

Stadt Rheine

# Wärmeversorgungskonzept für die Konversionsfläche der General-Wever-Kaserne („Eschendorfer Aue“) - Endbericht





Bearbeitung durch:

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

Auftraggeber:

Stadt Rheine | Der Bürgermeister  
Fachbereich Planen & Bauen | Umwelt & Klimaschutz  
Klosterstraße 14  
48431 Rheine  
[www.rheine.de](http://www.rheine.de)

Förderinformationen:





# Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund	11
2	Phase 1 – Auswahl und Eingrenzung möglicher Wärmeversorgungslösungen	12
2.1	Bestimmung des Energiebedarfs	12
2.1.1	Energetische Gebäudestandards	12
2.1.2	Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser	13
2.2	Gebäudebezogene Heizsysteme	15
2.3	Zentrale Heizsysteme	17
2.3.1	Nahwärme mit Erdgas-BHKW	18
2.3.2	Nahwärme mit Holzpelletkessel	19
2.3.3	Kalte Nahwärme	19
2.3.4	Niedertemperatur-Nahwärme	20
2.4	Vergleich der zentralen Systeme	20
2.5	Vorauswahl der Systeme - Fazit Phase 1	21
3	Phase 2 – Detaillierte Betrachtung ausgewählter Versorgungsoptionen	22
3.1	Systemvergleiche	22
3.1.1	Cluster 2: kalte Nahwärme	22
3.1.2	Cluster 3 & 4: Niedertemperatur Nahwärme	24
3.1.3	Cluster 1 & 5: konventionelle Nahwärme	25
3.2	Preisszenarien	28
3.3	Gesamtvergleich	28
3.4	Solarstrom	29
4	Ergebnisse des Variantenvergleichs	31
4.1	Empfehlung: Energiekonzept mit 3 Bausteinen	31
4.1.1	Baustein 1: Gebäudedämmstandard	31
4.1.2	Baustein 2: Wärmeversorgung	31
4.1.3	Baustein 3: Dezentrale Stromerzeugung durch Photovoltaik	31
4.2	CO <sub>2</sub> -Bilanz Empfehlungsvariante	32
4.3	Betrachtung der Zusatzoption <i>pro</i> Rheine Gas Klima	32



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Kennwerte der dezentralen Systeme	16
Abbildung 2	Clusterabgrenzung mit Wärmeabnehmern (Kreisfläche proportional zum Bedarf)	18
Abbildung 3	Kennwerte der zentralen Systeme	20
Abbildung 4	Cluster 2 - Trassenführung	23
Abbildung 5	Cluster 2 – Ergebnis	23
Abbildung 6	Cluster 3&4 – Trassenführung	24
Abbildung 7	Cluster 3&4 - Ergebnisse	25
Abbildung 8	Cluster 1&5 – Trassenverlauf	26
Abbildung 9	Cluster 1&5 – Ergebnisse	27
Abbildung 10	Variantenvergleich zu den Preisszenarien	28
Abbildung 11	Gesamtvergleich Ergebnisse	29



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Anzahl Gebäudetypen und Größenstruktur	13
Tabelle 2	Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser	14
Tabelle 3	Wärmebedarf und Wärmeleistung	14
Tabelle 4	Ableitung von Primärenergiebedarf und CO <sub>2</sub> e-Emissionen	16
Tabelle 5	Clusterabgrenzung nach Bauabschnitten und Gebäudetypen	17
Tabelle 6	Wertungsmatrix der Versorgungssysteme	21
Tabelle 7	Investitionskosten Cluster 1 & 5	27
Tabelle 8	Preisszenarien	28
Tabelle 9	Solarstromberechnung	30



# 1 Hintergrund

Die Konversion der General-Wever-Kaserne zu einem Wohn-Neubaugebiet ist für die Stadt Rheine ein in doppelter Hinsicht bedeutsames Projekt:

Zum einen handelt es sich um eine der größten Maßnahmen der Stadtentwicklung im Bereich Wohnen für die Stadt Rheine, ggf. auch beispielgebend für andere Konversionsstandorte in Rheine.

Zum anderen gilt es beispielhaft aufzuzeigen, wie und in welchem Umfang die Klimaschutzziele der Stadt Rheine gemäß des Masterplans 100% Klimaschutz (Reduktion THG-Emissionen um 95% und Reduktion des Endenergieverbrauchs um 50% bis 2050) im Vergleich zum heute Üblichen technisch umgesetzt und zum Nutzen der Investoren bzw. Gebäudenutzer realisiert werden können.

Hierzu soll ein entsprechendes Konzept zur innovativen Wärmeversorgung erstellt werden.

Da sich das Gelände nach Abschluss der Kaufverhandlungen mit dem Bundesamt für Immobilienaufgaben (BIMA) im Eigentum der Stadt oder einer städtischen Tochter befinden wird, existieren sehr gute Voraussetzungen für die spätere Umsetzung des Energiekonzeptes auch im Rahmen privatrechtlicher Vertragsregelungen.

Die Energie- und Umweltbilanz des Neubaugebietes wird 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.

In Rahmen der Konzepterstellung werden daher betrachtet:

- die Erfordernisse an die technische Konzeption sowie die ggf. stufenweise Realisierung der Energieversorgung, die aus der zeitlichen Umsetzung der geplanten Bebauung resultieren,
- die Verbindung des Energiekonzeptes mit einer hohen städtebaulichen wie auch architektonischen Qualität sowie
- die Auswirkungen aus Sicht der späteren Investoren und der Nutzer, insbesondere in finanzieller Hinsicht,

Die einzelnen Arbeitsschritte werden im Folgenden in Bausteinen beschrieben.

## 2 Phase 1 – Auswahl und Eingrenzung möglicher Wärmeversorgungslösungen

Die Bearbeitung des Wärmeversorgungskonzeptes erfolgt in zwei Phasen. Dabei wird zunächst der Energiestandard für die im Gebiet zu errichtenden Gebäude definiert. Dieser energetische Standard dient als wesentliche Grundlage für die anschließende Ermittlung der Energiebedarfe der jeweiligen Gebäudetypen sowie der Bauabschnitte insgesamt.

Anhand der geplanten Bauabschnitte und der Gebäudestruktur innerhalb der Bauabschnitte werden Energie-Cluster gebildet, innerhalb derer die Wärmeversorgung weitestgehend gleichartig erfolgen kann bzw. sollte.

Für das Versorgungsgebiet werden unterschiedliche, am Markt verfügbare Versorgungslösungen skizziert und sowohl ihre ökologische als auch ökonomische Ausprägung bewertet. Bei den Versorgungslösungen werden sowohl zentrale als auch dezentrale Versorgungsvarianten betrachtet.

Eine sinnhafte Vorauswahl verschiedener Versorgungslösungen für die jeweiligen Energie-Cluster bildet die Grundlage für die tiefergehende Ausarbeitung in Phase 2 des Konzeptes.

### 2.1 Bestimmung des Energiebedarfs

#### 2.1.1 Energetische Gebäudestandards

Die Bebauung des Gebietes wird zum überwiegenden Teil nach dem Standard der EnEV 2020 erfolgen. Die europäische Gebäuderichtlinie (2010/31/EU) verpflichtet zur Niedrigstenergiebauweise, die EnEV 2020 wird entsprechende Verschärfungen beinhalten.

Dies kann bedeuten, dass eine weitgehende Annäherung an den Passivhausstandard oder auch nur eine moderate Erhöhung der Gebäudeenergiestandards erfolgen wird.

Zu einem Zeitpunkt, als noch keine konkreten Festlegungen in einem Gesetzesentwurf vorlagen, hat die Stadt Rheine einen maximalen Endenergieverbrauch von 20 kWh/m<sup>2</sup>a für die Raumheizung vorgegeben. Bei Heizkesselsystemen mit einem Nutzungsgrad von 0,90 darf der Heizwärmebedarf dann einen Wert von 18 kWh/m<sup>2</sup>a nicht überschreiten. Dieser Standard entsprach der weitgehenden Annäherung an den Passivhausstandard.

Ende Januar 2017 ist der Referentenentwurf des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) veröffentlicht worden: „Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden“. EnEV und EEWärmeG werden hier wie angekündigt zusammengeführt. Die Integration wird für alle Gebäude wirksam, während der Niedrigstenergiestandard zunächst nur für neue öffentliche Gebäude definiert wird. Für diese Gebäude ist der Standard ab 2019 verbindlich.

Die dort enthaltenen Verschärfungen bleiben weit hinter den Erwartungen zurück, die Niedrigstenergiebauweise wird hier in etwa als Standard eines KfW-Effizienzhaus 55 definiert. Im Vorfeld erstellte Gutachten z.B. der Baukostensenkungskommission sprachen gegen eine deutliche Erhöhung der Gebäudestandards, das wirtschaftliche Optimum sei mit der EnEV 2014/16 bereits definiert.

Explizite Anforderungen an einen erhöhten baulichen Wärmeschutz oder an eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung werden nicht gestellt, zentrales Kriterium ist der Primärenergieverbrauch. Die Festlegung des Niedrigstenergiestandards für neue Wohngebäude wird auf einen späteren Zeitpunkt

aufgeschoben, da Wohngebäude erst ab Anfang 2021 als Niedrigstenergiegebäude errichtet werden müssen.

Aufgrund der vereinfachten Anrechenbarkeit von Solarthermie und Photovoltaik in die Energiebilanz eines Gebäudes werden im GEG die versorgungstechnischen Maßnahmen gegenüber den baulich-lüftungstechnischen Maßnahmen präferiert.

Neu im GEG ist der Primärenergiefaktor von 0,6 für Biomethan. Die Verwendung dieses Faktors ist aber sehr eng gefasst und ist an den Einsatz in KWK-Anlagen gebunden. Soweit gebäudefern erzeugtes, über das Gasnetz bezogenes Biogas (Biomethan) nur in Kesselanlagen verbrannt wird, muss der Erdgasfaktor von 1,1 verwendet werden.

Auch wenn im Referentenentwurf für die Wohngebäude noch keine Festlegungen getroffen worden sind, ist davon auszugehen, dass hier kein deutlich höherer Standard zu erwarten ist. Es wird daher für das Gebiet der „Eschendorfer Aue“ eine KfW 55 - Bauweise zugrunde gelegt, die noch ohne Wärmerückgewinnung und mechanische Zu- und Abluftanlage auskommt. Mit niedrigen U-Werten der Hüllflächen und einfacher Abluftanlage kann dieser Standard realisiert werden, auch wenn als Heizungssystem Gasbrennwertheizung/Solarthermie zum Einsatz kommt.

Der Heizenergiebedarf  $Q_H$  liegt um  $35 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , wobei der Flächenbezug nicht die Fläche  $A_N$  im Sinne der EnEV, sondern die beheizte Nutzfläche wie im Planungsleitfaden Klimaschutzsiedlung ist.

### 2.1.2 Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser

Der Wärmebedarf ist für die folgende Gebäudestruktur zu bestimmen. Die Anzahl der Gebäude ist aus dem Planentwurf entnommen, die Größe der Typen nach Anzahl der Wohnungen und Wohnfläche wurde von der Stadt Rheine angegeben.

Gebäudetyp	Anzahl		Wohn- einheiten	spez. Wfl.	Wohn- fläche	spez. Wfl.
	Geb	WE/Geb	WE	m <sup>2</sup> /WE	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /Geb
Einfamilienhaus	276	1,3	359	140	50.232	182
Doppelhaushälfte	54	1,3	70	120	8.424	156
Mehrfamilienhäuser	31	6	186	85	15.810	510
MFH Stadtvillen	17	6	102	110	11.220	660
Ø bzw. gesamt	378	1,9	717	120	85.686	227

Tabelle 1 Anzahl Gebäudetypen und Größenstruktur

Zwischen Einfamilienhäusern und Mehrfamilienhäuser wird eine leichte Differenzierung des Heizenergiebedarfs vorgenommen, die auf dem unterschiedlichen A/V-Verhältnis beruht. Die Belegungsdichte bzw. die spezifische Wohnfläche je Person ist bei der Festlegung des Warmwasserbedarfs zu berücksichtigen. Der Bedarf wird nach Personenzahl festgelegt, wobei der spezifische Bedarf je Person mit  $594 \text{ kWh/a}$  angesetzt wird, basierend auf einem täglichen Verbrauch von  $40 \text{ l}$  und  $45 \text{ °C}$ .

In der Verbindung von spezifischen Bedarfswerten und der Bebauungsstruktur ergeben sich die folgenden Bedarfswerte.

Gebäudetyp ~ kfw 55	Wärme- bedarf kWh/m <sup>2</sup>	davon		Wohnfläche m <sup>2</sup>	Wärme- bedarf MWh/a	davon	
		Heizung	Warmwasser			Heizung	Warmwasser
		kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>			MWh/a	MWh/a
Einfamilienhaus	50,0	37,0	13,0	50.120	2.512	1.859	653
Doppelhaushälfte	50,0	37,0	13,0	8.400	421	312	110
Mehrfamilienhäuser	50,0	33,0	17,0	15.810	791	522	269
MFH Stadtvillen	50,0	33,0	17,0	11.220	561	370	191
<b>Gesamt</b>				<b>85.550</b>	<b>4.284</b>	<b>3.062</b>	<b>1.222</b>

Tabelle 2 Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser

Für die Gebäudetypen ergeben sich Bedarfs- und Leistungswerte, die bei der Konzeption von dezentralen Heizsystemen zugrunde zu legen sind. Ein Ansatz von leistungssenkenden Gleichzeitigkeitsfaktoren erfolgt hier noch nicht. Die ist erst bei der Systemkonfiguration mit Speichergröße, Netz und Regelkonzept festzulegen.

An dieser Stelle handelt es sich um Maximalwerte, die aus der einfachen Summierung resultieren. Die Leistungswerte für Warmwasser sind für einen 200 l-Speicher je 4-Personen-Haushalt kalkuliert. Wenn für die Nachheizung dieses Speichers 8 kW verfügbar sind, sind Komforteinbußen aufgrund zu niedriger Speichertemperatur nahezu ausgeschlossen.

Die Auslegung der Leistung eines Wärmeerzeugers muss sich nicht am Summenwert der Leistung orientieren, wenn die Tagesganglinien des Bedarfs mit ihren Tälern und Spitzen zeitversetzt verlaufen bzw. durch geeignete Regelung angepasst werden können.

Gebäudetyp ~ kfw 55	Wärme- bedarf MWh/Geb.a	davon		Anzahl Geb
		Heizung	Warmwasser	
		MWh/Geb.a	MWh/Geb.a	
Einfamilienhaus	9,10	6,7	2,4	276
Doppelhaushälfte	7,80	5,8	2,0	54
Mehrfamilienhäuser	25,50	16,8	8,7	31
MFH Stadtvillen	33,00	21,8	11,2	17
<b>Gesamt</b>				<b>378</b>

Gebäudetyp ~ kfw 55	max Wärme- bedarf kW/Geb	1.100		Anzahl Geb
		Heizung	Warmwasser	
		kW/Geb	kW/Geb	
Einfamilienhaus	14,2	6,1	8,1	276
Doppelhaushälfte	12,2	5,2	6,9	54
Mehrfamilienhäuser	44,4	15,3	29,1	31
MFH Stadtvillen	57,5	19,8	37,7	17
<b>Gesamt</b>				<b>378</b>

Tabelle 3 Wärmebedarf und Wärmeleistung

## 2.2 Gebäudebezogene Heizsysteme

Es werden die folgenden Systeme in die Betrachtung einbezogen:

- Erdgasheizung mit Solarthermie für Warmwasser und Heizungsunterstützung
- Luft-Wärmepumpe
- Erdsonden-Wärmepumpe
- Luft-Wärmepumpe mit PV-Anlage
- Erdsonden-Wärmepumpe mit PV-Anlage
- Holz-Pellet-Heizung
- Gas-Absorptions-Wärmepumpe
- Erdgas-BHKW

Soweit relevante Unterschiede zwischen Einfamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern bei erzielbaren Umwandlungswirkungsgraden bzw. Arbeitszahlen zu berücksichtigen sind, wird auch nach Gebäudegröße differenziert. Dies basiert auf unterschiedlichen Anteilen von Warmwasser am Wärmebedarf, 26% bei EFH und DHH und 34% bei MFH und Stadtvillen, und dem im Speicher aus hygienischen Gründen erforderlichen Temperaturniveau.

Das System Erdgas-BHKW wird nur für die Mehrfamilienhäuser betrachtet, da die Mikro-KWK mit elektrischen Leistungen von 1 - 3 kW in Einfamilienhäusern des hier zu erwartenden Standards nicht sinnvoll eingesetzt werden kann. Technisch-wirtschaftlicher Aufwand und erzielbare Primärenergiefaktoren stehen in keinem guten Verhältnis.

Beispielhaft ist für einige Systeme die Ableitung von Primärenergiebedarf und CO<sub>2</sub>e-Emissionen in der folgenden Tabelle wiedergegeben.

		+ STh	+ STh				
		Erdgas	Erdgas	Luft-WP	Luft-WP	Erd-WP	Erd-WP
		EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH
Nutzwärme							
Bedarf H <sub>z</sub> g	kWh/m <sup>2</sup> a	37,0	33,0	37,0	33,0	37,0	33,0
Bedarf WW	kWh/m <sup>2</sup> a	13,0	17,0	13,0	17,0	13,0	17,0
	kWh/m <sup>2</sup> a	50	50	50	50	50	50
Wärmequelle 1		Erdgas	Erdgas	Luft	Luft	Sonde	Sonde
Wärmequelle 2				Strom	Strom	Strom	Strom
Wärmequelle 3		STh	STh				
Koppelprodukt							
Nutz/End H <sub>z</sub> g	-	0,96	0,96	4,0	4,0	4,5	4,5
Nutz/End WW	-	0,96	0,96	2,6	2,2	3,2	2,8
Nutz/End ges	-	0,96	0,96	3,5	3,1	4,1	3,7
KWK-Strom							
STh/PV für H <sub>z</sub> g	%	10%	8%				
STh/PV für WW	%	60%	48%				
Bedarf H <sub>z</sub> g	kWh/m <sup>2</sup> a	34,7	31,6	9,3	8,3	8,2	7,3
Bedarf WW	kWh/m <sup>2</sup> a	5,4	9,2	5,0	7,7	4,1	6,1
Erdgas	kWh/m <sup>2</sup> a	40,1	40,8				
Holzpellets	kWh/m <sup>2</sup> a						
Strommix	kWh/m <sup>2</sup> a			14,3	16,0	12,3	13,4
PV-Strom	kWh/m <sup>2</sup> a						
Solarthermie	kWh/m <sup>2</sup> a	11,5	10,8				
KWK-Strom	kWh/m <sup>2</sup> a						
andere	kWh/m <sup>2</sup> a						
andere	kWh/m <sup>2</sup> a						
PE-Bedarf	kWh/m <sup>2</sup> a	45,3	46,0	25,7	28,8	22,1	24,1
CO <sub>2</sub> eq	kg/m <sup>2</sup> a	10,3	10,5	8,8	9,9	7,6	8,3

Tabelle 4 Ableitung von Primärenergiebedarf und CO<sub>2</sub>e-Emissionen

Das Ergebnis aller Systemvarianten ist in [Abbildung 1](#) wiedergegeben.

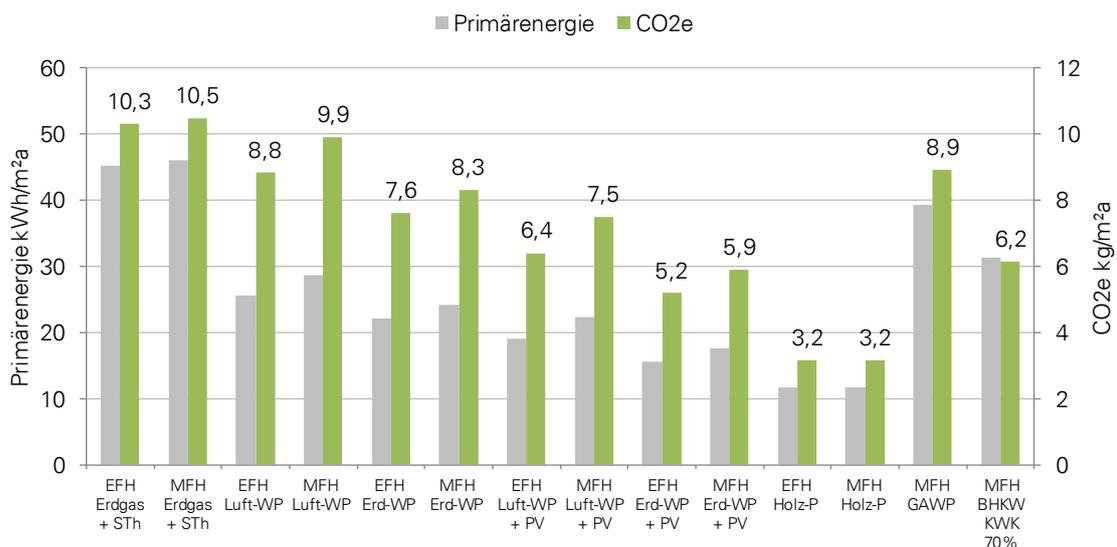


Abbildung 1 Kennwerte der dezentralen Systeme

## 2.3 Zentrale Heizsysteme

Es werden die folgenden Systeme in die Betrachtung einbezogen:

- Nahwärme mit Erdgas-BHKW
- Nahwärme mit Holzpelletkessel

Die folgenden Systeme benötigen in dem angeschlossenen Gebäude immer eine dezentrale Wärmepumpe, die das Temperaturniveau auf die Bedarfstemperatur für Heizen oder Warmwasser anhebt.

- kalte Nahwärme mit Wärmequelle Erdsonden, Erdkollektoren und ggf. Solarthermie
- Niedertemperatur-Nahwärme für Raumheizungsversorgung mit dezentraler Nachheizung des Warmwasserbedarfs

Die zentralen Systeme können für das gesamte Plangebiet oder auch für Teilgebiete ähnlicher Struktur errichtet werden. Diese Cluster werden hier unter Berücksichtigung der Bauabschnitte und Gebäudetypen abgegrenzt.

BA-Typ (Lage)			Geb	MWh/a	MWh/Geb.a
1-EFH	2		82	746	9,1
1-MFH		1	5	128	25,5
2-MFH	1a	1	9	230	25,5
2-EFH			6	55	9,1
3-MFH	1a	1	5	128	25,5
4-MFH	1b	1	2	51	25,5
4-Kig			1	-	-
4-Vil	1b	1	17	561	33,0
5a-EFH	3		39	355	9,1
5a-DHH	3		-	-	
5b-EFH	4		114	1.037	9,1
5b-EFH (Nord)	4		5	46	9,1
5b-DHH (Nord)	4		2	16	7,8
5b-DHH	4		52	406	7,8
5b-EFH (Süd)	5		30	273	9,1
5b-MFH	5		10	255	25,5
Summe			379	4.284	
Cluster 1		1	38	1.097	28,9
Cluster 1a	1a		14	357	25,5
Cluster 1b	1b		19	612	32,2
Cluster 2	2		82	746	9,1
Cluster 3	3		39	355	9,1
Cluster 4	4		173	1.504	8,7
Cluster 5	5		40	528	13,2

Tabelle 5 Clusterabgrenzung nach Bauabschnitten und Gebäudetypen

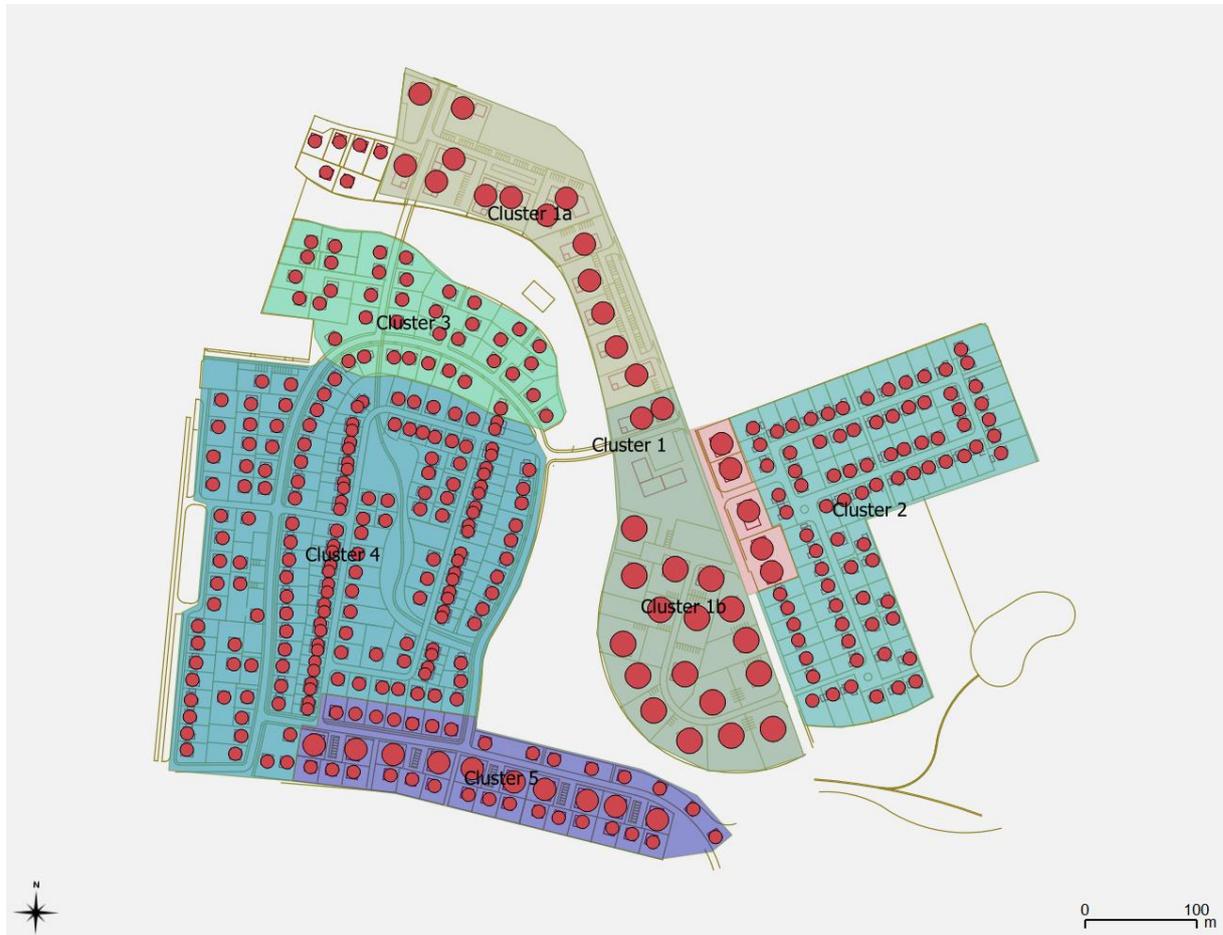


Abbildung 2 Clusterabgrenzung mit Wärmeabnehmern (Kreisfläche proportional zum Bedarf)

### 2.3.1 Nahwärme mit Erdgas-BHKW

Der Einsatz von Erdgas-BHKW in Nahwärmesystemen ist die einfachste Form der Kraft-Wärme-Kopplung. Die erzeugte Wärme hat ausreichend hohe Temperaturen, das Nahwärmenetz kann mit Vorlauftemperaturen von 80 bis 90° C gefahren werden, die für alle Anwendungen geeignet sind.

Die Motoren sind bei höheren Leistungen so groß, dass elektrische Wirkungsgrade bis zu 35% erzielt werden, während die spezifischen Modulkosten stark absinken.

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ist die Grenze von 50 kW<sub>el</sub> von hoher Bedeutung. Bei der Einspeisung des KWK-Stroms in das öffentliche Netz wird ein Zuschlag von 8 ct/kWh über 60.000 Betriebsstunden gezahlt. Soweit diese Grenze überschritten wird, verschlechtern sich die Zuschlagskonditionen deutlich.

Vor diesem Hintergrund wäre es denkbar, mehrere kleine Nahwärmeinseln mit jeweils eigener Heizzentrale zu errichten, um BHKW-Leistungen über 50 kW<sub>el</sub> zu vermeiden. Dies ist jedoch aus anderen Gründen nicht sinnvoll, der sonstige Aufwand für Gebäude und Medienanschlüsse würde in diesem jeweils neu in voller Höhe anfallen. Es ist dann besser eine allmähliche Aufstockung der BHKW-Leistung über weitere Module anzustreben. Wenn zwischen der Inbetriebnahme mehr als ein Jahr liegt, handelt es sich um getrennte Anlagen, die als < 50 kW<sub>el</sub> zuschlagsfähig sind.

Das KWK-G 2016 legt den Mindestanteil der Wärme aus der KWK-Anlage mit 75% fest, wenn das Wärmenetz förderfähig sein soll.

Als Versorgungsbereich sind die Bauabschnitte mit den Mehrfamilienhäusern und Stadtvillen mit besseren Chancen für eine wirtschaftliche Versorgung zu betrachten. Das Verhältnis von Netzlänge zu Wärmeabnahme ist hier günstiger als in der EFH-Bereichen.

### 2.3.2 Nahwärme mit Holzpelletkessel

Der Einsatz von Holzpellets ist in zentralen größeren Kesselanlagen eine häufig angewandte und erprobte Variante der Nahwärmeversorgung. Das System kann ohne Effizienz Nachteile mit hohen Vorlauftemperaturen betrieben werden, so dass beim Wärmeabnehmer keine weitere Umwandlungstechnik erforderlich ist.

Die Heizzentrale wird in der Regel monovalent betrieben, d.h. ohne die Aufteilung in Grundlast Holz und Spitzenlast mit Gas- oder Ölkessel. Die spezifischen Kosten je kW Wärmeleistung liegen deutlich niedriger als bei einem Gasmotor. Für Teillastzustände und kurze Spitzenlasten wird ein Pufferspeicher in der Heizzentrale eingesetzt.

Auch unter Einrechnung von Umwandlungs- und Netzverluste werden Primärenergiefaktoren der Wärmeversorgung von ca. 0,3 erreicht oder auch unterschritten.

### 2.3.3 Kalte Nahwärme

Hintergrund des steigenden Interesses an kalten Nahwärmesystemen ist das Problem der hohen prozentualen Netzverluste in Nahwärmenetzen, die zur Versorgung von Gebäude mit geringem Wärmebedarf konzipiert werden. Insbesondere dann, wenn die Bebauungsdichte gering ist, steigen die prozentualen Netzverluste auf 20 bis 30% an und machen die Effizienzvorteile der zentralen Erzeugung zu großen Teil zunichte.

Der Begriff „Kalte Nahwärme“ bezeichnet Systeme, bei denen das Temperaturniveau so niedrig ist, dass auf Kundenseite eine Wärmepumpe erforderlich ist, um das Temperaturniveau auf ein ausreichend hohes Niveau anzuheben. Bei dem Netz handelt es sich um nichtisolierte Kunststoffrohre, die wesentlich kostengünstiger in Material und Montage sind als die in der warmen Nahwärme üblichen Kunststoffmantelrohre mit hochwertiger Isolierung. Bei den Tiefbaukosten sind die Kostenunterschiede nicht sehr groß.

In den 90er Jahren wurden kalte Nahwärmesysteme eingesetzt, um industrielle Abwärme nutzbar zu machen. Unabhängig von derartigen Quellen werden inzwischen Anlagen konzipiert, die mit den Wärmequellen Erdsonden, Erdkollektoren, Abwasserabwärme oder auch Solarthermie arbeiten, und dem Abnehmer ganzjährig Wärme mit einer Temperatur von 10 bis 30 °C liefern. Anstelle einer eigenen Erdsondenbohrung benutzt dann der Abnehmer das Nahwärmeanschluss als Wärmequelle für seine Wärmepumpe.

Ohne Wärmequellen, die ein höheres Niveau liefern als Erdsonden und Erdkollektoren, ist der Betrieb eines kalten Nahwärmenetzes nicht effizienter als der Betrieb einer dezentralen Anlage mit jeweils eigener Wärmequellenerschließung.

Dies ist nur dann sinnvoll, wenn auf den Grundstücken der Wärmeabnehmer keine Wärmequellenerschließung möglich ist oder die Netzverlegung gegenüber der dezentralen Wärmequellenerschließung wirtschaftlich deutlich vorteilhafter ist.

### 2.3.4 Niedertemperatur-Nahwärme

Bei der Niedertemperatur-Nahwärme wird das Nahwärmenetz bei ca. 45° C im Vorlauf betrieben. Damit besteht die Möglichkeit in den angeschlossenen Wohngebäuden Flächenheizungen (Fußbodenheizungen) zu betreiben und eine Grundtemperierung des Brauchwassers vorzunehmen. Die Wärme wird über eine (oder mehrere) zentrale errichtete Wärmepumpen bereitgestellt und ins Nahwärmenetz eingespeist. Als Wärmequelle kommen hier – wie auch bei der kalten Nahwärme – vorzugsweise Erdsonden und Erdkollektoren in Frage. Der Vorteil besteht in der zentralen Erschließung einer Wärmequelle und dem Einsatz großer, zentraler Wärmepumpenanlagen, die über das Jahr mit einer besseren – also höheren – Arbeitszahl betrieben werden können. Dies wiederum senkt den Einsatz elektrischer Antriebsenergie und verbessert damit die CO<sub>2</sub>-Bilanz. Da das Nahwärmenetz bei 45°C betrieben wird, ist keine signifikante Minderung der prozentualen Nahwärmeverluste zu erwarten.

## 2.4 Vergleich der zentralen Systeme

Wie zuvor bei den dezentralen Systemen werden auch die zentralen Systeme nachfolgend gem. ihrer CO<sub>2</sub>-Emissionen und ihrer Primärenergiebedarfs miteinander verglichen.

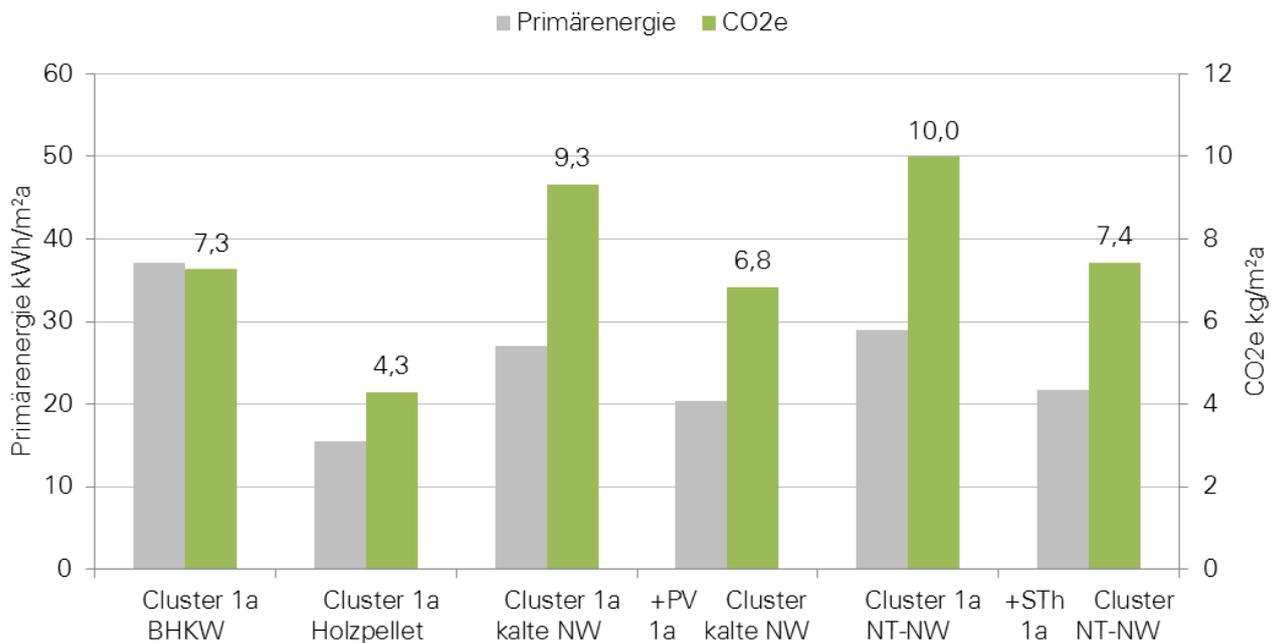


Abbildung 3 Kennwerte der zentralen Systeme

## 2.5 Vorauswahl der Systeme - Fazit Phase 1

In nachfolgender Tabelle werden sämtliche bislang betrachtete Versorgungsoptionen anhand der Kriterien „Klimaschutz“, „Akzeptanz“ und „Wirtschaftlichkeit“ bewertet.

Jedes Kriterium wird gleich (mit 33%) gewichtet und zu einer Gesamtpunktzahl verrechnet.

			Klimaschutz CO2e kg/m²a	Klimaschutz Punkte (0 bis 10)	Wirtschaftlichkeit Punkte (0 bis 10)	Akzeptanz Punkte (0 bis 10)	gesamt Punkte (0 bis 10)
<b>dezentrale Systeme</b>							
Erdgas	EFH	+ STh	10,3	2	8	10	7
Erdgas	MFH	+ STh	10,5	2	8	10	7
Luft-WP	EFH		8,8	3	8	7	6
Luft-WP	MFH		9,9	2	8	7	6
Erd-WP	EFH		7,6	4	5	8	6
Erd-WP	MFH		8,3	4	5	8	6
Luft-WP	EFH	+ PV	6,4	6	8	7	7
Luft-WP	MFH	+ PV	7,5	5	8	7	7
Erd-WP	EFH	+ PV	5,2	7	5	8	7
Erd-WP	MFH	+ PV	5,9	6	5	8	6
Holz-P	EFH		3,2	9	3	4	5
Holz-P	MFH		3,2	9	5	6	7
GAWP	MFH		8,9	3	2	2	2
BHKW	MFH	KWK 70%	6,2	6	2	3	4
<b>zentrale Systeme</b>							
BHKW	Netz		7,3	5	5	7	6
Holzpellet	Netz		4,3	8	5	7	7
kalte NW	Netz		9,3	3	3	4	3
kalte NW	Netz	+PV	6,8	5	3	4	4
NT-NW	Netz		10,0	2	3	5	3
NT-NW	Netz	+STh	7,4	5	3	5	4

Tabelle 6 Wertungsmatrix der Versorgungssysteme

Die hier am besten bewerteten Systeme werden in der Phase 2 einer vertiefenden vergleichenden Betrachtung hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit und Umweltfreundlichkeit unterzogen. Dabei werden auch die Systeme der kalten Nahwärme und der Niedertemperatur-Nahwärme weiter betrachtet, da diese ggf. in Form eines gesondert geförderten Modellprojekts umgesetzt werden könnten.

## 3 Phase 2 – Detaillierte Betrachtung ausgewählter Versorgungsoptionen

In Phase 2 des Wärmeversorgungskonzeptes liegt das Hauptaugenmerk auf die im Vergleich zum Referenzsystem als mögliche Alternativoptionen ausgewählten Versorgungsvarianten, für die eine detailliertere quantitative Betrachtung hinsichtlich der technischen Realisierbarkeit, Wirtschaftlichkeit, Preissensibilität und Umweltfreundlichkeit.

Da nicht jede der im vorherigen Kapitel beschriebenen zentralen und dezentralen Versorgungslösungen für jeden Bauabschnitt bzw. für jedes Cluster vollumfänglich berechnet werden kann, wird eine sinnhafte Vorauswahl getroffen. So werden für alle Cluster die dezentralen Systeme „Erdgas & Solarthermie“ und „Luft/Wasser-Wärmepumpe“ als sogenannte Referenzvarianten in den Vergleich aufgenommen. Die zentralen Systeme werden lediglich für einzelne Cluster berechnet und den vorgenannten dezentralen Systemen gegenübergestellt.

Die Systemvergleiche beruhen dabei auf einer technischen Auslegung der wesentlichen anlagentechnischen Komponenten, wie bspw. dem Nahwärmenetz, den zentralen Wärmeerzeugungsanlagen (Heizzentrale) sowie den dezentralen Komponenten in den jeweiligen Ein- und Mehrfamilienhäusern. Der den Berechnungen zu Grunde liegende Energiebedarf basiert auf den Auswertungen aus Phase 1 des Konzeptes.

Sowohl die Anlagentechnik als auch die Energieverbräuche werden monetär bewertet und dienen neben Betriebs- und Kapitalkosten als Eingangsgröße zur Vollkostenrechnung. Das Ergebnis je Variante wird dabei in Cent/kWh ausgedrückt und ermöglicht so einen unmittelbaren Vergleich der Kosten eines Systems.

Die Grundlagen und Einzelheiten zu den Berechnungen sind dem Bericht als Anhang beigelegt.

### 3.1 Systemvergleiche

#### 3.1.1 Cluster 2: kalte Nahwärme

Das Cluster 2 besteht ausschließlich aus Einfamilienhäusern und soll als erster Bauabschnitt erschlossen werden. Neben den beiden dezentralen Systemen „Erdgas&Solarthermie“ und „Luft/Wasser-Wärmepumpe“ wird die Erschließung des Bauabschnittes mit kalter Nahwärme betrachtet. Dabei ist insbesondere hervorzuheben, dass jedes Gebäude weiterhin eine Wärmepumpe benötigt, die als Wärmequelle die „kalte Nahwärme“ nutzt. Eine mögliche Trassenführung und die notwendigen Flächen für die Erschließung der Wärmequellen (Erdsonden und Erdkollektoren) sind in der nachfolgenden Graphik dargestellt.

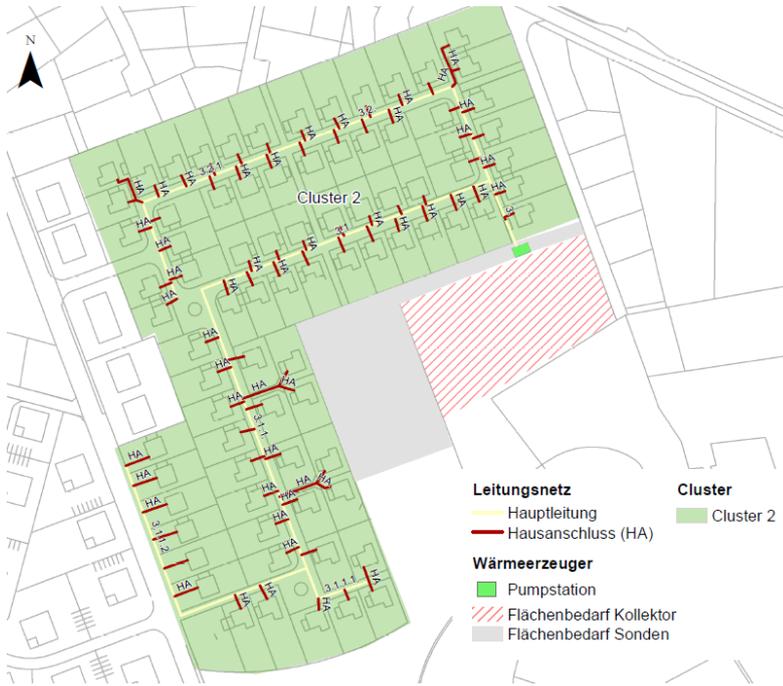


Abbildung 4 Cluster 2 - Trassenführung

Deutlich wird der hohe Flächenbedarf zur Erschließung der Wärmequelle. Darüber hinaus sind die Aufwände für die erforderlichen Erdkollektoren, Erdsonden und das Rohrleitungssystem verhältnismäßig hoch, was ein wesentlicher Grund für die hohen (Voll-)kosten im nachfolgenden Ergebnisvergleich darstellt.

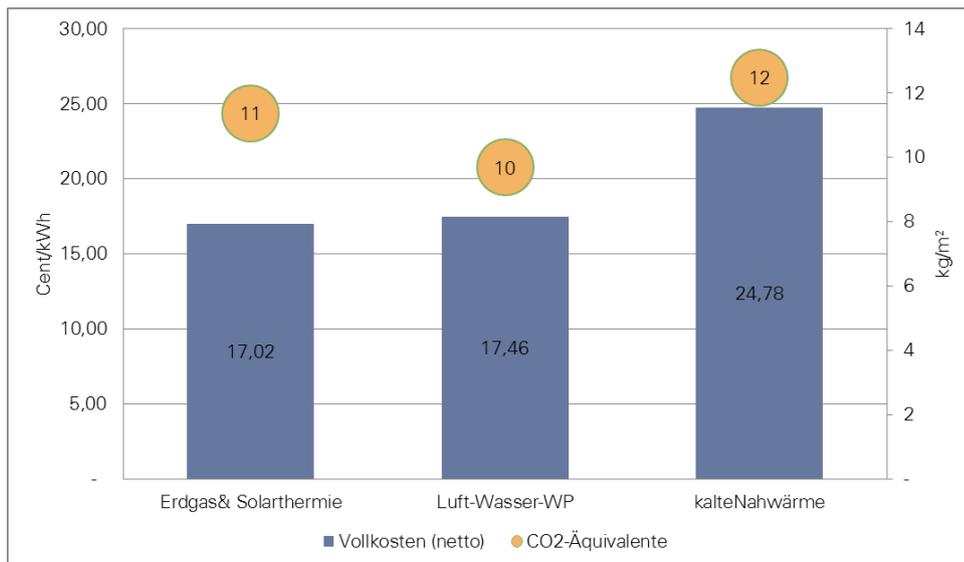


Abbildung 5 Cluster 2 – Ergebnis

### 3.1.2 Cluster 3 & 4: Niedertemperatur Nahwärme

In den Clustern 3 und 4 entstehen mehr als 200 Einfamilienhäuser und Doppelhaushälften. Die beiden dezentralen Referenzvarianten werden hierbei mit einer zentralen Versorgung aus einem Niedertemperatur Nahwärmenetz verglichen. Dabei wird Erdwärme in zentral errichteten Wärmepumpen auf ein Temperaturniveau von ca. 45° C angehoben und über ein Nahwärmenetz im Gebiet verteilt. Wesentlich dabei ist – wie auch schon bei der kalten Nahwärme – der große Flächenbedarf zur Erschließung der Wärmequelle. Es müssen bis zu 250 Erdsonden mit einer Tiefe von bis zu 90 m ins Erdreich eingebracht werden. Da zwischen den Erdsonden ein Mindestabstand eingehalten werden muss, wird dazu eine Fläche von bis zu 20.000 m<sup>2</sup> benötigt. In der nachfolgenden Graphik ist eine solche Fläche zwar dargestellt worden, dieser Bereich steht aber faktisch für eine solche Nutzung nicht zur Verfügung.

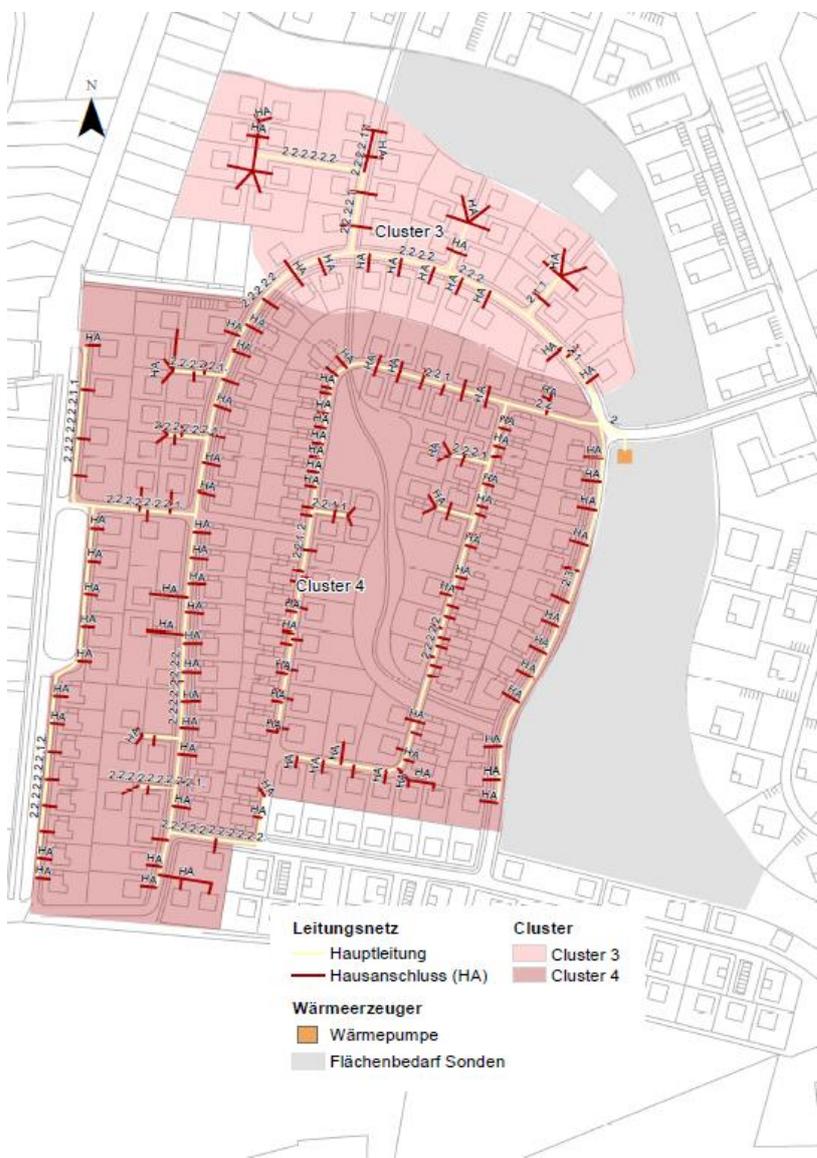


Abbildung 6 Cluster 3&4 – Trassenführung

Wie auch bei der kalten Nahwärme sind bei der Niedertemperatur-Nahwärme die Erschließungskosten der Wärmequelle recht hoch. Darüber hinaus ist das Wärmenetz als vollisoliertes Nahwärmenetz auszuführen. Ebenso zu berücksichtigen gilt, dass mit der Niedertemperatur Nahwärme (40-45°C im Vorlauf) nur eine Brauchwasservorwärmung erfolgt und eine Nachheizung (vor. elektrisch) Vor-Ort erfolgen muss.

Die ökologischen und ökonomischen Ergebnisse sind in nachfolgender Graphik zusammengefasst.

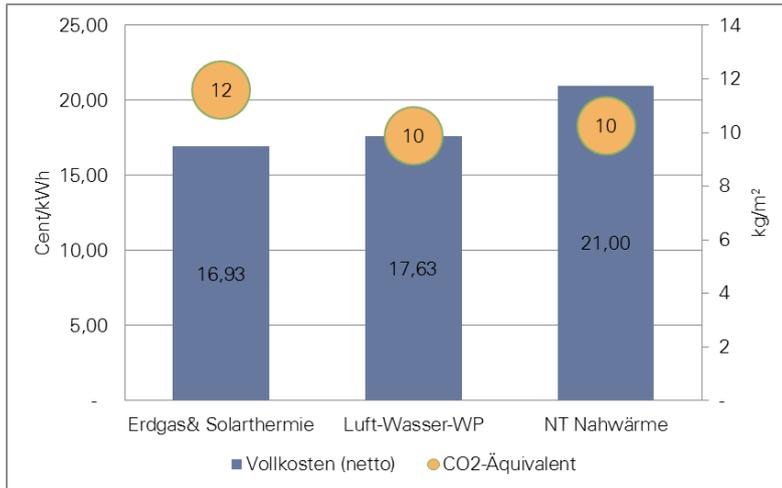


Abbildung 7 Cluster 3&4 - Ergebnisse

### 3.1.3 Cluster 1 & 5: konventionelle Nahwärme

Die Cluster 1 und 5 zeichnen sich durch einen hohen Anteil an Mehrfamilienhäusern und Stadtvillen aus. Dies führt zu einem höheren Energiebedarf auf engerem Raum. Es wird eine Versorgung aus einem „klassischen“ Nahwärmenetz mit den dezentralen Varianten verglichen. Dabei wird für die Wärmeerzeugung zwischen weiteren drei Möglichkeiten unterschieden.

1. Monovalente Versorgung aus Holzpellets
2. Bivalent Versorgung aus Blockheizkraftwerken und Gasspitzenkessel, KWK Anteil 70 %
3. Bivalent Versorgung aus Blockheizkraftwerken und Gasspitzenkessel, KWK Anteil 80 %

Da die Förderung von Wärmenetzen gem. KWK-G seit Anfang 2017 an einen 75%igen KWK Anteil in der Wärmeerzeugung geknüpft ist (vorher 60%), wird – obwohl energetisch nachteiliger – die 80% KWK-Variante ebenfalls betrachtet.

Ein möglicher Trassenverlauf des Nahwärmenetzes und ein potentieller Standort der Heizzentrale sind in nachfolgender Graphik dargestellt.

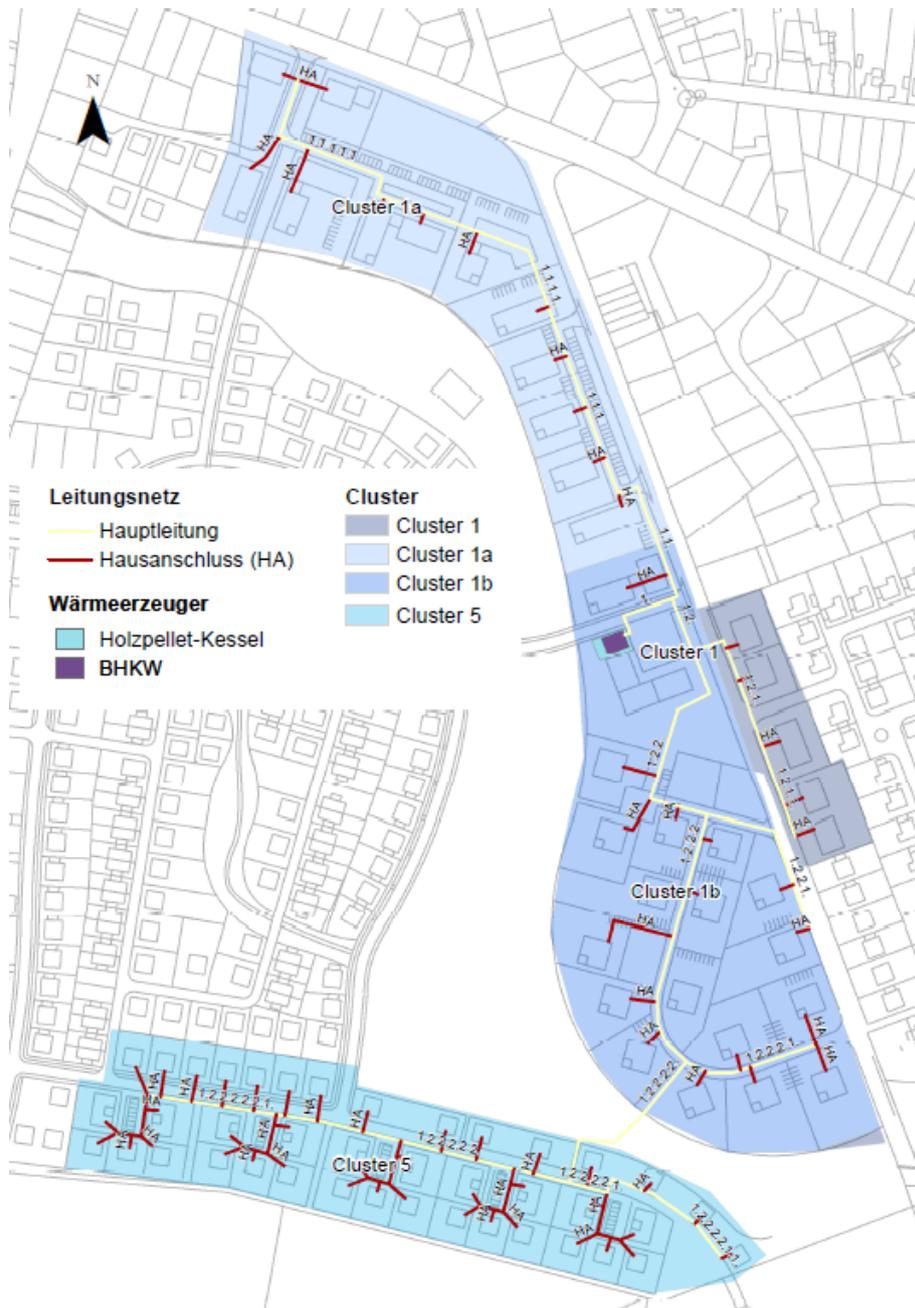


Abbildung 8 Cluster 1&amp;5 – Trassenverlauf

Die zentralen Systeme stellen sich wirtschaftlich und energetische besser dar als die dezentralen Systeme. Bei den KWK-Systemen liegt dies vorwiegend daran, dass der erzeugte Strom sowohl in finanzieller Hinsicht als auch primärnergetisch der Wärmeerzeugung gutgeschrieben wird. Die Pelletlösung zeichnet sich vor allem durch die sehr niedrigen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus, die dem nachwachsenden Brennstoff Holz geschuldet sind. Die Ergebnisse sind nachfolgend dargestellt.

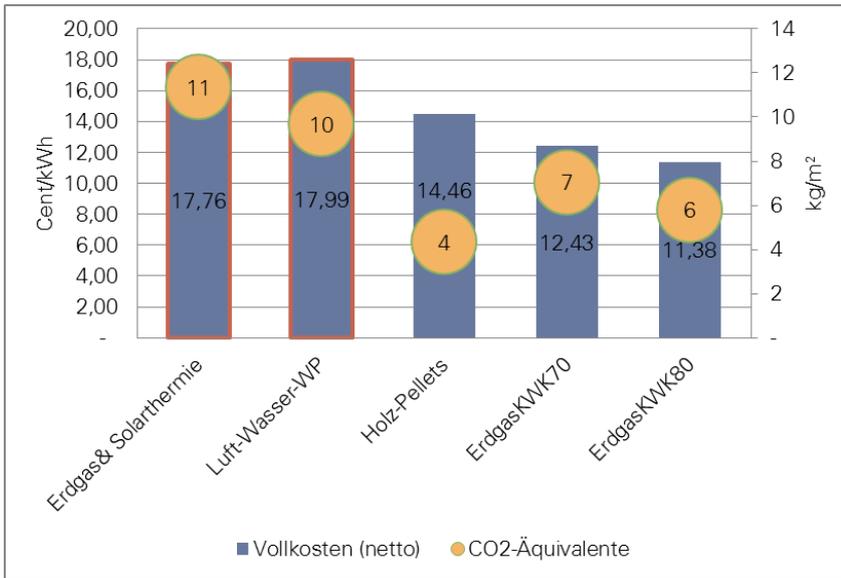


Abbildung 9 Cluster 1&5 – Ergebnisse

Die dargestellten Energiekosten in Cent/kWh basieren auf einer Vollkostenrechnung und beinhalten somit alle Kosten, wie Kapitalkosten, Verbrauchskosten sowie Kosten für Wartung und Instandhaltung.

Aus Sicht eines interessierten Investors bzw. Bauherrn sind aber zu Beginn eines Projektes vor allem die reinen Investitionskosten in das jeweilige Wärmeversorgungssystem von Interesse. Für die Varianten der Cluster 1 & 5 sind die Investitionskosten nachfolgend separat dargestellt.

Cluster 1 und 5 konventionelle Nahwärme		Referenz 1 Erdgas & Solarthermie	Referenz 2 Luft-Wasser- WP	Holz- Pellets	Erdgas KWK70	Erdgas KWK80
Grunddaten						
Anzahl Gebäude	Geb	78	78	78	78	78
Wohnfläche je Gebäude Ø	m²/Geb	417	417	417	417	417
Investitionen						
dezentral je Haus	78					
Wärmeerzeuger bzw. Übergabestation	€/Geb	12.000	30.800	4.500	4.500	4.500
Solarthermie	€/Geb	18.000	-	-	-	-
Hausanschluss	€/Geb	1.100	-	3.550	3.550	3.550
Summe	€/Geb	31.100	30.800	8.050	8.050	8.050
Förderung	€/Geb	-	-	-	-	1.200
Summe ./ Förderung	€/Geb	31.100	30.800	8.050	8.050	6.850

Tabelle 7 Investitionskosten Cluster 1 & 5

Die deutlichen Unterschiede zwischen den beiden Referenzvarianten einerseits und den zentralen Versorgungsvarianten andererseits sind darin begründet, dass der Bauherr im Falle einer Nahwärmeversorgung nicht in die Wärmeerzeugung investieren muss. Kosten für die zentrale Heizungsanlage und das Nahwärmenetz werden über die Wärmelieferkosten auf die späteren Gebäudenutzer (Mieter) umgelegt.

### 3.2 Preisszenarien

Die vorgenannten Ergebnisse basieren auf einem mittleren Preisszenario (Basis). Daneben gilt es aber die wirtschaftlichen Ergebnisse sowohl unter der Annahme sehr niedriger als auch verhältnismäßig hoher Energiepreise darzustellen. Das Verhältnis der Energiepreis zueinander in den drei Preisszenarien ist in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

alle Preise netto - ohne 19% MWSt		1	2	3
Endenergiepreise	Ap	Basis	Hochpreis	Tiefpreis
Erdgas Kessel Gebäude	Cent/kWh	6,0	8,0	4,0
Erdgas Kessel HZ	Cent/kWh	5,5	7,5	3,5
Erdgas KWK	Cent/kWh	4,9	69,0	2,9
Holz-Pellets	Cent/kWh	5,0	6,0	4,0
Strom dez	Cent/kWh	23,0	25,0	21,0
Wärmepumpenstrom	Cent/kWh	18,0	19,0	17,0
Hilfsstrom Wärmenetze	Cent/kWh	19,0	20,0	18,0

Tabelle 8 Preisszenarien

Die Anwendung der drei Preisszenarien erfolgt am Beispiel des Variantenvergleichs der Cluster 1&5 und führt zu folgenden Ergebnissen.

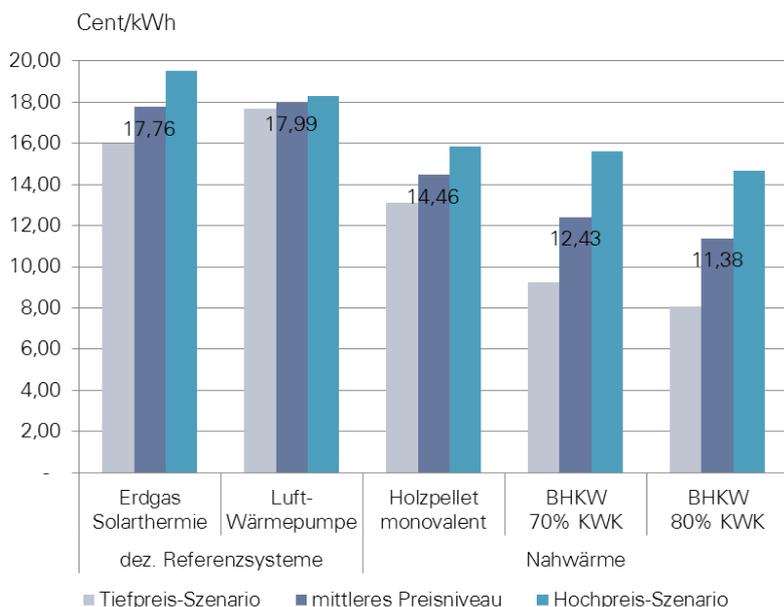


Abbildung 10 Variantenvergleich zu den Preisszenarien

### 3.3 Gesamtvergleich

Die einzelnen Versorgungslösungen sind für die Versorgungsaufgaben innerhalb der einzelnen Cluster berechnet worden. So unterscheiden sich die Cluster in Gebäudestruktur und Energiebedarf. Die nachfolgende Graphik stellt nun alle Ergebnisse aus den Variantenvergleichen nebeneinander, um einen Gesamteindruck zu erhalten.

Dabei wird in Kauf genommen, dass die Ergebnisse aus den jeweiligen Clustern auf Grund der unterschiedlichen Gebäudestruktur nicht vollumfänglich mit einander vergleichbar bzw. übertragbar sind.

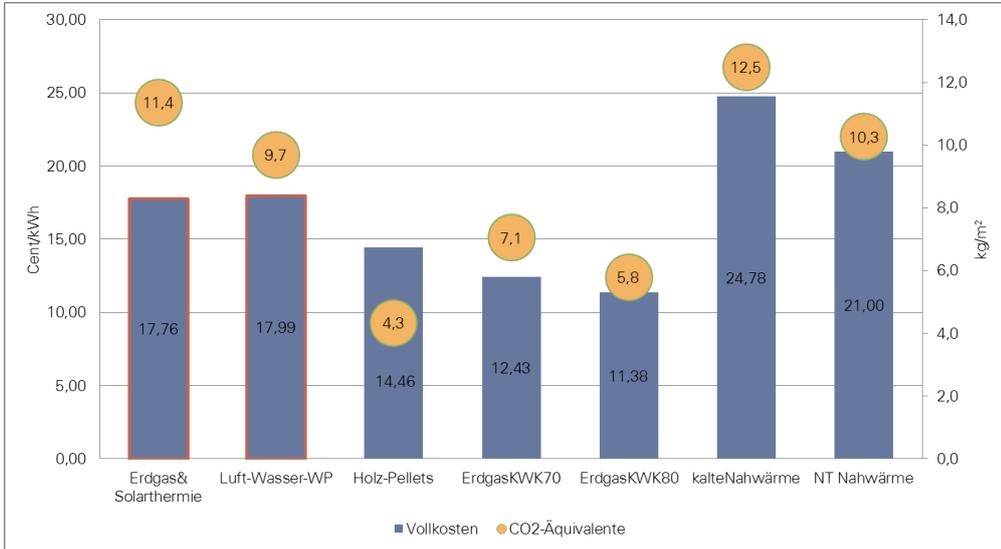


Abbildung 11 Gesamtvergleich Ergebnisse

Auch unter Beachtung der vorgenannten Einschränkung lässt sich deutlich erkennen, dass weder die kalte noch die Niedertemperatur-Nahwärme eine attraktive Lösung für das Versorgungsgebiet – oder Teile daraus – darstellt. Darüber hinaus stehen die für eine Erschließung der Wärmequellen erforderlichen Flächen nicht zur Verfügung.

Die Versorgungslösungen Holzpellets und KWK stellen im Gesamtvergleich die vorteilhaftesten Lösungen dar. Hierbei muss aber deutlich darauf hingewiesen werden, dass eine Übertragbarkeit auf die Cluster 2, 3 & 4 nicht ohne weiteres möglich ist. Die guten Ergebnisse sind wesentlich der Gebäudestruktur in den Clustern 1&5 geschuldet.

### 3.4 Solarstrom

Die dezentrale Erzeugung von Solarstrom mittels Photovoltaikanlagen (PV) leistet einen wesentlichen Beitrag zur Energiewende. Insbesondere auf neu zu errichtenden Wohngebäuden stellt die Installation einer Solarstromanlage keine Herausforderung mehr dar. Auf Grund der deutlich gesunkenen Installationskosten amortisiert sich eine solche Investition vielfach bereits in weniger als 10 Jahren.

Am Beispiel eines Einfamilienhauses und eines Mehrfamilienhauses wurden insgesamt vier Solarstromanlagen in nachfolgender Tabelle grob ausgelegt und berechnet.

Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage		EFH	EFH	MFH (6 WE)	MFH (6 WE)
Leistung	kW	3,5	3,5	10	10
Investition	€	6.300	6.300	16.000	16.000
Ausrichtung	-	Ost/West	Süd	Ost/West	Süd
Ertrag	kWh/a	2.975	3.220	8.500	9.200
Einspeisung	kWh/a	1.575	1.920	3.500	4.700
bezogen auf Ertrag	%	53%	60%	41%	51%
Eigenverbrauch	kWh/a	1.400	1.300	5.000	4.500
bezogen auf Ertrag	%	47%	40%	59%	49%
Strombedarf	kWh/a	3.400	3.400	15.000	15.000
Autarkie	%	41%	38%	33%	30%
Vergütung Einspeisung	ct/kWh	12,00	12,00	12,00	12,00
Wert Eigenverbrauch	ct/kWh	27,37	27,37	27,37	27,37
Ertrag monetär	€/a	572	586	1.789	1.796
Kapitalrückflusszeit	a	11	11	9	9
Wohnfläche	m <sup>2</sup>	182	182	510	510
CO <sub>2</sub> Einsparung, spez.	kg/MWh	557	557	557	557
CO <sub>2</sub> Einsparung absolut	kg/a	1657	1794	4735	5124
CO <sub>2</sub> Einsparung	kg/m <sup>2</sup> a	9,1	9,9	9,3	10,0
CO <sub>2</sub> Einsparung, mittel.	kg/m <sup>2</sup> a	9,5		9,7	
Custer 1 & 5	m <sup>2</sup>			32.490	
Custer 1 & 5 CO <sub>2</sub> Einsp.PV	t/a			314	
Cluster 2,3 & 4	m <sup>2</sup>	51.206			
Custer 2,3&4 CO <sub>2</sub> Einsp.PV	t/a	485			
				799	

Tabelle 9 Solarstromberechnung

Die Kapitalrückflusszeiten liegen bei neun bzw. 11 Jahren bei einer zu erwartenden Lebensdauer der Anlagen von mindestens 20 Jahren.

Sofern die Gebäude der Cluster 2, 3 und 4 mit Photovoltaikanlagen ausgerüstet werden, können die CO<sub>2</sub>-Emissionen um bis zu 485 to/a reduziert werden. Werden darüber hinaus ebenfalls die Gebäude der Cluster 1 & 5 mit PV ausgestattet, summieren sich die zu erwartenden CO<sub>2</sub>-Einsparungen auf bis zu 800 to/a.

## 4 Ergebnisse des Variantenvergleichs

### 4.1 Empfehlung: Energiekonzept mit 3 Bausteinen

Aus den zuvor beschriebenen Variantenvergleichen und den zu Grunde liegenden Berechnungen lassen sich einige Schlussfolgerungen zu einer Empfehlung zusammenfassen.

So scheiden die Versorgungskonzepte „kalte Nahwärme“ und „Niedertemperatur Nahwärme“ aus technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Aspekten als potenzielle Lösungen grundsätzlich aus. Die konventionelle Nahwärme mit einem 80%igen Anteil an Kraft-Wärme-Kopplung ist für die Cluster 1 & 5 die vorteilhafteste Versorgungsvariante. In den Clustern 2, 3 & 4, welche ausschließlich aus Einfamilienhäusern und Doppelhaushälften bestehen, ist eine dezentrale Versorgungsstruktur zu empfehlen. Hierbei kann davon ausgegangen werden, dass die privaten Bauherren zum überwiegenden Teil auf die hier beschriebenen Referenzvarianten zurückgreifen werden (angenommene Verteilung: 80% Erdgas-Brennwert mit Solarthermie, 20% Luft-Wärmepumpe).

Die Installation einer Solarstromanlage ist sowohl ökologisch als auch ökonomisch in jedem Falle empfehlenswert.

Insgesamt wird daher die Umsetzung eines Energiekonzeptes mit den folgenden 3 Bausteinen empfohlen:

#### 4.1.1 Baustein 1: Gebäudedämmstandard

Es wird daher, dass die energetische Qualität der Gebäude zum Zeitpunkt des Bauantrags immer mindestens der ersten Förderstufe der KfW (heute KfW55), bezogen auf die zum Zeitpunkt des Bauantrags geltende Energieeinsparverordnung entsprechen muss.

#### 4.1.2 Baustein 2: Wärmeversorgung

Mit Blick auf die Wärmeversorgung wird empfohlen, für die Gebäude in den Clustern 2,3 & 4 keine über die gesetzlichen Rahmenbedingungen hinausgehenden Forderungen aufzustellen. Dies führt zu einer dezentralen Wärmeversorgungsstruktur in den durch Einfamilienhäuser und Doppelhaushälften geprägten Bereichen (angenommene Verteilung: 80% Erdgas-Brennwert mit Solarthermie, 20% Luft-Wärmepumpe). Dementgegen wird für die Gebäude der Cluster 1 & 5 eine zentrale Versorgung unter Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung mit einem entsprechenden rechtlich abgesichertem vollständigen Anschluss aller Gebäude an die Nahwärmeversorgung empfohlen.

#### 4.1.3 Baustein 3: Dezentrale Stromerzeugung durch Photovoltaik

Durch den Einsatz von Photovoltaik kann wirtschaftlich dezentral erneuerbarer Strom in dem Quartier erzeugt werden. Hierdurch ist eine bilanzielle (Teil-)Kompensation der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Wärmeversorgung unmittelbar im Gebiet möglich. Empfohlen wird daher eine Vorgabe für die Cluster 2, 3 und 4:

**Auf jedem Gebäude ist eine PV-Anlage mit min. 19 WP/qm Wohnfläche zu errichten.**

Hierdurch können bilanziell rd. 65% der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Wärmeversorgung des Gesamtgebietes kompensiert werden.

## 4.2 CO<sub>2</sub>-Bilanz Empfehlungsvariante

Für die empfohlene Wärmeversorgungsstruktur summieren sich die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen für das Gesamtgebiet (alle Energie-Cluster) auf 753 to/a.

Dabei wird vorausgesetzt, dass sich die dezentralen Versorgungssysteme für Cluster 2,3 & 4 in ihrer Verbreitung im Verhältnis 80 / 20 auf „Erdgas&Solarthermie“ und „Luft/Wasser-Wärmepumpen“ aufteilen werden.

Im Gegensatz dazu würden sich die CO<sub>2</sub> Emissionen auf 951 to/a summieren, sofern im gesamten Gebiet ausschließlich Erdgas mit solarthermischer Unterstützung zum Einsatz käme.

Um die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Versorgungsgebietes weiter zu verbessern, wird die Installation von Solarstromanlagen auf den Wohngebäuden empfohlen. Mit der Errichtung von Photovoltaikanlagen auf den Einfamilienhäusern und Doppelhaushälften kann eine Reduktion um 485 to/a erreicht werden.

Sofern alle Gebäude, also auch die Mehrfamilienhäuser und Stadtvillen, mit Solarstromanlagen ausgestattet werden, beläuft sich die CO<sub>2</sub> -Reduktion auf insgesamt 800 to/a. Damit können die CO<sub>2</sub>Emissionen, welche durch die Wärmeversorgung erzeugt werden, sogar überkompensiert werden.

## 4.3 Betrachtung der Zusatzoption *pro*Rheine Gas Klima

Die Stadtwerke Rheine bieten über das Produkt *pro*Rheine Gas Klima ihren Kunden die Möglichkeit, die durch den Einsatz von Erdgas verursachten CO<sub>2</sub> -Emissionen, durch die Beteiligung an nachhaltigen Projekten vollständig zu kompensieren. Dafür wird ein geringer Aufschlag (ca. 4,5%) auf den Gaspreis erhoben, um dadurch Projekte für eine nachhaltige Energieversorgung zu finanzieren. Bei dem Produkt „*pro*RheineGas-Klima“ der Stadtwerke Rheine erfolgt die Freistellung zu 70% über ein Grubengas-Projekt in Deutschland und zu 30% über ein Windkraft -Projekt in der Türkei.

Die durch solche Projekte vermiedenen CO<sub>2</sub> -Emissionen dienen als Gutschrift für die Emissionen aus der Verwendung von Erdgas zur Wärmeversorgung.

Zur Kompensation der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Erdgasverbrennung in den Clustern 2,3 und 4 sollte aus gutachterlicher Sicht – wenn diese Option überhaupt bei der Umweltbilanz mit in Betracht gezogen werden soll – die Transparenz und Nachvollziehbarkeit sowie die Umsetzung der Kompensationsmaßnahmen frühzeitig und spätestens parallel zur Erschließung des Neubaugebietes sichergestellt werden.

Ein entsprechendes Kompensationsprojekt sollte von den Stadtwerken Rheine, in Zusammenarbeit mit allen relevanten kommunalen Akteuren, entwickelt werden. Bei der Finanzierung des Kompensationsprojektes ist zu beachten, dass den Kunden im Versorgungsgebiet nicht die Abnahme eines bestimmten Erdgasproduktes vorgeschrieben werden kann, so dass - neben dem eventuellen Verkauf des Produktes „*pro*RheineGas-Klima“ an die Kunden im Gebiet – ggf. noch andere Finanzierungen erforderlich sind.

In der CO<sub>2</sub>-Bilanzierung würde sich dann folgendes Bild ergeben:

- CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Wärmeversorgung: 300 t/a (188 t/a aus Nahwärmenetz Cluster 1+5, 112 t/a aus (kompensierter) Erdgasversorgung und Luftwärmepumpen in Cluster 2,3 +4)
- „CO<sub>2</sub>-Gutschrift“ aus den PV-Anlagen Cluster 2, 3 und 4 von -485t/a.

Insgesamt würden die CO<sub>2</sub>-Emissionen somit um das 1,5fache überkompensiert.

Als zusätzliche Option kämen noch der Einsatz von Biomethan in dem BHKW und PV-Anlagen auf den MFH in Frage. Würde man diese noch mit einrechnen, könnte sogar – neben den vollständigen Emissionen aus der Wärmeversorgung – noch rd. die Hälfte der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Haushaltsstromverbrauch ausgeglichen werden.