW werden neben den Kosten der Wärmeversorgung die Erlöse der Stromerzeugung berücksichtigt, die sich durch die Einspeisung in das Stromnetz und die Zuschläge auf Grundlage des KWKG-Gesetzes<sup>8</sup> ergeben. Ebenso würden bei Einsatz von Biomethan die Erlöse der Stromeinspeisung auf Grundlage des Gesetzes für den Ausbau erneuerbarer Energien (EEG)<sup>9</sup> berücksichtigt, sofern die Anlage in den entsprechenden Leistungsbereich fällt. Dies ist hier jedoch nicht der Fall, da die KWK-Anlagen die Grenze von 150 kW<sub>el</sub> überschreiten.

Zur Erstellung einer Vollkostenrechnung mit Systemjahreskosten ist es erforderlich, die Investitionen in jährliche Kosten umzurechnen. Dies erfolgt über den Kapitalkostenfaktor bzw. Annuitätsfaktor. Dieser Faktor beinhaltet den kalkulatorischen Zinssatz – hier wird ein Zinssatz von 3 % zugrunde gelegt – und die Nutzungsdauer der jeweiligen Komponenten.

Der Vergleich aller Kosten erfolgt als Kennwerte bezogen auf die in Gebäude verbrauchte Nutzwärme in €/MWh, um 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 6.1 dargestellt.

<sup>8</sup> Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz - KWKG 2020, am 14.08.2020 in Kraft getreten

<sup>9</sup> Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG 2021, am 01.01.2021 in Kraft getreten

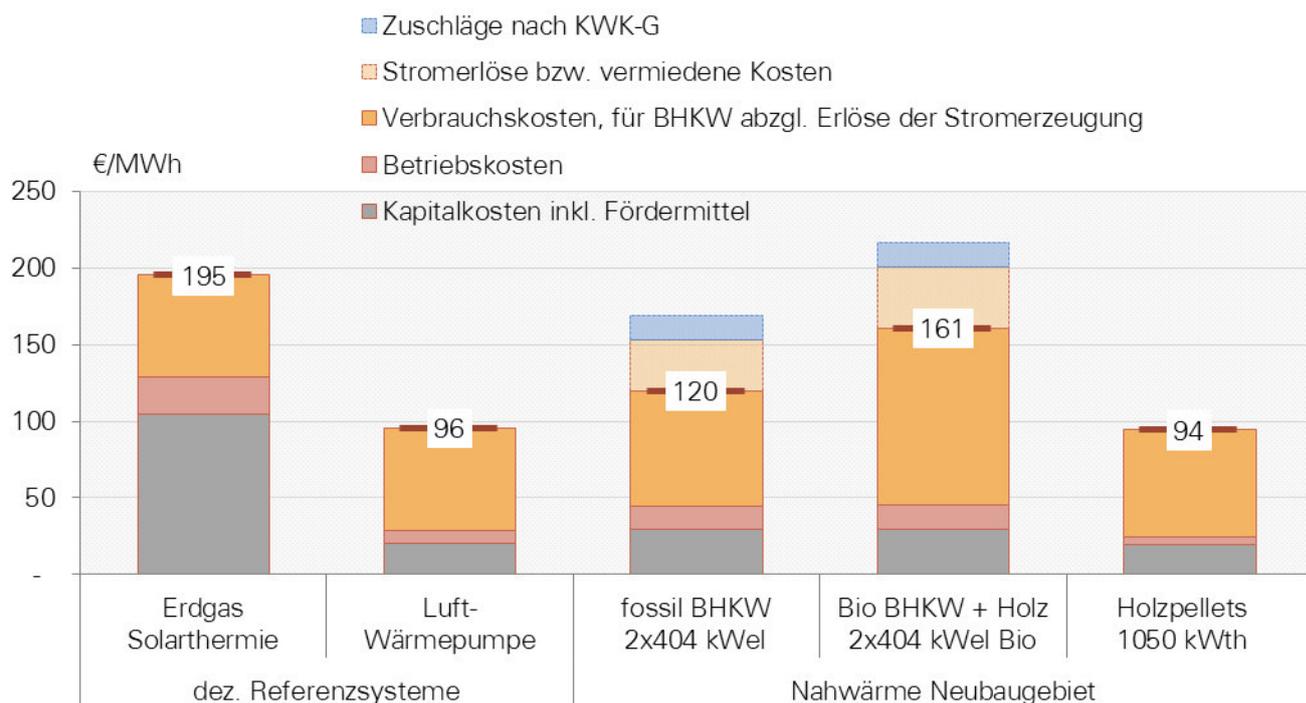


Abbildung 14 Vollkostenvergleich der Varianten in €/MWh

Rechnet man die Vollkosten auf die monatliche Belastung je m<sup>2</sup> Wohnfläche (zum Vergleich mit Miete und Nebenkostenumlage) um, ergibt sich folgendes Bild – hier aus Sicht des Endverbrauchers als Bruttowert ausgewiesen. Die Differenz zwischen dem günstigsten und teuersten System liegt unter 0,50 €/m<sup>2</sup>. In [Abbildung 14](#) sind die Kosten der CO<sub>2</sub>-Abgabe von 60 €/t<sup>10</sup>, die bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe anfallen, bereits mit eingerechnet.

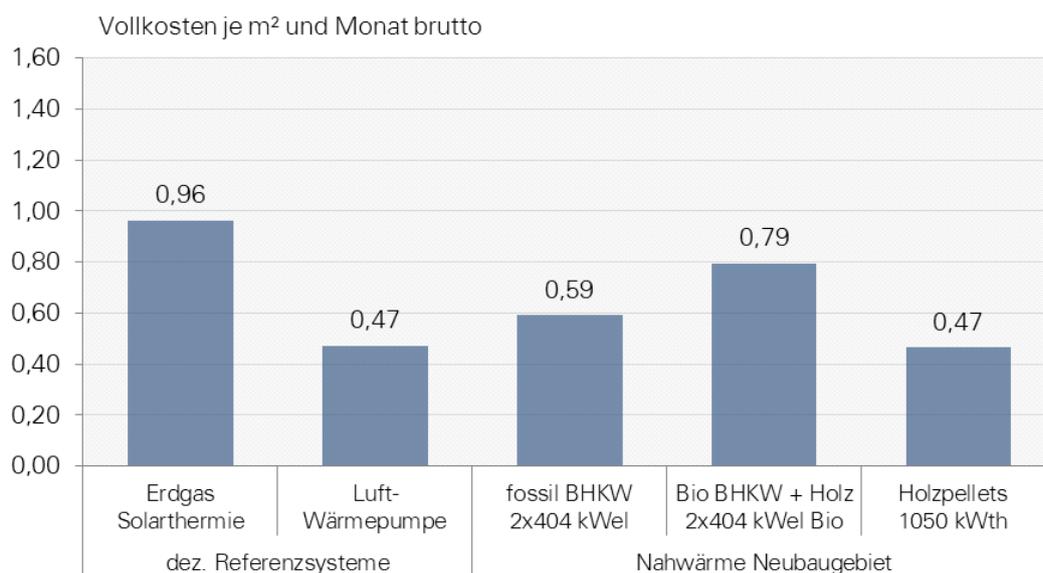


Abbildung 15 Vollkostenvergleich (inkl. CO<sub>2</sub>-Bepreisung Erdgas) der Varianten €/m<sup>2</sup> bezogen auf Wohnfläche

<sup>10</sup> Preisniveau ab 2026



## 6.2 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.

alle Preise netto - ohne 19% MWSt		1	2	3
Endenergiepreise (netto)		Basis	Hochpreis	Tiefpreis
Erdgas Kessel Gebäude	€/MWh	60	80	40
Erdgas Kessel HZ	€/MWh	55	75	35
Erdgas KWK	€/MWh	49	69	29
Biomethan nach §5 EEG	€/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
baseload EEX	€/MWh	40	60	30
vermiedene Netznutzung Niederspannung	€/MWh	10	10	10
Stromvergütung Netz ohne KWK-G	€/MWh	50	70	40

Tabelle 9 Basispreise und Szenariendefinition ohne CO<sub>2</sub>-Bepreisung bei Erdgas

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

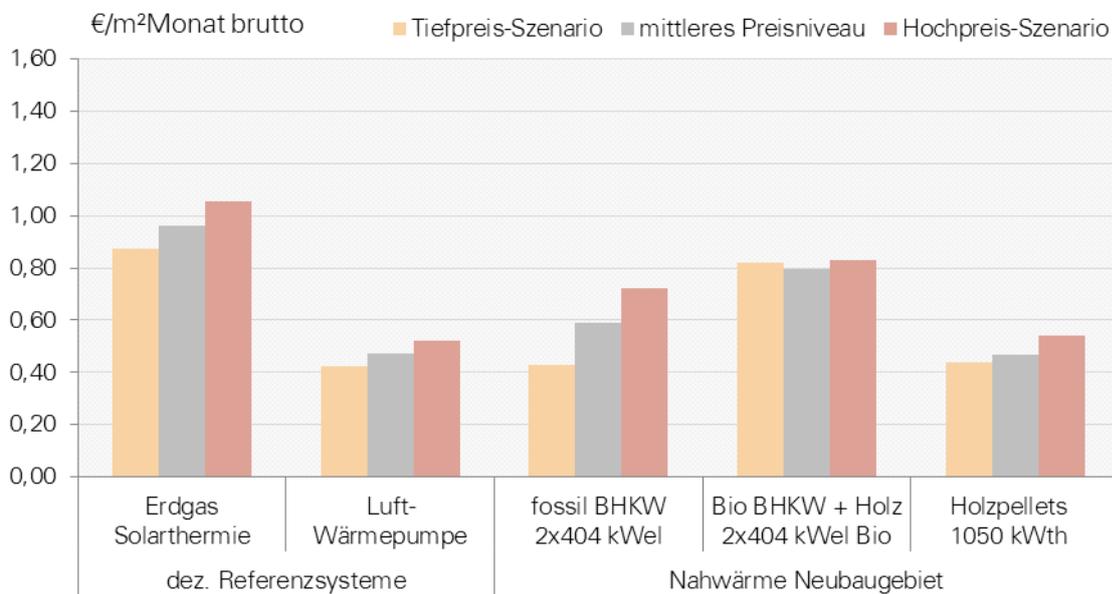


Abbildung 16 Sensitivität in Hoch- und Tiefpreis-Szenario

Die Erdgas-betriebene BHKW-Variante weist ein höheres Risiko für zukünftige Kostensteigerungen auf, da sie größere Menge von Erdgas einsetzt. Am stabilsten stellt sich innerhalb der Nahwärmevarianten die Variante „Biomethan-BHKW in Kombination mit dem Holzpelletkessel“ dar.

Die Sensitivität der Varianten wurde inklusive der CO<sub>2</sub>-Bepreisung von Ø 60 €/t gemäß BEHG (Brennstoffemissionshandelsgesetz) für Erdgas berechnet. Dies bedeutet einen Zuschlag von 12,096 €/MWh bei Varianten, in denen die Wärme durch Erdgas erzeugt wird.

### 6.3 Förderung Rahmenbedingungen

Neu ist die Bundesförderung für effiziente Gebäude BEG. Sie löst bisher geltende Fördertatbestände des Marktanzreizprogramms (MAP), Anreizprogramms Energieeffizienz (APEE) und Heizungsoptimierungsprogramms (HZO) ab, fasst sie zusammen und weitet sie aus. Sie umfasst drei Teile:

- Bundesförderung für effiziente Gebäude Wohngebäude BEG WG vom 17.12.2020, veröffentlicht am 01.02.2021 ersetzt durch die Fassung vom 20.05.2020, veröffentlicht am 07.06.2021
- Bundesförderung für effiziente Gebäude Nichtwohngebäude BEG NWG vom 17.12.2020, veröffentlicht am 01.02.2021 ersetzt durch die Fassung vom 20.05.2020, veröffentlicht am 07.06.2021
- Bundesförderung für effiziente Gebäude Einzelmaßnahme BEG EM vom 17.12.2020, veröffentlicht am 30.12.2020 ersetzt durch die Fassung vom 20.05.2020, veröffentlicht am 07.06.2021

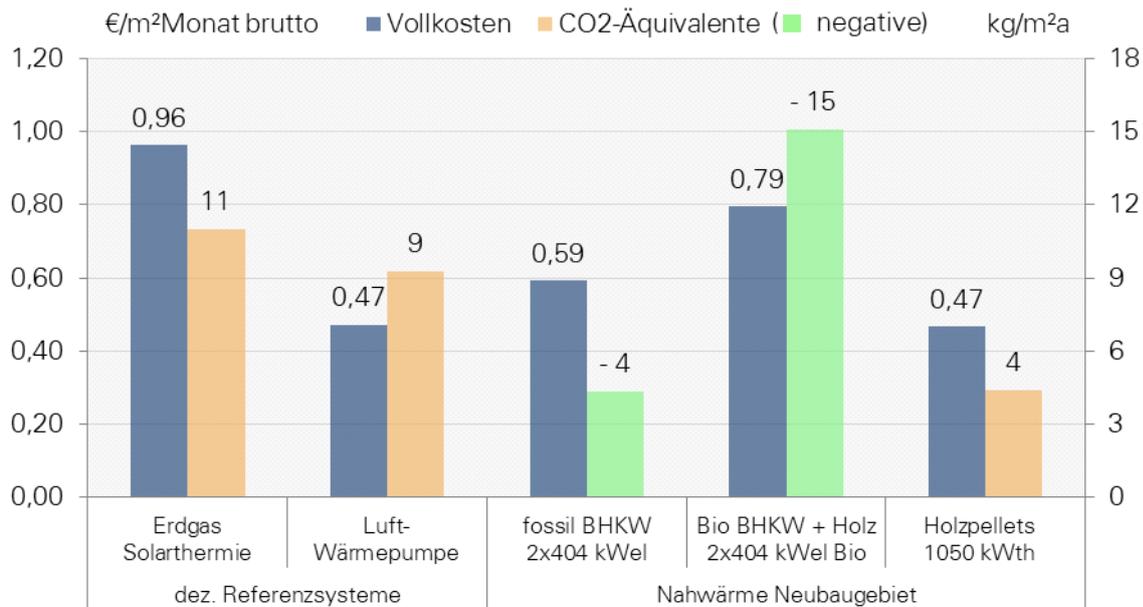
Die neuen Richtlinien der Förderrichtlinie, die "Bundesförderung für effiziente Gebäude" (BEG-WG und BEG-NWG) sind seit dem 01.07.2021 anzuwenden.

Die Förderrichtlinie 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 8.250 € je Wohneinheit.

## 7 Zusammenfassende Empfehlung

Die Zusammenführung der beiden zentralen Kriterien Kosten und CO<sub>2</sub>-Minderung ist in [Abbildung 17](#) vorgenommen worden - unter der Annahme eines 100%igen Anschlussgrades an ein Nahwärmeversorgungsnetz.



**Abbildung 17** Kosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen bezogen auf Wohnfläche

Hinsichtlich der spezifischen Vollkosten ist die Variante „Luft-Wärmepumpe“ deutlich günstiger als die Variante „Erdgas / Solarthermie“, weil diese den EE-Status erfüllt und daher investiv hoch gefördert wird. Bei den Nahwärmevarianten ist die Variante „Holzpellets“ die günstigste. Alle Nahwärmelösungen stellen sich jedoch hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen als deutlich günstiger dar als die dezentralen Referenzsysteme.

Die BHKW-Variante Biomethan / Holzpellets ist etwas teuer als die rein fossil beheizte Variante, aber CO<sub>2</sub>-seitig deutlich besser.

Alle BHKW-Varianten sind in Umweltbewertung abhängig von der Emissionsgutschrift, die sich aus der Stromerzeugung und der Verdrängung fossiler Energieträger im BRD-Mix ergeben. Langfristig, d. h. nach Vollzug des Kohleausstiegs, wird dieser Effekt geringer ausfallen. Oder vielmehr wird das Stromgutschriftverfahren voraussichtlich von dem Carnot-Verfahren abgelöst werden. Im Vorgriff auf diese Veränderung ist wird eine weitere Variante von [Abbildung 17](#) mit ergänzend dargestellt.

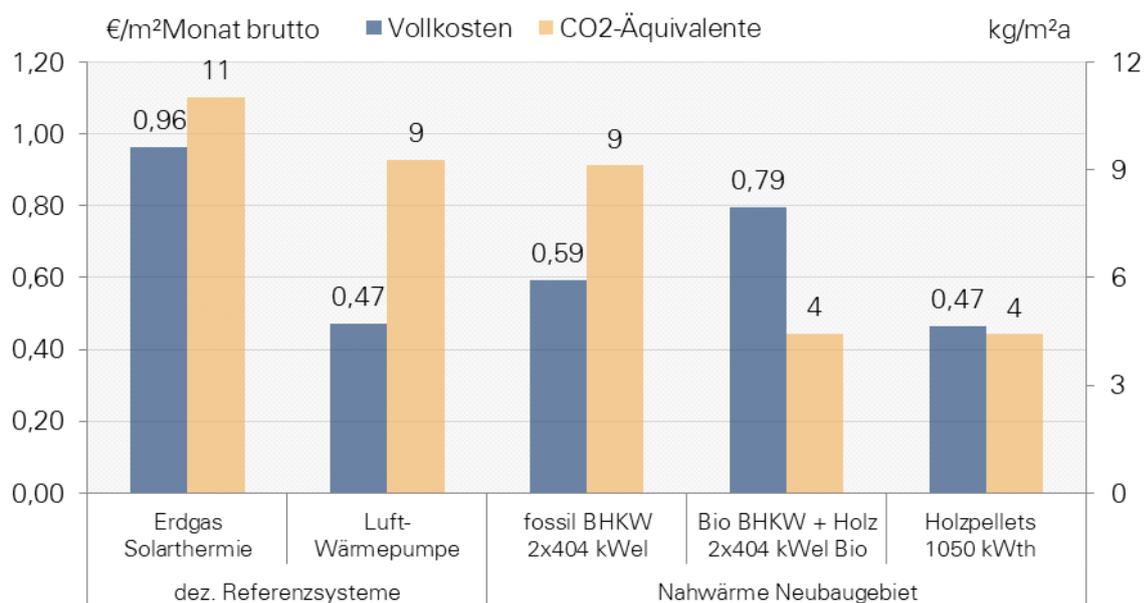


Abbildung 18 Kosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen bezogen auf Wohnfläche<sup>11</sup>

Die Holzpellet-Variante ist in ihrer Bewertung von diesen äußeren Einflüssen weitgehend unabhängig.

Vor dem Hintergrund der Klimaschutzpolitischen Ziele der Stadt Euskirchen auch für das Baugebiet des Areals der ehem. Steinzeugwerke und dem gleichzeitigen Anspruch einer weitest gehenden Kostenneutralität aus Sicht der späteren Nutzer bieten sich - neben der Umsetzung des KfW 55-Standards - die Nahwärmevarianten als wesentliche Bausteine einer klimagerechten Energieversorgung an.

Zwar gehört die dezentrale „Variante Luft-Wärmepumpe“ mit zu den kostengünstigsten Varianten, jedoch bietet sich eine solch dichte mehrgeschossige Bebauung mit Mehrfamilienhäusern eher weniger für den Einsatz von Luft/Wasser-Wärmepumpen an, da geeignete Aufstellflächen für die Außengeräte der Luft/Wasser-Wärmepumpen nicht leicht aufgrund von Lärmschutzgründen zu finden sind.

Vorteil aller Nahwärmevarianten ist die spezifisch geringere CO<sub>2</sub>-Emission gegenüber beiden dezentralen Varianten. Langfristig kann sich die Bewertung von KWK-Anlagen mit fossilen Energien verändern. Mit Atom- und Kohleausstieg wird für die nächsten 10 bis 20 Jahren ein Ersatzbedarf für Grundlast- und Mittellaststrom vorliegen, der gut mit Erdgas-BHKW zu decken ist. Erst mit weitgehendem Umbau der Stromerzeugung auf erneuerbare Energie und Lösung der Stromspeicherfragen wird eine Neubewertung der fossilen KWK anstehen. Unter Umständen wird die fossil betriebene BHKW-Anlage am Ende ihrer technischen Nutzungsdauer nicht zu erneuern, sondern durch eine biomethan-betriebene BHKW-Anlage oder/und Holzpelletanlage zu ersetzen sein. Auch ist bei der erdgasbasierten BHKW-Variante zu beachten, dass diese empfindlicher auf Energiepreissteigerungen reagiert.

Auch wenn die Nahwärmevariante, welche durch Holzpellets bereitgestellt wird, die kostengünstigste der untersuchten Varianten ist und ökologisch positiv zu bewerten ist, hat diese Variante den Nachteil, nicht gleichzeitig Wärme und Strom produzieren zu können. Auch muss in dieser Variante das Pelletlager deutlich größer dimensioniert sein und eine höhere Frequenz der Pelletanlieferungen in Kauf genommen werden als in der Variante in Kombination mit KWK.

<sup>11</sup> berücksichtigt werden bei der Berechnung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente nur der Wärmeanteil des KWK-Gas- bzw. KWK-Biomethanverbrauchs

Unter den Gesichtspunkten Ökologie und Effizienz ist die Variante Biomethan-BHKW kombiniert mit einem Holzpelletkessel, auch wenn sie die teuerste Variante der Nahwärmelösungen ist, optimal. In der Grundlast wird gleichzeitig mit der Wärme effizient und auf Basis erneuerbarer Energien Strom produziert, auch die Mittellast wird durch den Holzpelletkessel durch erneuerbare Energien bereitgestellt.