

# Energiekonzept

Neubaugebiet

„südlich der Lenzfrieder Straße“

Ergänzung Wärmeversorgung, Strom und Gebäudehülle



erstellt: 15.05.2020

renergie Allgäu e.V.

Thomas Hartmann Energieberater HWK

Isabel Hartmann B.Sc. Energiewirtschaft

**Inhaltsverzeichnis**

1. Energiekonzept ..... 3

2. Variantenauswahl ..... 3

3. Bauart Gebäude ..... 5

    3.1. Gebäudebauteile ..... 5

    3.2. Wärmebedarf ..... 7

    3.3. KfW-Anforderungen ..... 7

4. Variantenbeschreibung ..... 8

    4.1. Holzpellets zentral (Variante A) ..... 8

    4.2. Sole-Wärmepumpen individuell (Variante B) ..... 10

    4.3. Sole-Wärmepumpen mit PV-Eigenstromanlage individuell (Variante C) ..... 11

    4.4. Pellets-Einzelheizanlagen mit PV-Eigenstromanlage individuell (Variante D) ..... 12

5. Auswertung ..... 13

6. Fazit ..... 14

7. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis ..... 15

## 1. Energiekonzept

Mit Datum 17. März 2020 wurde vom Energie- und Umweltzentrum Allgäu ein Energiekonzept als begleitende Unterlage zum Bebauungsplanverfahren beim Stadtplanungsamt Kempten vorgelegt.

Auf Anforderung des Stadtplanungsamtes Kempten und im Auftrag der Firma Wohnbau Kempten GmbH wurden nachfolgende Ergänzungen zum Energiekonzept bearbeitet und in diesem Bericht zusammengefasst.

## 2. Variantenauswahl

Im Energiekonzept Neubaugebiet „südlich der Lenzfrieder Straße“ - Ein klimaschonendes Quartier für Kemptener Familien vom März 2020 werden folgende Wärmeversorgungsvariante genannt:

- Wärmeversorgung konventionell mittels Erdgas
- Wärmeversorgung mittels Erdgas/Brennstoffzelle
- Wärmeversorgung mittels Erdgas-BHKW
- Wärmeversorgung über Umweltwärme/Strom (Luftwärmepumpe und oberflächennahe Geothermie)
- Wärmeversorgung vollständig strombasiert (Infrarotheizung und Heizstab zur Warmwasserbereitstellung)
- Wärmeversorgung mittels Holzpellets zentral
- Wärmeversorgung mittels Holzpellets dezentral

Im Zuge der Planungskonkretisierung und in Abstimmung mit den Zielstellungen des Grundstückseigentümers wurde diese Variantenauswahl in Absprache mit dem Bauplanungsamt der Stadt Kempen folgendermaßen aktualisiert:

- Wärmeversorgung mittels Holzpellets zentral

**(Variante A)**

- Wärmeversorgung über Umweltwärme/Strom (oberflächennahe Geothermie)

**(Variante B)**

- Wärmeversorgung über Umweltwärme/Strom (oberflächennahe Geothermie) in Kombination mit Strom-Eigenerzeugungsanlagen und Batteriespeicher

**(Variante C)**

- Wärmeversorgung mittels Holzpellets dezentral in Kombination mit Strom-Eigenerzeugungsanlagen und Batteriespeicher

**(Variante D)**

Die Varianten mit Versorgungsbasis durch fossile Energieträger und mit Strom-Direktheizung werden in dieser Konzeptergänzung aufgrund eingeschränkter Zukunftsfähigkeit und damit fehlender Praxisnähe nicht weiterverfolgt. Zudem wäre die Förderfähigkeit als KfW-Effizienzhaus bei Nutzung fossiler Energieträger praktisch fast unmöglich.

### 3. Bauart Gebäude

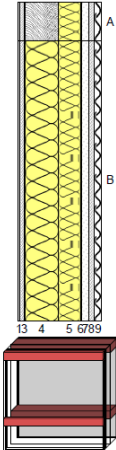
Im Neubaugebiet Lenzfried Süd ist auf der Teilfläche Flurstück 104/4 Gemarkung Kempten die Errichtung von 18 Einfamilien-Doppelhäusern geplant. Die bauliche Ausführung soll zumindest in energetischer Hinsicht identisch als KfW-Effizienzhaus 40 plus erfolgen. Somit unterscheiden sich die Gebäude bei der Erstellung der Energiebedarfsberechnungen nur bei deren Ausrichtung.

Zur Herstellung besserer Vergleichbarkeit und Unterscheidung wird in den Varianten A und B keine PV-Anlage mit Batteriespeicher zur Eigenstromnutzung berechnet. Damit würde die Anforderung der KfW-Bank für den Förderstatus KfW-EH40 plus auf KfW-EH40 abgestuft. Unterschiede bei der Förderung des Gebäudestandards werden in der weiteren Betrachtung allerdings nicht vorgenommen.

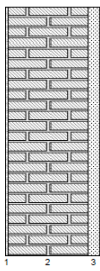
#### 3.1. Gebäudebauteile

Mit Planungsstand vom 15. April 2020 sind folgende Gebäude-Außenbauteile mit den dargestellten Aufbauten und Materialbeschaffenheit vorgesehen:

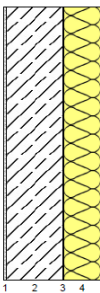
Dachflächen und Dachgauben:

Bauteil:		Dachfläche				Fläche / Ausrichtung :		36,69 m <sup>2</sup>	O
		Dachfläche						20,83 m <sup>2</sup>	W
	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand			
			cm	W/(mK)	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> K/W			
	1	Gipskartonplatten (DIN 18180)	1,25	0,250	900,0	0,05			
	2	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m <sup>3</sup> )	2,40	0,130	500,0	0,18			
	3	Polyethylenfolie 0,25 mm (DIN 12524)	0,05	0,330	960,0	0,00			
	Gefach - Stützen- / Balkenbreite: 12,0 cm; Zwischenraum (Füllung): 88,0 cm; um 90° gedreht								
	4	12,0%: Konstruktionsholz nach EN 12524 88,0%: Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 035)	18,00	0,130	500,0	1,38			
	5	Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 040)	12,00	0,040	290,0	3,00			
	6	Unterdeckung	0,02	0,500	600,0	0,00			
	7	stark belüftete Luftschicht (horizontal) bis 300mm Dicke (hinterlüftetes Bauteil)	4,00	-	1,3	---			
8	Konstruktionsholz nach EN 12524 Gefach - Stützen- / Balkenbreite: 12,0 cm; Zwischenraum (Füllung): 88,0 cm; um 90° gedreht	3,00	-	500,0	---				
9	12,0%: Dachziegelsteine aus Ton nach DIN 12524 88,0%: Dachziegelsteine aus Ton nach DIN 12524	4,00	-	2000,0	---				
								---	
Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Abschnitte (siehe Skizze)								R <sub>i,A</sub> = 4,62 R <sub>i,B</sub> = 8,38	
<b>Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!</b>				<b>R<sub>m,zuf.</sub> = 1,0</b>				<b>R<sub>m</sub> = 7,38</b>	
Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit				R <sub>si</sub> = 0,10 R <sub>se</sub> = 0,10		
57,52 m <sup>2</sup>	15,9 %	210,4 kg/m <sup>2</sup>	7,59 W/K	11,5 %	10cm-Regel : 595 Wh/K 3cm-Regel : 403 Wh/K			<b>U - Wert</b> <b>0,13 W/m<sup>2</sup>K</b>	

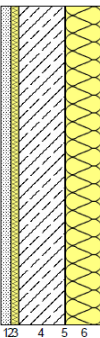
Außenwände:

<b>Bauteil:</b>		Außenwand				Fläche / Ausrichtung :		29,38 m <sup>2</sup>	O
		Außenwand						64,78 m <sup>2</sup>	N
		Außenwand						30,09 m <sup>2</sup>	W
	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand			
			cm	W/(mK)	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> K/W			
	1	Gipsputz ohne Zuschlag	1,50	0,510	1200,0	0,03			
	2	ThermoPlan MZ7	42,50	0,070	650,0	6,07			
	3	Wärmedämmputz (DIN 18550-3 - WLG 060)	6,00	0,060	200,0	1,00			
	<b>Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!</b>						<b>R<sub>zul.</sub> = 1,20</b>		<b>R = 7,10</b>
	Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust		wirksame Wärmespeicherfähigkeit		R <sub>si</sub> = 0,13	R <sub>se</sub> = 0,04
124,24 m <sup>2</sup>	34,4 %	306,3 kg/m <sup>2</sup>	17,09 W/K	26,0 %	10cm-Regel : 621 Wh/K	3cm-Regel : 621 Wh/K	<b>U - Wert</b> <b>0,14 W/m<sup>2</sup>K</b>		

Außenwände gegen Erdreich:

<b>Bauteil:</b>		Außenwand gegen Erdreich				Fläche / Ausrichtung :		15,63 m <sup>2</sup>	O
		Außenwand gegen Erdreich						25,90 m <sup>2</sup>	N
		Außenwand gegen Erdreich						15,63 m <sup>2</sup>	W
	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand			
			cm	W/(mK)	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> K/W			
	1	Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	1,50	0,700	1400,0	0,02			
	2	Beton nach EN 12524 (Rohdichte 2200 kg/m <sup>3</sup> )	30,00	1,650	2200,0	0,18			
	3	Bitumen als Stoff nach EN 12524	0,20	0,170	1050,0	0,01			
	4	Polystyrol PS - Extruderschäum (WLG 035)	20,00	0,035	25,0	5,71			
	<b>Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!</b>						<b>R<sub>zul.</sub> = 1,20</b>		<b>R = 5,93</b>
Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust		wirksame Wärmespeicherfähigkeit		R <sub>si</sub> = 0,13	R <sub>se</sub> = 0,00	
57,15 m <sup>2</sup>	15,8 %	688,1 kg/m <sup>2</sup>	9,43 W/K	14,3 %	10cm-Regel : 3302 Wh/K	3cm-Regel : 857 Wh/K	<b>U - Wert</b> <b>0,17 W/m<sup>2</sup>K</b>		

Kellerboden:

<b>Bauteil:</b>		Kellerfußboden				Fläche :		64,75 m <sup>2</sup>
	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand		
			cm	W/(mK)	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> K/W		
	1	Zement-Estrich	5,00	1,400	2000,0	0,04		
	2	Polyethylenfolie nach DIN 12524	0,02	0,330	960,0	0,00		
	3	Akustik-Estrich-Dämmplatte	4,00	0,040	30,0	1,00		
	4	Beton nach EN 12524 (Rohdichte 2400 kg/m <sup>3</sup> )	25,00	2,000	2400,0	0,13		
	5	Bitumendachbahnen DIN 52128	0,05	0,170	1200,0	0,00		
6	Polystyrol PS - Extruderschäum (WLG 035)	20,00	0,035	25,0	5,71			
<b>Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!</b>						<b>R<sub>zul.</sub> = 0,90</b>		<b>R = 6,88</b>
Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust		wirksame Wärmespeicherfähigkeit		R <sub>si</sub> = 0,17	R <sub>se</sub> = 0,00
64,75 m <sup>2</sup>	17,9 %	707,0 kg/m <sup>2</sup>	9,19 W/K	14,0 %	10cm-Regel : 1804 Wh/K	3cm-Regel : 1079 Wh/K	<b>U - Wert</b> <b>0,14 W/m<sup>2</sup>K</b>	

Fensterbauteile und Fenstertüren:

Dreifach-Wärmeschutzglas U<sub>W</sub>-Wert 0,75 W/m<sup>2</sup>K (Eingangstüre 1,10 W/m<sup>2</sup>K). Materialauswahl freibleibend.

Bei allen Bauteilbeschreibungen sind andere Aufbauten oder eine andere Materialauswahl möglich, solange der angegebene Wärmedurchgangskoeffizient erreicht wird. Es wird eine detaillierte Berechnung der Wärmebrückenzuschläge durchgeführt. Angestrebt wird ein Wärmebrückenzuschlag laut EnEV von höchstens 10 W/K. Das entspricht einem U<sub>WB</sub>-Wert von 0,028 W/m<sup>2</sup>K.

### 3.2. Wärmebedarf

Mit der gegebenen Gebäudekubatur und den beschriebenen Bauteileigenschaften entstehen folgende Wärmebedarfswerte:

Heizwärmebedarf	Warmwasserbedarf	Heizwärmebedarf	Warmwasserbedarf
in kWh/a			
pro Gebäude		alle Gebäude	
8.732		157.176	
6.078	2.654	109.404	47.772

Tabelle 1: Heizwärme- und Warmwasserbedarf

### 3.3. KfW-Anforderungen

Hinsichtlich Transmissionswärmeverlust erfüllen die Wohngebäude damit die Anforderungen der KfW-Förderbank an ein KfW-EH 40+. Im nachfolgenden Berechnungsbeispiel ist die Anwendung von Pellets-Zentralfeuerungsanlagen in jedem Gebäude und die Nutzung von PV-Strom für den Eigenverbrauch mit Ergänzung durch einen hausspezifischen Batteriespeicher angesetzt.

	Ist-Wert	Referenzgebäude (EnEV)	KfW-EH 70 * (EnEV)	KfW-EH 55 (EnEV)	KfW-EH 40 ** (EnEV)
Jahres-Primärenergiebedarf $q_p$ [kWh/(m²a)]	15,55	66,37 <sup>1)</sup>	46,46	36,51	26,55
Transmissionswärmeverlust $H'_T$ [W/(m²K)]	0,210	0,387 <sup>2)</sup>	0,329	0,271	0,213
Transmissionswärmeverlust $H'_T$ [W/(m²K)]	0,210	0,400 <sup>3)</sup>	0,400	0,400	0,400

Die KfW hat in ihren FAQ zur EnEV abweichende Vorgaben für das Referenzgebäude festgelegt (ab 06.2013), die ggf zu anderen Grenzwerten führen können.

<sup>1)</sup> Jahres-Primärenergiebedarf für das entsprechende Referenzgebäude nach EnEV Anlage 1 Tabelle 1.

<sup>2)</sup> Transmissionswärmeverlust für das entsprechende Referenzgebäude nach EnEV Anlage 1 Tabelle 1.

<sup>3)</sup> Höchstwert des Transmissionswärmeverlusts nach EnEV Anlage 1 Tabelle 2.

\* Gültig bis 31.03.2016.

\*\* Ab 01.04.2016 gibt es zusätzlich das KfW-Effizienzhaus 40 Plus. Hier sind die Anforderungen an das KfW-Effizienzhaus 40 und das Plus Paket zu erfüllen (siehe Energieeffizient Bauen 153 - Technische Mindestanforderungen).

Berechnung nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10

Gebäudenutzfläche	212,3 m²
Volumen $V_e$	663,4 m³
Hüllfläche A	361,29 m²
Fensterfläche	30,80 m²
Außentürfläche	4,84 m²
Nutzung	Wohngebäude
Gebäudetyp	Neubau

Anrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien (EnEV Paragraph 5)

Tabelle 2: KfW-Anforderungen

Die Förderquote im KfW-Programm 153 (Energieeffizient Bauen) beträgt mit Stand 05/2020 25 Prozent der förderfähigen Darlehenssumme von 120.000,- €. Förderobergrenze je Wohneinheit entspricht somit 30.000,- €.

## 4. Variantenbeschreibung

Betrachtet wird in der Gegenüberstellung und Berechnung der genannten Wärmeversorgungsvarianten jeweils nur die Anlagentechnik und die Alternativen für die Heizwärme- und Warmwasserversorgung der neu zu errichtenden Häuser.

Dabei wird unterstellt, alle Eigentümer der neuen Gebäude entschließen sich zur gleichen Versorgungsvariante. Jede Abweichung führt zumindest bei der zentralen Versorgungstechnik zur Verschlechterung der wirtschaftlichen Ergebnisse.

Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit wird eine Vollkostenrechnung erstellt, die folgende Hauptmerkmale aufweist:

- Höhe der erforderlichen Investition für Anlagentechnik
- Beschaffung Brennstoff bzw. Antriebsenergie
- Wartungsaufwendungen
- Personalaufwand und Versicherungskosten (bei zentraler Versorgungsanlage)

### 4.1. Holzpellets zentral (Variante A)

Heizwärme- und Warmwasserversorgung durch ein zentral angeordnetes Heizwerk für den Erneuerbaren Energieträger Holzpellets. Energieverteilung mittels Nahwärmeleitungen der Bauart PE-Xa in hochgedämmter Bauweise mit einer Rohrdämmung mit einer Wärmeleitfähigkeit von höchstens 0,0215 W/mK.



Lageplan:

■ Wärmeleitung

■ Standort HW

(Leitungsverlauf als Vorschlag, Ausführungsplanung vor Ort erforderlich!)

Quelle:

Geodateninfrastruktur  
Bayern

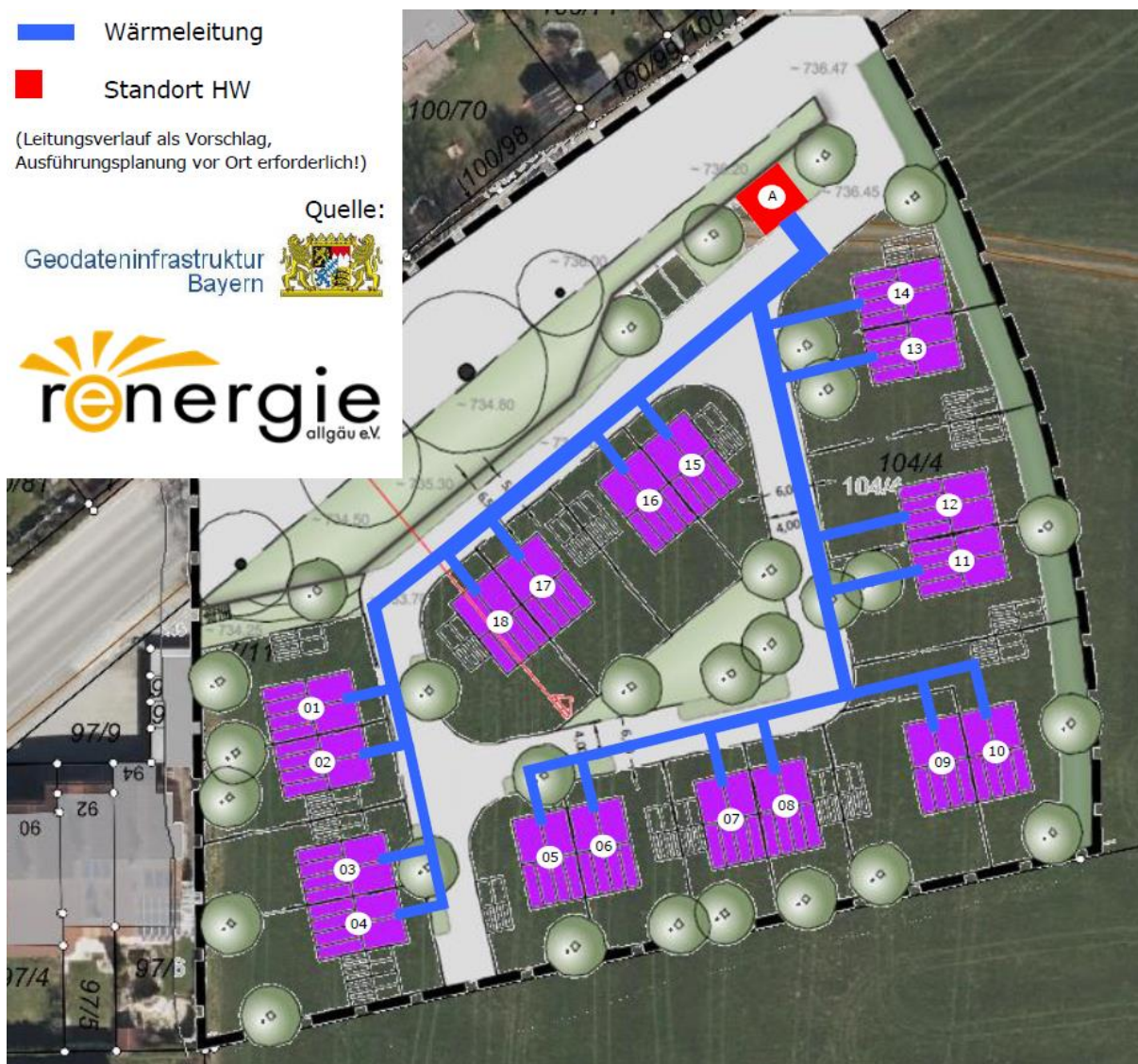


Abbildung 4.1: Bebauungsplan – Holzheizwerk und Leitungsschema

Bei der dargestellten Positionierung des Heizwerkes handelt es sich um einen Vorschlag, der hinsichtlich Zuwegung für die Brennstoffanlieferung und Immissionsschutz optimiert ist. Die Leitungsverlegung soll hauptsächlich im Zuge der Gesamterschließung erfolgen. Aus diesem Grund ist ein geringerer Kostenansatz für die Leitungsverlegung gewählt gegenüber Versorgungsprojekten in Bestandssiedlungen. Außer den jeweiligen Hausanschlussleitungen verläuft die gesamte Leitungstrasse auf öffentlichem Grund.

Bei Realisierungsabsicht dieser Variante müsste zur Verbesserung der Fördervoraussetzungen ein Teil der Bestandssiedlung einbezogen sowie Betreiber des zentralen Heizwerkes sowie des Leitungsnetzes gefunden werden.

Die wesentlichen Daten der Versorgungsvariante A:

Kriterium	Wert	Einheit
Investitionshöhe	195.000,00 €	€
Investitionshöhe spezifisch pro Haus	10.833,33 €	€
Staatliche Förderung	29.032,50 €	€
Energiebedarf (Holzpellets)	216,00	MWh
Wärmepreis (brutto)	243,43 €	€/MWh
CO <sub>2</sub> -Emission	8.856	kg/a

Tabelle 3: Projektdaten Variante A

#### 4.2. Sole-Wärmepumpen individuell (Variante B)



Sondenbohrungen als Sammelabwicklung zur Nutzung oberflächennaher Geothermie. Eine Untersuchung der geologischen Voraussetzungen liegt nicht vor und müsste bei Realisierungsabsicht dieser Variante durchgeführt werden.

Es werden Standardbeträge für die Beschaffung und Installation der Anlagentechnik verwendet.

Für die Wärmepumpenanlage wird ein COP-Wert von 4,5 angesetzt und ein Pufferspeicher mit 1.000 Liter Volumen. (COP = Coefficient of Performance oder Leistungszahl)

Abbildung 4.1: Schema WP mit Tiefensonde

Die wesentlichen Daten der Versorgungsvariante B:

Kriterium	Wert	Einheit
Investitionshöhe	481.100,00 €	€
Investitionshöhe spezifisch pro Haus	26.727,78 €	€
Staatliche Förderung	161.910,00 €	€
Energiebedarf (Strom Sondertarif)	34,00	MWh
Wärmepreis (brutto)	233,17 €	€/MWh
CO <sub>2</sub> -Emission	15.980	kg/a

Tabelle 4: Projektdaten Variante B

#### 4.3. Sole-Wärmepumpen mit PV-Eigenstromanlage individuell (Variante C)

Weiterentwicklung der Variante B durch Einplanung von PV-Anlagen mit Batteriespeiche zur überwiegenden Eigenstromnutzung. Angesetzt werden ein PV-Anlage mit 6,5 kWp und ein Batteriespeicher mit einer Ladekapazität von 5,5 kWh. Gegenwärtig kann in der Wirtschaftlichkeitsberechnung kein Ansatz für Erlöse aus Stromeinspeisung gewählt werden, weil möglicherweise aufgrund des sogenannten PV-Deckels keine Vergütung erfolgt. In der Berechnung wird jedoch davon ausgegangen, dass 50% des Antriebsstroms der Wärmepumpenanlage oder rund 17.000 kWh sowie 21.600 kWh Haushaltsstrom durch die Eigenerzeugungsanlage jährlich eingespart werden können.

Die wesentlichen Daten der Versorgungsvariante C:

Kriterium	Wert	Einheit
Investitionshöhe	761.900,00 €	€
Investitionshöhe spezifisch pro Haus	42.327,78 €	€
Staatliche Förderung	170.910,00 €	€
Energiebedarf (Strom Sondertarif bzw. Eigenstrom)	34,00	MWh
Wärmepreis (brutto)	229,20 €	€/MWh
CO <sub>2</sub> -Emission	-8.930	kg/a

Tabelle 5: Projektdaten Variante C

#### 4.4. Pellets-Einzelheizanlagen mit PV-Eigenstromanlage individuell (Variante D)

Im Unterschied zur Betrachtungsvariante C wird die Heizwärmeversorgung durch individuelle Pelletsheizanlagen bestritten. Um in dieser Variante den Standard des KfW-EH40 plus zu erreichen, wird die in Variante C eingeführte Eigenstromanlage beibehalten.

Die wesentlichen Daten der Versorgungsvariante D:

Kriterium	Wert	Einheit
Investitionshöhe	647.700,00 €	€
Investitionshöhe spezifisch pro Haus	35.983,33 €	€
Staatliche Förderung	217.980,00 €	€
Energiebedarf (Holzpellets)	153,00	MWh
Wärmepreis (brutto)	217,70 €	€/MWh
CO <sub>2</sub> -Emission	6.273	kg/a

**Tabelle 6: Projektdaten Variante D**

## 5. Auswertung

Vergleich der wesentlichen Projektparameter:

Kategorie	Einheit				
Variante		A	B	C	D
Anzahl Anschlussobjekte	Stk.	18			
Grundlastversorgung		Biomasse- heizwerk 2 x 35 kW <sub>th</sub>	Sole-Wärme- pumpen	Sole-Wärme- pumpen	Pellets- Einzelheiz- anlagen
Stromerzeugung				PV- Eigenstrom	PV- Eigenstrom
Spitzenlastversorgung u. Ausfallsicherung		Zweikessel- anlage	keine	keine	keine
Jahresnutzenergie	MWh	153	153	153	153
Einspeiseenergie	MWh	216	-	-	-
Heizlast maximal	kW	65	86	86	86
Wärmeleitungslänge gesamt	m	414	-	-	-
Wärmebelegungs-dichte	kWh/m a	370	-	-	-
Gesamtinvestition	€	194.561	481.100	761.900	647.700
Investitionsförderung	€	29.033	161.910	170.910	217.980
Wartungs-, Personal- u. Versicherungsaufwand	€/a	8.486	4.811	11.429	6.477
Jahresfestkosten	€/a	17.658	22.499	32.209	30.290
Jahresgesamtkosten	€/a	31.298	29.979	29.469	27.990
Kosten Endenergie	€/MWh	13.639	7.480	3.740	8.500
Kapitalverzinsung	%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
wirtsch. Nutzungsdauer	a	20	20	20	20
CO <sub>2</sub> -Emission	kg/a	8.856	15.980	-8.930	6.273
Einheitspreis (brutto)	€/MWh	<b>243,43</b>	<b>233,17</b>	<b>229,20</b>	<b>217,70</b>

Tabelle 7: Übersicht

## 6. Fazit

Die für eine Auswahlentscheidung relevanten Werte Einheitspreis für die Heizwärme- und Warmwasserversorgung ergeben keine signifikanten Unterschiede.

Bei der zentralen Wärmeversorgung müsste, um ein besseres Ergebnis erzielen zu können, die Förderfähigkeit im Programm 271/281 der KfW-Bank erreicht werden. Dies würde den Anschluss zumindest einiger Bestandsgebäude in der Umgebung erforderlich machen, was jedoch nicht Gegenstand der Betrachtung ist.

Wärmepumpen-Heizanlagen können für energetisch hocheffiziente Häuser mit Flächen-Wärmeverteilungssystem (Fußboden-, Wand- oder Deckenheizung) als komfortable und ökologisch wie ökonomisch sinnvolle Lösung angesehen werden. Zu beachten ist allerdings, dass insbesondere in verdichteten Neubaugebieten die Installation von Anlagentechnik zur Wärmegegewinnung aus Außenluft häufig zu Problemen aufgrund Geräuschentwicklung führt. In diesem vorliegenden Vergleich wird daher ausschließlich oberflächennahe Erdwärme als sinnvolles Quellmedium angesehen.

Ob sich PV-Anlagen zur Nutzung von Eigenstrom für eine Wärmepumpenanlage wirtschaftlich lohnen, hängt durchaus wesentlich von den Nutzungsgegebenheiten ab, die sich deutlich unterscheiden können. Kriterien wie zeitweise Netzunabhängigkeit können auch nur individuell betrachtet werden. In jedem Fall führt die Vergleichsbetrachtung beim Kriterium Kohlendioxid ausstoß bei der Wärmepumpenanlage mit Eigenstromnutzung zum besten Ergebnis.

Pellets-Einzelanlagen verursachen einen in der Gesamtbetrachtung relativ hohen Anlagen- und Wartungs- und Logistikaufwand, erfüllen allerdings im Gegensatz zur zentralen Heizungsanlage das Bedürfnis nach individueller Gestaltung.

Alle in diesem Ergänzungsbericht untersuchten Ausführungsvarianten können unter fachlichen Gesichtspunkten empfohlen werden und führen zu einer zeitgemäßen und klimaschonenden Siedlungssituation.



## 7. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Heizwärme- und Warmwasserbedarf	7
Tabelle 2: KfW-Anforderungen	7
Tabelle 3: Projektdaten Variante A	10
Tabelle 4: Projektdaten Variante B	11
Tabelle 4: Projektdaten Variante C	11
Tabelle 4: Projektdaten Variante D	12
Tabelle 7: Übersicht	13