

**Abschlussbericht**  
**zum Teil-Energienutzungsplan**  
**für das Neubaugebiet „Fuchsbug“**  
**der Gemeinde Hitzhofen**

**Abschlussbericht zum Teil-Energienutzungsplan  
für das Neubaugebiet „Fuchsbug“  
der Gemeinde Hitzhofen**

**Auftraggeber:**

Gemeinde Hitzhofen  
Kirchweg 12  
85122 Hitzhofen

**Auftragnehmer:**

Institut für Energietechnik IfE GmbH  
an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden  
Kaiser-Wilhelm-Ring 23  
92224 Amberg

**Förderung:**

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und  
Energie

**Bearbeitungszeitraum:**

November 2019 bis Juli 2020

**Inhaltsverzeichnis**

<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>4</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>6</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>7</b>
<b>1 Einleitung und Zielsetzung .....</b>	<b>8</b>
<b>2 Rahmenbedingungen zentraler Energieversorgung.....</b>	<b>10</b>
2.1 Abfrage Anschlussinteresse Gebietsumgriff .....	12
2.2 Erfahrungswerte aus bestehenden Neubaugebieten.....	13
2.3 Energiebedarf Neubaugebiet .....	14
2.3.1 Thermisch .....	14
2.3.2 Elektrisch .....	16
2.4 Zentrale Wärmeversorgung.....	18
2.5 Zentrale Stromversorgung – Kundenanlage.....	21
<b>3 Technische Dimensionierung Wärmeversorgungsvarianten.....</b>	<b>25</b>
3.1 Zentrale Energieversorgung – Konventionelles Wärmenetz .....	26
3.2 Dezentrale Energieversorgung - Referenzsystem .....	29
<b>4 Wirtschaftliche und ökologische Gegenüberstellung .....</b>	<b>30</b>
4.1 Rahmenbedingungen der wirtschaftlichen Gegenüberstellung.....	30
4.2 Rahmenbedingungen der ökologischen Gegenüberstellung .....	32
4.3 Ergebnisse der Gegenüberstellung .....	33
4.3.1 Investitionskosten.....	33
4.3.2 Ein- und Auszahlungen im Betrachtungszeitraum (Bsp.: Hackgutvariante) .....	34
4.3.3 Jahreswärmekosten in Bezug auf den Referenzhaushalt .....	35
4.3.4 CO <sub>2</sub> -Emissionen und Primärenergiefaktor .....	36
<b>5 Fördermöglichkeiten.....</b>	<b>38</b>
<b>6 Zusammenfassung und Fazit .....</b>	<b>39</b>

## Abkürzungsverzeichnis

### Abkürzungen

BAFA.....	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BHKW. ....	Blockheizkraftwerk
CO <sub>2</sub> .....	Kohlenstoffdioxid
DN.....	Nennweite (diamètre nominal)
EEG .....	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFH.....	Einfamilienhaus
JDL.....	Jahresdauerlinie
KWK.....	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG .....	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
PV .....	Photovoltaik
VDI .....	Verein Deutscher Ingenieure
WW .....	Warmwasser

**Einheiten**

a.....	Jahr(e)
€.....	Euro
%.....	Prozent
Ct.....	Cent
cm.....	Zentimeter
g.....	Gramm
h.....	Stunden
kW.....	Kilowatt
kWh.....	Kilowattstunden
kWp.....	Kilowatt peak
l.....	Liter
m.....	Meter
m <sup>2</sup> .....	Quadratmeter
m <sup>3</sup> .....	Kubikmeter
MW.....	Megawatt
MWh.....	Megawattstunden
rm.....	Raummeter
t.....	Tonnen
Tm.....	Trassenmeter
Vbh.....	Vollbenutzungsstunden

**Formelzeichen und Indizes**

el.....	elektrisch;
$\eta$ .....	Wirkungsgrad;
Hi.....	Heizwert;
Hs.....	Brennwert;
th.....	thermisch;

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Luftbild Hitzhofen mit Kennzeichnung der Fläche des Neubaugebiets [Bayernatlas DOP 80].....	10
Abbildung 2: Vorläufiger Bebauungs- und Grünordnungsplan mit Kennzeichnung potentiell anschließbarer Flächen.....	11
Abbildung 3: Fragebogen zur Interessensabfrage der Anlieger des Baugebietes Fuchsbug	12
Abbildung 4: Erfahrungswerte der Gemeinde Hitzhofen zu Heizsystemen und Einzelfeuerstätten.....	13
Abbildung 5: Thermische Jahresdauerlinie einer zentralen Wärmeversorgung für das Neubaugebiet Fuchsbug der Gemeinde Hitzhofen .....	15
Abbildung 6: Elektrische Jahresdauerlinie einer zentralen Stromversorgung in Form der Kundenanlage für das Neubaugebiet Fuchsbug der Gemeinde Hitzhofen.....	17
Abbildung 7: Standortauskunft Erdwärmesonden - UmweltAtlas Bayern .....	18
Abbildung 8: Möglicher Verlauf der Haupttrasse für die Wärmeverteilung im Neubaugebiet Fuchsbug .....	19
Abbildung 9: Schematische Darstellung Kundenanlage.....	21
Abbildung 10: Gegenüberstellung prognostizierter Strombedarf und potentielle Stromerzeugung durch PV-Anlagen in der Kundenanlage (Sommerwoche).....	23
Abbildung 11: Gegenüberstellung prognostizierter Strombedarf und potentielle Stromerzeugung durch PV-Anlagen in der Kundenanlage (Winterwoche).....	23
Abbildung 12: Thermische Jahresdauerlinie des gesamten Areals mit eingezeichneten Wärmeerzeugern der Variante 1 des konventionellen Wärmenetzes.....	27
Abbildung 13: Thermische Jahresdauerlinie des gesamten Areals mit eingezeichneten Wärmeerzeugern der Variante 2 des konventionellen Wärmenetzes.....	28
Abbildung 14: Investitionskosten der Wärmeversorgung (dezentral und zentral) .....	33
Abbildung 15: Ein- und Auszahlungen im Betrachtungszeitraum (Hackgutvariante zentral)..	34
Abbildung 16: Jahreswärmekosten eines Referenzhaushaltes im Neubaugebiet Fuchsbug.	35
Abbildung 17: CO <sub>2</sub> -Emissionen (Mittel im Betrachtungszeitraum) und Primärenergiefaktoren der Wärmeverbundvarianten .....	36
Abbildung 18: Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen im Betrachtungszeitraum .....	37
Abbildung 19: Neubaugebiet Fuchsbug der Gemeinde Hitzhofen.....	39
Abbildung 20: Möglicher Verlauf der Haupttrasse für die Wärmeverteilung im Neubaugebiet Fuchsbug .....	41
Abbildung 21: Investitionskosten der Wärmeversorgung (dezentral und zentral) .....	43
Abbildung 22: Jahreswärmekosten eines Referenzhaushaltes im Neubaugebiet Fuchsbug.	43
Abbildung 23: CO <sub>2</sub> -Emissionen (Mittel im Betrachtungszeitraum) und Primärenergiefaktoren der Wärmeverbundvarianten .....	44

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Annahme zur Entwicklung der Anschlussquote im Neubaugebiet Fuchsbug.....	14
Tabelle 2: Entwicklung Wärmebedarf und Netzverluste mit steigender Anschlussquote und Netzausbau .....	15
Tabelle 3: Entwicklung Strombedarf mit steigender Anschlussquote .....	16
Tabelle 4: Entfallende Strompreisbestandteile in der Kundenanlage .....	22
Tabelle 5: Thermische Erzeuger in den Varianten der zentralen Wärmeversorgung .....	26
Tabelle 6: Übersicht thermische Erzeugung – Konventionelles Wärmenetz - Variante 1 .....	27
Tabelle 7: Übersicht thermische Erzeugung – Konventionelles Wärmenetz - Variante 2 .....	28
Tabelle 8: Entwicklung Wärmebedarf und Netzverluste mit steigender Anschlussquote und Netzausbau .....	40
Tabelle 9: Thermische Erzeuger in den Varianten der zentralen Wärmeversorgung .....	42

## 1 Einleitung und Zielsetzung

Die Versorgung eines Gebiets (z. B. zusammenhängende Siedlung, Neubaugebiet etc.) über eine Nah- bzw. Fernwärmeleitung in Verbindung mit einer Heizzentrale wird bereits seit längerer Zeit angewandt. Idealerweise findet eine Nahwärmeversorgung statt, wo überschüssige Wärme günstig weitergegeben werden kann, zum Beispiel an Biogasanlagen oder Kraftwerken. Im vorliegenden Bericht geht es um die Energieversorgung des Neubaugebietes Fuchsburg der Gemeinde Hitzhofen.

Weitere ökologisch sinnvolle Möglichkeiten bietet die Wärmeversorgung durch Hackschnitzel, Pellets, Geothermie oder Kraft-Wärme-Kopplung. Dabei spielt die Dichte der Wärmeabnahme im Gebiet eine zentrale Rolle für die Wirtschaftlichkeit. Beim Einsatz von KWK-Anlagen ist entweder eine hohe Eigenstromnutzung oder Direktvermarktung des Stroms Voraussetzung. Die klassische Netzeinspeisung ist aufgrund niedriger Erlöse nur noch selten wirtschaftlich sinnvoll.

Im Gegensatz zu der herkömmlichen Art der ausschließlichen Wärmeversorgung formuliert das EnWG in § 3 Nr. 24a eine erweiterte Möglichkeit zur Versorgung eines Gebiets mit Energie. In der sogenannten Kundenanlage werden die Letztverbraucher mit Strom versorgt, welcher durch die besondere Stellung der Kundenanlage für Letztverbraucher und Produzenten wirtschaftliche Vorteile bringen kann. Klassischerweise bietet hier z. B. die PV-Anlage die Möglichkeit zur Stromerzeugung. Der Einsatz einer KWK-Anlage in diesem Modell bietet den Vorteil, dass neben Wärme auch Strom erzeugt wird.

Wichtig ist an dieser Stelle die Unterscheidung von Kundenanlage und Energieversorgungsnetz. Die Kundenanlage ist kein Energieversorgungsnetz und unterliegt somit nicht den Regulierungen des EnWG und den damit zusammenhängenden Pflichten für den Betreiber. Für in der Kundenanlage erzeugten und in der Kundenanlage an Letztverbraucher geleiteten Strom entfallen deshalb bestimmte Bestandteile des Strompreises, wie Stromsteuer (nach § 9 Abs. 1 Nr. 3 StromStG) und einige Umlagen. Davon ausgenommen ist allerdings die EEG-Umlage und für diese Befreiung von der Stromsteuer ist die Entnahme des Stroms durch die Letztverbraucher in räumlichem Zusammenhang ausschlaggebend. Auf diese Weise kann ein Mehrwert für Betreiber und Nutzer entstehen. Deshalb können einerseits höhere Gewinne aus diesem Stromverkauf erzielt werden, andererseits kann vor Ort erzeugter Strom zu verbesserten Konditionen erworben werden als über das Netz der öffentlichen Versorgung.

Durch diese ganzheitliche Betrachtung eines Gebiets können Synergieeffekte genutzt werden, welche die Wirtschaftlichkeit und den Komfort gegenüber dezentraler Energieversorgung verbessern. Zudem können durch die zentrale Energieversorgung betriebsgebundene Kosten minimiert werden. Der Letztverbraucher wird entlastet und hat keine Zeit für die Überwachung,



Steuerung oder andere administrative Aufgaben seiner eigenen Heizung aufzuwenden. Zusätzlich führen Skaleneffekte bei den Investitionskosten zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit.

Unter Beachtung der gesetzlichen Voraussetzungen, die für eine Kundenanlage gelten, können bestimmte Gebiete, wie zum Beispiel Neubaugebiete, Gewerbegebiete oder ähnliche Quartiere innovativ mit Strom und Wärme versorgt werden. Aus diesem Grund hat sich die Gemeinde Hitzhofen dazu entschlossen, die Option eines konventionellen Wärmenetzes sowie einer Kundenanlage für ein geplantes Neubaugebiet wirtschaftlich und ökologisch gegenüberstellen zu lassen. Vergleichsgrundlage für diese beiden Möglichkeiten der zentralen Energieversorgung ist die dezentrale Versorgung der Haushalte mit jeweils eigener Anlagentechnik.

Die Bearbeitungsschritte dieses Konzepts werden in den nachfolgenden Kapiteln erläutert.

## 2 Rahmenbedingungen zentraler Energieversorgung

Nachfolgende Kapitel beschreiben die Grundlagen, die zur technischen Dimensionierung und wirtschaftlichen Gegenüberstellung der Energieversorgungsvarianten notwendig sind.

Nachfolgende Abbildung zeigt den Gebietsüberblick zum Neubaugebiet „Fuchsbug“, mit Markierung der zu überplanenden Fläche.



Abbildung 1: Luftbild Hitzhofen mit Kennzeichnung der Fläche des Neubaugebiets [Bayernatlas DOP 80]

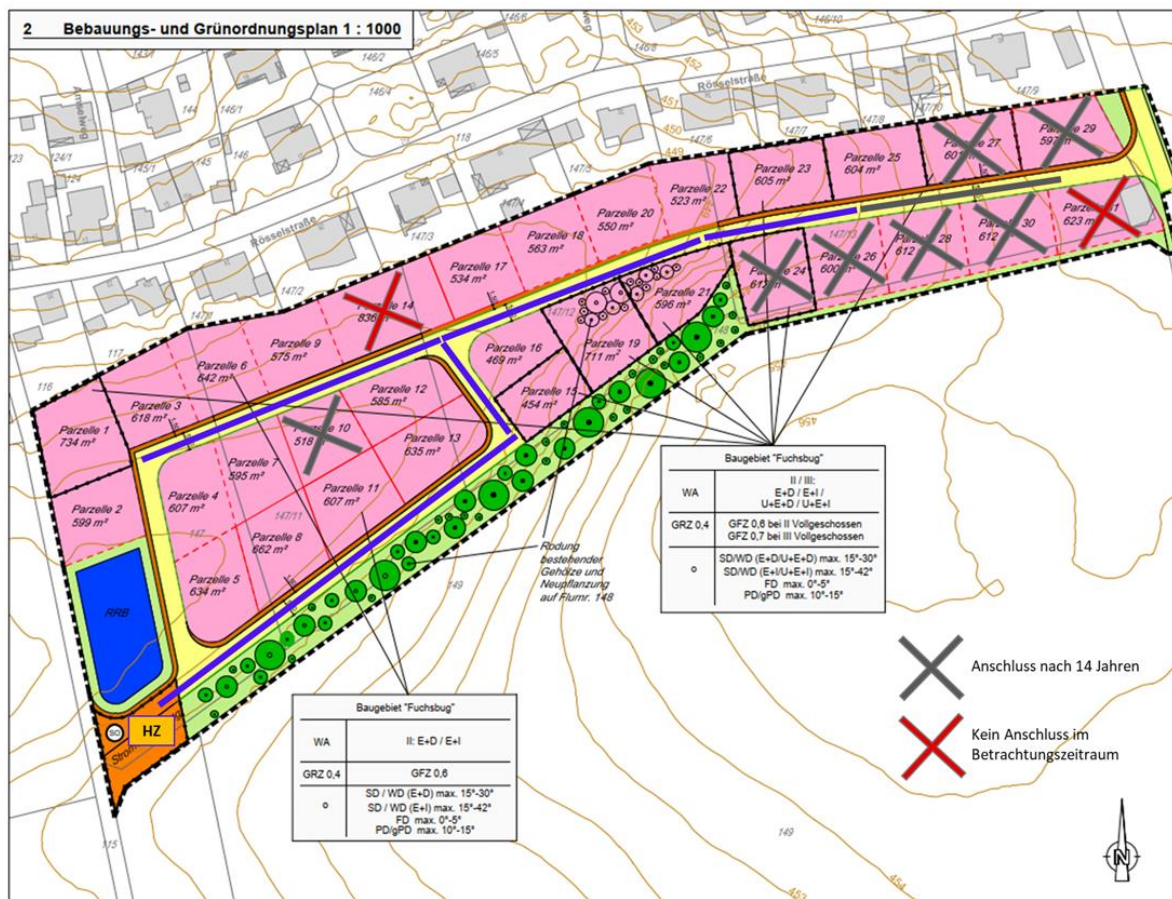


Abbildung 2: Vorläufiger Bebauungs- und Grünordnungsplan mit Kennzeichnung potentiell anschließbarer Flächen

Das genannte Neubaugebiet umfasst 31 Parzellen. Es handelt sich um eine Bebauung ausschließlich mit Einfamilienhäusern.

22 der Parzellen werden nach der Erschließung durch die Gemeinde veräußert. Diese werden voraussichtlich mit einer Bauverpflichtung innerhalb von sechs Jahren belegt und stehen somit als Flächen zur Verfügung, die in absehbarer Zeit an eine zentrale Energieversorgung angeschlossen werden können.

Für weitere sieben Parzellen im Baugebiet ist eine Bauverpflichtung nach 14 Jahren angedacht, für zwei weitere nach 29 Jahren. Diese neun Parzellen mit einer längeren Bauzeit werden deshalb im ersten Schritt nicht in die Berechnung der zentralen Energieversorgung einbezogen, sondern erst in einer weiteren Ausbaustufe des Wärmenetzes aufgenommen. Abbildung 2 zeigt diese Parzellen anhand der Markierung in grau und rot.

## 2.1 Abfrage Anschlussinteresse Gebietsumgriff

Zu Beginn des Konzepts wurde durch die Gemeinde Hitzhofen eine Interessensabfrage der Anlieger des Baugebiets entlang der Rösselstraße (am nördlichen Rand des Baugebietes) gestartet. Zweck war die Erfragung eines potentiellen Anschlussinteresses und damit die Erhöhung des Wärmebedarfs bzw. möglicherweise der Wärmeabnahmedichte. Nachfolgende Abbildung zeigt den Fragebogen, der an die Haushalte ausgegeben wurde.



**Fragebogen an die Anlieger des Neubaugebiets "Fuchsbug" in Hitzhofen**  
Thema: Aktuelle bzw. künftige Wärmeversorgung

Derzeit wird vom Institut für Energietechnik an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden geprüft, ob sich eine zentrale Wärmeversorgung im Neubaugebiet "Fuchsbug" als ökologisch und ökonomisch sinnvoll darstellt. Deshalb werden Sie als Anlieger an das Neubaugebiet "Fuchsbug" mit diesem Schreiben zu Ihrem potentiellen Anschlussinteresse an eine Nahwärmeversorgung gefragt.

---

Ich **bin** am Anschluss an ein Nahwärmenetz **interessiert**, da

<input type="checkbox"/>	meine Heizung älter als 20 Jahre ist
<input type="checkbox"/>	meine Heizung defekt ist
<input type="checkbox"/>	sonstige Gründe

Ich **bin nicht** am Anschluss an ein Nahwärmenetz **interessiert**, da

<input type="checkbox"/>	meine Heizung bereits erneuert wurde
<input type="checkbox"/>	sonstige Gründe

---

**Freiwillige Angaben**

**Zum aktuellen Heizungssystem**

- Baujahr \_\_\_\_\_

- Energieträger (z. B. Heizöl, Scheitholz, Strom etc.) \_\_\_\_\_

- Geschätzter Jahresverbrauch des Energieträgers (z. B. Liter, Ster, kWh etc.) \_\_\_\_\_

Wird zusätzlich noch ein Kamin- oder Kachelofen im Gebäude genutzt? \_\_\_\_\_

**Zum Gebäude**

- Baujahr \_\_\_\_\_

- Beheizte Wohnfläche \_\_\_\_\_

Abbildung 3: Fragebogen zur Interessensabfrage der Anlieger des Baugebietes Fuchsbug

Bei der Befragung von zwölf direkten Anliegern hat sich folgendes Bild gezeigt:

- Zwei positive Rückmeldungen
- Vier negative Rückmeldungen
- Sechs Mal keine Rückmeldung

Aufgrund des geringen Interesses wurde der Ansatz, die Anlieger in das Konzept einzubeziehen, nicht weiterverfolgt.

## 2.2 Erfahrungswerte aus bestehenden Neubaugebieten

Bezüglich der beheizten Wohnfläche ergeben sich in der Gemeinde Hitzhofen aus Erfahrung im Mittel etwa 150 m<sup>2</sup>, die im vorliegenden Konzept zur Abschätzung des Energiebedarfs herangezogen werden. Des Weiteren wurde die Erfahrung gemacht, dass etwa 50 % der von der Gemeinde veräußerten Bauplätze etwa 1,5 Jahre nach Ende des Erschließungszeitraums bezugsfertig sind und Energiebedarf aufweisen.

Folgende Abbildung zeigt die prozentuale Verteilung der installierten Heizsysteme in bestehenden Neubaugebieten in Hitzhofen. Aufgrund dessen, dass über ein Drittel der neuen Gebäude zusätzlich einen Kachel- oder Kaminofen einbauen, wird vorausgesetzt, dass bei einer zentralen Wärmeversorgung des Baugebiets keine Einzelfeuerstätten genutzt werden dürfen.

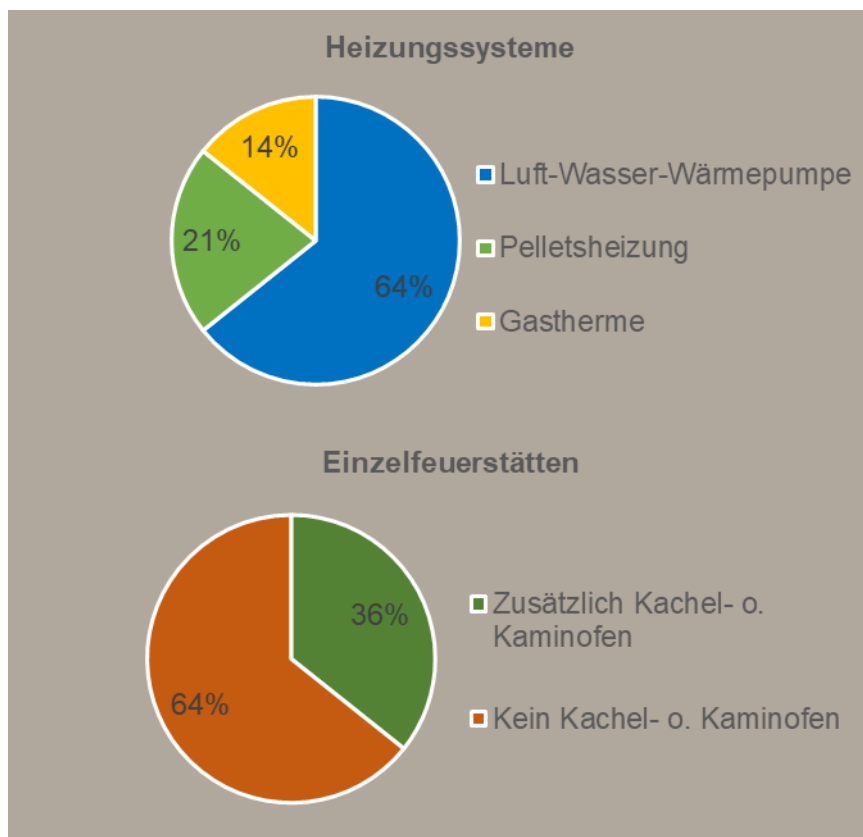


Abbildung 4: Erfahrungswerte der Gemeinde Hitzhofen zu Heizsystemen und Einzelfeuerstätten

## 2.3 Energiebedarf Neubaugebiet

Zukünftiger Strom- und Wärmebedarf des Neubaugebietes sind u. a. abhängig von der Anzahl der Bewohner und deren Nutzerverhalten, außerdem von der Anzahl und Bauweise der Gebäude sowie der künftigen Wohnfläche. Um den Energiebedarf möglichst realistisch abschätzen zu können hat die Gemeinde Hitzhofen, wie vorab beschrieben, Daten von bereits erschlossenen Neubaugebieten zur Verfügung gestellt.

Zur Abschätzung des Wärme- sowie auch Strombedarfs wurden für die Einfamilienhäuser (EFH) im Baugebiet im Mittel folgende Daten zugrunde gelegt:

- 150 m<sup>2</sup> beheizte Wohnfläche auf 2 Vollgeschossen
- 4-Personen-Haushalt
- Gebäudestandard KfW 55

Für die zeitliche Entwicklung der Wärme- und Stromabnahme (Anschlussquote) wurde auf Basis der Erfahrungswerte und weiterer Annahmen folgendes festgelegt (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1: Annahme zur Entwicklung der Anschlussquote im Neubaugebiet Fuchsbug**

Zeithorizont	Fertigstellung Gebäude nach Grundstückserwerb	
	%	absolut
bis 1,5	0%	0
nach 1,5	35%	11
nach 6	71%	22
nach 14	94%	29
nach 29	100%	31

### 2.3.1 Thermisch

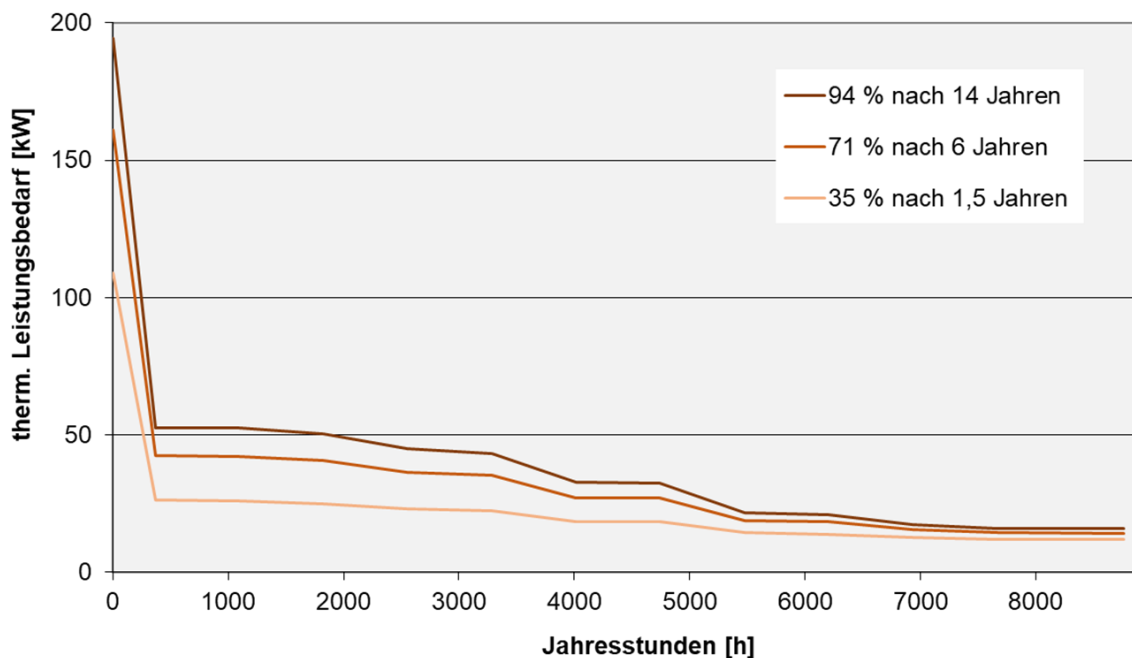
Der Wärmebedarf wird für den Gebäudeenergiestandard KfW 55 auf 35 kWh/m<sup>2</sup>\*a festgelegt. Die Warmwasserbereitstellung erfolgt zentral über das Wärmenetz. Für den Warmwasserbedarf werden 12,5 kWh/m<sup>2</sup>\*a angesetzt. Dadurch ergibt sich ein Jahresnutzwärmebedarf pro EFH von 7.125 kWh<sub>th</sub>/a. Aufgrund der zeitlichen Entwicklung der Anschlussquote nimmt der Wärmebedarf im Lauf der Jahre zu. Dies wird auch anhand der thermischen Jahresdauerlinie deutlich (vgl. Abbildung 5).

Hinzu kommen außerdem Leitungsverluste, die erzeugt werden müssen, aber nicht in den Gebäuden genutzt werden können. Die Größenordnung der Verluste liegt je nach Ausbaustufe des Netzes zwischen 101.000 und 118.000 kWh<sub>th</sub>/a, sodass sich ein gesamter Erzeugungsbedarf von anfangs etwa 179.400 kWh<sub>th</sub>/a und zum Ende des Ausbaus von etwa 324.600 kWh<sub>th</sub>/a ergibt (vgl. Tabelle 2). Die genannten Leitungsverluste ergeben sich nach der Dimensionierung des Wärmenetzes, was in Kapitel 2.4 noch näher beschrieben wird.

**Tabelle 2: Entwicklung Wärmebedarf und Netzverluste mit steigender Anschlussquote und Netzausbau**

	Anschlussnehmer		Wärmebedarf	Netzverluste
	%	absolut	kWh/a	kWh/a
bis 1,5 Jahre	0%	0	0	0
nach 1,5 Jahren	35%	11	78.375	101.000
nach 6 Jahren	71%	22	156.750	101.000
nach 14 Jahren	94%	29	206.625	118.000
nach 29 Jahren	100%	31	außerhalb Betrachtungszeitraum	

Nachfolgende Abbildung stellt den Verlauf der thermischen Leistung über die Stunden des Jahres der Größe nach geordnet dar, in der sogenannten thermischen Jahresdauerlinie.



**Abbildung 5: Thermische Jahresdauerlinie einer zentralen Wärmeversorgung für das Neubaugebiet Fuchsbug der Gemeinde Hitzhofen**

Für das gesamte Gebiet ergibt sich demnach bis zum Ende des Betrachtungszeitraums eine thermische Spitzenlast von knapp unter 200 kW<sub>th</sub>. Diese wurde unter Berücksichtigung einer gewissen Gleichzeitigkeit berechnet und ist bei einer Umsetzung nochmals im Detail zu prüfen.

### 2.3.2 Elektrisch

Für die Abschätzung des Strombedarfs im Neubaugebiet wurde die Festlegung getroffen, dass im Mittel ein 4-Personen-Haushalt in einem EFH lebt. Dadurch ergibt sich ein jährlicher Strombedarf von 4.000 kWh<sub>el</sub> pro EFH.

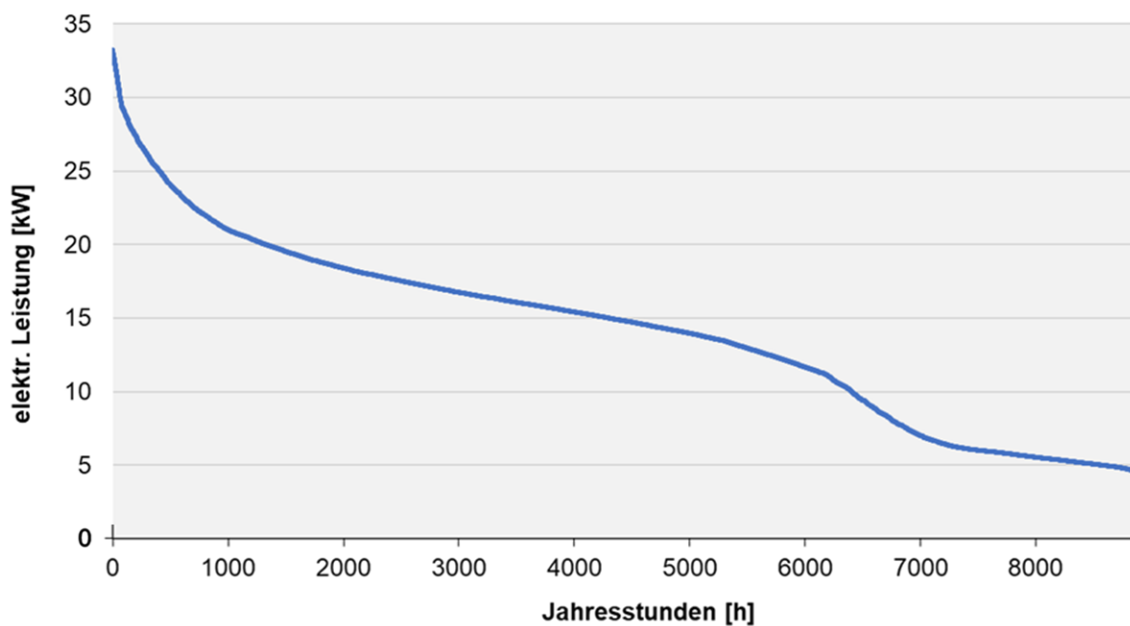
**Tabelle 3: Entwicklung Strombedarf mit steigender Anschlussquote**

	Anschlussnehmer		Strombedarf
	%	absolut	kWh/a
bis 1,5 Jahre	0%	0	0
nach 1,5 Jahren	35%	11	44.000
nach 6 Jahren	71%	22	88.000
nach 14 Jahren	94%	29	116.000
nach 29 Jahren	100%	31	124.000

außenhalb Betrachtungszeitraum

Nachfolgende Abbildung stellt den Verlauf der elektrischen Leistung des gesamten Gebietes (124.000 kWh/a) über die Stunden des Jahres der Größe nach geordnet dar, in der sogenannten elektrischen Jahresdauerlinie. Diese ergibt sich durch die Bildung des elektrischen Lastgangs über Standardlastprofile für Haushalte.





**Abbildung 6: Elektrische Jahresdauerlinie einer zentralen Stromversorgung in Form der Kundenanlage für das Neubaugebiet Fuchsbug der Gemeinde Hitzhofen**

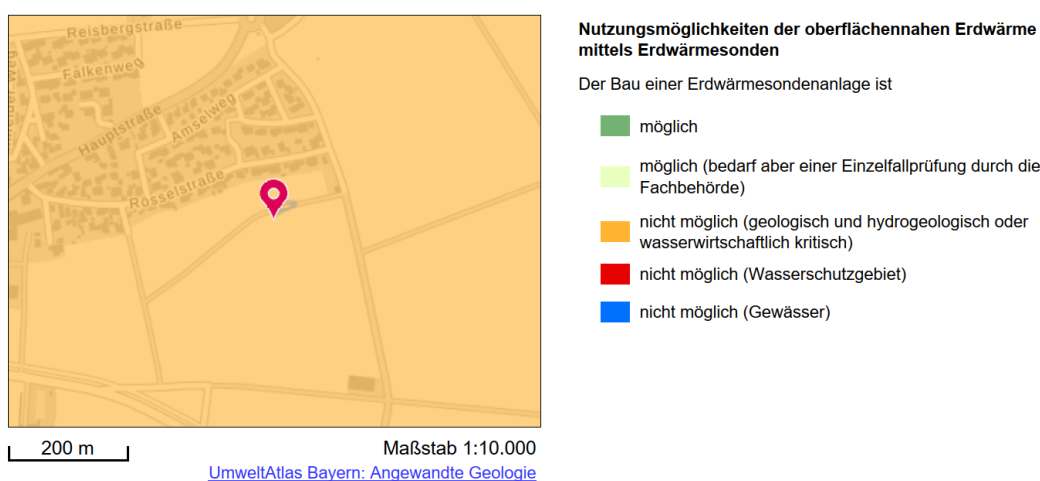
Für das gesamte Gebiet ergibt sich demnach eine elektrische Spitzenlast von etwas unter 35 kW<sub>el</sub>.

## 2.4 Zentrale Wärmeversorgung

Die zentrale Wärmeversorgung im Neubaugebiet erfolgt in Form eines konventionellen Wärmenetzes. Hierfür werden unterschiedliche sinnvolle und machbare Varianten gegenübergestellt. Als Wärmeerzeuger für diese Art der Wärmeversorgung gibt es aufgrund der Standortfaktoren einige Einschränkungen.

Die Gemeinde Hitzhofen verfügt über keinen Erdgasanschluss. Der nächste Erdgasanschluss befindet sich im südlichen Nachbarort Eitensheim. Eine grobe Schätzung der Kosten sowie Gespräche mit dem Gasnetzbetreiber (Stadtwerke Ingolstadt) haben ergeben, dass für das geplante Neubaugebiet nicht mit einem Erdgasanschluss gerechnet werden kann. Somit entfällt der leitungsgebundene Energieträger Erdgas für die Wärmeerzeugung.

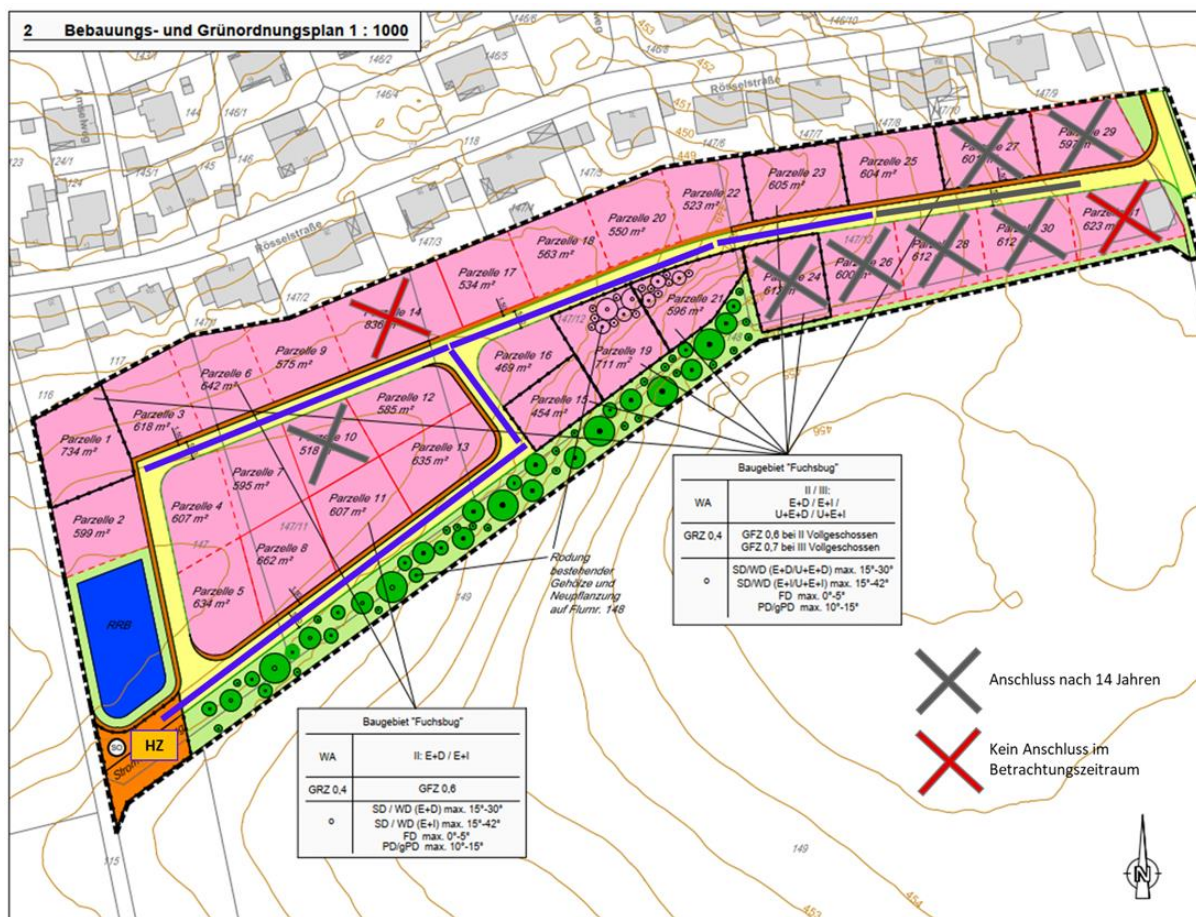
Eine weitere Einschränkung ergibt die Standortauskunft Geothermie zum Thema Bohrung von Erdwärmesonden bzw. Grundwasserbrunnen, nach welcher keine Bohrungen am Standort erlaubt sind (vgl. Abbildung 7). Dies schränkt die Nutzung von Wärmepumpen deutlich ein, dadurch dass es außerdem keine nutzbaren Abwärmequellen gibt. Die Nutzung der Wärmequelle Luft ist möglich, allerdings die ineffizienteste Art der Nutzung in Wärmepumpen, wodurch diese Variante nicht näher betrachtet wird.



**Abbildung 7: Standortauskunft Erdwärmesonden - UmweltAtlas Bayern**

Grundlage der Wärmeversorgung im Verbund ist die Dimensionierung der Wärmetrasse. Voraussetzung zur Trassendimensionierung ist der vorangehend abgeschätzte Wärmebedarf bzw. die benötigte Wärmeleistung. Daran können benötigte Leitungsquerschnitte ausgerichtet werden. Die Wärmetrasse wurde anhand der benötigten thermischen Leistung in den jeweiligen Trassenabschnitten dimensioniert, wobei auf eine sinnvolle, möglichst kurze Trassenführung geachtet wurde.

Abbildung 8 zeigt in blau den Verlauf der Haupttrassen bis zum 14. Jahr sowie in grau den Zubau im 14. Jahr. Von der Haupttrasse zweigen jeweils Stichleitungen zu den einzelnen Gebäuden ab. Diese sind allerdings nicht in der Abbildung dargestellt, sondern lediglich in der Berechnung der gesamten Trassenlänge enthalten. Für diese Stichleitungen wurden zu jedem Gebäude im Mittel 10 m angesetzt, da die Lage der einzelnen Gebäude zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht feststeht.



**Abbildung 8: Möglicher Verlauf der Haupttrasse für die Wärmeverteilung im Neubaugebiet Fuchsbug**

Als Rechteck mit oranger Farbfüllung und der Bezeichnung HZ in der unteren linken Ecke der Abbildung ist der potentielle Standort einer Energiezentrale gekennzeichnet, von welcher aus die Versorgung des Gebietes erfolgt.

### Bis zum 14. Jahr

- Länge Haupttrasse: ~ 430 m
- Länge Stichleitungen: je 10 m
- Länge Gesamttrasse: ~ 650 m

→ Wärmebelegungsichte: ~ 240 kWh/TM\*a

**Ab dem 14. Jahr**

- Länge Haupttrasse: ~ 490 m
- Länge Sticleitungen: je 10 m
- Länge Gesamttrasse: ~ 780 m

→ Wärmebelegungsdichte: ~ 270 kWh/TM\*a

Die Wärmeverluste liegen bei Vorlauftemperaturen von 80 °C, Rücklauftemperaturen von 60 °C und ganzjährigem Betrieb bei ca. 101.000 bis 118.000 kWh pro Jahr, je nach Ausbaustufe. Die Vorlauftemperatur von 80 °C resultiert aus der Trinkwasserversorgung. Um Legionellen im Trinkwasser zu vermeiden, sollte die Wassertemperatur über 60 °C an den Abnahmestellen liegen.

## 2.5 Zentrale Stromversorgung – Kundenanlage

Neben der klassischen Wärmeversorgung im Verbund wird, wie bereits zu Beginn thematisiert, die zentrale Stromversorgung der Haushalte in Form der Kundenanlage untersucht.

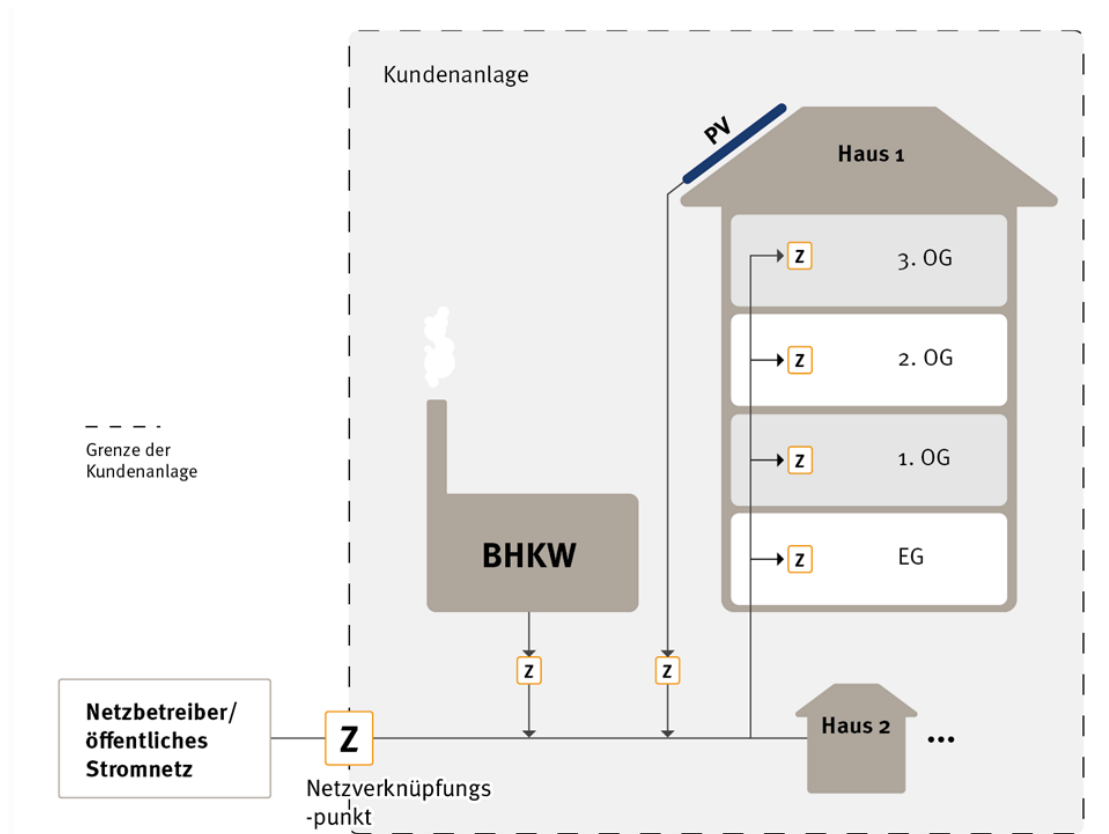


Abbildung 9: Schematische Darstellung Kundenanlage

Abbildung 9 zeigt schematisch den Rahmen der sogenannten Kundenanlage. Der Begriff ist in § 3 Nr. 24a im Energiewirtschaftsgesetz definiert und erfordert die Erfüllung folgender Voraussetzungen.

Energieanlagen zur Abgabe von Energie,

- die sich auf einem räumlich zusammengehörenden Gebiet befinden,
- mit einem Energieversorgungsnetz oder mit einer Erzeugungsanlage verbunden sind,
- für die Sicherstellung eines wirksamen und unverfälschten Wettbewerbs bei der Versorgung mit Elektrizität und Gas unbedeutend sind und
- jedermann zum Zwecke der Belieferung der angeschlossenen Letztverbraucher im Wege der Durchleitung unabhängig von der Wahl des Energielieferanten diskriminierungsfrei und unentgeltlich zur Verfügung gestellt werden

Als Kundenanlage im klassischen Sinn kann beispielsweise das hausinterne Stromnetz in einem Hotel oder Mehrfamilienhaus bezeichnet werden. Es ist meist durch einen einzigen Netzverknüpfungspunkt gekennzeichnet, wie die vorangehende Abbildung deutlich macht. Das Stromnetz der Kundenanlage befindet sich im Eigentum des Kundenanlagenbetreibers und wird durch diesen finanziert. Im Gegensatz dazu steht beispielsweise das Netz der allgemeinen Versorgung, welches über die jährlich auszuweisenden Netzentgelte des jeweiligen Netzbetreibers finanziert wird. Der finanzielle Vorteil, der sich durch den Betrieb der Kundenanlage ergeben kann, kommt durch entfallende Strompreisbestandteile auf in der Kundenanlage erzeugten und zeitgleich in der Kundenanlage selbst genutzten Strom zustande. Folgende Bestandteile des Stroms entfallen für selbst erzeugten und genutzten Strom innerhalb der Kundenanlage:

**Tabelle 4: Entfallende Strompreisbestandteile in der Kundenanlage**

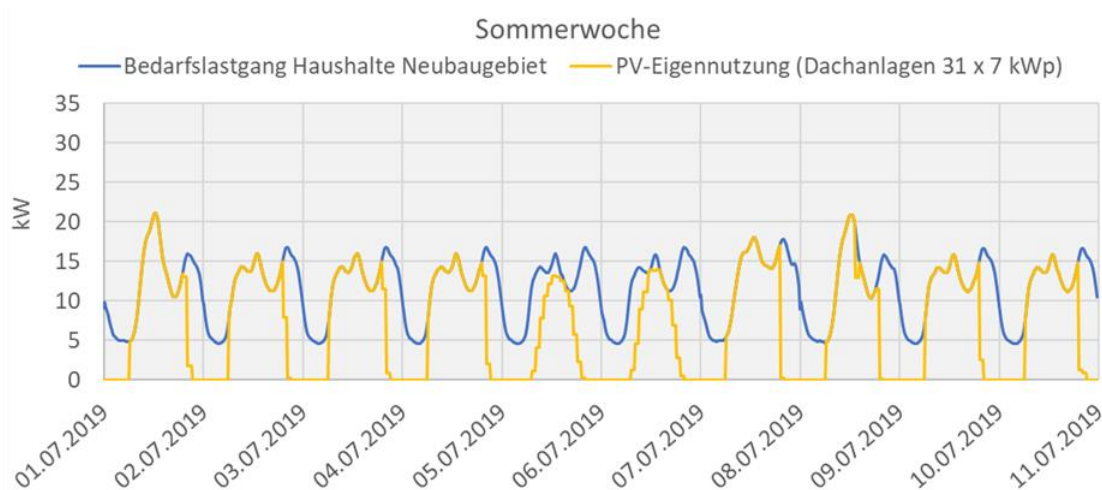
**Entfallende Strompreisbestandteile**

für eigengenutzten Strom in der Kundenanlage

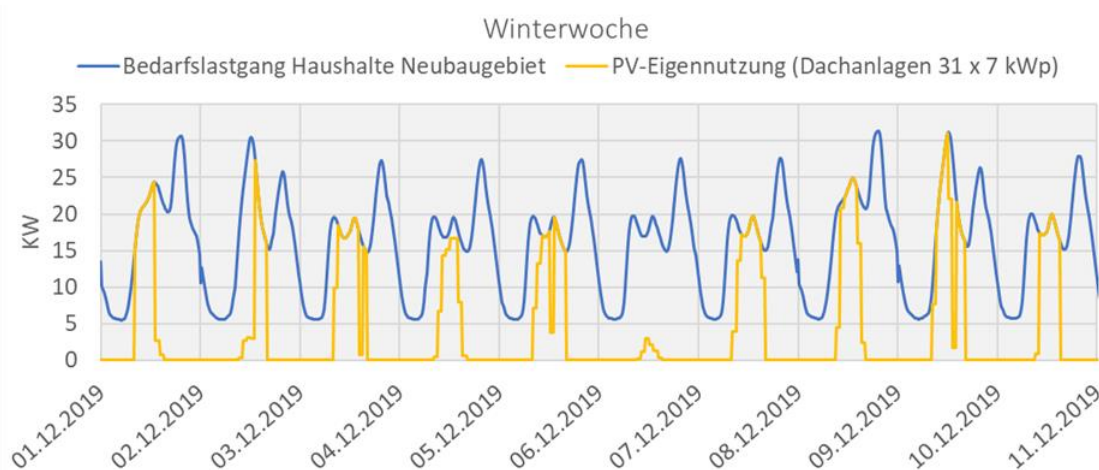
Offshore-Netzumlage	0,416	ct/kWh
StromNEV	0,358	ct/kWh
KWK	0,226	ct/kWh
AbschaltVO	0,007	ct/kWh
Stromsteuer	2,050	ct/kWh
Netzentgelte	4,350	ct/kWh
<b>Summe</b>	<b>7,41</b>	<b>ct/kWh</b>

Diese entfallenden Preisbestandteile (vgl. Tabelle 4) gegenüber Netzstrombezug können nun dazu dienen, das Stromnetz der Kundenanlage zu refinanzieren und möglicherweise Überschüsse zu generieren, die die Wärmeversorgung subventionieren können. Ob sich der Betrieb einer Kundenanlage im vorliegenden Neubaugebiet positiv für Betreiber und Bewohner auswirkt, wird nachfolgend anhand einer ersten Abschätzung geprüft.

Für die Grobprüfung wird zunächst der Strombedarf von 124.000 kWh/a angesetzt, der sich ergibt, wenn alle 31 Parzellen bebaut sind. Zur Stromerzeugung wird die Nutzung von dezentralen PV-Anlagen im Kollektiv angesetzt, in Form von 31 mal 7 kWp (Gesamtleistung 217 kWp). Über diese Anlage können jährlich 258.400 kWh Strom erzeugt werden. Für die Haushalte werden Standardlastprofile hinterlegt, sodass über den sich ergebenden Lastgang die Eigennutzungsquote errechnet werden kann. Der Erzeugungslastgang der PV-Anlagen wurde mithilfe der Software PV\*Sol generiert. Die folgenden beiden Abbildungen zeigen einen Ausschnitt des Stromlastgangs (Sommer- und Winterwoche) in Kombination mit dem Eigennutzungsprofil der PV-Kollektivanlage. Die Überschusseinspeisung an PV-Strom ist in den Abbildungen somit nicht dargestellt.



**Abbildung 10: Gegenüberstellung prognostizierter Strombedarf und potentielle Stromerzeugung durch PV-Anlagen in der Kundenanlage (Sommerwoche)**



**Abbildung 11: Gegenüberstellung prognostizierter Strombedarf und potentielle Stromerzeugung durch PV-Anlagen in der Kundenanlage (Winterwoche)**

Auf diese Weise kann errechnet werden, dass von der erzeugten PV-Strommenge 56.700 kWh direkt im Neubaugebiet genutzt werden können. Die restlichen 201.700 kWh werden ins öffentliche Netz eingespeist. Die Eigennutzungsquote beträgt somit 22 %, der Autarkiegrad beträgt 46 %.

Um im nächsten Schritt abzuschätzen, ob sich die Kundenanlage finanziell vorteilhaft gestaltet, müssen die Kosten für das Stromnetz der Kundenanlage abgeschätzt werden. Im vorliegenden Fall betragen diese etwa 170.000 €.

Diese Investitionskosten müssen über die entfallenden Strompreisbestandteile, gesamt 7,41 ct/kWh, auf den selbst erzeugten und genutzten Strom aus der PV-Anlage

(56.700 kWh/a) refinanziert werden. Jährlich ergeben sich Einsparungen von etwa 4.200 €. Mit diesem Betrag lassen sich etwa 105.000 € refinanzieren (Annahme: auf 35 Jahre zu einem Zins von 2 %).

Da die geschätzten Investitionskosten für das Stromnetz der Kundenanlage über die Nutzung des erzeugten Stroms in der Kundenanlage nicht refinanziert werden können, ist der Betrieb der Kundenanlage im vorliegenden Neubaugebiet finanziell nicht vorteilhaft. Die Betrachtung des Modells der Kundenanlage zur Stromversorgung der Haushalte im Neubaugebiet wird deshalb ab hier nicht weiterverfolgt.

In den folgenden Kapiteln wird daher lediglich die zentrale Wärmeversorgung in Form eines konventionellen Wärmenetzes der dezentralen Wärmeversorgung eines jeden Haushalts für sich selbst gegenübergestellt.



### 3 Technische Dimensionierung Wärmeversorgungsvarianten

Bei der zentralen Wärmeversorgung des Gebietes wird die Versorgung über ein konventionelles Wärmenetz durchgeführt. Die Stromversorgung erfolgt in diesem Fall zu 100 % über das Netz der allgemeinen Versorgung. Die Stromversorgung in Form der Kundenanlage wird aus vorab genannten Gründen ab hier nicht weiter betrachtet.

Demgegenüber steht die dezentrale Wärmeversorgung, bei der jedes Gebäude in sein eigenes Heizungssystem investiert. Die Stromversorgung erfolgt dabei, ebenso wie bei der Wärmeversorgung über ein konventionelles Wärmenetz auf herkömmliche Art über das öffentliche Stromnetz, wobei den Haushalten somit die Installation einer eigenen PV-Anlage offensteht.

Um anschließend einen wirtschaftlichen und ökologischen Vergleich zwischen zentraler und dezentraler Wärmeversorgung anstellen zu können, wird ein Referenzhaushalt definiert, der ein Einfamilienhaus im Gebiet repräsentiert. Für diesen Referenzhaushalt werden verschiedene gängige Varianten, die den gesetzlichen Anforderungen (z. B. EnEV und EEWärmeG) entsprechen, für die dezentrale Versorgung mit Wärme ausgelegt und deren Kosten berechnet. Anschließend werden zum Vergleich die Kosten der zentralen Versorgungsvarianten auf den definierten Referenzhaushalt heruntergebrochen.

### 3.1 Zentrale Energieversorgung – Konventionelles Wärmenetz

Bei der zentralen Energieversorgung wird der gesamte Wärmebedarf des Gebietes über zentrale Wärmeerzeuger bereitgestellt. Die Versorgung geht von der Energiezentrale aus. Die Wärme wird über das Wärmenetz verteilt.

In der nachfolgenden Tabelle wird ein kurzer Überblick über die Varianten bei der zentralen Versorgung gegeben. Die beiden Varianten ergeben sich aufgrund der örtlichen Gegebenheiten bzw. Standortfaktoren, die bereits in Kapitel 2.4 kurz thematisiert wurden.

Tabelle 5: Thermische Erzeuger in den Varianten der zentralen Wärmeversorgung

	Variante 1	Variante 2
	<b>Biomasse</b>	<b>Biomasse + Heizöl</b>
<b>Grund- und Mittellast</b>	100 kW <sub>th</sub> Hackgutkessel	70 kW <sub>th</sub> Hackgutkessel
<b>Spitzenlast</b>	100 kW <sub>th</sub> Hackgutkessel	200 kW <sub>th</sub> Heizölkessel

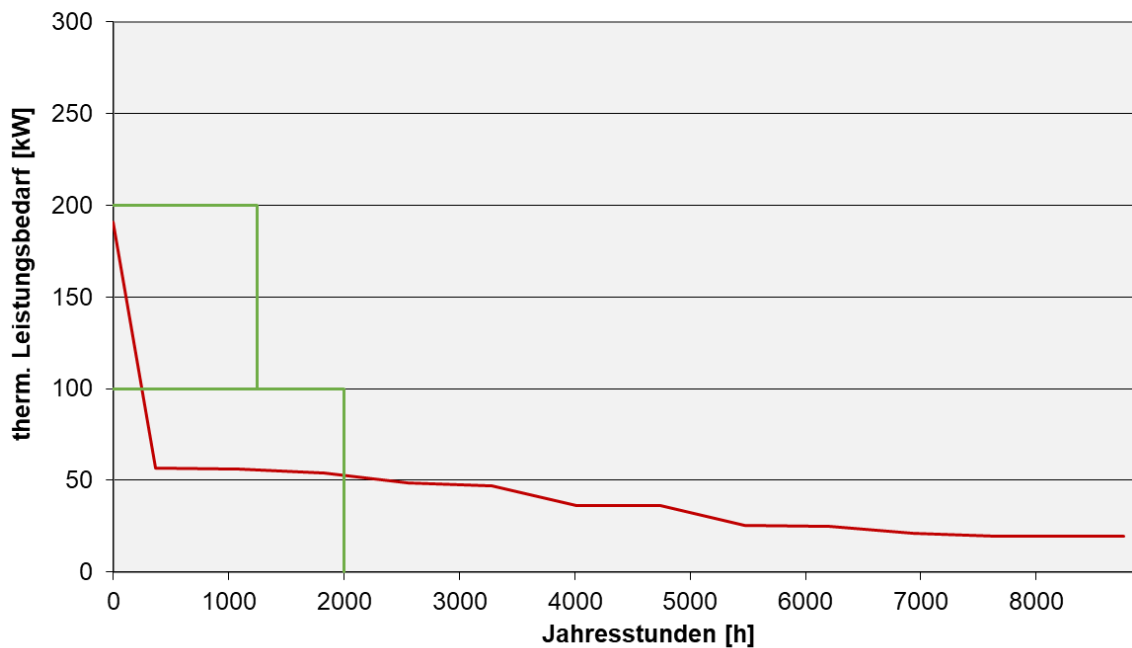
Die Deckung des Haushaltsstrombedarfs erfolgt bei der zentralen Wärmeversorgung entweder über das öffentliche Stromnetz oder dezentrale, eigene Stromerzeugungsanlagen im Eigentum der Bauherren (diese sind vollkommen unabhängig von der zentralen Wärmeversorgung).

Die oben genannten Varianten werden jeweils anhand einer Tabelle dargestellt, in der die Bilanz der Wärmeerzeuger ersichtlich ist. Des Weiteren wird die technische Dimensionierung der Erzeuger anhand der thermischen Jahresdauerlinie verdeutlicht. Die Bilanzen in den Tabellen bzw. die Dimensionierung und die Jahresdauerlinie beziehen sich dabei jeweils auf den Stand nach dem 14. Jahr, d. h. wenn 29 der 31 Parzellen angeschlossen sind und Wärme abnehmen.

Variante 1: 2 x 100 kW<sub>th</sub> Hackgutkessel**Tabelle 6: Übersicht thermische Erzeugung – Konventionelles Wärmenetz - Variante 1**

Erzeuger	Leistung kW <sub>th</sub>	Vollbenutzungsstunden h/a	Wärmemenge kWh <sub>th</sub> /a
Hackgutkessel	100	2.000	200.000
Hackgutkessel	100	1.246	124.625

Die Versorgung in dieser Variante findet zu 100 % über den Einsatz von Biomasse als Brennstoff statt. Die beiden Hackgutkessel können abwechselnd zum Einsatz kommen bzw. werden zu Spitzenzeiten gleichzeitig zum Einsatz kommen, um den Wärmebedarf zu decken.

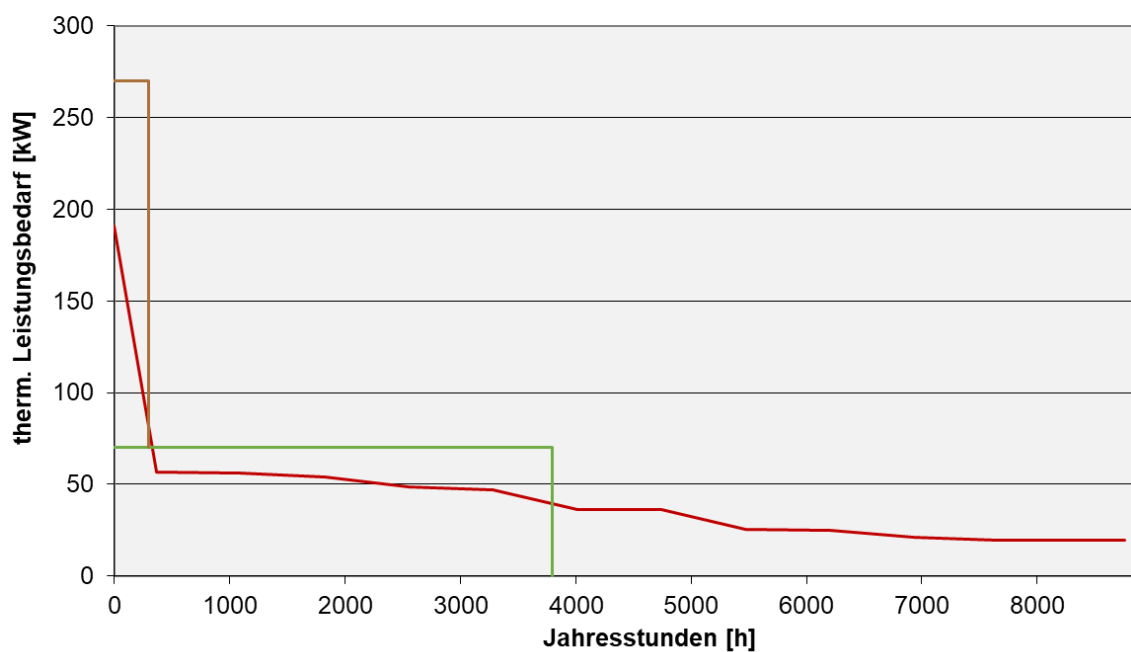


**Abbildung 12: Thermische Jahresdauerlinie des gesamten Areals mit eingezeichneten Wärmeerzeugern der Variante 1 des konventionellen Wärmenetzes**

**Variante 2:** 70 kW<sub>th</sub> Hackgutkessel + 200 kW<sub>th</sub> Heizölkessel**Tabelle 7: Übersicht thermische Erzeugung – Konventionelles Wärmenetz - Variante 2**

Erzeuger	Leistung kW <sub>th</sub>	Vollbenutzungsstunden h/a	Wärmemenge kWh <sub>th</sub> /a
Hackgutkessel	70	3.800	266.000
Heizölkessel	200	293	58.625

In dieser Variante übernimmt der Biomassekessel die Abdeckung der Grund- und Mittellast und deckt somit ca. 82 % des Wärmebedarfs. Zu Spitzenzeiten wird zusätzlich der Heizölkessel benötigt.



**Abbildung 13: Thermische Jahresdauerlinie des gesamten Areals mit eingezeichneten Wärmeerzeugern der Variante 2 des konventionellen Wärmenetzes**

### 3.2 Dezentrale Energieversorgung - Referenzsystem

Bei der dezentralen Energieversorgung baut jeder Haushalt/Gebäude sein eigenes Heizungssystem. Um diese Möglichkeit für das Neubaugebiet vergleichend zu einer zentralen Energieversorgung darstellen zu können, wird im folgenden Gliederungspunkt ein Einfamilienhaus mit einem Jahreswärmebedarf von 7.125 kWh und einem thermischen Leistungsbedarf von ca. 10 kW als Referenzhaushalt definiert, anhand dessen eine dezentrale Wärmeversorgung dimensioniert wird.

Für diesen Referenzhaushalt können unterschiedliche dezentrale Varianten dimensioniert werden, sodass letztendlich die Kosten bzw. die ökologische Bilanz von dezentraler und zentraler Versorgung auf dieser Basis verglichen werden können. Für eine konkrete Dimensionierung in den einzelnen Gebäuden sind viele Faktoren ausschlaggebend, wie angestrebte Fördermöglichkeiten oder die Erfüllung der EnEV durch den Einsatz von Gebäudetechnik. Darunter fällt z. B. der Einsatz von Lüftungsanlagen (mit oder ohne Wärmerückgewinnung) sowie die genaue Ausgestaltung der Gebäudehülle. Deshalb kann die Dimensionierung im vorliegenden Konzept zunächst nur anhand von Richtwerten und Annahmen erfolgen.

Nachfolgend sind die drei Varianten aufgelistet, die für die dezentrale Wärmeversorgung der EFH gegenübergestellt werden. Hierbei handelt es sich nicht um eine abschließende Auswahl, sondern um gängige Energieerzeuger, die für den Variantenvergleich ausgewählt wurden.

- 10 kW Flüssiggaskessel + 5,4 m<sup>2</sup> ST
- 10 kW Luft-Wasser-Wärmepumpe
- 10 kW Pelletkessel

## 4 Wirtschaftliche und ökologische Gegenüberstellung

In diesem Kapitel werden für das Neubaugebiet Fuchsbug in Hitzhofen unterschiedliche Varianten der Energieversorgung (zentral und dezentral) wirtschaftlich und ökologisch gegenübergestellt. Basierend auf den jeweils entwickelten Varianten wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Ermittlung der ökonomisch günstigsten Variante durchgeführt.

Dabei werden die Jahresgesamtkosten im Rahmen einer Vollkostenrechnung nach der Annuitätenmethode in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 ermittelt. Die Jahresgesamtkosten ergeben sich aus der Summe der Kapitalkosten, Instandhaltungs- und Wartungskosten, Verbrauchskosten und sonstigen Kosten.

Für eine ökologische Beurteilung werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie für die Wärmenetzvarianten der Primärenergiebedarf berechnet.

### 4.1 Rahmenbedingungen der wirtschaftlichen Gegenüberstellung

Folgende Rahmenbedingungen gelten für alle Gegenüberstellungen gleichermaßen. Individuelle Annahmen werden, falls vorhanden, in den einzelnen Unterkapiteln erläutert.

- Alle Kosten sind Nettokosten
- Betrachtungszeitraum 20 Jahre
- Zinssatz 2 %
- 100 % Fremdfinanzierung
- Die jährlichen Kosten zur Finanzierung werden über die Annuität nach den obigen Parametern abgebildet; Investitionsgüter mit einer Nutzungsdauer, die über den Betrachtungszeitraum hinausgehen, werden zusätzlich über ihren Restwert in der Kalkulation berücksichtigt
- Die Nutzungsdauer von Investitionsgütern werden in Anlehnung an die VDI 2067 angesetzt
- Anschlussnehmer am Ende des Betrachtungszeitraums: 29
- Keine Marge für einen möglichen Betreiber enthalten
- Hackgutpreise wurden nach Angaben eines regionalen Lieferanten angesetzt
- Weitere Brennstoffpreise richten sich nach marktüblichen Durchschnittswerten
- Die Brennstoffkosten bleiben über den Betrachtungszeitraum konstant
- Heizzentrale wird als Containerlösung ausgeführt
- Kosten für die Fläche der Heizzentrale werden nicht berücksichtigt
- Dezentral werden keine Einzelfeuerstätten genutzt

- Berechnung der Jahresgesamtwärmekosten für einen vorab definierten Musterhaushalt zur Gegenüberstellung der zentralen und dezentralen Varianten

**Folgende Kosten bzw. Erlöse werden sowohl für die thermische als auch die elektrische Seite berücksichtigt:**

- Kapitalkosten (Investitionskosten auf Basis durchschnittlicher Nettomarktpreise für die einzelnen Komponenten)
- Betriebsgebundene Kosten (Wartung, Instandhaltung, Betrieb, Technische Überwachung, inkl. Personalkosten)
- Verbrauchsgebundene Kosten (Brennstoffe)
- Sonstige Kosten (z. B. Versicherung)

Die **Gesamtinvestitionskosten** sind nicht als konkrete Angebotspreise, sondern lediglich als durchschnittliche Marktpreise zu verstehen und können in der tatsächlichen Umsetzung nach oben oder unten abweichen. Die Investitionskosten umfassen je nach Umfang und Bedarf nachfolgende Positionen.

- Wärmeverteilung (z. B. Nahwärmeleitung, Übergabestationen)
- Thermische Energieerzeuger
- Tiefbau u. Heizhaus (z. B. Verlegung, Gebäude, Grundstück, Kamin, Speicher)
- Technische Installationskosten (15 %)
- Projektabwicklung (20 %)
- Kosten für Unvorhergesehenes (10 %)

Aus den Investitionskosten werden die jährlichen kapitalgebundenen Kosten nach der Annuitätenmethode gebildet. Die betriebsgebundenen Kosten beinhalten die Kosten für die Bedienung der technischen Anlagen sowie die Kosten für Wartung und Instandhaltung der einzelnen Anlagen und Komponenten. Die Kosten werden in Anlehnung an die VDI 2067 angesetzt. Die verbrauchsgebundenen Kosten entsprechen den jährlichen Brennstoffkosten für den Betrieb der Wärmeversorgung bzw. den Kosten für die gesamte Stromversorgung der Anschlussnehmer. Die spezifischen Energiepreise belaufen sich auf folgende Werte.

- |                     |                                      |
|---------------------|--------------------------------------|
| • Flüssiggas:       | 5,34 ct/kWh <sub>Hi</sub>            |
| • Pellets:          | 4,77 ct/kWh <sub>Hi</sub>            |
| • Strom Wärmepumpe: | 16,74 ct/kWh (Grundpreis: 82,80 €/a) |
| • Heizöl:           | 5,63 ct/kWh <sub>Hi</sub>            |
| • Hackgut:          | 25 €/Srm                             |

**Sonstige Kosten** für z. B. Versicherung und Verwaltung werden als Prozentsatz der betreffenden Investitionskosten angesetzt.

## 4.2 Rahmenbedingungen der ökologischen Gegenüberstellung

Für die ökologische Beurteilung werden CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie der Primärenergiebedarf berechnet. Für die Beurteilung wird die Verbrauchsmenge sämtlicher Energieträger jeder Variante herangezogen, inkl. des Stromverbrauchs für Hilfsenergie. Für die Gegenüberstellung von dezentraler zu zentraler Versorgung werden auch die Emissionen auf den Referenzhaushalt herunterskaliert.

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

Je nach Art des Energieträgers, welcher zur Wärme- bzw. auch Stromversorgung eingesetzt wird, entsteht je verbrauchter Kilowattstunde eine gewisse Menge an CO<sub>2</sub>. Über folgende Werte kann die jährlich ausgestoßene Menge an CO<sub>2</sub> berechnet werden:

– Flüssiggas	270,68 g/kWh
– Pellets	17,51 g/kWh
– Strom	557,66 g/kWh
– Heizöl	313,38 g/kWh
– Hackgut	13,99 g/kWh

### Primärenergiefaktor Wärmenetz

Eine weitere wichtige Kenngröße zur Beurteilung der Wärmeversorgung ist der Primärenergiefaktor des Wärmenetzes, der bei den zentralen Varianten als Ergebnis jeweils mit ausgewiesen wird. Der Primärenergiefaktor sagt aus, wie viel Energie zur Deckung des Endenergiebedarfs benötigt wird (inklusive der Vorketten). Je niedriger der Faktor, umso besser. Im vorliegenden Fall wird der Primärenergiefaktor anhand von Plandaten in Jahr sechs berechnet. Da sich der Primärenergiefaktor durch die steigende Anschlussquote im Laufe der Zeit verringern würde, wurde diese Festlegung getroffen.

Zur Ermittlung des Primärenergiefaktors wird der Einsatz an verschiedenen Brennstoffen mit einem Primärenergiefaktor multipliziert, der für bestimmte Energieträger einheitlich festgelegt ist. Weiterhin fließt der Strombedarf in die Bilanz ein. Schließlich ist beim Primärenergiefaktor eines Wärmenetzes auch entscheidend, wie viel Energie bei den Kunden ankommt. Der Primärenergiefaktor ist daher eine ökologische Beurteilungsgröße. Nachfolgend sind die Faktoren für die einzelnen Energieträger aufgelistet.

– Heizöl	1,1
– Hackgut	0,2
– Strom	1,8/2,8 (Strommix allgemein/Verdrängungsstrommix)

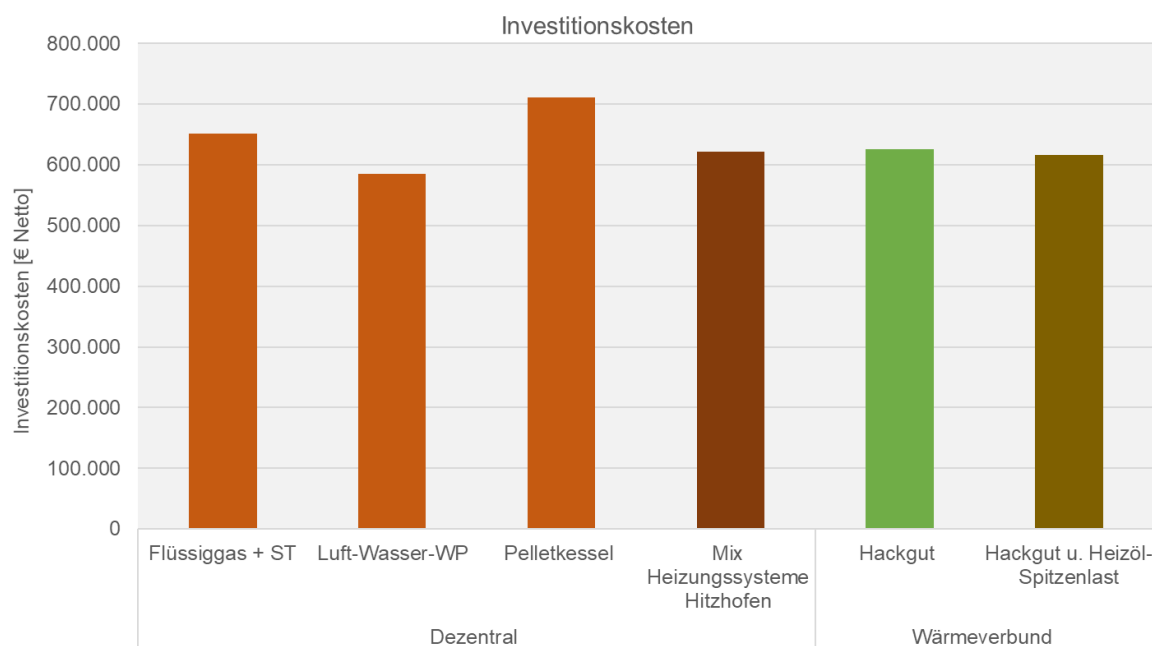


### 4.3 Ergebnisse der Gegenüberstellung

Im Anschluss sind die Ergebnisse der wirtschaftlichen und ökologischen Gegenüberstellung dargestellt. Neben den Jahreswärmekosten werden auch die Investitionskosten aufgezeigt.

#### 4.3.1 Investitionskosten

Nachfolgende Abbildung zeigt die Investitionskosten der einzelnen Varianten. Dezentral wurden die Investitionskosten einer Variante auf 29 Referenzgebäude hochgerechnet. Des Weiteren zeigt die Abbildung die Kosten des Mixes an Heizsystemen auf Basis der Erfahrungswerte in Hitzhofen. Die beiden rechten Säulen zeigen die Investitionskosten der zentralen Wärmeversorgungsvarianten.



**Abbildung 14: Investitionskosten der Wärmeversorgung (dezentral und zentral)**

Stellt sich ein Mix an Heizsystemen, wie es die Erfahrungen zeigen ein, so liegen die Investitionskosten auf einem Niveau mit den zentralen Verbundvarianten, bei etwas über 600.000 €.

Bei den Verbundvarianten fallen die Investitionskosten in dieser Größenordnung fast gänzlich zu Beginn der Erschließung bzw. bis zum Start der ersten Wärmeabnahme an. In den ersten Jahren verteilen sich diese Kosten aufgrund der nach und nach steigenden Anschlussquote allerdings auf nur wenige Schultern. Dezentral fallen die Kosten erst nach und nach mit dem jeweiligen Hausbau an.

### 4.3.2 Ein- und Auszahlungen im Betrachtungszeitraum (Bsp.: Hackgutvariante)

Die jährlichen Ein- und Auszahlungen im Betrachtungszeitraum werden nachfolgend exemplarisch für die reine Biomasse-Variante beschrieben. Wie bereits bei den Rahmenbedingungen beschrieben, findet die Betrachtung in einem Zeitraum von 20 Jahren statt. In den ersten Jahren werden nur geringe Einnahmen durch den Wärmeverkauf erzielt, da die Annahme getroffen wurde, dass sich die Anschlussquote erst nach und nach erhöht. In Jahr 14 wird in einen weiteren kleinen Netzabschnitt investiert, um die restlichen Grundstücke, die erst ab diesem Zeitpunkt bebaut werden müssen, an die Wärmeversorgung anzuschließen. Das zeigt auch die Abbildung. Ab da erhöhen sich auch die Einnahmen aus dem Wärmeverkauf. In Jahr 20 wird der Restwert der Investitionsgüter (mit einer längeren rechnerischen Nutzungsdauer als 20 Jahre) als Einzahlung verrechnet.

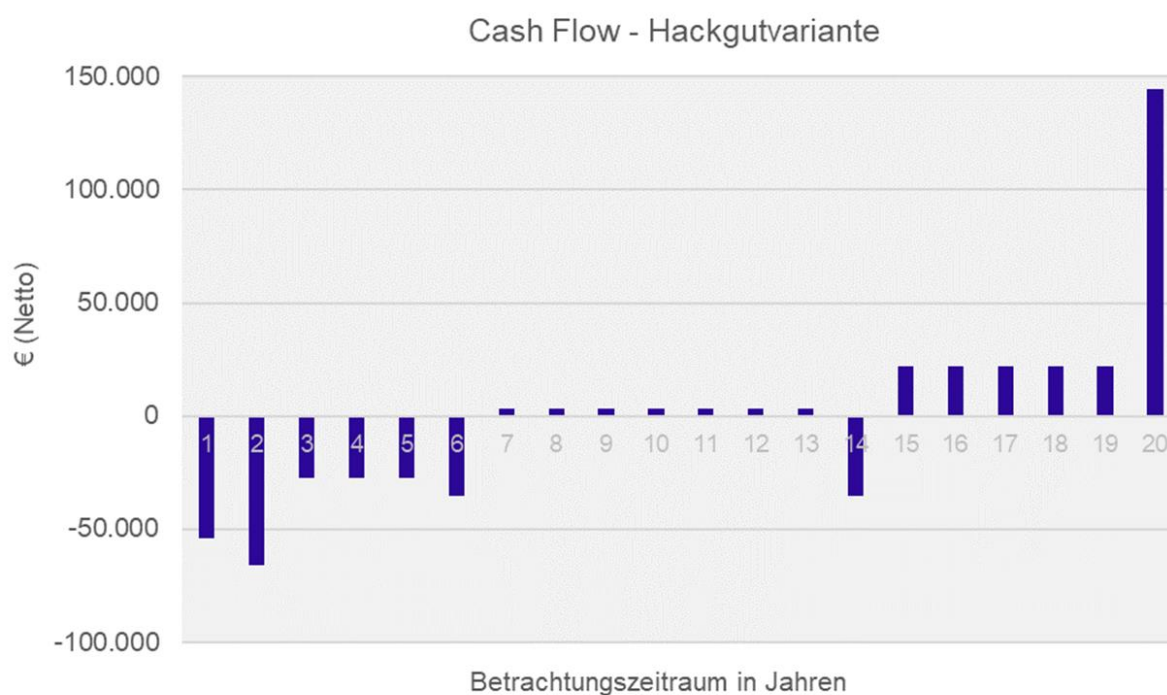
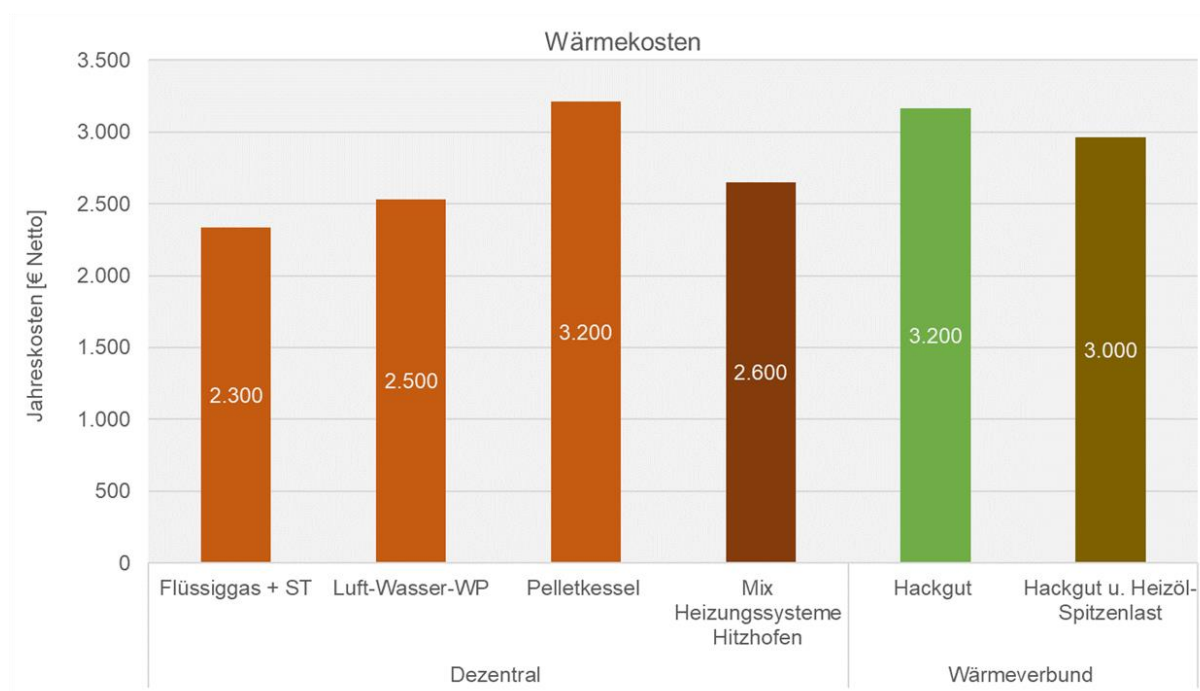


Abbildung 15: Ein- und Auszahlungen im Betrachtungszeitraum (Hackgutvariante zentral)

Die Wärmeverluste in der Trasse entstehen bereits ab der Versorgung des ersten Wärmeabnehmers. Aus diesem Grund müssen auch die Kosten dafür in den ersten Jahren von wenigen Schultern getragen werden. Anhand der Gesamtkosten, die für die Versorgung über 20 Jahre anfallen (Investition, Betrieb, Verbrauch etc.) werden die mittleren jährlichen Kosten für einen Referenzhaushalt ermittelt und im nächsten Gliederungspunkt den Kosten der dezentralen Wärmeversorgung gegenübergestellt.

### 4.3.3 Jahreswärmekosten in Bezug auf den Referenzhaushalt

Abbildung 16 zeigt die jährlichen Kosten für den Wärmebezug eines Referenzhaushaltes (Vollkostenrechnung). Die Kosten liegen dezentral zwischen 2.300 € und 3.200 €. Für den Mix auf Basis der Erfahrungswerte ergeben sich mittlere Kosten von 2.600 €/a. Die Kosten der zentralen Wärmeversorgung liegen bei 3.200 € in der reinen Biomasse-Variante und bei 3.000 € in der Variante mit Biomasse Grundlast und Heizöl Spitzenlast.



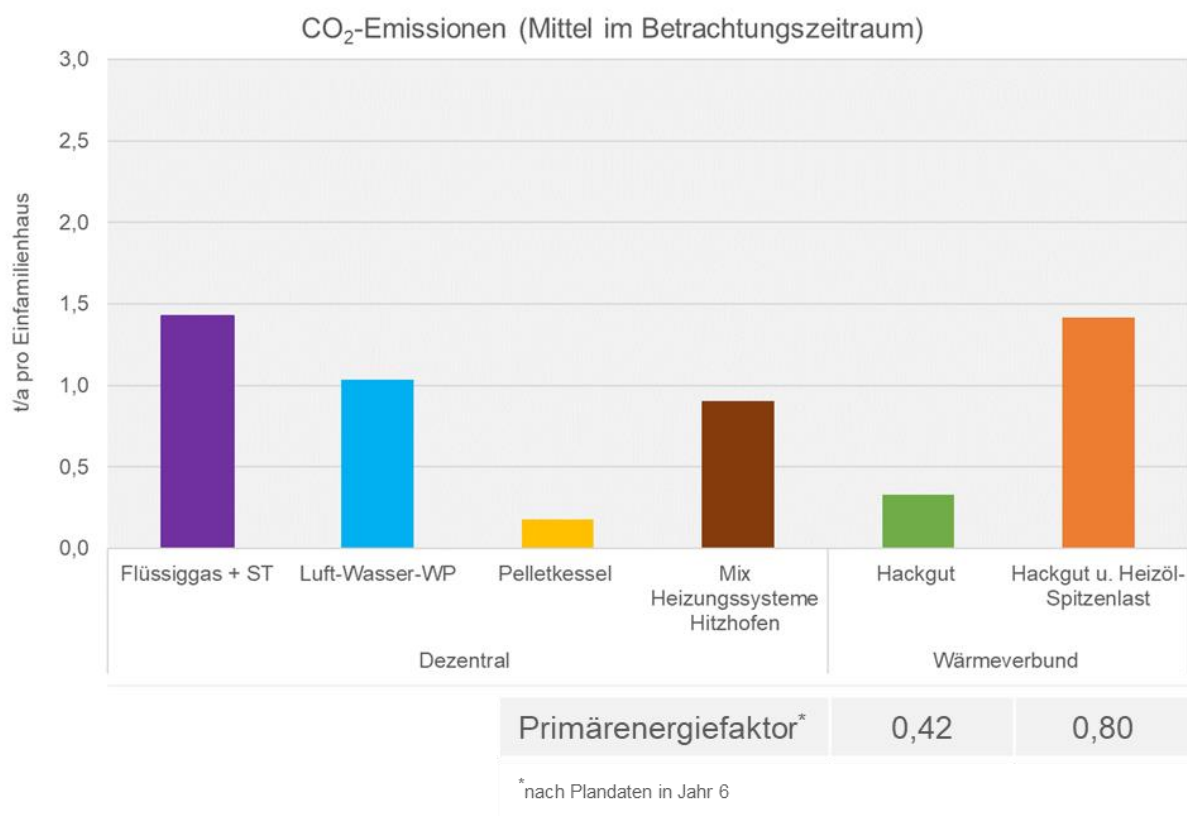
**Abbildung 16: Jahreswärmekosten eines Referenzhaushaltes im Neubaugebiet Fuchsbug**

Aus dem Diagramm wird deutlich, dass sich im Mix dezentral geringere jährliche Kosten für den Referenzhaushalt ergeben als bei der Wärmeversorgung im Verbund. Werden nur die beiden Biomassevarianten (dezentral Pellets, zentral Hackgut) verglichen, so ergeben sich dieselben Jahreswärmekosten für den Referenzhaushalt mit etwa 3.200 €. In der Realität ist allerdings nicht davon auszugehen, dass sich jeder Haushalt einen Pelletkessel zur Wärmeversorgung baut. Dies zeigt auch die Erfahrung (siehe Abbildung 4).

#### 4.3.4 CO<sub>2</sub>-Emissionen und Primärenergiefaktor

Abbildung 17 zeigt die mittleren jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen je Variante und Referenzhaushalt. Die beiden Biomassevarianten (dezentral und zentral) bedingen die geringsten Emissionen. Die Hackgutvariante im Verbund liegt unter dem Emissionswert des dezentralen Mixes, die Verbundvariante mit Heizöl-Spitzenlast liegt allerdings darüber.

Der Primärenergiefaktor der Hackgutvariante erreicht mit 0,42 einen niedrigen, für den Bauherren sehr günstigen Wert in Bezug auf eine KfW-Förderung. Der Primärenergiefaktor der Hackgut-/Heizölvariante liegt dagegen bei 0,8 und ist sehr hoch und somit ungünstig für den Bauherren.



**Abbildung 17: CO<sub>2</sub>-Emissionen (Mittel im Betrachtungszeitraum) und Primärenergiefaktoren der Wärmeverbundvarianten**

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Betrachtungszeitraum, die mit zunehmender Anschlussquote/Wärmeabnahme mit den Jahren immer geringer werden in den Verbundvarianten.

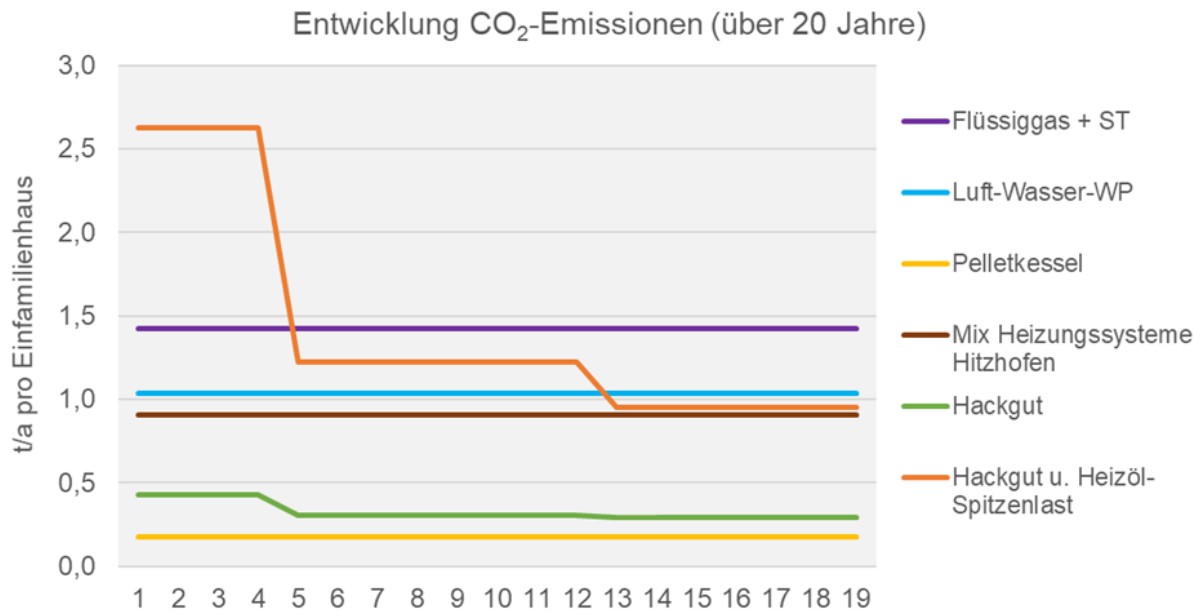


Abbildung 18: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Betrachtungszeitraum

Die Darstellungen verdeutlichen, dass die Hackgutvariante im Verbund durchaus vorteilhaft ist gegenüber den beiden zentralen Varianten Luft-Wasser-Wärmepumpe und Flüssiggaskessel mit Solarthermie.

## 5 Fördermöglichkeiten

Grundsätzlich sind Fördermöglichkeiten für Wärmenetze gegeben. Diese werden u. a. von BAFA oder KfW gewährt und sind nachfolgend kurz beschrieben. Die BAFA Förderung nach KWKG richtet sich ans Netz, die zu einem gewissen Anteil durch Wärme aus KWK-Anlagen gespeist werden. Deshalb kommt diese Fördermöglichkeit hier nicht in Frage.

### **KfW-Programm Erneuerbare Energie „Premium“**

Im KfW-Programm Erneuerbare Energien „Premium“ wird ein Wärmenetz gefördert, wenn:

- mind. 60 % der Wärme aus Erneuerbaren Energien stammt, sofern überwiegend Neubauten mit Wärme versorgt werden und
- ein Mindestwärmeabsatz von 500 kWh/(Tm\*a) gegeben ist.

Zusätzlich sind in diesem Programm auch die Kosten zur Errichtung der Hausübergabestationen förderfähig. Die Höhe der Förderung beträgt:

- 60 €/Tm\*a für das Wärmenetz; der Förderhöchstbetrag liegt hier bei 1 Mio. €
- 1.800 € je Hausübergabestation (bei Bestandsgebäuden, sofern kein kommunaler Anschlusszwang besteht)

Diese Fördermöglichkeit kann aufgrund der geringen Wärmebelegungsichte von 270 kWh/TM\*a nicht in Anspruch genommen werden.

### **BioKlima**

Eine Förderung des Biomasse-Wärmeerzeugers durch „BioKlima“ durch das Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für nachwachsende Rohstoffe ist für dieses Projekt nicht möglich, da hier die Anforderung an die Wärmebelegungsichte bei 1.500 kWh/m\*a liegt und diese im vorliegenden Fall nicht erfüllt werden kann.

## 6 Zusammenfassung und Fazit

Abbildung 19 zeigt das Neubaugebiet Fuchsbug der Gemeinde Hitzhofen. Die Gemeinde hat sich dazu entschlossen, im Vorfeld der Erschließung, sinnhafte und zukunftsweisende Möglichkeiten der Energieversorgung für das Neubaugebiet untersuchen zu lassen. In diesem Rahmen wird die Option eines konventionellen Wärmenetzes zur zentralen Wärmeversorgung des geplanten Neubaugebietes wirtschaftlich und ökologisch gegenübergestellt. Vergleichsgrundlage für diese Variante der zentralen Energieversorgung ist die dezentrale Wärmeversorgung der Haushalte mit jeweils eigener Anlagentechnik.

Im Vorfeld wurde dazu auch das Anschlussinteresse von zwölf direkten Anliegern abgefragt, allerdings mit negativem Ergebnis, sodass die Einbindung von Bestandsgebäuden im Konzept nicht weiterverfolgt wurde. Die Gemeinde hat außerdem einige Erfahrungswerte aus bestehenden Neubaugebieten zusammengetragen, die zur Dimensionierung von Referenzhaushalten und deren dezentraler Versorgung mit Wärme beitragen (vgl. Abbildung 4).



Abbildung 19: Neubaugebiet Fuchsbug der Gemeinde Hitzhofen

Im Neubaugebiet sind 31 Parzellen zur Bebauung mit Einfamilienhäusern verfügbar. 22 der Parzellen werden nach der Erschließung durch die Gemeinde veräußert. Diese werden voraussichtlich mit einer Bauverpflichtung innerhalb von sechs Jahren belegt und stehen somit als Flächen zur Verfügung, die in absehbarer Zeit an eine zentrale Energieversorgung angeschlossen werden können. Für weitere sieben Parzellen im Baugebiet ist eine Bauverpflichtung nach 14 Jahren angedacht, für zwei weitere nach 29 Jahren. Diese neun Parzellen mit

einer längeren Bebauungszeit werden deshalb im ersten Schritt nicht in die Berechnung der zentralen Energieversorgung einbezogen, sondern erst in einer weiteren Ausbaustufe des Wärmenetzes aufgenommen.

Der Energiebedarf wird für einen Referenzhaushalt im Neubaugebiet als Vergleichsgrundlage festgelegt. Ein Referenzhaushalt entspricht einem Einfamilienhaus mit folgenden Annahmen:

- 150 m<sup>2</sup> beheizte Wohnfläche auf 2 Vollgeschossen
- 4- Personen-Haushalt
- Gebäudestandard KfW 55

### Energiebedarf und Wärmetrasse

Der Wärmebedarf wird für den Gebäudeenergiestandard KfW 55 auf 35 kWh/m<sup>2</sup>\*a festgelegt. Für den Warmwasserbedarf werden 12,5 kWh/m<sup>2</sup>\*a angesetzt. Dadurch ergibt sich ein Jahresnutzwärmebedarf pro EFH von 7.125 kWh<sub>th</sub>/a. Hinzu kommen außerdem Leitungsverluste, die erzeugt werden müssen, aber nicht in den Gebäuden genutzt werden können. Die Größenordnung der Verluste liegt je nach Ausbaustufe des Netzes (siehe Tabelle 8) zwischen 101.000 und 118.000 kWh<sub>th</sub>/a.

**Tabelle 8: Entwicklung Wärmebedarf und Netzverluste mit steigender Anschlussquote und Netzausbau**

	Anschlussnehmer		Wärmebedarf	Netzverluste
	%	absolut	kWh/a	kWh/a
bis 1,5 Jahre	0%	0	0	0
nach 1,5 Jahren	35%	11	78.375	101.000
nach 6 Jahren	71%	22	156.750	101.000
nach 14 Jahren	94%	29	206.625	118.000
nach 29 Jahren	100%	31	außerhalb Betrachtungszeitraum	

Für die Abschätzung des Strombedarfs im Neubaugebiet wurde die Festlegung getroffen, dass im Mittel ein 4-Personen-Haushalt in einem EFH lebt. Dadurch ergibt sich ein jährlicher Strombedarf von 124.000 kWh<sub>el</sub> bei 31 Parzellen.

Abbildung 20 zeigt in blau den Verlauf der Haupttrassen bis zum 14. Jahr sowie in grau den Zubau im 14. Jahr. Von der Haupttrasse zweigen jeweils Stickleitungen zu den einzelnen Gebäuden ab. Diese sind allerdings nicht in der Abbildung dargestellt. Die Verluste, die sich durch die Leitungsdimensionen und -führung ergeben, wurden bereits oben beim Wärmebedarf beziffert.



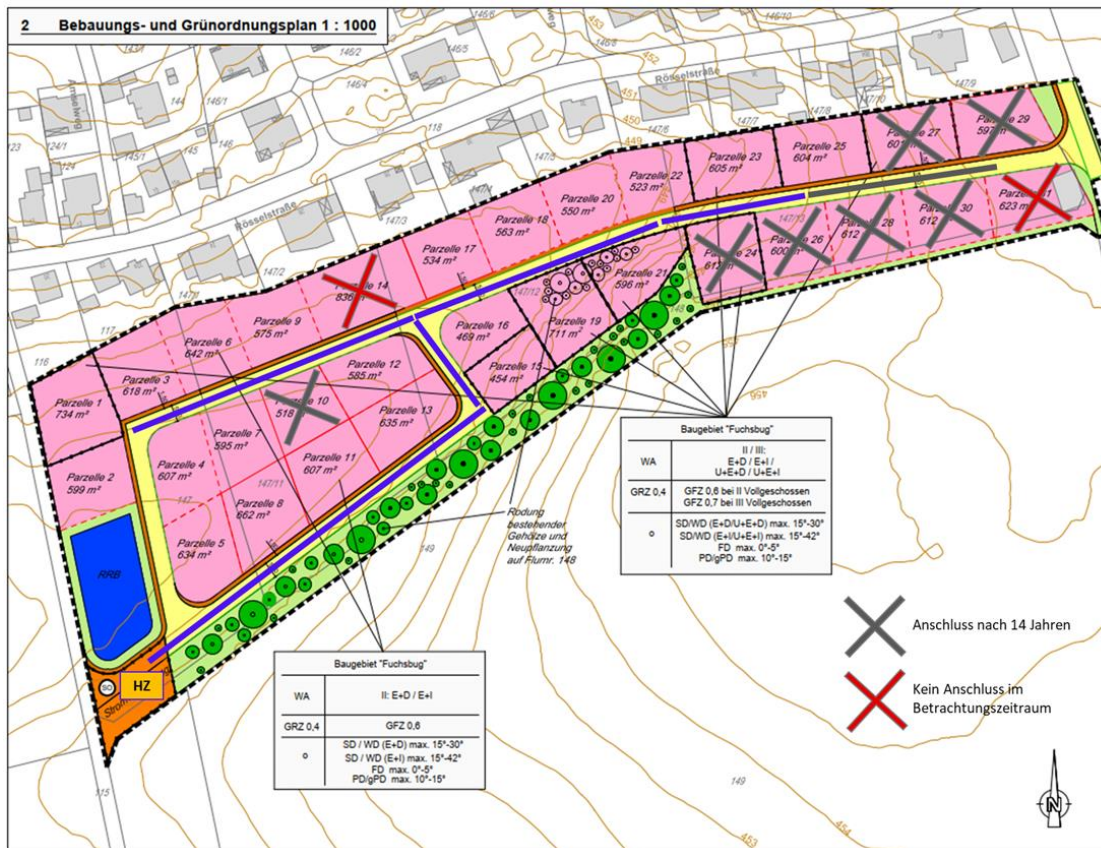


Abbildung 20: Möglicher Verlauf der Haupttrasse für die Wärmeverteilung im Neubaugebiet Fuchsbug

### Daten zum Trassenverlauf ab dem 14. Jahr

- Länge Haupttrasse: ~ 490 m
- Länge Stichleitungen: je 10 m
- Länge Gesamtrasse: ~ 780 m

→ Wärmebelegungsichte: ~ 270 kWh/TM\*a

### Varianten der Wärmeversorgung

Nachfolgend wird die Möglichkeit betrachtet, das Gebiet im Verbund mit Wärme zu versorgen. Warum eine zentrale Stromversorgung an dieser Stelle nicht weiter betrachtet wird, ist in Kapitel 2.5 nachzulesen.

Für die zentrale Wärmeversorgung wurden unter Berücksichtigung diverser Standortfaktoren folgende Varianten für die detaillierte Betrachtung erarbeitet.

**Tabelle 9: Thermische Erzeuger in den Varianten der zentralen Wärmeversorgung**

	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>
	<b>Biomasse</b>	<b>Biomasse + Heizöl</b>
<b>Grund- und Mittellast</b>	100 kW <sub>th</sub> Hackgutkessel	70 kW <sub>th</sub> Hackgutkessel
<b>Spitzenlast</b>	100 kW <sub>th</sub> Hackgutkessel	200 kW <sub>th</sub> Heizölkessel

Für die dezentrale Wärmeversorgung, die anhand des definierten Referenzhaushaltes als Vergleichsgrundlage gegenüber der zentralen Wärmeversorgung dient, wurden folgende Varianten vor dem Hintergrund rechtlicher Rahmenbedingungen sowie Erfahrungswerten der Gemeinde Hitzhofen erarbeitet.

- 10 kW Flüssiggaskessel + 5,4 m<sup>2</sup> ST
- 10 kW Luft-Wasser-Wärmepumpe
- 10 kW Pelletkessel

### **Wirtschaftliche und ökologische Gegenüberstellung**

Basierend auf den jeweils entwickelten Energieversorgungsvarianten wurde eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Ermittlung der ökonomisch günstigsten Variante durchgeführt. Dabei wurden im Rahmen einer Vollkostenrechnung nach der Annuitätenmethode in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 die Jahresgesamtkosten ermittelt und anschließend auf den vordefinierten Referenzhaushalt umgemünzt, sodass die Ergebnisse der dezentralen und zentralen Versorgung vergleichbar sind. Die Jahresgesamtkosten ergeben sich aus der Summe der Kapitalkosten, Instandhaltungs- und Wartungskosten, Verbrauchskosten und sonstigen Kosten.

Für den wirtschaftlichen Vergleich wurden Rahmenbedingungen, wie Zinssatz, Betrachtungszeitraum, Anteil Fremdfinanzierung, Marge usw. definiert und in allen Varianten wurde einheitlich auf dieser Basis kalkuliert. Für die ökologische Beurteilung werden CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie der Primärenergiebedarf berechnet. Für die Beurteilung wird die Verbrauchsmenge sämtlicher Energieträger jeder Variante herangezogen, inkl. des Stromverbrauchs für Hilfsenergie. Die Ergebnisse der Gegenüberstellung sind nachfolgend dargestellt.

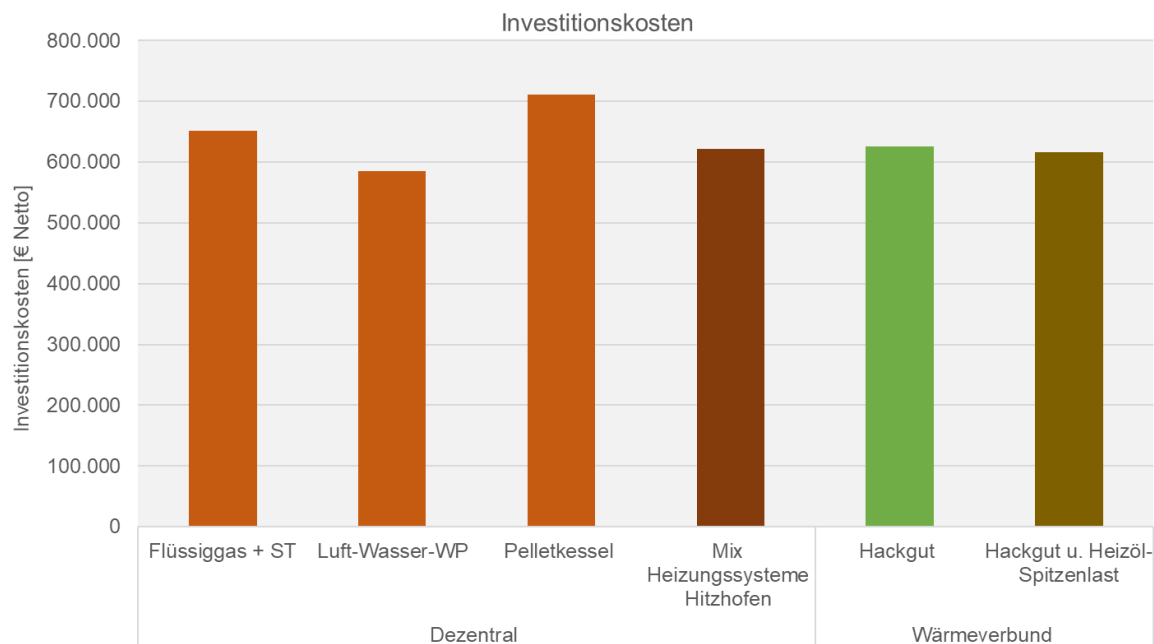


Abbildung 21: Investitionskosten der Wärmeversorgung (dezentral und zentral)

Stellt sich ein Mix an Heizsystemen, wie es die Erfahrungen zeigen ein, so liegen die Investitionskosten auf einem Niveau mit den zentralen Verbundvarianten, bei etwas über 600.000 €.

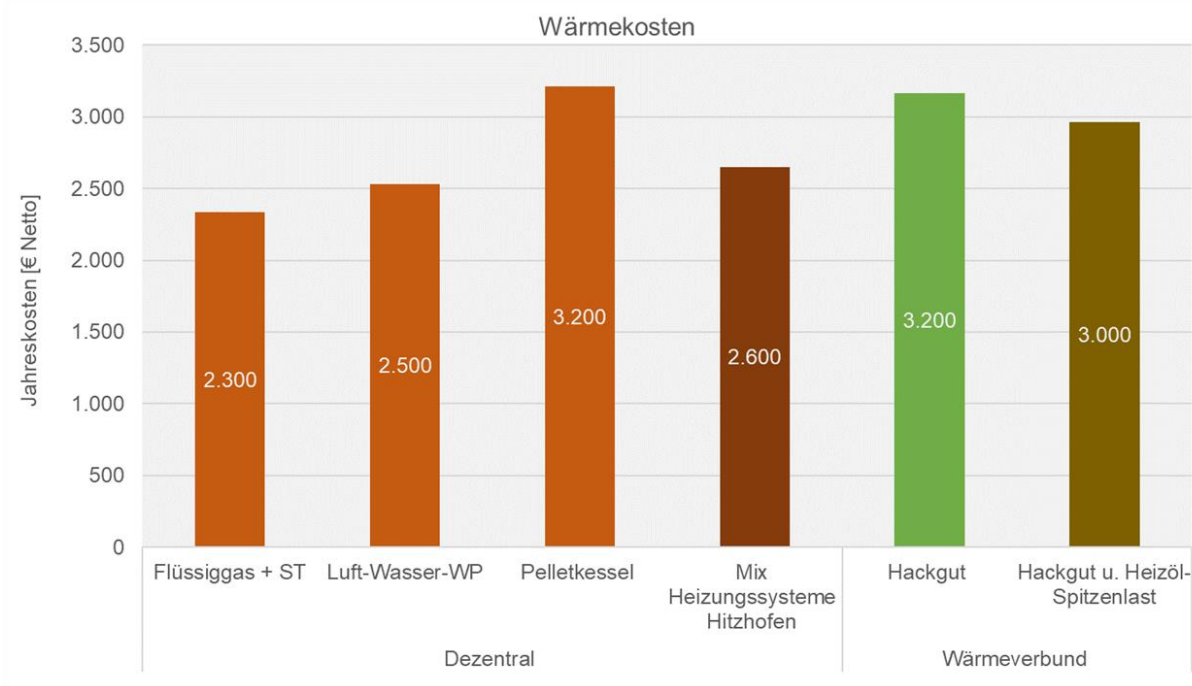
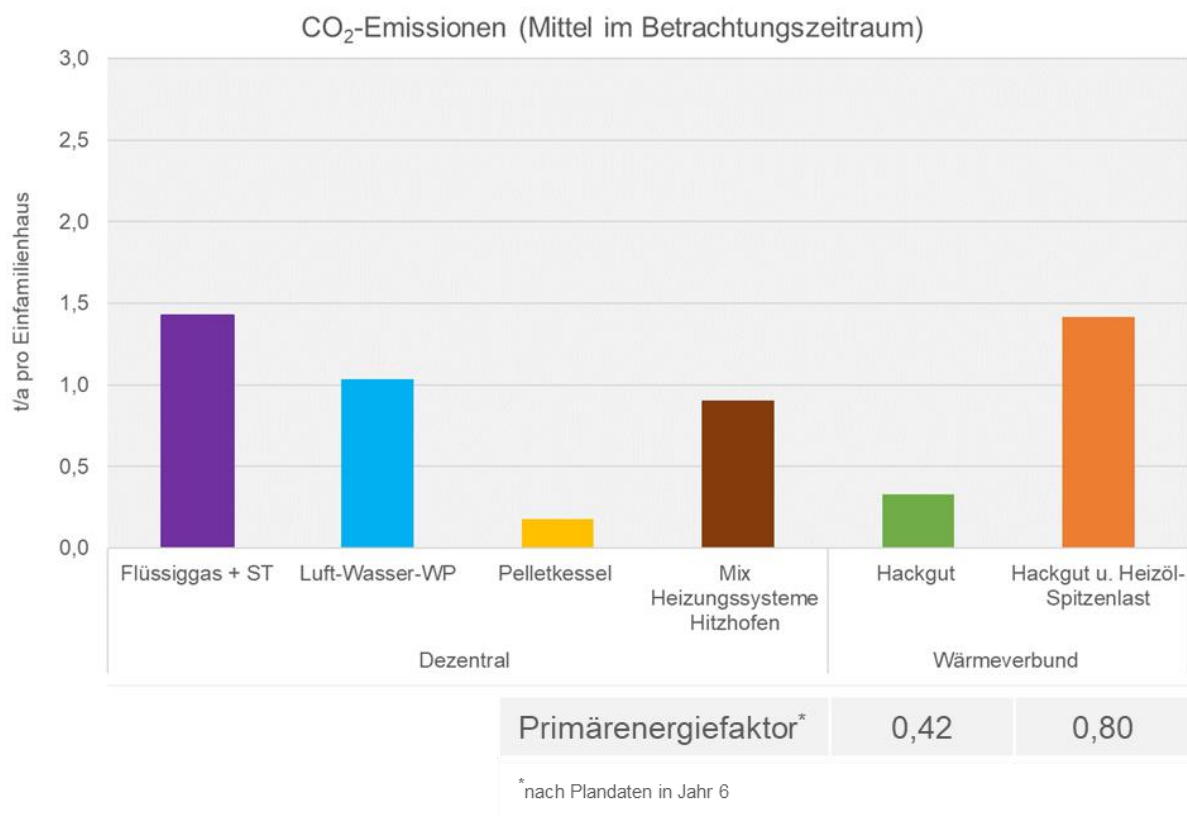


Abbildung 22: Jahreswärmekosten eines Referenzhaushaltes im Neubaugebiet Fuchsbug

Aus dem Diagramm wird deutlich, dass sich im Mix dezentral geringere jährliche Kosten für den Referenzhaushalt ergeben als bei der Wärmeversorgung im Verbund. Werden nur die beiden Biomassevarianten (dezentral Pellets, zentral Hackgut) verglichen, so ergeben sich dieselben Jahreswärmekosten für den Referenzhaushalt mit etwa 3.200 €.



**Abbildung 23: CO<sub>2</sub>-Emissionen (Mittel im Betrachtungszeitraum) und Primärenergiefaktoren der Wärmeverbundvarianten**

Die beiden Biomassevarianten (dezentral und zentral) bedingen die geringsten Emissionen. Die Darstellung verdeutlicht außerdem, dass die Hackgutvariante im Verbund durchaus vorteilhaft ist gegenüber den beiden zentralen Varianten Luft-Wasser-Wärmepumpe und Flüssiggaskessel mit Solarthermie.

Der Primärenergiefaktor der Hackgutvariante erreicht mit 0,42 einen niedrigen, sehr günstigen Wert, die Hackgut-/Heizölvariante liegt dagegen bei 0,8 und ist damit sehr hoch.

## Fazit

Anhand der gelieferten Erfahrungswerte der Gemeinde Hitzhofen aus bereits bestehenden Baugebieten konnte für die Kalkulation der Varianten ein Rahmen abgesteckt werden, der die Realität mit großer Wahrscheinlichkeit sehr gut abbildet. Ein weiterer wichtiger Schritt zu Beginn war die Abfrage des Anschlussinteresses der unmittelbaren Anlieger, das allerdings wenig positive Rückmeldung zur Folge hatte.

In einem weiteren Schritt hat sich ergeben, dass die zentrale Stromversorgung in Form der Kundenanlage unter den aktuellen Voraussetzungen für das Neubaugebiet nicht wirtschaftlich umsetzbar ist. Aus diesem Grund wurde diese Betrachtung nicht weiterverfolgt, sondern lediglich die zentrale Wärmeversorgung näher betrachtet.

Für die Versorgung mit Wärme im Verbund zeigen die Ergebnisse, dass der relativ lange Bebauungszeitraum bzw. die zeitliche Entwicklung der Anschlussquote/Wärmeabnahme nicht optimal sind. Außerdem kommt hinzu, dass es für die im Konzept erarbeiteten Varianten für die Wärmeversorgung nur sehr begrenzt Möglichkeiten zur Förderung gibt.

Die Jahreswärmekosten für den Referenzhaushalt liegen im Mittel unter den jährlichen Kosten für eine zentrale Wärmeversorgung mit Biomasse bzw. auch Biomasse und Heizöl-Spitzenlast. Die ökologisch vorteilhaftesten Varianten - dezentral (Pellet) und zentral (Hackgut) - sind wirtschaftlich auf selbem Niveau, aber insgesamt die teuersten Varianten. Der erwartete Mix an Heizsystemen im Neubaugebiet (aufgrund der Erfahrungswerte) liegt kostenseitig unter den beiden Wärmeverbundvarianten. Des Weiteren ist der Primärenergiefaktor in der kostengünstigeren der beiden Verbundvarianten sehr unvorteilhaft für den Bauherren, wonach die Umsetzung dessen nicht zu empfehlen ist.