

**Umsetzungsbegleitung für den
Aufbau einer Nahwärmeversorgung
in der Gemeinde Bubenreuth**

Umsetzungsbegleitung für den Aufbau einer Nahwärmeversorgung in der Gemeinde Bubenreuth

Auftraggeber:

Gemeinde Bubenreuth
Birkenallee 51
91088 Bubenreuth

Auftragnehmer:

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

Gefördert durch das

Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Bearbeitungszeitraum:

Januar 2021 bis Juli 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	11
2	Prüfung zum Aufbau eines Wärmeverbundnetzes in Bubenreuth Nord	12
2.1	Betrachtungsgebiet Bubenreuth Nord	12
2.2	Erfassung des energetischen Ist-Zustandes.....	14
2.2.1	Vorgehensweise kommunale Liegenschaften	14
2.2.2	Vorgehensweise gewerbliche und private Liegenschaften	14
2.2.3	Ergebnisse der Datenerhebung.....	15
2.2.4	Energieverbrauchshochrechnung Bubenreuth-Nord „Gesamt“	18
2.2.1	Energieverbrauchshochrechnung Bubenreuth-Nord „Große Lösung“	19
2.2.2	Energieverbrauchshochrechnung Bubenreuth-Nord „Erweiterung H7“	22
2.2.3	Zusammenfassung der Ergebnisse Energetischer Ist-Zustand.....	23
2.3	Dimensionierung unterschiedlicher Wärmeverbundnetze	25
2.3.1	Gebietsumgriff „Große Lösung“	27
2.3.2	Gebietsumgriff „Erweiterung H7“	31
2.3.3	Zwischenfazit Auswahl Gebietsumgriff	36
2.4	Energieversorgungsvarianten „Erweiterung H7 (BA2)“	37
2.4.1	Variante 1.0: Pelletkessel (Grund- und Mittellast) + Erdgaskessel (Spitzenlast)	38
2.4.2	Variante 1.1: Erdgas-BHKW (Grundlast) + Pelletkessel (Grund- und Mittellast) + Erdgaskessel (Spitzenlast).....	39
2.4.3	Variante 1.2: Solarthermie (Grundlast) + Pelletkessel (Grund- und Mittellast) + Erdgaskessel (Spitzenlast).....	41
2.4.1	Variante 1.3: Sole/Wasser-Wärmepumpe (Grundlast) + Pelletkessel (Grund- und Mittellast) + Erdgaskessel (Spitzenlast).....	43
2.5	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung „Erweiterung H7 (BA2)“	45
2.5.1	Grundannahmen	45
2.5.2	Investitionskostenprognose „Erweiterung H7 (BA2)“	52
2.5.1	Jährliche Ausgaben „Erweiterung H7 (BA2)“	54
2.5.2	Jährliche Einnahmen „Erweiterung H7 (BA2)“	55

2.5.3	Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten „Erweiterung H7 (BA2)“	56
2.5.4	Sensitivitätsanalyse „Erweiterung H7 (BA2)“	58
2.6	CO ₂ -Bilanz zur Wärmeversorgung im Betrachtungsgebiet „Erweiterung H7 (BA2)“ ..	61
2.7	Überprüfung von aktuellen Fördermöglichkeiten	64
2.7.1	Energieversorgung	65
2.7.1.1	KfW-Förderprogramm „Erneuerbare Energien Premium“ - Energiesysteme (Programm 271/281/272/282)	65
2.7.1.2	Förderprogramm „BioKlima“ des Freistaates Bayern durch das Technologie- Förderzentrum (TFZ).....	67
2.7.2	Wärme- / Energienetze	69
2.7.2.1	Förderung von Wärmenetzen nach dem KWKG (BAFA)	69
2.7.2.2	KfW-Förderprogramm - „Erneuerbare Energien Premium“ - Nahwärmenetze (Programm 271/272/281/282)	70
2.7.2.3	Modellvorhaben Wärmenetze 4.0.....	71
2.7.2.4	Dorferneuerungsrichtlinien zum Vollzug des Bayerischen Dorfentwicklungs- programms (DorfR)	72
2.7.2.5	Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG)	74
2.7.3	Übersicht der angesetzten Fördermittel.....	75
2.8	Mögliche Ansatzpunkte zur Optimierung	76
2.9	Klärung rechtlicher und energiewirtschaftlicher Fragen/Betreibermodelle.....	78
2.9.1	Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme (AVBFernwärmeV)	78
2.9.2	Fernwärmepreisgestaltung	79
2.9.3	Wechselwirkung mit GEG.....	80
2.9.4	Mögliche Betreibermodelle	80
2.10	Energieversorgung im Gebietsumgriff - Zusammenfassung	81
3	Dezentrale Versorgungsvarianten	83
3.1	Beschreibung der Modellgebäude	83
3.2	Dimensionierung dezentraler Wärmeversorgungsvarianten	84
3.3	CO ₂ -Bilanz dezentraler Versorgung.....	86

4	Endergebnis	88
4.1	Wärmeversorgung im Gebietsumgriff Bubenreuth-Nord	88
4.2	Handlungsempfehlungen / Ausblick für die Gemeinde Bubenreuth	95
5	Anhang.....	97
5.1	Auswertung des Wärmebedarfs im Gesamten Gebietsumgriff Bubenreuth-Nord	97
5.2	Datenerhebungsbogen Nahwärme.....	102
5.3	Spezifische Wärmebedarfswerte nach Baualtersklasse	104
5.4	Detaillierte Auswertung der Energiebedarfs- und Verbrauchsdaten im Modellgebiet	105
5.5	Netzplan Betrachtungsgebiet Bubenreuth-Nord „Erweiterung H7“	107
5.6	Vereinfachte Aufstellungslayouts der betrachteten Energieversorgungsvarianten ..	108
5.7	Detaillierte Darstellung dezentraler WGK anhand der Modellgebäude	112
5.8	Detaillierte Darstellung dezentraler CO ₂ -Emissionen anhand der Modellgebäude ..	114
6	Abbildungsverzeichnis.....	116
7	Tabellenverzeichnis.....	119

Abkürzungsverzeichnis

AfA	Absetzung für Abnutzung
AG	Auftraggeber
APEE	Anreizprogramm Energieeffizienz
ASUE	Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BHKW	Blockheizkraftwerk
BJ	Baujahr
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
Desatis	Statistisches Bundesamt
d.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung
DN	Nennweite
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbarer Energien Gesetz
EE-WärmeG	Erneuerbare Energien Wärmegesetz
EEX	European Energy Exchange („Strombörse“ Leipzig)
EG	Erdgeschoss
EnEV	Energieeinsparverordnung
ENP	Energienutzungsplan
etc.	et cetera
e. V.	eingetragener Verein
exkl.	Exklusive

GEMIS	Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme
ggf.	gegebenenfalls
GIS	Geoinformationssystem
ggü.	gegenüber
HEL	leichtes Heizöl
HLS	Heizung, Lüftung, Sanitär
inkl.	inklusive
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWK-G	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz
LED	Light emitting diode; Leuchtdiode
LOD	Level of Detail (Detailstufe der GIS-Datensätze)
LS	Liegenschaft
lt.	laut
MAP	Marktanreizprogramm
mind.	Mindestens
MSR	Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik
MwSt.	Mehrwertsteuer
OG	Obergeschoss
OGD	Oberste Geschossdecke
o.ä.	oder ähnliche(s)
PV	Photovoltaik
sog.	sogenannte(n)
spez.	spezifisch(e)
TfZ	Technologie- und Förderzentrum
THG	Treibhausgas(e)

u.a.	unter anderem
u.U.	unter Umständen
v.a.	vor allem
vbh	Vollbenutzungsstunden
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.	vergleiche
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
WGK	Wärmegestehungskosten
WKZ	Wärme Kennzahl (spezifisch)
WLG	Wärmeleitgruppe
WW	Warmwasser
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

Formelzeichen, Indizes und Einheiten

Einheiten

MWh	Megawattstunde
kWh	Kilowattstunde
MW	Megawatt
kW	Kilowatt
W	Watt
€	Euro
Ct	Euro-Cent
l	Liter
a	Jahr
h	Stunde
m	Meter
cm	Zentimeter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
t	Tonne
kg	Kilogramm
%	Prozent
°C	Grad Celsius
K	Kelvin

Indizes

el	elektrisch
th	thermisch
Hi	Heizwert
Hs	Brennwert
peak	Spitzenleistung

1 Einleitung

Im Rahmen des Teil-Energienutzungsplanes für den Gebietsumgriff Bauhof (Jahr 2019) wurde in Kooperation mit dem Landkreis Erlangen-Höchstadt bereits eine fundierte Analyse zum Aufbau einer Wärmeverbundlösung im Gebietsumgriff des zu sanierenden Bauhofs ausgearbeitet. Neben den aufgezeigten Energieeinsparpotentialen für den Bauhof hat sich herausgestellt, dass die Umsetzung der Wärmeverbundlösung in einem erweiterten Gebietsumgriff (Bubenreuth-Nord) geprüft werden sollte.

Im Zuge der Umsetzungsbegleitung wird dieses Projekt nun konkret weiterentwickelt. Nachfolgend sind die einzelnen Phasen der Umsetzungsbegleitung dargestellt.

- Einbindung der am Projekt zu beteiligenden Akteuren und der betroffenen Anschlussnehmer
- Konkretisierung der technischen Machbarkeit sowie der technischen Dimensionierung
- Vertiefte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Berechnung der spezifischen Wärmegegestehungskosten und Ausarbeitung von Sensitivitätsanalysen
- Klärung weiterer rechtlicher und energiewirtschaftlicher Fragestellungen
- Projektübergabe an den Auftraggeber und ggf. an den Fachplaner

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Umsetzungsbegleitung für den Aufbau einer großen Nahwärmeversorgung im Betrachtungsgebiet Bubenreuth Nord zusammen. Die Umsetzungsbegleitung wird durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie gefördert.

2 Prüfung zum Aufbau eines Wärmeverbundnetzes in Bubenreuth Nord

2.1 Betrachtungsgebiet Bubenreuth Nord

Als Betrachtungsgebiet wird in einem ersten Schritt der gesamte Gemeindebereich Bubenreuth-Nord festgelegt (vgl. Abbildung 1).

Konkret umfasst dies die folgenden Straßenzüge:

- Am Bauhof
- Amselweg
- Baumzeil
- Bergstraße
- Binsenstraße
- Birkenallee
- Buboweg
- Buchenweg
- Bussardstraße
- Dompfaffstraße
- Emmi-Pikler-Weg
- Falkenstraße
- Fasanenweg
- Fliederweg
- Föhrenweg
- Frankenstraße
- Ginsterweg
- Hans-Paulus-Straße
- Hauptstraße
- Jahnstraße
- Kiefernweg
- Krenacker
- Lerchenweg
- Meisenweg
- Neue Straße
- Scherleshofer Straße
- Waldstraße
- Walter-Flex-Straße
- Wegäcker
- Wiesenweg

Die gewerblichen Liegenschaften (Vollsortimenter mit geringem Wärmebedarf) westlich der Bahnlinie wurden in Abstimmung mit allen beteiligten Akteuren nicht in die weiteren Betrachtungen aufgenommen.



Abbildung 1: Gebietsumgriff Bubenreuth Nord [Datenquelle: Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de]

2.2 Erfassung des energetischen Ist-Zustandes

2.2.1 Vorgehensweise kommunale Liegenschaften

Zur Ermittlung der Energieverbrauchsdaten im Betrachtungsgebiet werden sowohl die öffentlichen als auch die gewerblichen und privaten Liegenschaften abgefragt. Die Verbrauchsdaten der öffentlichen Einrichtungen hat die Gemeinde Bubenreuth mit Unterstützung des Arbeitskreises Energiewende gebäudescharf bereitgestellt.

2.2.2 Vorgehensweise gewerbliche und private Liegenschaften

Die notwendigen Energieverbrauchsdaten sowie allgemeine Daten zu den gewerblichen und privaten Liegenschaften im Betrachtungsgebiet werden hingegen über eine schrittweise, sachlogische Vorgehensweise herausgearbeitet:

Schritt 1: Analyse der Bestandsdaten

Die vorhandenen Informationen aus dem Energienutzungsplan der Gemeinde Bubenreuth (ISE Institut für Systemische Energieberatung GmbH, ENP 2017) sowie des vorangegangenen Teil-ENP's werden ausgewertet und analysiert.

Schritt 2: Durchführung einer Fragebogenaktion

Im Rahmen einer Fragebogenaktion durch die Gemeinde Bubenreuth (vgl. Anhang Abbildung 38 und Abbildung 39) werden neben dem Energiebedarf sowie angedachte Sanierungsmaßnahmen auch das Anschlussinteresse an ein mögliches Wärmenetz abgefragt. Diese Daten werden anschließend für die weitere Bearbeitung anonymisiert und straßenzugweise (abschnittsweise) aufbereitet und ausgewertet.

Schritt 3: Durchführung einer Energiebedarfsrechnung

Der Energiebedarf von Liegenschaften, für die zum aktuellen Zeitpunkt noch keine Rückmeldung vorliegt, wird anhand einer überschlägigen Betrachtung aufgrund der Bebauungsstruktur (Baualtersklassen nach Bebauungsplan / abgeschätztem Baualter) und dafür geeigneten mittleren, spezifischen Kennwerten in die Berechnung mit einbezogen. Diese baualtersspezifischen Kennwerte ergeben sich hierbei auch bei der Betrachtung aus den in Tabelle 22 im Anhang beigefügten Datensätzen.

2.2.3 Ergebnisse der Datenerhebung

Basierend auf der Datenerhebung zum Gebäudezustand und zum Energieverbrauch der Liegenschaften im Betrachtungsgebiet Bubenreuth-Nord konnten folgende Ergebnisse erzielt werden:

Insgesamt wurden an 827 Anlieger Fragebögen versandt. Davon haben sich 302 Anlieger zurückgemeldet. Von diesen auswertbaren Rückmeldungen sind 261 Anlieger (=32%) an einem Anschluss an ein Nahwärmenetz interessiert (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Auswertung Fragebogenaktion

Auswertung Datenerhebung Bubenreuth-Nord			
Anzahl Anlieger gesamt		827	100%
Rückmeldungen		302	37%
davon mit Anschlussinteresse	JA	261	32%
	NEIN	41	5%
keine Rückmeldung*		525	63%

* inkl. nicht verwertbarer Rückmeldungen

Abbildung 2 zeigt, dass sich die anschlussinteressierten Anlieger (grün) über das gesamte Betrachtungsgebiet verteilen ohne dass sich Schwerpunkte herausbilden. Für weiß eingetragene Liegenschaften liegen aktuell noch keine Rückmeldungen vor.



Abbildung 2: Anschlussinteresse im Betrachtungsgebiet auf Grundlage der Datenermittlung

Die aktuelle Wärmeversorgungsstruktur ist Tabelle 2 zu entnehmen und zeigt auf, dass der überwiegende Anteil der Liegenschaften (92,9%) über fossile Energieträger versorgt wird. Rund 3,5% der Datenrückläufer beziehen ihre Heizenergie über Strom/Umweltwärme. Auf Biomasse als Energieträger setzen rund 3,6%.

Tabelle 2: Anteile der Energieträger aus der Datenauswertung

Anteile Energieträger in Zentralheizsystemen*	
Erdgas	40,1%
Heizöl	52,8%
Strom/Umweltwärme	3,5%
Biomasse	3,6%

* Bezogen auf alle Datenrückläufer im Betrachtungsgebiet Bubenreuth-Nord

Abgeleitete Anschlussquote:

Zum einen kann festgestellt werden, dass der Anteil potenzieller Interessenten im Betrachtungsgebiet Bubenreuth-Nord bei über 30% der Befragten liegt. Zum anderen zeigen die Ergebnisse der Fragebogenaktion deutlich auf, dass über 90% der rückgemeldeten Liegenschaften über fossile Energieträger versorgt werden. Aufgrund dieser Tatsache kann davon ausgegangen werden, dass die Versorgungsstruktur im gesamten Bereich Bubenreuth-Nord (auch bei denjenigen Anliegern, die sich nicht rückgemeldet haben) überwiegend auf fossilen Energieträgern basiert. Bei diesem überwiegenden Anteil ist kurz- bis mittelfristig Handlungsbedarf geboten, um dem von der Bundesregierung beschlossenen Ausstieg aus fossilen Energieträgern Rechnung tragen zu können. Zudem zeigen die Ergebnisse der Fragenbogenaktion aus dem vorangegangenen Teil-ENP, dass in einige Bereichen von Bubenreuth-Nord sogar Anschlussquoten von über 60% möglich sind. Ergänzend kommt hinzu, dass in der Bevölkerung von Bubenreuth ein hohes Maß an Interesse an einer nachhaltigen und CO₂ – neutralen Ausgestaltung der Energieversorgung besteht.

Unter Einbezug dieser Rahmenbedingungen und in enger Abstimmung mit den beteiligten Akteuren, wurde für die weiteren Bearbeitungsschritte eine Anschlussquote von **60%** für das Betrachtungsgebiet festgelegt.

Während der Planungsphase gemäß HOAI ist die Anzahl möglicher Anschlussnehmer in jedem Fall weiter zu präzisieren und festzuhalten (verbindliche Interessensbekundung der Eigentümer).

Erweiterung der Datensätze und Hochrechnung auf alle Liegenschaften:

Anhand der von der Gemeinde Bubenreuth zur Verfügung gestellten Datensätze bestehend aus den entsprechenden Bebauungsplänen der Gemeinde, Lageplänen, Angaben zu den Baualterklassen des ENP 2017 sowie aus der Fragebogenaktion erfolgt die weitere Auswertung des Betrachtungsgebietes.

In einem ersten Schritt werden alle Liegenschaften im Betrachtungsgebiet erfasst. Hierbei werden weitere Parameter, wie z.B. Gebäudegrundfläche, Höhe bzw. Anzahl der Stockwerke (Gmaps-3D Darstellung des BayernAtlas) sowie eine Gruppierung in Gebäudeklassen (nach Baualter) durchgeführt.

Die Bestimmung der beheizten Nutzfläche erfolgt anschließend über fundierte Richtwerte zur Umrechnung der Flächenanteile.

In der anschließenden Betrachtung wird der Energiebedarf für das Betrachtungsgebiet auf Grundlage der baualtersspezifischen Energiebedarfswerte (nicht rückgemeldete Liegenschaften) interpoliert und mit den Angaben aus der Datenerhebung verrechnet. Die resultierenden Energiebedarfswerte beziehen sich nun auf das gesamte Gebiet.

2.2.4 Energieverbrauchshochrechnung Bubenreuth-Nord „Gesamt“

Aus der durchgeführten Datenauswertung und Berechnung kann auch abgeleitet werden, welche Straßenzüge sich für den Aufbau eines Wärmeverbundes eignen und welche spezifischen Wärmebelegungsdichten sich daraus für die einzelnen Straßenzüge ergeben. Die Ergebnisse sind in Form eines Wärmekatasters grafisch aufbereitet und in der nachfolgenden Abbildung 3 dargestellt.



Abbildung 3: Wärmekataster Gebietsumgriff Bubenreuth-Nord

In Summe ergibt sich für alle Liegenschaften (Anschlussquote 100%) im Betrachtungsgebiet ein gesamter Wärmebedarf in Höhe von rund 21.450 MWh_{th} pro Jahr.

Unter Berücksichtigung der bereits beschriebenen Anschlussquote (=60%) ergeben sich für einen Wärmeverbund folgende Energieabsatzzahlen:

Wärmebedarf pro Jahr für das Betrachtungsgebiet:

ca. 21.450 MWh_{th}/a

2.2.1 Energieverbrauchshochrechnung Bubenreuth-Nord „Große Lösung“

Ausgehend von einem Gebietsumgriff Bubenreuth-Nord „Gesamt“, gilt es in Abstimmung mit den beteiligten Akteuren einen aus ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten sinnvollen Gebietsumgriff für die weiteren Bearbeitungsschritte zu definieren. Hierzu erfolgt eine Lokalisierung von Bereichen mit hoher Wärmebelegungsdichte, wie in Abbildung 4 dargestellt.

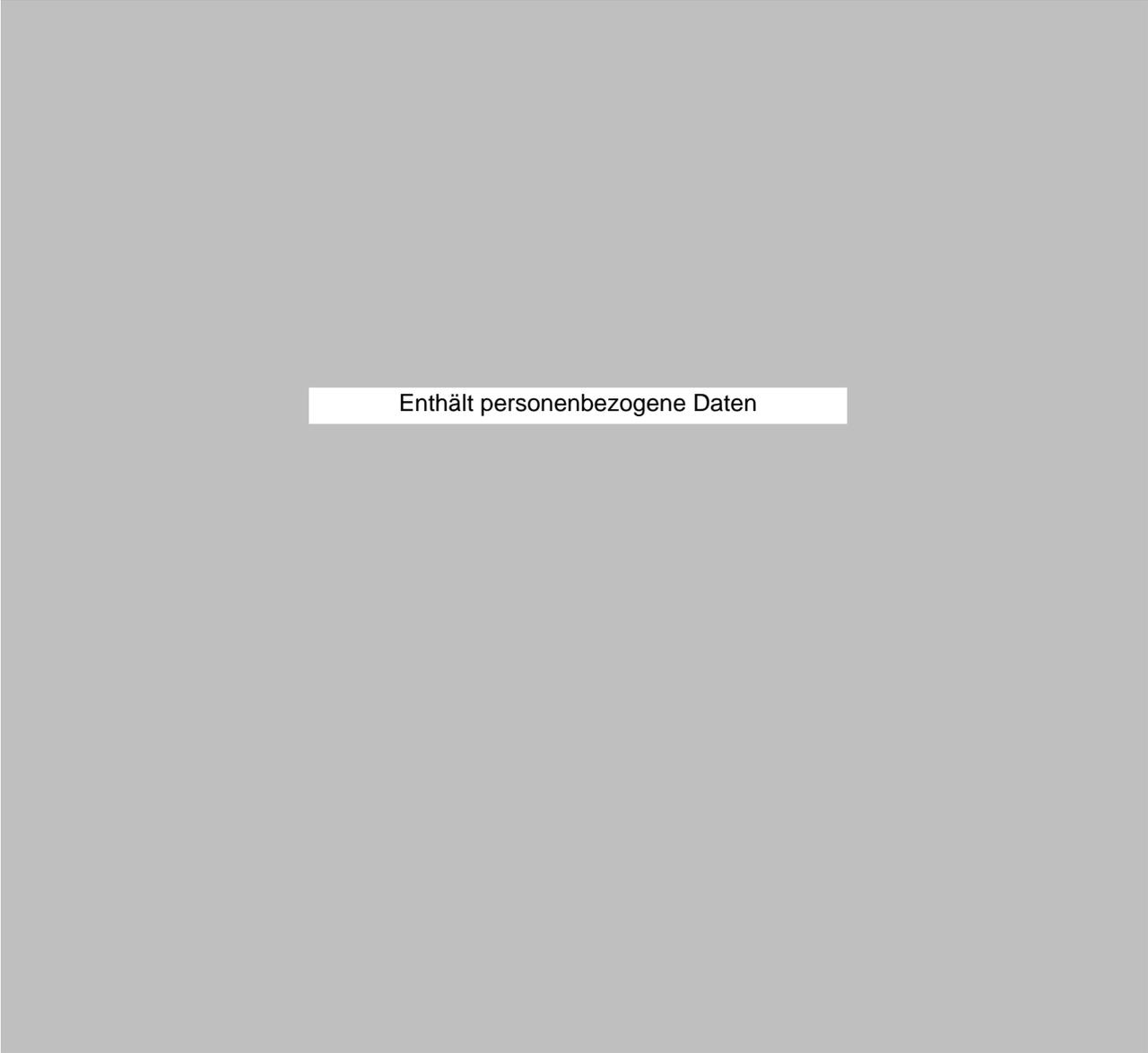


Abbildung 4: Auswahl von Bereichen hoher Wärmebelegungsdichte im Betrachtungsgebiet

Um diese Bereiche herum wird der optimierte Gebietsumgriff gebildet. Dieser ist aus Abbildung 5 ersichtlich und wird für die weiteren Bearbeitungsschritte als Bubenreuth-Nord „Große Lösung“ bezeichnet.

Diese Vorgehensweise wurde beim Arbeitstermin am 25.01.2021 mit den beteiligten Akteuren festgelegt.

Eine detaillierte Auflistung der für den Gebietsumgriff herangezogenen Straßen und Straßenabschnitte ist im Anhang 5.1 aufgeführt.



Enthält personenbezogene Daten

Abbildung 5: Optimierter Gebietsumgriff Bubenreuth-Nord „Große Lösung“

Für diesen optimierten Gebietsumgriff Bubenreuth-Nord „Große Lösung“ werden die Rückläufer der Fragebogenaktion nochmals separat ausgewertet, wobei sich ein analoges Bild zum Gebietsumgriff Bubenreuth-Nord „Gesamt“ ergibt:

Insgesamt umfasst der Gebietsumgriff „Große Lösung“ 593 Anlieger. Davon haben sich 201 Anlieger zurückgemeldet. Von diesen auswertbaren Rückmeldungen sind 175 Anlieger (=30%) an einem Anschluss an ein Nahwärmenetz interessiert (vgl. Tabelle 3). Von 66% oder 392 An-lieger liegt aktuell keine Rückmeldung vor.

Tabelle 3: Auswertung Fragebogenaktion „Große Lösung“

Auswertung Datenerhebung Bubenreuth-Nord "Große Lösung"			
Anzahl Anlieger gesamt		593	100%
Rückmeldungen		201	34%
<i>davon mit Anschlussinteresse</i>	JA	175	30%
	NEIN	26	4%
keine Rückmeldung*		392	66%

* inkl. nicht verwertbarer Rückmeldungen

Eine detaillierte Aufstellung der straßenzugweisen Auswertung unter Berücksichtigung der festgelegten Anschlussquote bei nicht rückgemeldeten Liegenschaften (60 %) ist im Anhang unter Tabelle 23 einsehbar.

In Summe ergibt sich für alle Liegenschaften (Anschlussquote 100%) im Betrachtungsgebiet ein gesamter Wärmebedarf in Höhe von rund **15.050 MWh_{th}** pro Jahr.

Unter Berücksichtigung der bereits beschriebenen Anschlussquote (=60%) ergeben sich für einen Wärmeverbund folgende Energieabsatzzahlen:

Wärmebedarf pro Jahr für das Betrachtungsgebiet:

ca. 9.030 MWh_{th}/a

2.2.2 Energieverbrauchshochrechnung Bubenreuth-Nord „Erweiterung H7“

Ausgehend von dem Ansatz, möglichst alle kommunalen Liegenschaften über das Nahwärmenetz zu versorgen, kann das Betrachtungsgebiet Bubenreuth-Nord um die Variante „Erweiterung H7“ ergänzt werden. Dieser Gebietsumfang bietet den Vorteil, neben den kommunalen Liegenschaften und der katholischen Kirche auch die wärmeintensiven Bereiche rund um Schule, Binsenstraße, Föhrenweg und Kiefernweg in einem eng gefassten Gebietsumfang versorgen zu können (vgl. Abbildung 6). Im Vergleich zum Betrachtungsgebiet „Große Lösung“ entfällt der Bereich der Vogelsiedlung.

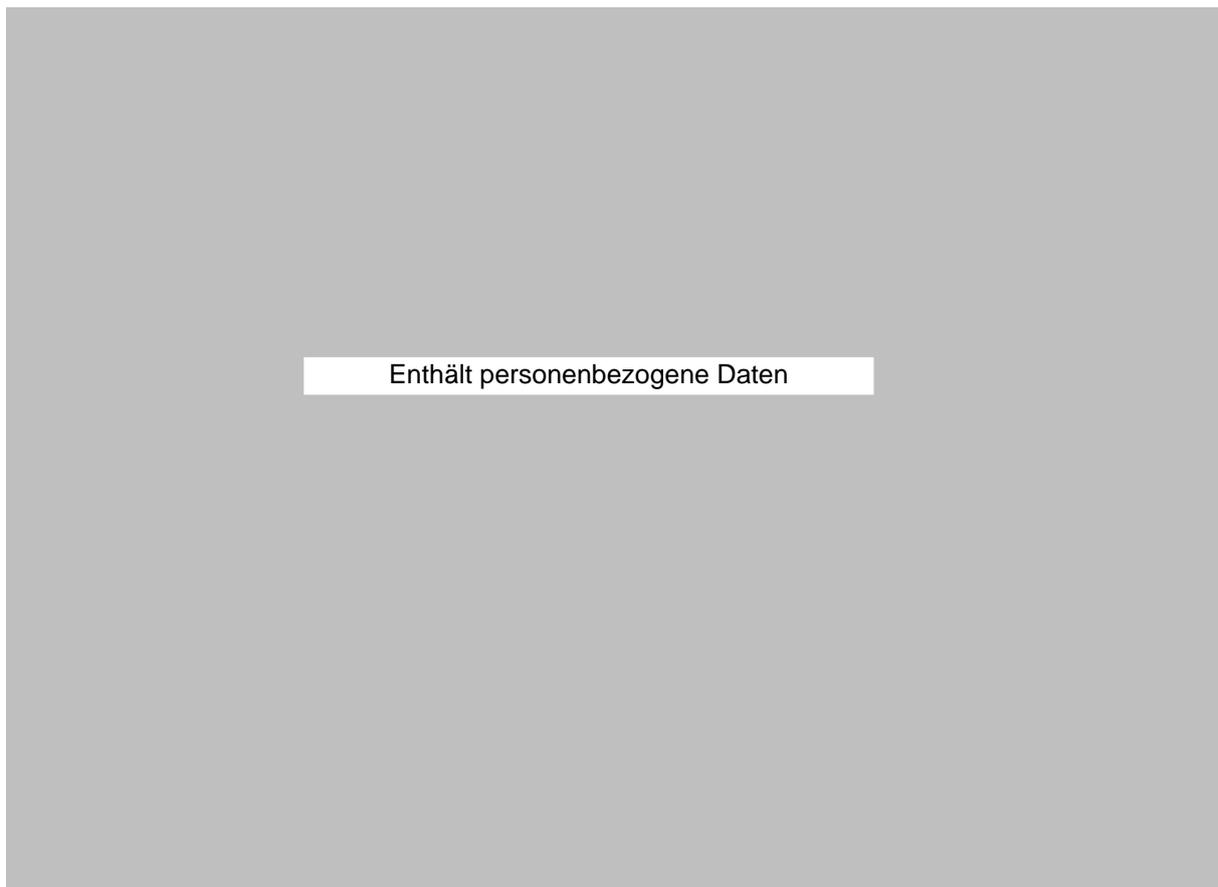


Abbildung 6: Auswahl Gebietsumfang „Erweiterung H7“ im Betrachtungsgebiet Bubenreuth-Nord

Insgesamt umfasst der Gebietsumfang „Erweiterung H7“ 217 Anlieger.

Eine detaillierte Aufstellung der straßenzugweisen Auswertung unter Berücksichtigung der festgelegten Anschlussquote bei nicht rückgemeldeten Liegenschaften (60 %) ist im Anhang unter Tabelle 24 einsehbar.

In Summe ergibt sich für alle Liegenschaften (Anschlussquote 100%) im Betrachtungsgebiet ein gesamter Wärmebedarf in Höhe von rund **6.620 MWh_{th}** pro Jahr.

Unter Berücksichtigung der bereits beschriebenen Anschlussquote (=60%) ergeben sich für einen Wärmeverbund folgende Energieabsatzzahlen:

Wärmebedarf pro Jahr für das Betrachtungsgebiet: ca. 3.972 MWh_{th}/a

2.2.3 Zusammenfassung der Ergebnisse Energetischer Ist-Zustand

In einer umfassenden Bestandsaufnahme wird zunächst detailliert der zu erwartende Energieverbrauch im Ist-Zustand bestimmt. Dieser basiert im Wesentlichen auf den Energieverbrauchsangaben der auswertbaren Datenerhebungsbögen aus der Anliegerbefragung sowie den Energieverbrauchsangaben der öffentlichen Liegenschaften.

Unter Einbezug verschiedener Rahmenbedingungen wie

- Bereiche mit niedriger Wärmebelegungsdichte entfallen
- Fokus auf Bereich mit hoher Wärmebelegungsdichte sowie
- Anschluss aller kommunalen Liegenschaften inkl. katholischer Kirche

lassen sich für das Betrachtungsgebiet Bubenreuth-Nord die folgenden Gebietsumgriffe mit zugehörigen prognostizierten Wärmebedarfen definieren:

Tabelle 4: Zusammenfassung Energetischer Ist-Zustand

Energetischer Ist-Zustand Bubenreuth-Nord		
Betrachtungsgebiet	Anschlussquote	jährlicher Wärmebedarf [kWh/a]
Bubenreuth-Nord "Gesamt"	100%	21.450.000
Bubenreuth-Nord	100%	15.050.000
"Große Lösung"	60%	9.030.000
Bubenreuth-Nord	100%	6.620.000
"Erweiterung H7"	60%	3.970.000

Unter Einbezug der Erkenntnisse und Ergebnisse des Teil-ENP können aus diesen Ergebnissen, die für eine weitere Bearbeitung relevanten Bauabschnitte definiert werden.

Bauabschnitt 1 (BA1): Gebietsumgriff Bauhof/Schule

Dieser Gebietsumgriff wurde im vorausgehenden Teil-ENP bereits detailliert betrachtet.

Bauabschnitt 2 (BA2): Erweiterung H7

Erweiterung des BA 1 um Liegenschaft H7 sowie Rathaus & Kath. Kirche

Bauabschnitt 3 (BA3): Große Lösung

Ausgehend vom Bestandnetz BA 2 könnten in einem letzten Bauabschnitt auch mögliche Abnehmer der Vogelsiedlung versorgt werden.

Eine gesamte Versorgung des Betrachtungsgebietes Bubenreuth-Nord wurde auf Grund der vorangegangenen Ausarbeitungen in Kombination mit hohen abgeschätzten Investitionskosten und in einigen Bereiche sehr geringen Wärmebelegungsdichten nicht weiterverfolgt.

Die Grundlage für die weiteren Bearbeitungsschritte stellen somit die beiden Varianten „Erweiterung H7 (BA2)“ und „Große Lösung (BA3)“ dar.

Diese beiden Varianten werden im nachfolgenden Kapitel detaillierter ausgearbeitet.

2.3 Dimensionierung unterschiedlicher Wärmeverbundnetze

Auf Basis der ermittelten Wärmebedarfsdaten erfolgt anschließend die technische Dimensionierung der Wärmetrasse. Dies geschieht anhand der für jeden Straßenzug notwendigen thermischen Leistung inkl. Wärmeverluste sowie den aus den Faktoren Temperatur und Durchflussmenge hervorgehenden, notwendigen Leitungsdurchmessern bei Nennleistung. Die benötigte Wärmeleistung wird näherungsweise für jede Liegenschaft anhand einer mittleren Volllaststundenanzahl von 1.600 vbh pro Jahr berechnet.

Die auftretenden Wärmeverluste im Netz werden unter der Annahme eines mehrfach gedämmten Leitungsaufbaus berechnet. Ebenso ausschlaggebende Faktoren zur Bestimmung der Netzverluste sind die für den ganzjährigen Betrieb des Wärmenetzes vorzusehenden Vor- und Rücklauftemperaturen. Aufgrund der Altersstruktur der Gebäude im Quartier muss gebäudeintern mindestens mit einem Temperaturniveau des Heizsystems von 80°C für den Vor- und 60°C für den Rücklauf gerechnet werden (Ausnahme: bereits installierte Niedertemperaturheizsysteme z.B. Fußbodenheizung). Dieses Temperaturniveau und darüber hinaus mindestens 65°C für die hygienische Warmwasserbereitung führen dazu, dass im Wärmeverbund mit einer maximalen Vorlauftemperatur von bis zu 80°C kalkuliert wird. Für den Rücklauf werden bei einer angestrebten Spreizung von mindestens 20 K ca. 60°C festgelegt.

Als möglicher Standort für eine Heiz- bzw. Energiezentrale kommen drei unterschiedliche Standorte in Frage. Anschließender Planauszug (Abbildung 7) zeigt die potenziellen Standorte für eine Heizzentrale auf. Jeder dieser drei Standorte wurde einer eingehenden Prüfung hinsichtlich Eignung für eine Heizzentrale unterzogen. Unter Abwägung unterschiedlicher Faktoren und in Abstimmung mit allen Beteiligten wurde der Standort 3 „Nähe Sportplatz/Frankenstraße“ als idealer Standort definiert.

In die Entscheidung fließen insbesondere die folgenden Punkte ein:

- Platzbedarf ausreichend vorhanden, dadurch
 - Energiezentrale nicht in Abmessungen begrenzt
 - Keine Einschränkungen bei der Dimensionierung der Energieversorgungsvarianten
 - Einbringungen und Kombination unterschiedlicher Energiesysteme möglich
 - Modulbauweise zur Anpassung an zukünftige Netzerweiterungen möglich
- Anbindung großflächiger Solarthermie auf Lärmschutzwall möglich
- Brennstoffanlieferung (Biomasse) vorteilhaft im Vgl. zu den beiden anderen Standorten
- Anbindung Bubenreuth-Süd bei Lückenschluss möglich



Abbildung 7: Möglicher Trassenverlauf mit den drei potenziellen Standorten für eine Heizzentrale

Weiterhin wird davon ausgegangen, dass nicht alle Gebäude an das Wärmenetz angeschlossen werden. In Anlehnung an die Ergebnisse der Datenerhebung und in Abstimmung mit dem AG kann die Anschlussdichte langfristig mit rund 60 % als optimistisch, jedoch realitätsnah angesetzt werden.

2.3.1 Gebietsumgriff „Große Lösung“

Legende:

- **Orange** = BA1 (Bauhof/Schule)
- **Rot** = BA2 (Erweiterung H7-Rathaus/kath. Kirche)
- **Grün** = BA3 (Große Lösung)

In Abbildung 8 ist der mögliche Trassenverlauf für den Gebietsumgriff „Große Lösung“ dargestellt.

Enthält personenbezogene Daten

Legende:

- **Orange** = BA1 (Bauhof/Schule)
- **Rot** = BA2 (Erweiterung H7-Rathaus/kath. Kirche)
- **Grün** = BA3 (Große Lösung)

Abbildung 8: Möglicher Trassenverlauf Gebietsumgriff „Große Lösung“

In Tabelle 5 sind die Kenndaten des Nahwärmenetzes der Nahwärmeverbundlösung dargestellt. Die zu installierende Spitzenleistung beträgt, ohne Beachtung einer Anschlussquote, rund 9.400 kW_{th}. Das Netz hat eine Länge von etwa 13.700 Meter (Wärmenetz inkl. Hausanschlüsse), die spezifische Wärmebelegung beläuft sich auf ca. 1.100 kWh_{th} pro Meter und Jahr.

Unter Berücksichtigung einer Anschlussquote in Höhe von 60% reduziert sich die Trassenlänge auf 11.300 Meter (Reduzierung der Trassenmeter aufgrund Wegfalls von Hausanschlüssen). Damit einher geht ein reduzierter Wärmebedarf in Höhe von rund 9.030 MW_{th} sowie eine ver-ringerte Wärmebelegungsdichte von ca. 800 kWh_{th} pro Meter und Jahr.

Reduziert sich die Anschlussquote auf einen Wert von 40%, so entspricht das einem Wärmebedarf in Höhe von rund 6.020 MW_{th} und einer Wärmebelegungsdichte von ca. 590 kWh_{th} pro Meter und Jahr.

Tabelle 5: Kenndaten des Nahwärmeverbundes „Große Lösung“ unter Berücksichtigung der Anschlussrate

Bubenreuth Nord - "Auswahl GIS" (Große Lösung)				
Anschlussquote	Trassenlänge	jährlicher Wärmebedarf	mittlere Wärmebelegungsdichte	mittlerer Leistungsbedarf
	[m]	[kWh/a]	[kWh/(ma)]	[kW]
100%	13.700	15.050.000	1.100	9.400
60%	11.300	9.030.000	800	5.600
40%	10.100	6.020.000	590	3.700

Der Wärmebedarf in den Liegenschaften ergibt sich, wie in Kapitel 2.2 beschrieben, aus einer Hochrechnung der Ergebnisse der Datenerhebung sowie unter Berücksichtigung von baualtersspezifischen Richtwerten für nicht rückgemeldete Anlieger. In Summe kann bei einer Anschlussquote von 60% ein Wärmebedarf im Wärmeverbund von rund 9.030 MW_{th} pro Jahr angenommen werden.

Mit Hilfe der so genannten Gradtagmethode können anschließend monatliche Bedarfswerte aus dem Jahresheizwärmebedarf abgeleitet werden. Die Grundidee der Gradtagmethode basiert auf empirisch ermittelten Monatsbedarfswerten und deren Anteil am Jahresbedarf. In Abbildung 9 ist der monatliche Wärmebedarf der Liegenschaften sowie der Gesamtwärmebedarf inkl. des prozentualen Anteils der Wärmeverluste detailliert dargestellt.

Für den Energieanteil, welcher zur WW-Bereitung notwendig ist, wird aus Erfahrungswerten heraus für alle Liegenschaften ein prozentualer Anteil von 15 % des Wärmebedarfs angesetzt. Der Wärmebedarfsanteil zur Trinkwarmwasserbereitung wird, wie auch die Leitungsverluste im Wärmenetz, vereinfacht konstant über das Jahr hinweg verteilt.

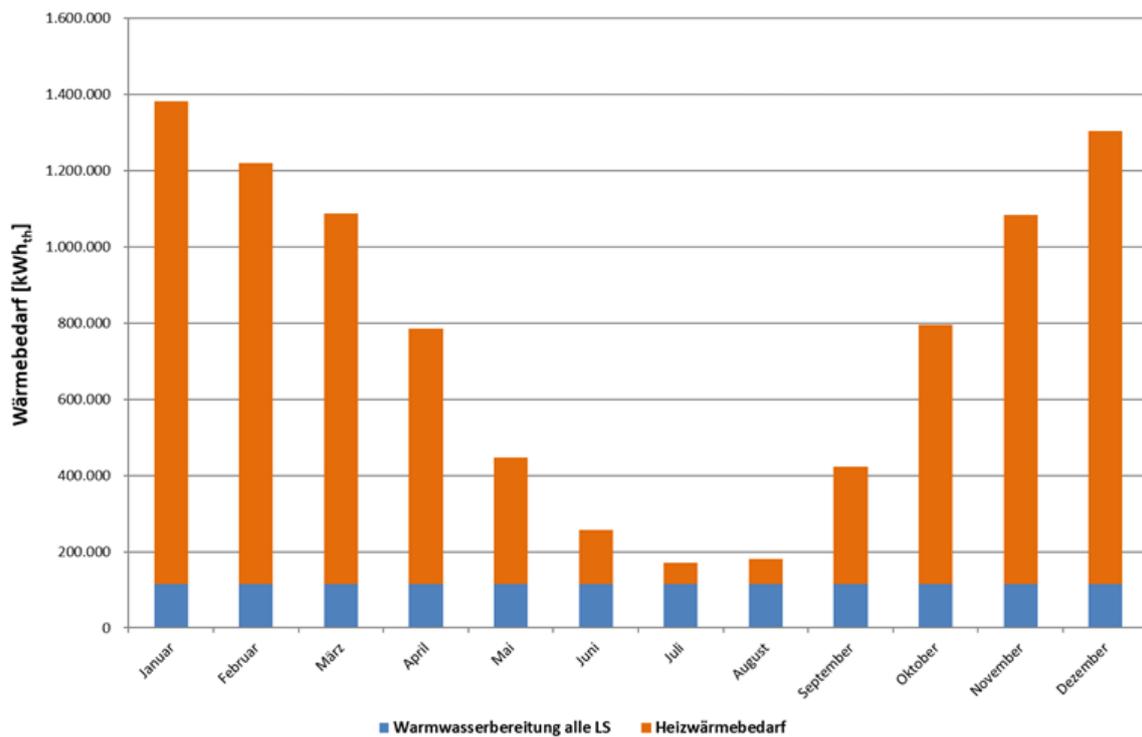


Abbildung 9: Monatlicher Gesamtwärmebedarf „Große Lösung“ mit Berücksichtigung der Anschlussrate exkl. Darstellung der Netzwärmeverluste

Anhand des monatlichen Gesamtwärmebedarfs wird die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Energiebedarfs erstellt. Die geordnete Jahresdauerlinie ist das zentrale Instrument für den Anlagenplaner. Die Fläche unter der Jahresdauerlinie entspricht dem Jahresnutzwärmebedarf. Idealerweise sollten sich die meist modular aufgebauten, d.h. in Grund-, Mittel- und Spitzenlastmodule unterteilten Heizanlagensysteme der Jahresdauerlinie weitestgehend annähern.

Werden Wärmeerzeuger in der Grafik flächendeckend eingetragen, kann auf die Laufzeiten und den Anteil an der Jahreswärmebereitstellung der einzelnen Wärmeerzeuger geschlossen werden. Die zu installierende Spitzenleistung richtet sich nach Kennwerten der Kesselvollbenutzungsstunden und dem Wärmebedarf. Dies beruht nicht auf einer Heizlastberechnung nach DIN und ersetzt nicht die technische Detailplanung.

Zudem wurde ein Gleichzeitigkeitsfaktor von 85% in den Berechnungen berücksichtigt.

In Abbildung 10 ist die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs der Nahwärmeverbundlösung dargestellt.

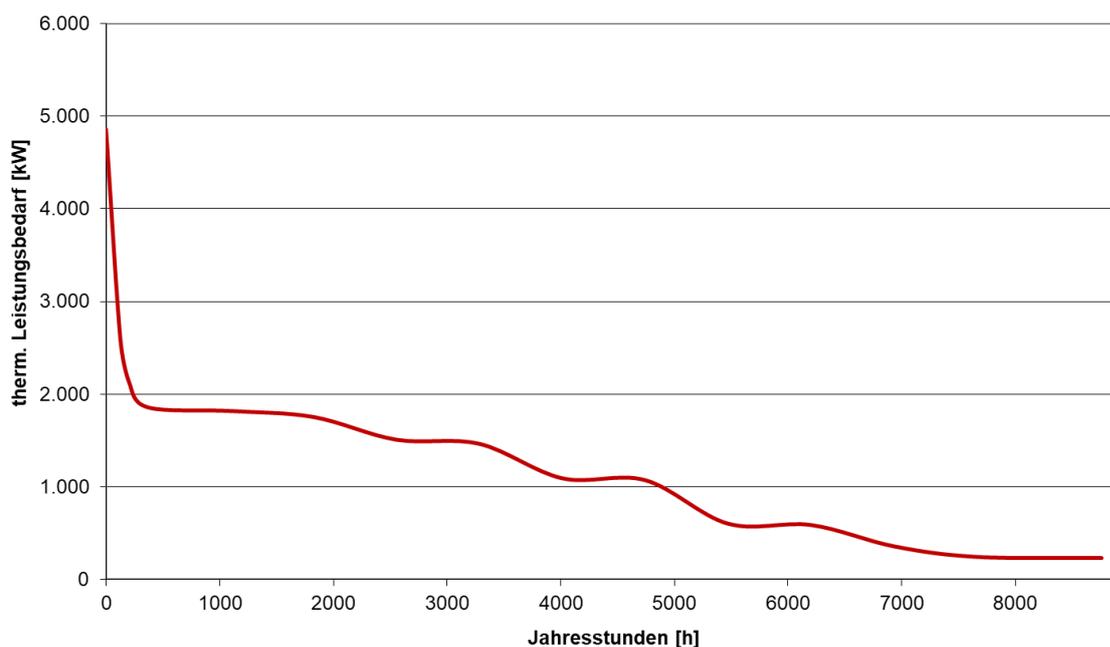
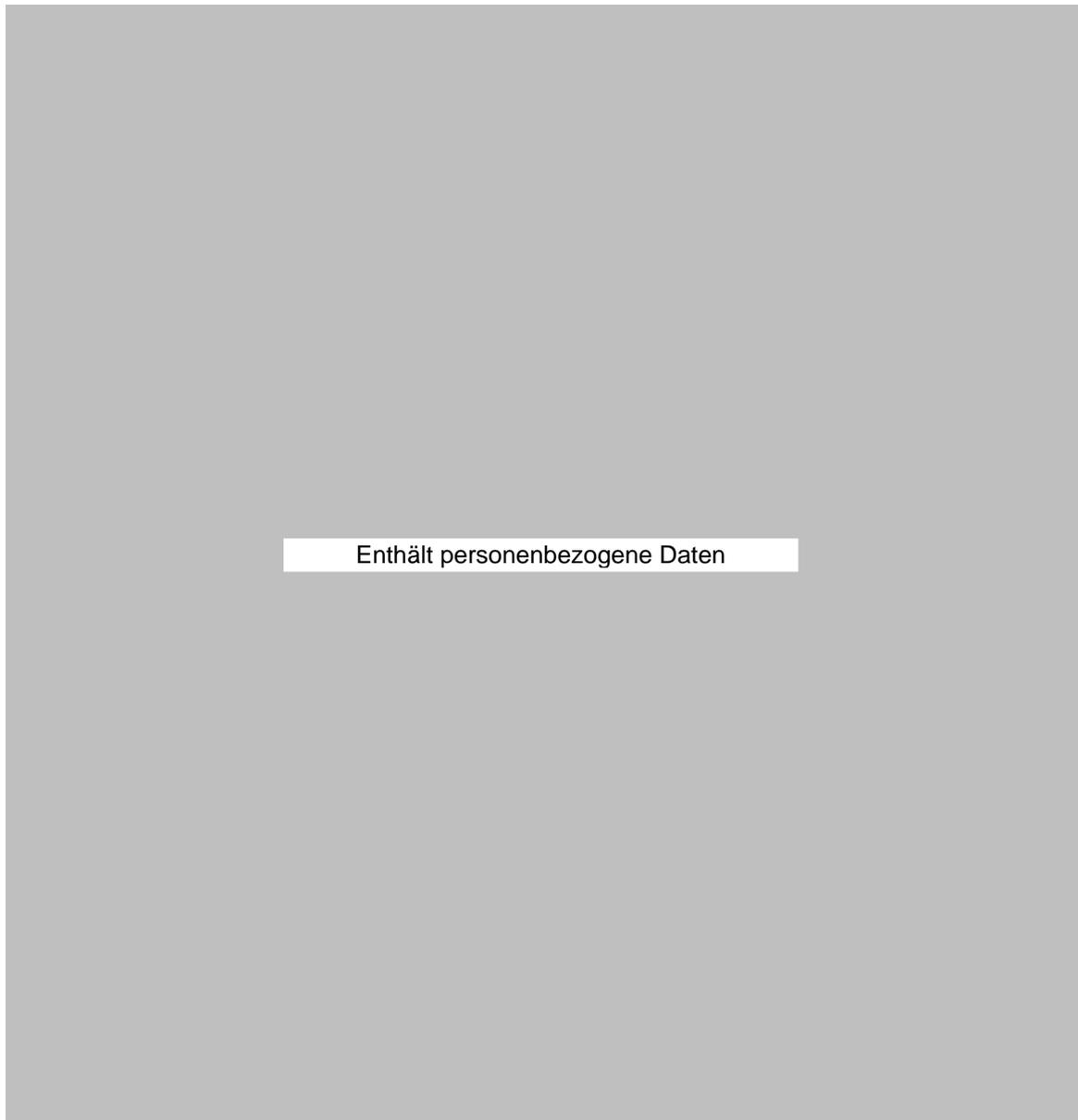


Abbildung 10: Geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs „Große Lösung“ mit Berücksichtigung der Anschlussrate exkl. Netzwärmeverluste und Gleichzeitigkeitsfaktor

2.3.2 Gebietsumgriff „Erweiterung H7“

In Abbildung 10 ist der mögliche Trassenverlauf für den Gebietsumgriff „Erweiterung H7“ dargestellt.



Legende:
- Orange = BA1 (Bauhof/Schule)
- Rot = BA2 (Erweiterung H7-Rathaus/kath. Kirche)

Abbildung 11: Möglicher Trassenverlauf Gebietsumgriff „Erweiterung H7“

Tabelle 6 zeigt eine Auflistung der benötigten Rohrleitungsquerschnitte mit zugehörigen Leitungslängen.

Tabelle 6: Technische Dimensionierung der Wärmetrasse „Erweiterung H7“ unter Berücksichtigung der Anschlussquote 60%

DN	Trassenlänge
DN 25	1234 m
DN 32	237 m
DN 40	0 m
DN 50	507 m
DN 65	418 m
DN 80	306 m
DN 100	952 m
DN 125	195 m
DN 150	73 m
DN 200	0 m
DN 250	0 m
DN 300	0 m
DN 350	0 m
DN 400	0 m
Summe	3922 m

Ein detaillierter Netzplan ist dem Anhang 5.5 zu entnehmen.

In Tabelle 7 sind die Kenndaten des Nahwärmenetzes der Nahwärmeverbundlösung dargestellt. Die zu installierende Spitzenleistung beträgt, ohne Beachtung einer Anschlussquote, rund 4.100 kW_{th}. Das Netz hat eine Länge von etwa 4.700 Meter (Wärmenetz inkl. Hausanschlüsse), die spezifische Wärmebelegung beläuft sich auf ca. 1.400 kWh_{th} pro Meter und Jahr.

Unter Berücksichtigung einer Anschlussquote in Höhe von 60% reduziert sich die Trassenlänge auf 3.900 Meter (Reduzierung der Trassenmeter aufgrund Wegfalls von Hausanschlüssen). Damit einher geht ein reduzierter Wärmebedarf in Höhe von rund 3.970 MW_{th} sowie eine verringerte Wärmebelegungsdichte von ca. 1.000 kWh_{th} pro Meter und Jahr.

Reduziert sich die Anschlussquote auf einen Wert von 40%, so entspricht das einem Wärmebedarf in Höhe von rund 2.650 MW_{th} und einer Wärmebelegungsdichte von ca. 750 kWh_{th} pro Meter und Jahr.

Tabelle 7: Kenndaten des Nahwärmeverbundes „Erweiterung H7“ unter Berücksichtigung der Anschlussrate

Bubenreuth Nord - "Erweiterung H7 - Rathaus/kath. Kirche"				
Anschlussquote	Trassenlänge	jährlicher Wärmebedarf	mittlere Wärmebelegungsdichte	mittlerer Leistungsbedarf
	[m]	[kWh/a]	[kWh/(ma)]	[kW]
100%	4.700	6.620.000	1.410	4.100
60%	3.900	3.970.000	1.010	2.500
40%	3.500	2.650.000	750	1.600

Der Wärmebedarf in den Liegenschaften ergibt sich, wie in Kapitel 2.2 beschrieben, aus einer Hochrechnung der Ergebnisse der Datenerhebung sowie unter Berücksichtigung von baualtersspezifischen Richtwerten für nicht rückgemeldete Anlieger. In Summe kann bei einer Anschlussquote von 60% ein Wärmebedarf im Wärmeverbund von rund 3.970 MW_{th} pro Jahr angenommen werden.

Der jährliche Gesamtwärmebedarf der Nahwärmeverbundlösung wird aus der Summe des Wärmebedarfs der Abnehmer und dem Netzwärmeverlust berechnet. Mit einem Netzverlust von rund 529 MW_{th} ergibt sich ein jährlicher Gesamtwärmebedarf von rund 4.500 MW_{th}.

Mit Hilfe der so genannten Gradtagmethode können anschließend monatliche Bedarfswerte aus dem Jahresheizwärmebedarf abgeleitet werden. Die Grundidee der Gradtagmethode basiert auf empirisch ermittelten Monatsbedarfswerten und deren Anteil am Jahresbedarf. In Abbildung 12 ist der monatliche Wärmebedarf der Liegenschaften sowie der Gesamtwärmebedarf inkl. des prozentualen Anteils der Wärmeverluste detailliert dargestellt.

Für den Energieanteil, welcher zur WW-Bereitung notwendig ist, wird aus Erfahrungswerten heraus für alle Liegenschaften ein prozentualer Anteil von 15 % des Wärmebedarfs angesetzt. Der Wärmebedarfsanteil zur Trinkwarmwasserbereitung wird, wie auch die Leitungsverluste im Wärmenetz, vereinfacht konstant über das Jahr hinweg verteilt.

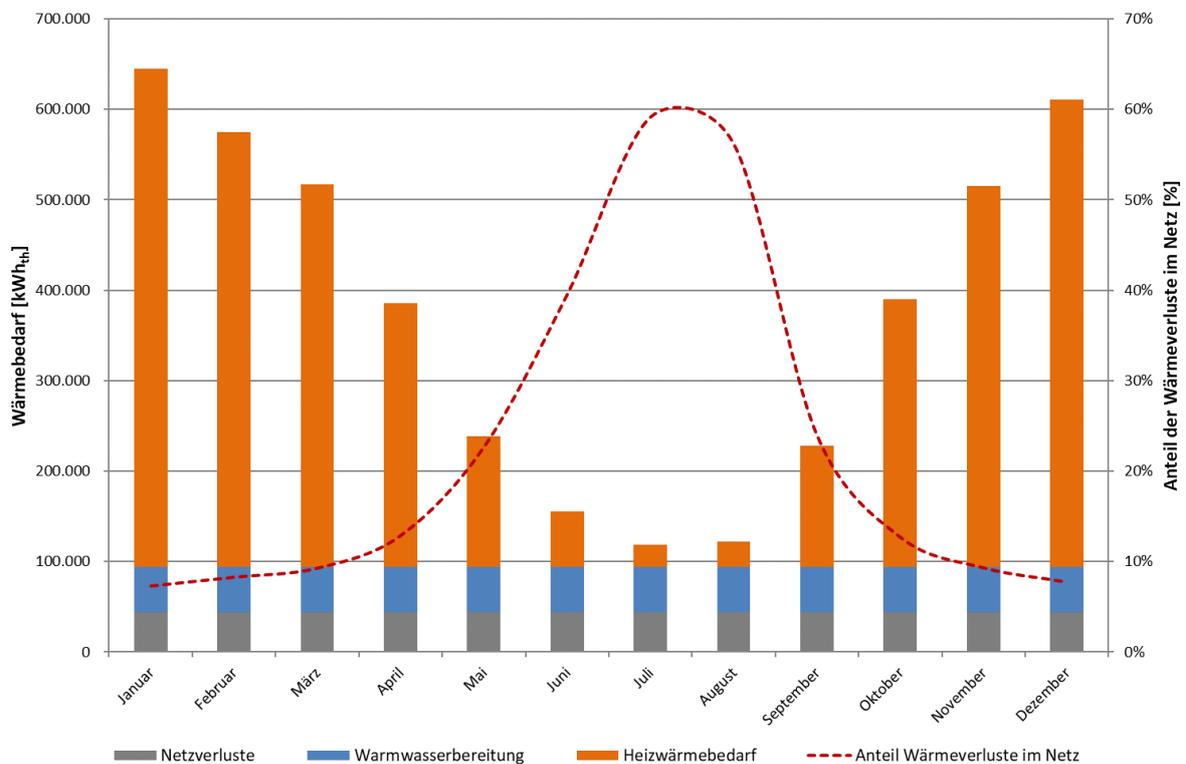


Abbildung 12: Monatlicher Gesamtwärmebedarf der Nahwärmeverbundlösung mit Berücksichtigung der Anschlussrate inkl. Darstellung der Netzwärmeverluste

Anhand des monatlichen Gesamtwärmebedarfs wird die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Energiebedarfs erstellt. Die geordnete Jahresdauerlinie ist das zentrale Instrument für den Anlagenplaner. Die Fläche unter der Jahresdauerlinie entspricht dem Jahresnutzwärmebedarf. Idealerweise sollten sich die meist modular aufgebauten, d.h. in Grund-, Mittel- und Spitzenlastmodule unterteilten Heizanlagensysteme der Jahresdauerlinie weitestgehend annähern.

Werden Wärmeerzeuger in der Grafik flächendeckend eingetragen, kann auf die Laufzeiten und den Anteil an der Jahreswärmebereitstellung der einzelnen Wärmeerzeuger geschlossen werden. Die zu installierende Spitzenleistung richtet sich nach Kennwerten der Kesselvollbenutzungsstunden und dem Wärmebedarf. Dies beruht nicht auf einer Heizlastberechnung nach DIN und ersetzt nicht die technische Detailplanung.

In Abbildung 13 ist die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs der Nahwärmeverbundlösung dargestellt.

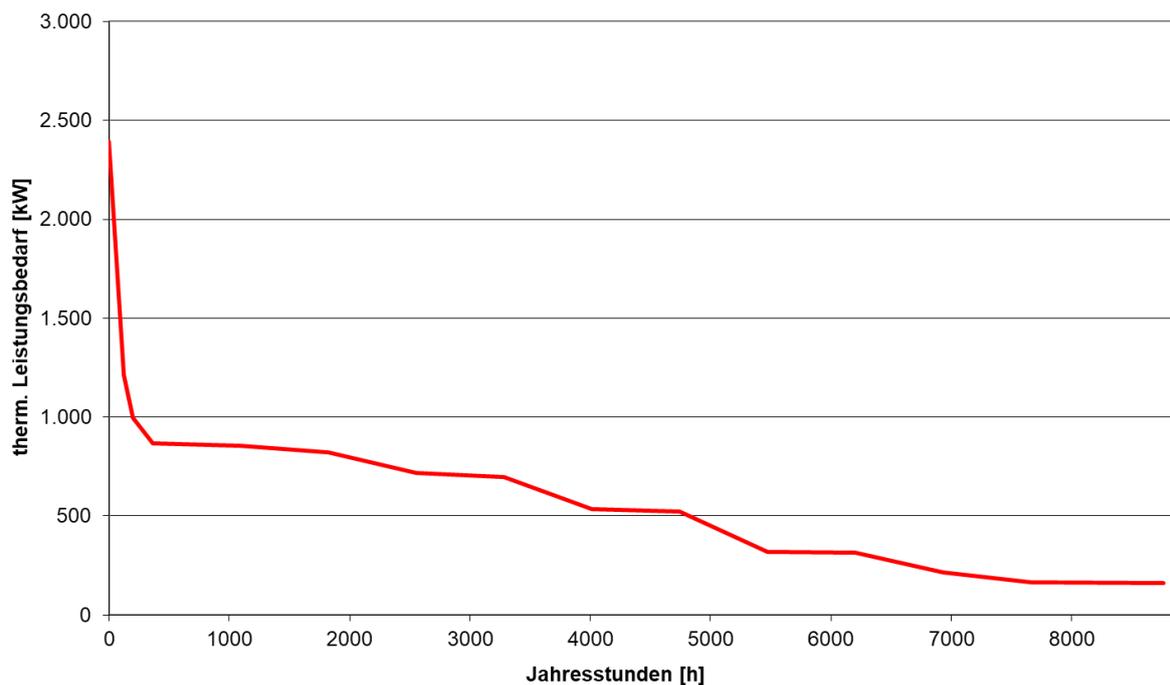


Abbildung 13: Geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs in der Nahwärmeverbundlösung mit Berücksichtigung der Anschlussrate inkl. Netzwärmeverluste

2.3.3 Zwischenfazit Auswahl Gebietsumgriff

Für die Erweiterung H7 ergeben sich größere Wärmebelegungsdichten, als für die Große Lösung, wodurch auch von einer besseren Wirtschaftlichkeit auszugehen ist. In Abstimmung mit den beteiligten Akteuren wurde festgelegt, den Gebietsumgriff „Große Lösung (BA3)“ nicht weiter zu betrachten.

Den Endausbau des vorliegenden Konzeptes stellt daher der Gebietsumgriff „Erweiterung H7 (BA2)“ dar. Dafür werden in den folgenden Kapiteln unterschiedliche Energieversorgungsvarianten dimensioniert und die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt.

Die Netzdimensionierung für den BA2 wurde so gewählt, dass eine spätere Erweiterung des Netzes möglich ist.

2.4 Energieversorgungsvarianten „Erweiterung H7 (BA2)“

Anschließend werden auf den ermittelten Verbrauchsdaten aus der Hochrechnung aufbauend, verschiedene, effiziente Energieversorgungsvarianten dimensioniert und untersucht. Neben den bereits im Teil-ENP ausgewiesenen dezentralen Referenzvarianten, können auch die Wärmeversorgungsvarianten für den Bauhof als Referenz herangezogen werden. Ein Vergleich dieser mit dem Nahwärmeverbund erfolgt in Kapitel 4 (Endergebnis und Zusammenfassung).

Energieversorgungsvarianten:

Variante 1.0:	3 x Pelletkessel (Grund- und Mittellast) + Erdgaskessel (Spitzenlast)
Variante 1.1:	Erdgas-BHKW (ca. 50 kW _{el} ; Grundlast) + 2 x Pelletkessel (Mittellast) + Erdgaskessel (Spitzenlast)
Variante 1.2:	Solarthermie (Grundlast) + 3 x Pelletkessel (Grund- und Mittellast) + Erdgaskessel (Spitzenlast)
Variante 1.3:	Wärmepumpe (Grundlast) + 3 x Pelletkessel (Grund- und Mittellast) + Erdgaskessel (Spitzenlast)

Allen Varianten gemein ist die Einbindung eines **Erdgasspitzenlastkessels** mit einer Leistung von 3.000 kW_{th}. Dieser wurde so dimensioniert, dass er bei Ausfall aller anderen Grund- und Mittellasterzeuger eine 100%ige Redundanz zur Verfügung stellen kann.

Varianten mit Hackschnitzel als Brennstoff wurden aufgrund der Anliefersituation am geplanten Standort der Heizzentrale von den beteiligten Akteuren ausgeschlossen.

Um den Anlagenumfang sowie den erforderlichen Platzbedarf der einzelnen Varianten detaillierter Abschätzung zu können, wurden vereinfachte Aufstellungslayouts angefertigt. Diese sind dem Anhang unter 5.6 zu entnehmen.

2.4.1 Variante 1.0: Pelletkessel (Grund- und Mittellast) + Erdgaskessel (Spitzenlast)

Bei der Variante 1.0 wird eine Kaskade aus 3 x Biomassekesseln mit je einer thermischen Leistung von ca. 330 kW_{th} eingesetzt. Diese dienen der Abdeckung der Grund- und Mittellastbereiche und basieren auf Pellets als Brennstoff. Ergänzt werden die beiden Kessel durch einen Erdgasspitzenlastkessel mit rund 3.000 kW_{th} Nennleistung. Die Versorgung mit Wärme erfolgt hier zu rund 83 % auf Grundlage des regenerativen Energieträgers Holz. Neben der Errichtung einer Heizzentrale sind in dieser Variante auch notwendige Lagermöglichkeiten auf dem dafür vorgesehenen Grundstück zu berücksichtigen.

Um Schwankungen im Leistungsbedarf auszugleichen und einen effizienteren Anlagenbetrieb zu gewährleisten ist ein ausreichend dimensionierter Pufferspeicher zu verwenden (auch Fördermittelrelevant). Für die drei Pelletkessel ergeben sich im Mittel je etwa 3.700 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 800 t Pellets und 813 MWh_{HI} Erdgas verbraucht.

Anschließend zeigt die Grafik die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern.

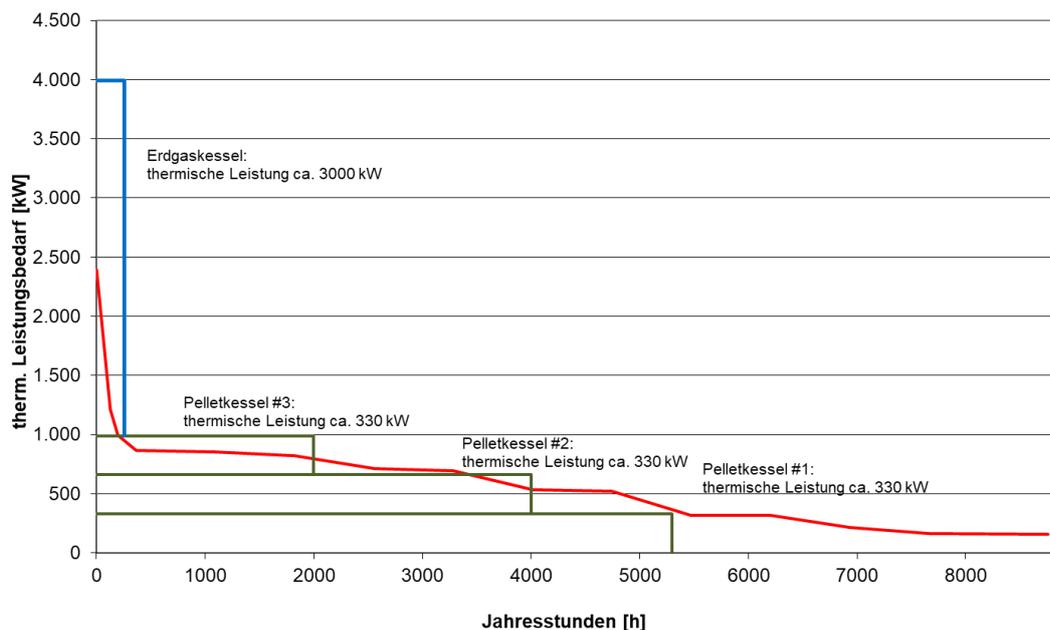


Abbildung 14: Nahwärmeverbundlösung Jahresdauerlinie der Variante 1.0

Tabelle 8 zeigt eine Übersicht über die wesentlichen Zahlen der Energieumsätze in der Nahwärmeverbundlösung in der Variante 1.0.

Tabelle 8: Nahwärmeverbundlösung Variante 1.0 - Eckdaten

Variante 1.0

Wärmeerzeuger		Pelletkessel #1	Pelletkessel #2	Pelletkessel #3	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	330	330	330	3.000
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	5.300	4.000	2.000	257
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	1.749.000	1.320.000	660.000	771.500
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	39%	29%	15%	17%
Verbrauch	[kWh _{Hi} /a]	-	-	-	813.000
Verbrauch	[t/a]		807		-

2.4.2 Variante 1.1: Erdgas-BHKW (Grundlast) + Pelletkessel (Grund- und Mittellast) + Erdgaskessel (Spitzenlast)

Bei der Variante 1.1 wird ein Erdgas-BHKW mit einer thermischen Leistung von rund 100 kW_{th} und einer elektrischen Leistung von 50 kW_{el} zur Deckung der Grundlast eingesetzt. Neben der KWK-Anlage werden zur Grund- und Mittellastabdeckung zwei Pelletkessel mit einer Wärmeleistung von je rund 450 kW_{th} eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt auch hier ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 3.000 kW_{th} zur Anwendung. Die Versorgung mit Wärme erfolgt hier zu rund 76 % auf Grundlage des regenerativen Energieträgers Holz sowie zu 8 % durch das KWK-Modul. Neben der Errichtung einer Heizzentrale sind in dieser Variante auch notwendige Lagermöglichkeiten auf dem dafür vorgesehenen Grundstück zu berücksichtigen.

Abbildung 15 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Um Schwankungen im Leistungsbedarf auszugleichen und einen effizienteren Anlagenbetrieb zu gewährleisten ist ein ausreichend dimensionierter Pufferspeicher zu verwenden (auch Fördermittelrelevant). Während sich für die KWK-Anlage etwa 3.500 Vollbenutzungsstunden im Jahr ergeben, sind es bei den beiden Biomassekessel im Mittel rund 3.800 vbh/a. Im BHKW-Modul und dem Erdgas-spitzenlastkessel werden in Summe rund 1.331 MWh_{Hi} Erdgas verbraucht. Der jährliche Pelletbedarf liegt bei ca. 760 t.

Das BHKW-Modul erzeugt jährlich etwa 175 MWh_{el} elektrische Energie, welche nahezu vollständig in das öffentliche Verteilnetz eingespeist werden, da der Eigenverbrauchsanteil lediglich den Betrieb des Wärmenetzes und der Anlagen selbst umfasst.

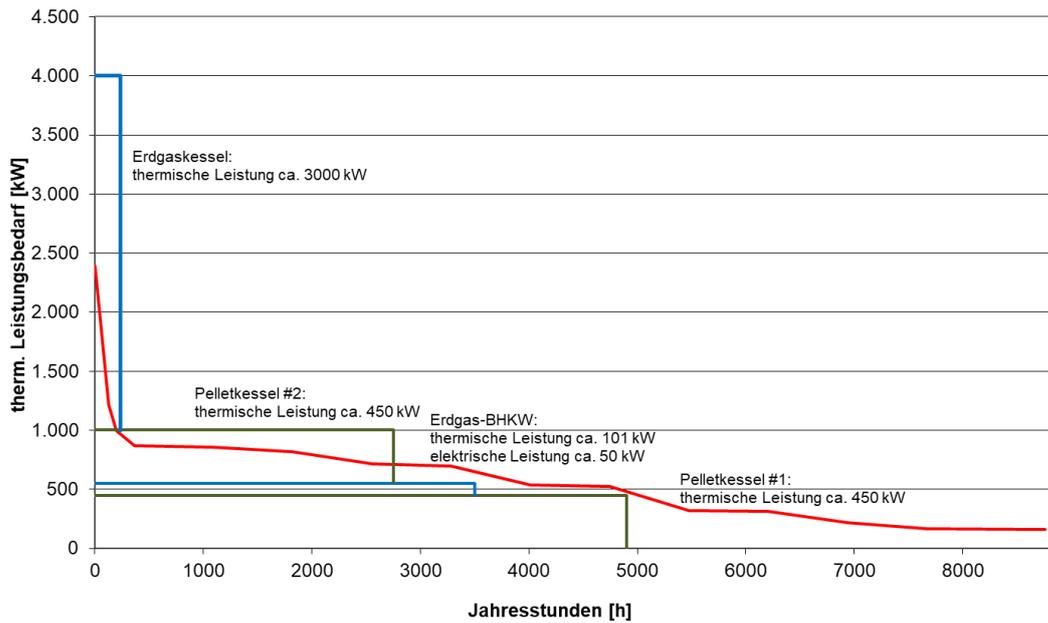


Abbildung 15: Nahwärmeverbundlösung Jahresdauerlinie der Variante 1.1

Tabelle 9 zeigt eine Übersicht über die wesentlichen Zahlen der Energieumsätze in der Nahwärmeverbundlösung in der Variante 1.1.

Tabelle 9: Nahwärmeverbundlösung Variante 1.1 - Eckdaten

Variante 1.1

Wärmeerzeuger		Erdgas-BHKW	Pelletkessel #1	Pelletkessel #2	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	101	450	450	3.000
Elektrische Leistung	[kW]	50	-	-	-
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	3.500	4.900	2.750	235
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	353.500	2.205.000	1.237.500	704.525
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	8%	49%	27%	16%
Erzeugte Jahresstrommenge	[kWh/a]	175.000	-	-	-
Verbrauch	[kWh _H /a]	589.200	-	-	741.600
Verbrauch	[t/a]	-	758	-	-

2.4.3 Variante 1.2: Solarthermie (Grundlast) + Pelletkessel (Grund- und Mittellast) + Erdgaskessel (Spitzenlast)

Bei der Variante 1.2 wird eine Solarthermieanlage auf dem Lärmschutzwall mit einer thermischen Leistung von rund 200 kW_{th} zur Deckung der Grundlast eingesetzt. Neben der Solarthermieanlage werden zur Grund- und Mittellastabdeckung drei Pelletkessel mit einer Wärmeleistung von je rund 330 kW_{th} eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt auch hier ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 3.000 kW_{th} zur Anwendung. Die Versorgung mit Wärme erfolgt hier zu rund 5 % auf Grundlage von Solarenergie sowie zu rund 70 % auf Basis des regenerativen Energieträgers Holz. Neben der Errichtung einer Heizzentrale sind in dieser Variante auch notwendige Lagermöglichkeiten auf dem dafür vorgesehenen Grundstück zu berücksichtigen.

Abbildung 16 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Um Schwankungen im Leistungsbedarf auszugleichen und einen effizienteren Anlagenbetrieb zu gewährleisten ist ein ausreichend dimensionierter Pufferspeicher zu verwenden (auch Fördermittelrelevant). Während sich für Solarthermieanlage jahreszeitlich bedingt etwa 1.200 Vollbenutzungsstunden im Jahr ergeben, sind es bei den Biomassekessel im Mittel rund 3.800 vbh/a. Im Erdgasspitzenlastkessel werden in Summe rund 490 MWh_{Hi} Erdgas verbraucht. Der jährliche Pelletbedarf liegt bei ca. 820 t.

Die Einbindung einer großflächigen solarthermischen Anlage ist aufgrund der zur Verfügung stehenden Fläche am Standort Sportplatz und der somit unmittelbaren Nähe zum Lärmschutzwall möglich. Zur Bereitstellung einer Nennleistung von 200 kW_{th} wird eine Fläche von rund 690 m² notwendig. Diese Fläche ist problemlos auf dem Lärmschutzwall installierbar.

Die Einbindung einer Solarthermieanlage kann grundsätzlich zusätzlich zu allen Varianten erfolgen, ist jedoch aufgrund der Anlagengröße und dem verbundenen Aufwand lediglich mit einer ausreichenden Anlagengröße zu empfehlen. Zudem steht eine solche Anlage in direkter Konkurrenz zu einer möglichen PV-Anlage.

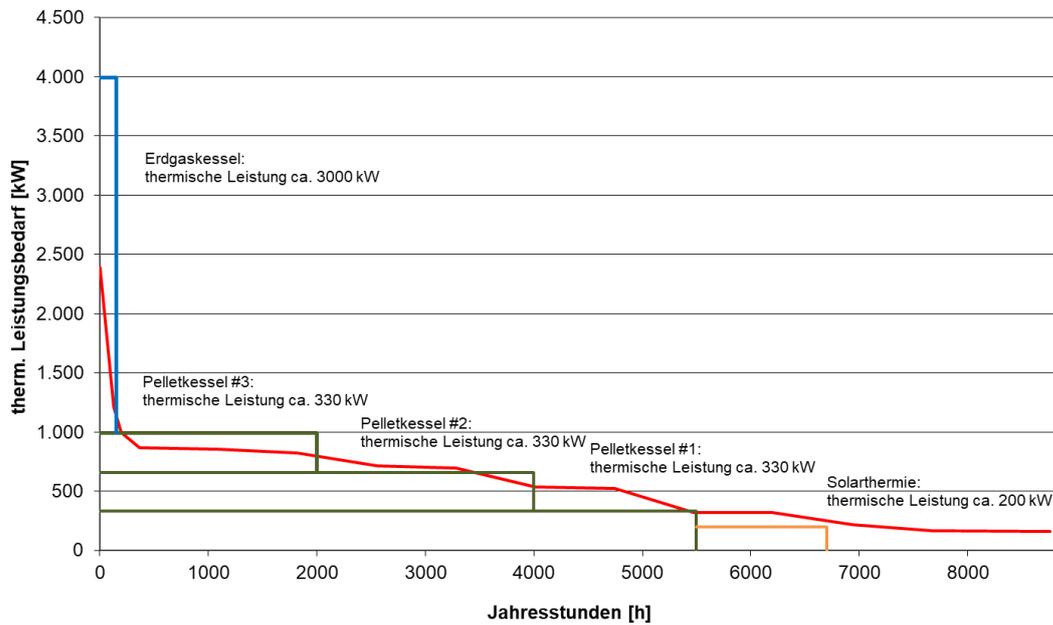


Abbildung 16: Nahwärmeverbundlösung Jahresdauerlinie der Variante 1.2

Tabelle 10 zeigt eine Übersicht über die wesentlichen Zahlen der Energieumsätze in der Nahwärmeverbundlösung in der Variante 1.2.

Tabelle 10: Nahwärmeverbundlösung Variante 1.2 - Eckdaten

Variante 1.2		Solarthermie	Pelletkessel #1	Pelletkessel #2	Pelletkessel #3	Erdgaskessel
Wärmeerzeuger						
Nennwärmeleistung	[kW]	200	330	330	330	3.000
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	1.200	5.500	4.000	2.000	155
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	240.000	1.815.000	1.320.000	660.000	465.525
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	5%	40%	29%	15%	10%
Verbrauch	[kWh _{H₂} /a]	-	-	-	-	491.000
Verbrauch	[t/a]	-	-	821	-	-

2.4.1 Variante 1.3: Sole/Wasser-Wärmepumpe (Grundlast) + Pelletkessel (Grund- und Mittellast) + Erdgaskessel (Spitzenlast)

Bei der Variante 1.3 wird eine Sole/Wasser-Wärmepumpe mit einer thermischen Leistung von rund 200 kW_{th} zur Deckung der Grundlast eingesetzt. Neben der Wärmepumpe werden zur Grund- und Mittellastabdeckung drei Pelletkessel mit einer Wärmeleistung von je rund 330 kW_{th} eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt auch hier ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 3.000 kW_{th} zur Anwendung. Die Versorgung mit Wärme erfolgt hier zu rund 8 % auf Grundlage von Umweltwärme (Wärmepumpe) sowie zu rund 84 % auf Basis des regenerativen Energieträgers Holz. Neben der Errichtung einer Heizzentrale sind in dieser Variante auch notwendige Lagermöglichkeiten auf dem dafür vorgesehenen Grundstück zu berücksichtigen.

Abbildung 17 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Um Schwankungen im Leistungsbedarf auszugleichen und einen effizienteren Anlagenbetrieb zu gewährleisten ist ein ausreichend dimensionierter Pufferspeicher zu verwenden (auch Fördermittelrelevant). Während sich für die Wärmepumpe etwa 1.800 Vollbenutzungsstunden im Jahr ergeben, sind es bei den Biomassekessel im Mittel rund 3.800 vbh/a. Zum Betrieb der Wärmepumpe werden jährlich rund 163 MWh_{el} an elektrischer Energie eingesetzt, welcher entweder in Form von Ökostrom oder durch eine separate PV-Anlage CO₂-neutral bereitgestellt werden kann. Im Erdgasspitzenlastkessel werden in Summe rund 364 MWh_{Hi} Erdgas verbraucht. Der jährliche Pelletbedarf liegt bei ca. 820 t.

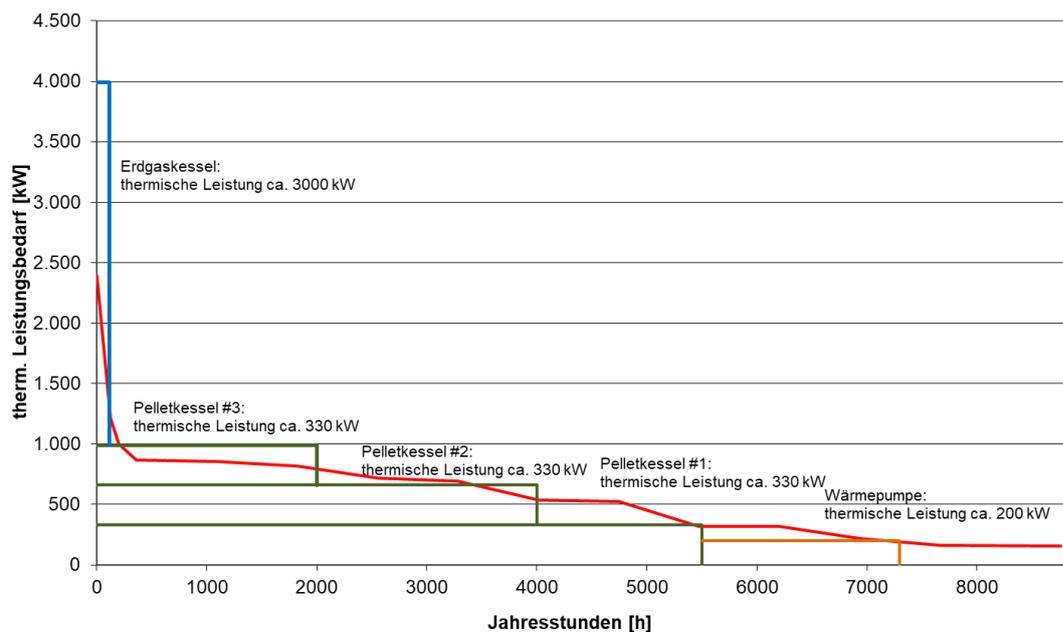


Abbildung 17: Nahwärmeverbundlösung Jahresdauerlinie der Variante 1.3

Tabelle 11 zeigt eine Übersicht über die wesentlichen Zahlen der Energieumsätze in der Nahwärmeverbundlösung in der Variante 1.3.

Tabelle 11: Nahwärmeverbundlösung Variante 1.3 - Eckdaten

Variante 1.3

Wärmeerzeuger		Wärmepumpe	Pelletkessel #1	Pelletkessel #2	Pelletkessel #3	Erdgaskessel
Nennwärmeleistung	[kW]	200	330	330	330	3.000
Jahresvollbenutzungsstunden	[h/a]	1.800	5.500	4.000	2.000	115
Erzeugte Jahreswärmemenge	[kWh/a]	360.000	1.815.000	1.320.000	660.000	345.500
Anteil an Wärmeerzeugung	[%]	8%	40%	29%	15%	8%
Verbrauch	[kWhHi/a]	-	-	-	-	364.000
Verbrauch	[kWhel/a]	163.640	-	-	-	-
Verbrauch	[t/a]	-	-	821	-	-

2.5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung „Erweiterung H7 (BA2)“

2.5.1 Grundannahmen

Basierend auf den in den vorausgegangenen Kapiteln entwickelten Energieversorgungsvarianten wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Ermittlung der ökonomisch günstigsten Variante durchgeführt. Dabei werden im Rahmen einer Vollkostenrechnung nach der Annuitätenmethode in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 die Jahresgesamtkosten ermittelt. Es werden die jährlichen Gesamtkosten berechnet und dargestellt. Die Jahresgesamtkosten geben unter Berücksichtigung von Kapitalkosten, Instandhaltungs- und Wartungskosten, Verbrauchskosten und sonstigen Kosten die Höhe der jährlichen Kosten, die zum Betrieb und Unterhalt einer Energieversorgungsanlage zur Versorgung einer Liegenschaft aufzuwenden sind, an.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung gelten folgende Grundannahmen:

- Bezugsjahr ist 2021; Betrachtungszeitraum 20 Jahre
- Lineare Abschreibung nach spezifischen Vorgaben der DIN 2076
- Alle Preise sind Nettopreise (exkl. MwSt.)
- Der kalkulatorische Zinssatz für Fremdkapital beträgt konstant 0,5 %
- Die Brennstoffkosten bleiben im Betrachtungszeitraum konstant, Preisänderungen werden gesondert über eine Sensitivitätsbetrachtung erfasst
- Kostenfaktoren sind an die in der VDI 2067 hinterlegten Richtwerte angelehnt (z.B. Bedienzeiten, Faktoren für Wartung und Instandhaltung, etc.)

Zusätzlich gelten folgende Grundannahmen:

- Die Stromeinspeisevergütungen bleiben im Betrachtungszeitraum konstant, Änderungen werden gesondert über eine Sensitivitätsanalyse erfasst.
- Strom aus Erdgas-Blockheizkraftwerken wird nach dem Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG) in der aktuell gültigen Fassung vergütet, für das eingesetzte Erdgas kann die Energiesteuer rückerstattet werden.

Folgende Kosten bzw. Erlöse werden berücksichtigt:

- Kapitalkosten (Investitionskosten auf Basis durchschnittlicher Nettomarktpreise für die einzelnen Komponenten)
- Betriebsgebundene Kosten (Wartung, Instandhaltung, Betriebsführung, Technische Überwachung, inkl. Personalkosten)
- Verbrauchsgebundene Kosten (Brennstoffe und Hilfsenergie)
- Sonstige Kosten (z.B. Versicherung und Verwaltung)
- Einnahmen durch Stromeinspeisung in das öffentliche Netz

Die Investitionskosten umfassen im Einzelnen:

- Wärmeverteilnetz (Bauarbeiten und Material)
- Wärmeerzeuger
- Energiezentrale (Heizhaus) inkl. Erschließung (pauschal angesetzt)
- benötigte Anlagentechnik zur Einbindung der Wärmeerzeuger (HLS, Elektro, MSR)
- notwendige Pufferspeicher
- Brennstoffversorgung, Brennstofflager ggf. mit Austragung und mit Zuführung
- Technische Installationskosten
- Kosten für Planung, Genehmigung und Projektabwicklung
- Sicherheitszuschläge

Die Investitionskosten sind nicht als konkrete Angebotspreise, sondern lediglich als durchschnittliche Marktpreise zu verstehen und können in der tatsächlichen Umsetzung je nach Hersteller, Modell und eventuellen Zusatzkomponenten nach oben oder unten abweichen.

Die Installation einer übergeordneten Gebäudeleittechnik sowie eine stromseitige Anbindung der öffentlichen Liegenschaften oder sonstige, weitere Anlagentechnik, welche nicht explizit genannt sind, werden an dieser Stelle nicht weiter berücksichtigt.

Die Wärmetrasse wird mit einer mittleren Standzeit von 40 Jahren und das Heizgebäude mit 50 Jahren anteilig mit dem zuzuordnenden Restwert bei linearer Abschreibung im Betrachtungszeitraum berücksichtigt.

Die jährlichen, **betriebsgebundenen Kosten** für Wartung und Instandhaltung der einzelnen Baugruppen bzw. Anlagentechnik (bis auf die BHKW) werden in Anlehnung an die VDI 2067 als prozentualer Anteil an den Investitionskosten ermittelt. In den Kosten sind sowohl Personal- als auch Materialkosten inbegriffen. Darüber hinaus sind Abrechnungskosten berücksichtigt

Bei dem Blockheizkraftwerk werden die Wartungs- und Instandhaltungskosten als spezifische Kosten anhand der erzeugten elektrischen Energie in Cent/kWh_{el} angesetzt. In diesen Kosten sind alle Wartungs- und Reparaturarbeiten, sowie Ersatzteile und Betriebsstoffe, die für die BHKW-Anlage benötigt werden, im Sinne eines Vollwartungsvertrages enthalten. Diese Kosten werden über Näherungsgleichungen ermittelt oder basieren auf mittleren, herstellenseitig zur Verfügung gestellten Datensätzen. Die Gleichungen wurden von der Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V. (ASUE) ermittelt.

Kosten für Kaminkehrer und Technische Überwachung werden pauschal je nach Art und Anzahl der Energieerzeugungsanlagen angesetzt.

Die **verbrauchsgebundenen Kosten** setzen sich aus den jährlichen Brennstoffkosten und den Kosten für die Hilfsenergie zusammen.

Für Brennstoffe werden folgende Netto-Preise angenommen:

Erdgas:	4,3 Cent/kWh _{Hi}	(Ø 5 Jahre; Destatis)
Zzgl. CO ₂ -Abgabe:	55 €/t CO ₂	
Hackgut* ¹ :	81 Euro/t	(Ø 5 Jahre; C.A.R.M.E.N. e.V.)
	≈ 2,3 Cent/kWh _{Hi}	
Pellets* ² :	182 Euro/t	(Ø 5 Jahre; C.A.R.M.E.N. e.V.)
	≈ 3,6 Cent/kWh _{Hi}	
Allgemeinstrom:	19,9 Cent/kWh _{el}	(aktuelle Durchschnittspreise)

*¹ Heizwert >3,5 kWh_{Hi}/kg

*² Heizwert >5,0 kWh_{Hi}/kg

Bei einer zentralen Versorgung und damit einhergehenden, größeren Energiebezugsmengen, darf von kostengünstigeren Bezugspreisen v.a. bei langfristigen Liefervereinbarungen ausgegangen werden. Die Preisgestaltung für Großabnehmer wird mit rund 80 - 85 %, ausgehend vom regulären, mittleren Marktpreis berücksichtigt.

Einnahmen Erdgas-BHKW

Erlöse ergeben sich im vorliegenden Fall beim Erdgas-BHKW aus der Stromeinspeisung, der Zuschlagszahlung nach dem KWK-Gesetz (Stand 2021) und der Energiesteuerrückerstattung. Bei der Verwendung von Erdgas in BHKW-Anlagen wird eine Steuerrückerstattung auf den eingesetzten Brennstoff in Höhe von 0,55 Cent/kWh_{HS}, bezogen auf die Feuerungswärmeleistung der Anlage, gewährt.

Die Höhe der KWK-Zuschläge wird durch das KWK-Gesetz geregelt, welches zuletzt im Jahr 2020 novelliert wurde, in der neuen Fassung zum 08.08.2020 in Kraft getreten ist und zuletzt am 21.12.2020 geändert wurde.

Die wichtigsten Punkte bezüglich der Zuschläge nach KWK-Gesetz 2020 sind in Abbildung 18 und Abbildung 19 dargestellt.

	KWK-Zuschläge in ct/kWh						
	≤ 50 kW	> 50 bis ≤ 100 kW	> 100 bis ≤ 250 kW	> 250 bis ≤ 500 kW	> 500 kW bis ≤ 2 MW*	> 2 MW bis ≤ 50 MW*	> 50 MW
In das öffentliche Netz eingespeister Strom							
§ 7 Abs. 1 ¹	8,0	6,0	5,0	4,4	4,4	3,1 / 3,4 / 3,9 ²	3,1 / 3,4 / 3,9 ²
Nicht in das öffentliche Netz eingespeister Strom							
§ 7 Abs. 2 Nr. 1 Eigenversorgung ohne Lieferung an Dritte	4,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
§ 7 Abs. 2 Nr. 2 Objektversorgung mit Lieferung an Dritte	4,0	3,0	2,0	1,5	1,5	1,0	1,0
§ 7 Abs. 2 Nr. 3 Stromkostenintensive Industrie	5,41	4,0	4,0	2,4	2,4	1,8	1,8
§ 7 Abs. 3 Stromkosten- oder handelsintensive Unternehmen nach Anlage 4 EEG	wird in der Verordnung nach § 33 Abs. 2 Nr. 1 festgelegt ³						

Gesonderte KWK-Zuschläge für Mini-BHKW bis 50 kW in ct/kWh	
In das öffentliche Netz eingespeister Strom	
§ 7 Abs. 1 ¹	16,0
Nicht in das öffentliche Netz eingespeister Strom	
§ 7 Abs. 2 Nr. 1 Eigenversorgung ohne Lieferung an Dritte	8,0
§ 7 Abs. 2 Nr. 2 Objektversorgung mit Lieferung an Dritte	8,0
§ 7 Abs. 2 Nr. 3 Stromkostenintensive Industrie	8,0
§ 7 Abs. 3 Stromkosten- oder handelsintensive Unternehmen nach Anlage 4 EEG	8,0

* Pflicht zur Ausschreibung in diesen Segmenten für neue und modernisierte Anlagen, die einen KWK-Zuschlag für eingespeiste Strommengen erhalten wollen. Rot markierte Werte gelten daher nur für nachgerüstete Anlagen.

- 1) Gilt nicht, wenn § 61e-g oder § 104 Abs. 4 EEG zur Anwendung kommen (Bestandsanlagen).
- 2) Der Wert 3,1 gilt nur für nachgerüstete Anlagen, für neue und modernisierte Anlagen gilt der Wert 3,4. Ab 2023 erhöht sich ausschließlich für neue Anlagen der Wert auf 3,9, wenn das BMWi zuvor (in 2022) die Angemessenheit dieser Erhöhung überprüft hat.
- 3) Nach § 33 Abs. 2 Nr. 1 KWKG kann die Bundesregierung eine Verordnung erlassen, um stromkosten- bzw. handelsintensive Unternehmen (einer Branche nach Anlage 4 EEG) gesondert zu fördern. Eine entsprechende Verordnung wurde bisher nicht erlassen.

Für Mikro-BHKW und Brennstoffzellen bis 2 kW elektrischer Leistung gilt eine optionale Sonderregelung, nach der die gesamten KWK-Zuschläge für 4 ct/kWh für 60.000 Vollbenutzungsstunden pauschal ausgezahlt werden können.

Abbildung 18: KWK-Zuschläge nach KWK-G 2020 [ASUE: KWKG 2020 in Zahlen]

Neuanlagen (§ 8 Abs. 1)		30.000 VBh
Anlagenmodernisierungen (§ 8 Abs. 2)	Nach 2 Jahren und 10 % der Kosten einer Neuanlage*	6.000 VBh*
	Nach 5 Jahren und 25 % der Kosten einer Neuanlage	15.000 VBh
	Nach 10 Jahren und 50 % der Kosten einer Neuanlage	30.000 VBh
Anlagen nachrüstungen (§ 8 Abs. 3)	10 – 25 % der Kosten einer Neuanlage	10.000 VBh
	25 – 50 % der Kosten einer Neuanlage	15.000 VBh
	>50 % der Kosten einer Neuanlage	30.000 VBh

Jährliche Begrenzung der Zuschlagszahlungen	
2021 – 2022	5.000 VBh/a
2023 – 2024	4.000 VBh/a
Ab 2025	3.500 VBh/a

Abbildung 19: Übersicht der KWK-Förderdauern nach KWK-G 2020 [ASUE: KWK 2020 in Zahlen]

Darüber hinaus kann der Anlagenbetreiber eine zusätzliche Vergütung durch die Vermarktung des eingespeisten Stromes in das öffentliche Versorgungsnetz erzielen. Hier wird üblicherweise der Strompreis für Baseload-Strom an der Strombörse (EEX) angesetzt. In Abbildung 20 ist eine Entwicklung des Preises der einzelnen Quartale seit dem Jahr 2009 dargestellt.

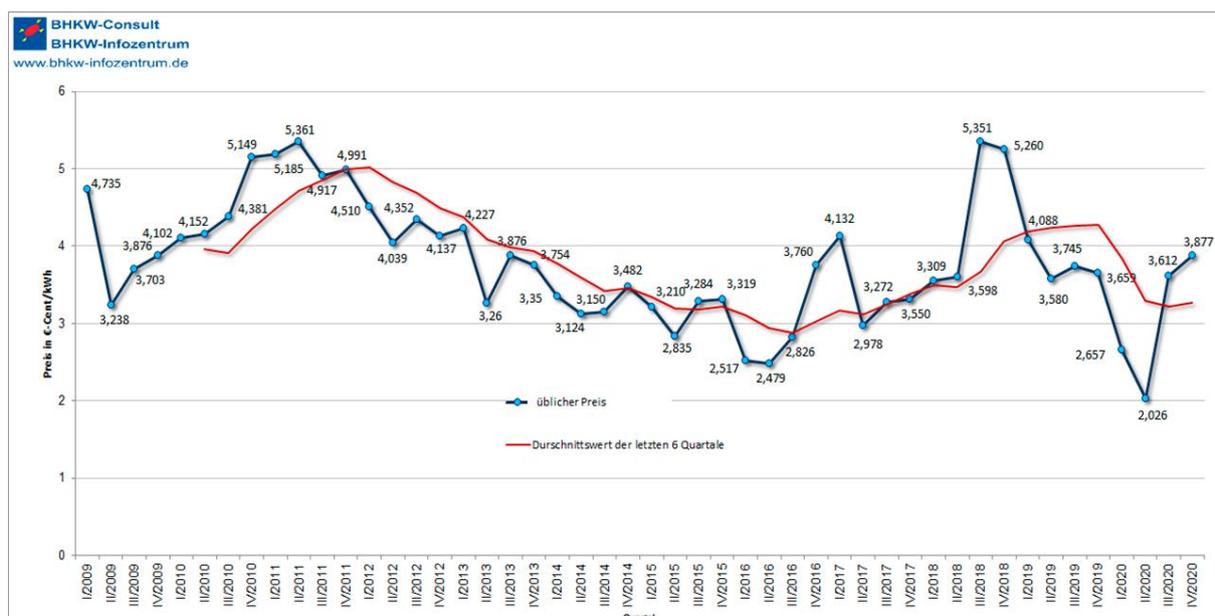


Abbildung 20: EEX-Preis – Entwicklung für die KWK-Stromvergütung [BHKW-Infozentrum]

Die durchschnittliche Vergütung, gemittelt über die letzten sechs Quartale, betrug demnach 3,26 ct/kWh. Für die vorliegende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird der Durchschnittswert konservativ bei 3,0 ct/kWh angesetzt.

KWK-Zuschlag für Mini-BHKW-Anlagen bis 50 kW_{el} für die Einspeisung in das öffentliche Netz (siehe auch Abbildung 18):

- 16,00 Cent/kWh

KWK-Zuschlag für nicht in das öffentliche Netz eingespeisten Strom ohne Lieferung an Dritte (siehe auch Abbildung 18):

- 8,00 Cent/kWh für den Anteil kleiner 50 kW_{el}

Das BHKW der Variante 1.1 ist mit 50 kW_{el} in den Bereich der Mini-BHKW-Anlagen einzuordnen. Der produzierte Strom wird vollständig in das öffentliche Netz eingespeist, sodass von einer KWK-Vergütung von 16,00 ct/kWh ausgegangen werden kann. Diese Vergütung wird für maximal 3.500 Vollbenutzungsstunden pro Jahr ausgezahlt. Das BHKW darf auch mit mehr Vollbenutzungsstunden pro Jahr betrieben werden (Wärmegeführte Betriebsweise), jedoch wird für die über 3.500 Vollbenutzungsstunden hinausgehende Strommenge kein KWK-Zuschlag mehr gezahlt. Die Variante 1.1 ist aktuell auf eine vorrangige Stromeinspeisung ausgelegt. Welche Optimierungsmöglichkeiten bezogen auf die resultierenden Wärmegestehungskosten sich aus einem verlängerten BHKW-Betrieb ergeben, wird separat in Kapitel 2.8 aufgezeigt.

Steuerrückerstattung Erdgas-BHKW

Bei der Verwendung von Erdgas in BHKW-Anlagen wird eine Steuerrückerstattung auf den eingesetzten Brennstoff gewährt. Diese Steuerrückerstattung wird im Energiesteuergesetz geregelt. Als Voraussetzung für die Steuerrückerstattung muss die BHKW-Anlage einen mittleren Monats- bzw. Jahresnutzungsgrad von mindestens 70 % erreichen und hocheffizient, nach den Kriterien des Anhangs III der Richtlinie 2004/8/EG, sein. Bei der Anschaffung der KWK-Anlage muss darauf geachtet werden, dass der Hersteller diese „Hocheffizienz-Kriterien“ bestätigt.

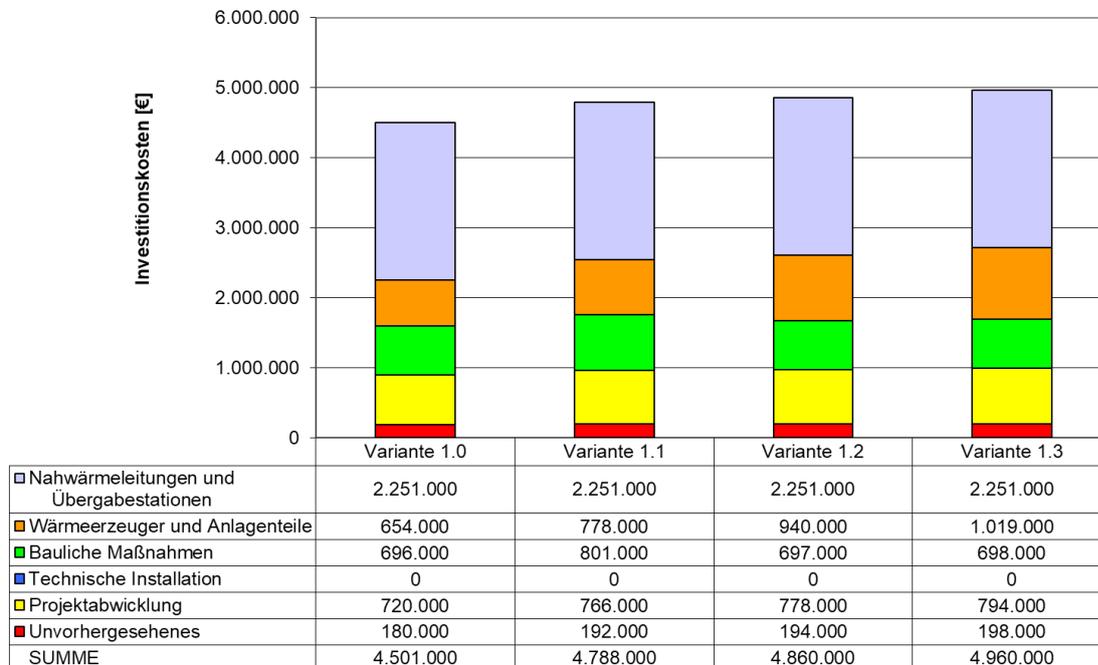
Folgende Rückerstattungen sind möglich:

1. Vollständige Steuerentlastung: 0,55 Cent/kWh_{HS} bezogen auf die Feuerungswärmeleistung der Anlage während des Abschreibungszeitraums
2. Teilweise Steuerentlastung: 0,442 Cent/kWh_{HS} nach dem Abschreibungszeitraum

Werden Hauptbestandteile erneuert und die Kosten der Erneuerung belaufen sich auf mindestens 50 % der Kosten für die Neuerrichtung der Anlage, dann verlängert sich die Frist, innerhalb welcher die volle Steuerrückerstattung von 0,55 Cent/kWh_{HS} möglich ist, solange bis die neuen Hauptbestandteile vollständig abgeschrieben sind. Bei den Berechnungen wird von einer Energiesteuerrückerstattung von 0,55 Cent/kWh_{HS} ausgegangen.

2.5.2 Investitionskostenprognose „Erweiterung H7 (BA2)“

In Abbildung 21 sind die prognostizierten Investitionskosten der einzelnen Varianten für eine netzgebundene Wärmeversorgung im Betrachtungsgebiet gegenübergestellt.



	Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3
Grundlast	Pelletkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel & Solarthermie	Pelletkessel & Wärmepumpe
Mittellast	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel
Spitzenlast	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

Abbildung 21: Nahwärmeverbundlösung - prognostizierte Investitionskosten

In diesem Planungsstadium kann der Aufwand für die Errichtung der Wärmeversorgungsstruktur nur näherungsweise festgelegt werden, wodurch die kalkulierten Kosten von den realen Kosten abweichen können. Die im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie angenommenen Nettoinvestitionskosten basieren ebenso wie die Brennstoff- und Betriebskosten auf durchschnittlichen Marktpreisen und nicht auf konkreten Angebotsvorlagen. In der tatsächlichen Umsetzung, die von einer Ausschreibung eingeleitet wird, können daher die Preise von den hier kalkulierten abweichen.

Im Wesentlichen sind u.a. folgende Parameter bei der Interpretation der Investitionskosten zu berücksichtigen:

- Kosten für bauliche Maßnahmen berücksichtigen eine technisch orientierte Ausführung (Technikgebäude)
- Gebäudeinvestitionskosten für das Heizhaus in Anlehnung an den Bundesanzeiger Sachwertrichtlinie (rund 1.600 €/m² spezifische Investitionskosten)
- Mittlere Investitionskosten pro Meter Nahwärmetrasse werden anhand von Richtwerten mit ca. 450 €/m im Mittel berücksichtigt (Haupt- und Anschlussleitungen)
- Keine Berücksichtigung von sog. Baukostenzuschüssen / Hausanschlusskosten seitens möglicher Anlieger zur Verringerung der Investitionsvolumina

Faktoren, wie z.B. die aktuelle Marktsituation im Baugewerbe können nur schwer abgeschätzt werden, was je nach Region z.T. deutliche Abweichungen nach sich ziehen kann. Ebenso ist der angestrebte Gebäudestandard ein großer Kostenfaktor.

Die angesetzten Kosten bilden die Preissituation zu Beginn des Jahres 2021 ab. Bei Realisierung des Vorhabens ist mitunter von erhöhten Preisen auszugehen.

Vor diesem Hintergrund wurden für die unterschiedlichen Varianten Sensitivitätsanalysen erarbeitet, welche den Einfluss einzelner Parameter, wie z.B. die kapitalgebundenen Kosten auf die spezifischen Wärmegestehungskosten, darstellen.

2.5.1 Jährliche Ausgaben „Erweiterung H7 (BA2)“

Aus den Investitionskosten werden nach der Annuitätenmethode die jährlichen Kapitalkosten gebildet, die sich zusammen mit den Betriebskosten, den verbrauchsgebundenen Kosten und den sonstigen Kosten, die nach den wirtschaftlichen Grundannahmen berechnet werden, zu den Jahresgesamtkosten addieren. Die Aufteilung der jährlichen Ausgaben auf die einzelnen Kostenarten ist in Abbildung 22 dargestellt.

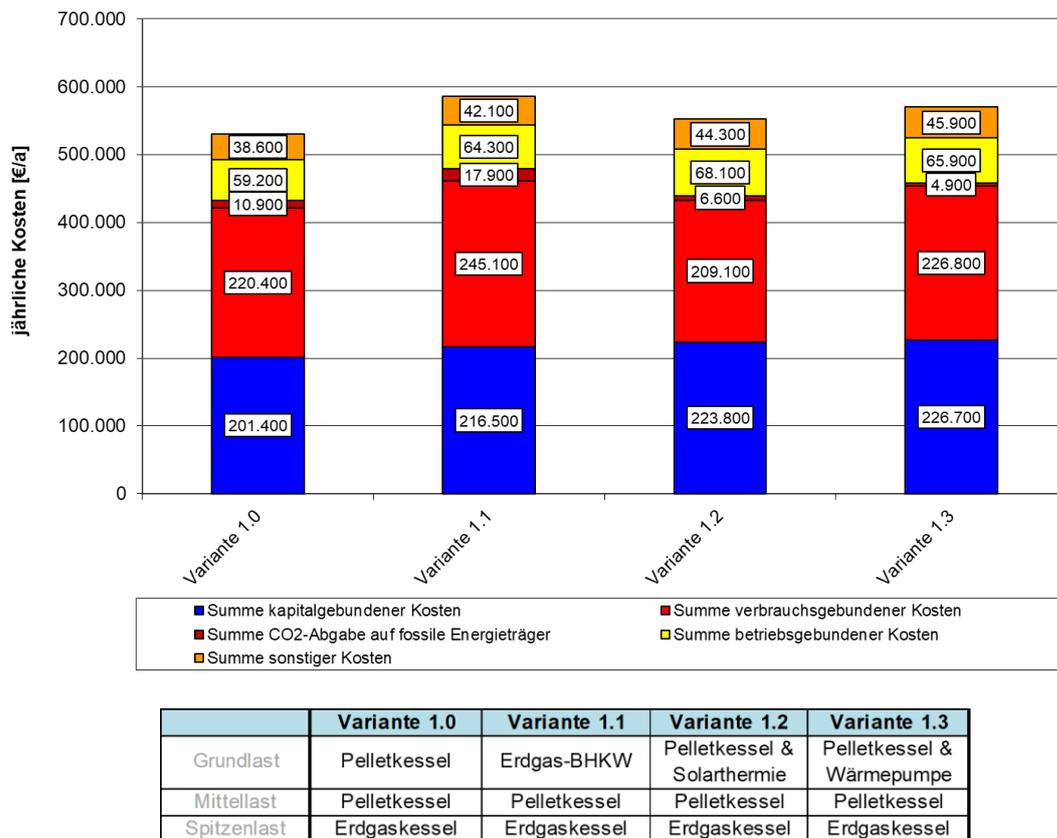


Abbildung 22: Nahwärmeverbundlösung - jährliche Ausgaben

2.5.2 Jährliche Einnahmen „Erweiterung H7 (BA2)“

In Abbildung 23 sind die jährlichen Einnahmen, welche bei den verschiedenen Varianten zu erwarten sind und sich durch die Stromproduktion mit dem Einsatz von KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplung; BHKW) ergeben, dargestellt. In der Variante 1.1 ergeben sich die jährlichen Einnahmen durch die Netzeinspeisung des produzierten Stroms und den jeweiligen anrechenbaren Vergütungssätzen nach dem KWK-Gesetz sowie durch die Energiesteuerrückerstattung.

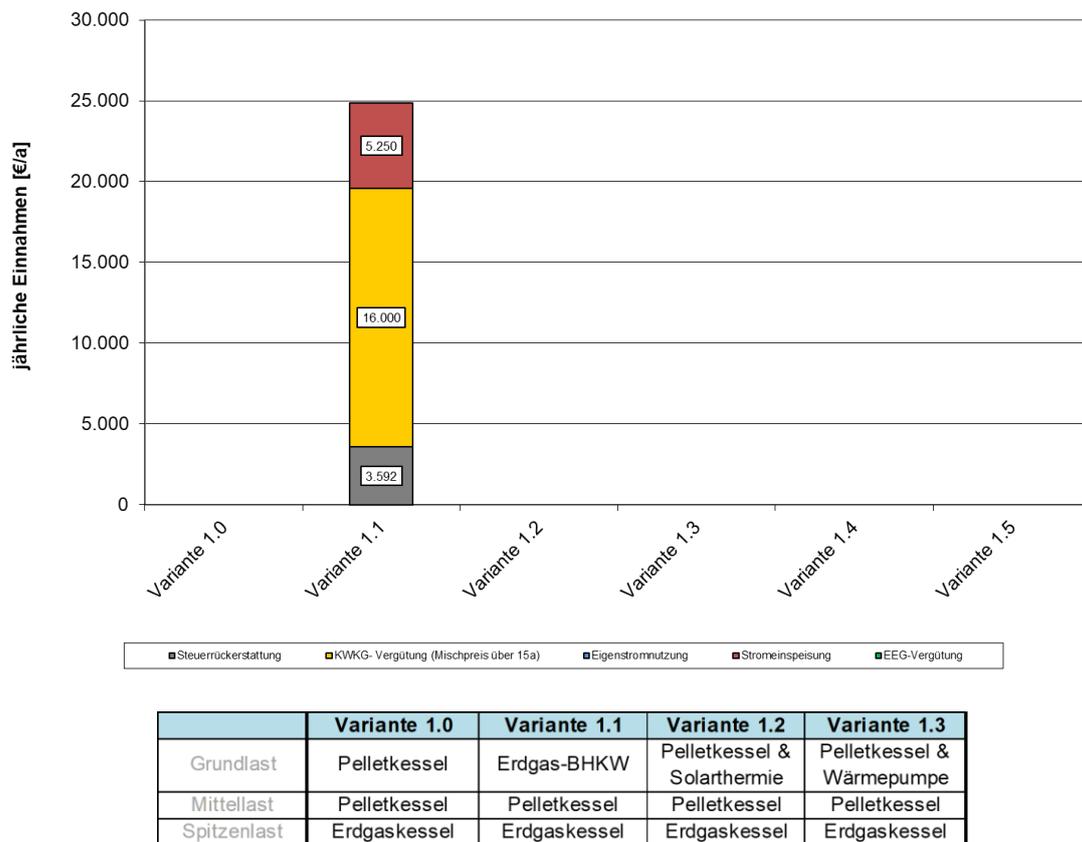
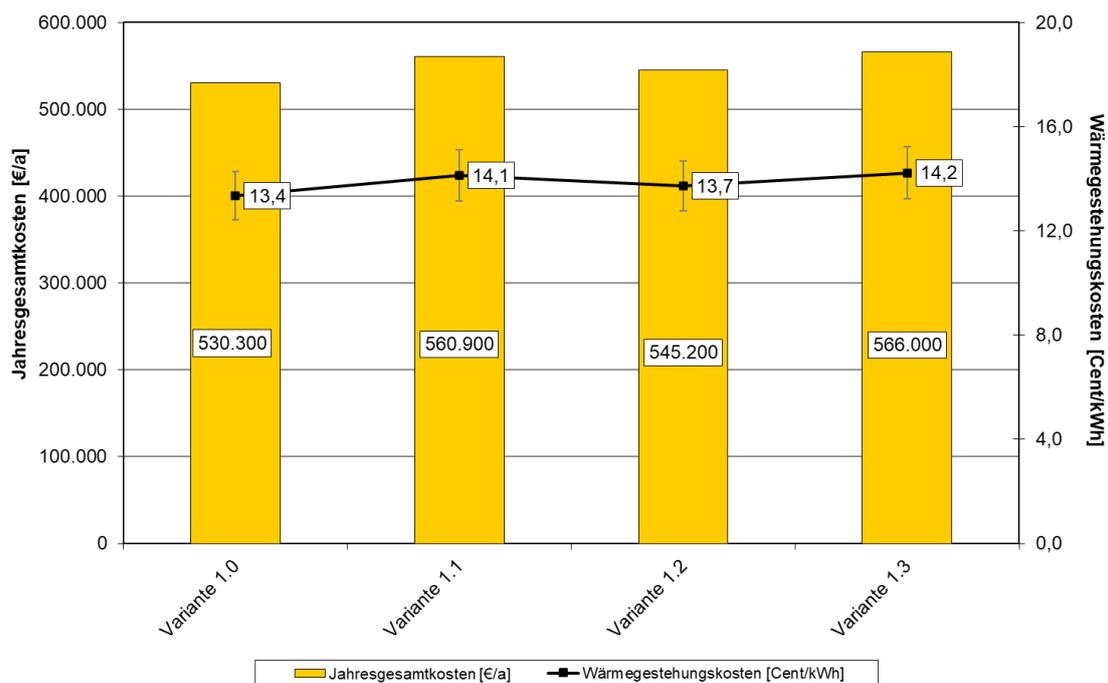


Abbildung 23: Nahwärmeverbundlösung - jährliche Einnahmen

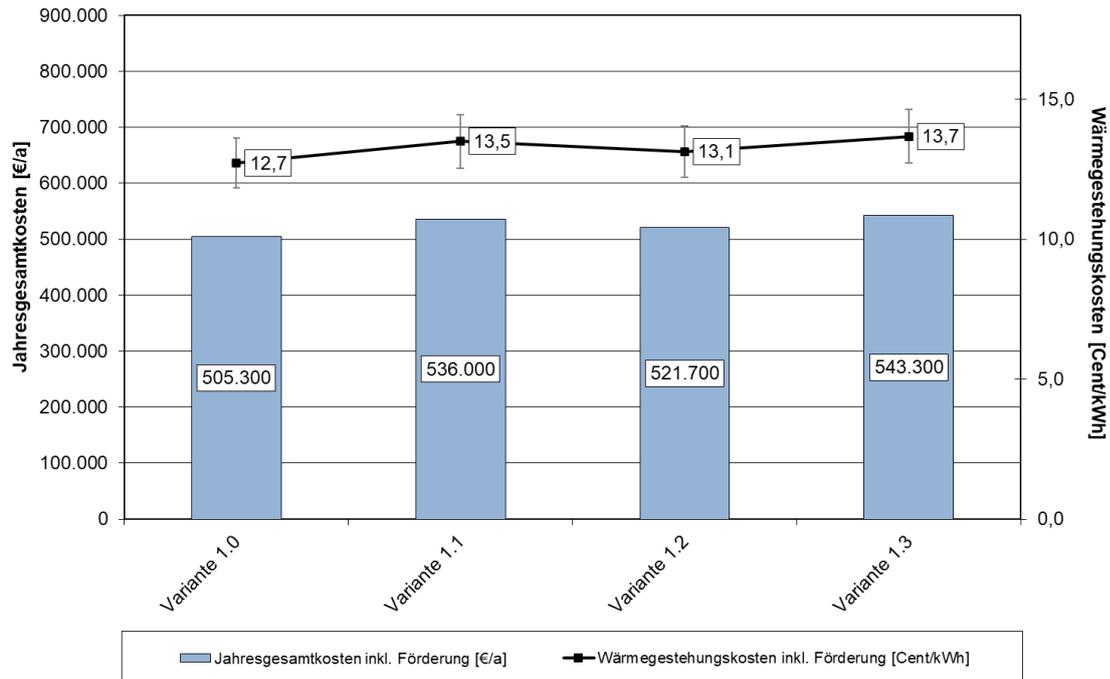
2.5.3 Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten „Erweiterung H7 (BA2)“

Anschließende Abbildungen geben die kalkulierten Jahresgesamtkosten und Wärmegestehungskosten der Varianten zunächst ohne Berücksichtigung möglicher Fördermittel, dann mit Investitionsförderungen, wieder. Die Jahresgesamtkosten ergeben sich aus der Summe der jährlichen kapitalgebundenen-, betriebsgebundenen-, verbrauchsgebundenen und sonstigen Kosten abzüglich der erzielten Einnahmen. Aus den Jahresgesamtkosten werden die spezifischen Wärmegestehungskosten ermittelt, die die Kosten pro Kilowattstunde bereitgestellter Nutzwärme beziffern. Die spezifischen Wärmegestehungskosten dienen als wichtigste Kenngröße zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Wärmeversorgungsanlagen. So müssen sich alternative Konzepte zur Wärmebereitstellung stets an den spezifischen Wärmegestehungskosten der Referenzvariante, in vorliegendem Fall den mittleren dezentralen Wärmegestehungskosten (siehe Kapitel 3), messen.



	Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3
Grundlast	Pelletkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel & Solarthermie	Pelletkessel & Wärmepumpe
Mittellast	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel
Spitzenlast	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

Abbildung 24: Nahwärmeverbundlösung - Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten (exkl. Berücksichtigung von Fördermitteln)



	Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3
Grundlast	Pelletkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel & Solarthermie	Pelletkessel & Wärmepumpe
Mittellast	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel
Spitzenlast	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

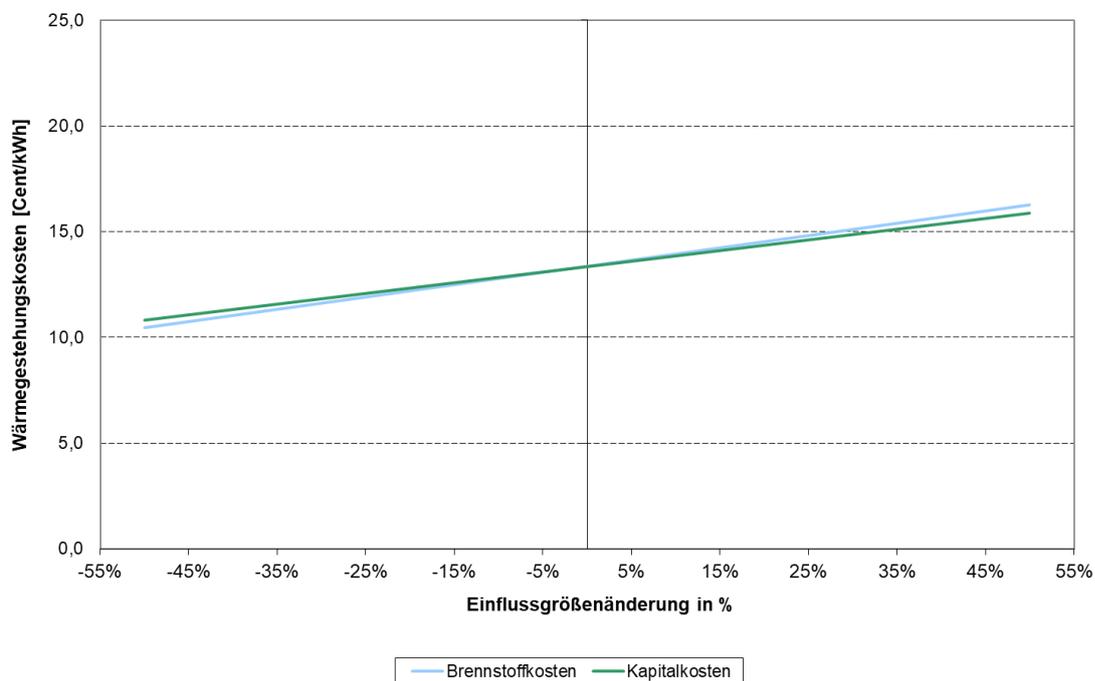
Abbildung 25: Nahwärmeverbundlösung - Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten (inkl. Berücksichtigung von Fördermitteln)

2.5.4 Sensitivitätsanalyse „Erweiterung H7 (BA2)“

Zur Berücksichtigung von Änderungen der Kapitalkosten sowie Preisänderungen bei den Brennstoffen wird für jede Variante eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, die den Einfluss des jeweiligen Parameters auf die Wärmegestehungskosten simuliert. Die verschiedenen Sensitivitätsanalysen sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Die Graphen der einzelnen Versorgungsvarianten, respektive deren Verhalten bei einer Änderung der Parameter, können somit untereinander verglichen werden. Zudem ist ein Vergleich mit den ermittelten WGK der dezentralen Heizungsanlagen möglich (vgl. Kapitel 3).

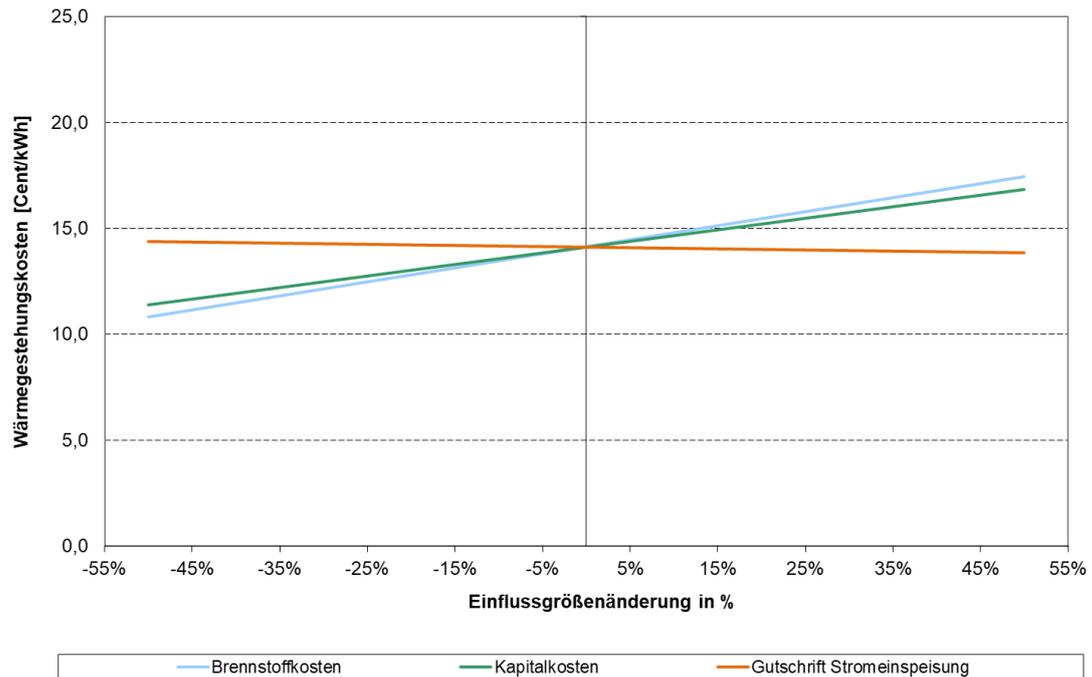
Beispiel anhand Variante 1.0: 3 x Pelletkessel (Grund- und Mittellast) + Erdgaskessel (Spitzenlast):

Steigen die Brennstoffkosten um 50 %, dann steigen die Wärmegestehungskosten von 13,4 Cent/kWh_{th} auf 16,3 Cent/kWh_{th} (+ 2,9 Cent/kWh_{Hi}). Steigen die Kapitalkosten um 50 %, dann steigen die Wärmegestehungskosten auf 15,9 Cent/kWh_{th} (+ 2,5 Cent/kWh_{Hi}). Die Abhängigkeit der WGK dieser Variante ist somit im Falle gesteigerter Brennstoffkosten deutlich stärker ausgeprägt, als dies bei einem Anstieg der Kapitalkosten der Fall ist.



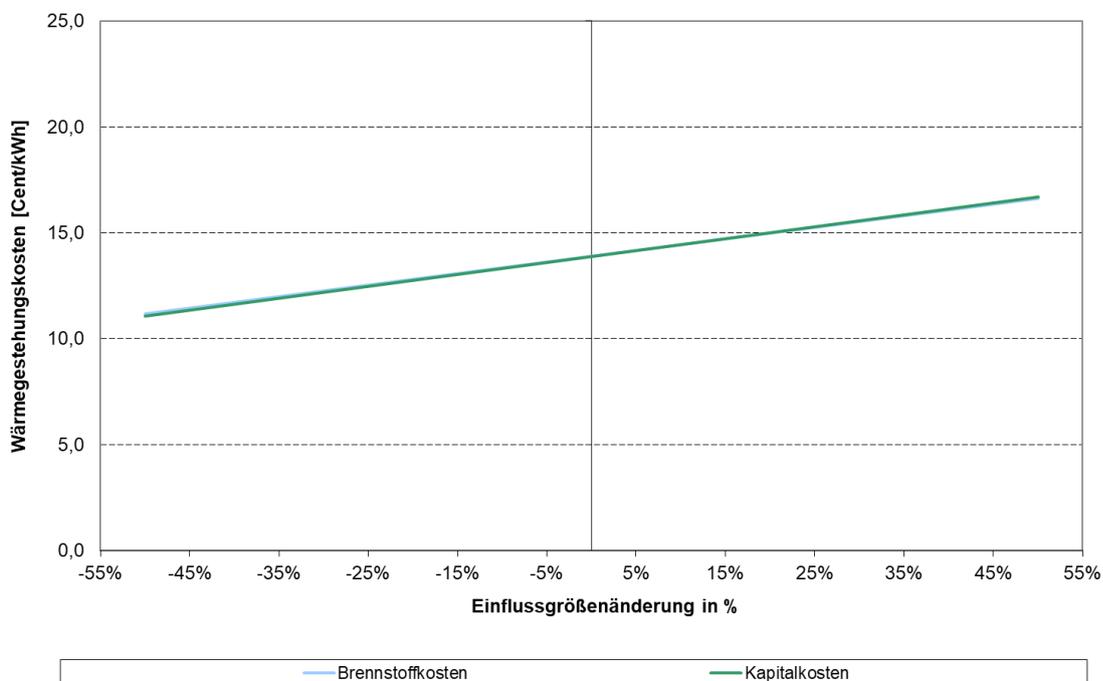
	Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3
Grundlast	Pelletkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel & Solarthermie	Pelletkessel & Wärmepumpe
Mittellast	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel
Spitzenlast	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

Abbildung 26: Nahwärmeverbundlösung - Sensitivitätsanalyse der Variante 1.0



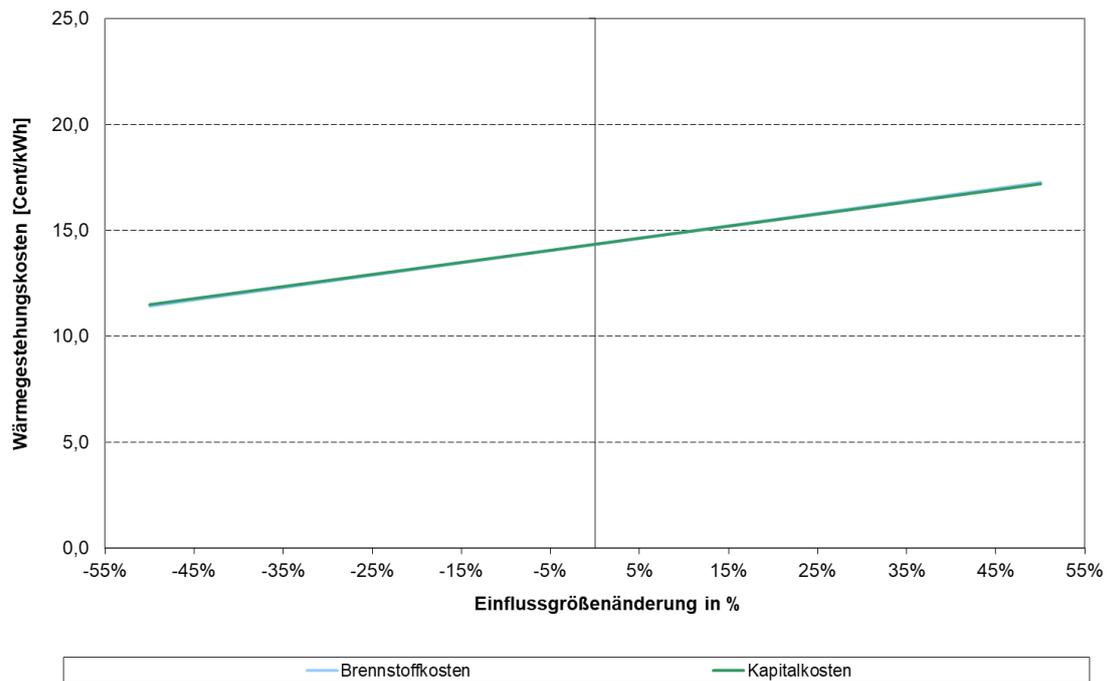
	Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3
Grundlast	Pelletkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel & Solarthermie	Pelletkessel & Wärmepumpe
Mittellast	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel
Spitzenlast	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

Abbildung 27: Nahwärmeverbundlösung - Sensitivitätsanalyse der Variante 1.1



	Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3
Grundlast	Pelletkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel & Solarthermie	Pelletkessel & Wärmepumpe
Mittellast	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel
Spitzenlast	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

Abbildung 28: Nahwärmeverbundlösung - Sensitivitätsanalyse der Variante 1.2



	Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3
Grundlast	Pelletkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel & Solarthermie	Pelletkessel & Wärmepumpe
Mittellast	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel
Spitzenlast	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

Abbildung 29: Nahwärmeverbundlösung - Sensitivitätsanalyse der Variante 1.3

2.6 CO₂-Bilanz zur Wärmeversorgung im Betrachtungsgebiet „Erweiterung H7 (BA2)“

Für die verschiedenen neuen Energieversorgungsvarianten wird zur Beurteilung der ökologischen Wertigkeit eine Bilanzierung der CO₂-Emissionen durchgeführt. Dabei wird neben dem jährlichen Brennstoffbedarf auch der notwendige Hilfsenergiebedarf (elektrische Energie) berücksichtigt. Die sog. „CO₂-Äquivalente“ werden mit Hilfe der GEMIS-Datenbank ermittelt [CO₂-Äquivalente nach GEMIS 4.95].

Tabelle 12: CO₂-Äquivalente nach GEMIS 4.95 und eigenen Berechnungen IfE; 12/2018

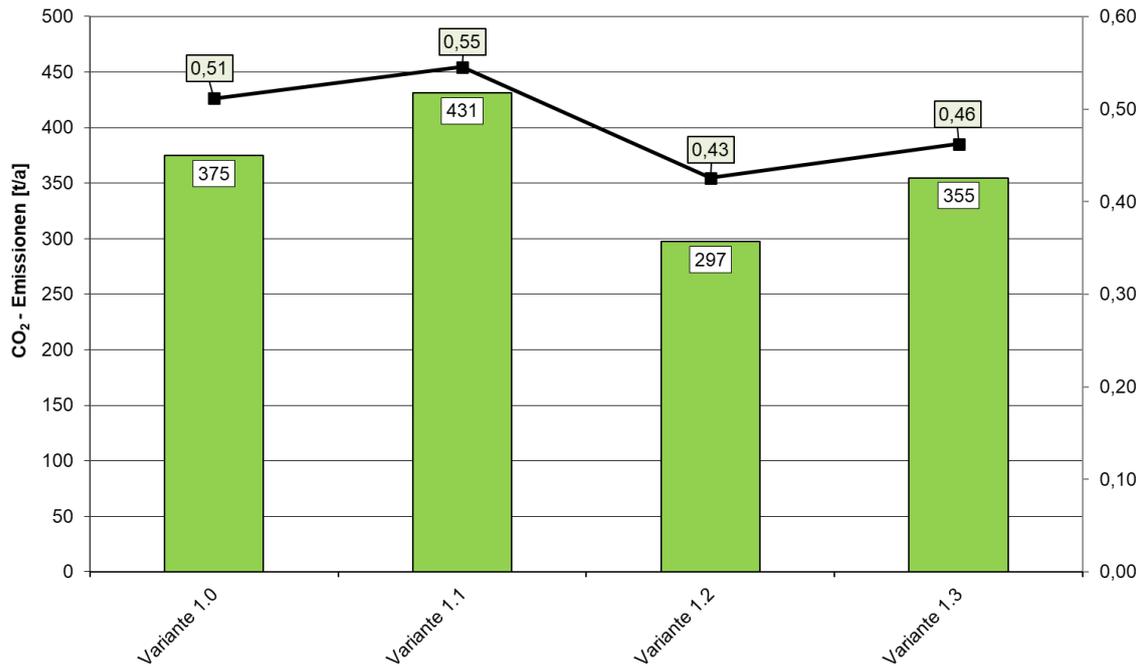
CO₂-Äquivalente nach GEMIS 4.95 - eigene Berechnungen IfE; 12/2018	
Energieträger	CO₂-Äquivalent (Gesamte Prozesskette) [g/kWh]
Heizöl EL	313
Erdgas	244
Hackschnitzel	14
Holzpellets	18
Strom	558

Bezugsgröße: kWh Endenergie, Heizwert Hi

Auf Basis der Grundlagen des Gebäudeenergiegesetzes sowie in Anlehnung an das AGFW-Regelwerk FW 309-1 „Energetische Bewertung von Fernwärme und Fernkälte“ mit Stand 02/2021 werden die resultierenden Primärenergiefaktoren für die einzelnen Varianten ausgewiesen.

Die Erstellung von Bescheinigungen über den Primär- und CO₂-Faktor eines späteren Wärmenetzes erfolgt gemäß AGFW FW 309-7 durch einen zertifizierten Gutachter.

Das Ergebnis der Berechnungen für den Nahwärmeverbund ist in Abbildung 30 ablesbar.



	Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3
Grundlast	Pelletkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel & Solarthermie	Pelletkessel & Wärmepumpe
Mittellast	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel
Spitzenlast	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

Abbildung 30: Nahwärmeverbundlösung - CO₂-Bilanz und resultierende Primärenergiefaktoren

Für den Vergleich mit der derzeitigen, dezentralen Energieversorgung und den daraus hervorgehenden CO₂-Emissionen werden diese auf Grundlage der Ergebnisse der Datenerhebung im Modellgebiet mittels einer Hochrechnung ermittelt (vgl. Tabelle 13).

Tabelle 13: Verteilung der Energieträger / CO₂-Emissionen im Betrachtungsgebiet (Teil-ENP)

CO ₂ -Emission im Betrachtungsgebiet Bubenreuth-Nord "Erweiterung H7"	
100% aller LS im Betrachtungsgebiet	Erdgas 648 t/a
	Heizöl 1.094 t/a
	Strom/Umweltwärme 128 t/a
	Biomasse 4 t/a
	Summe bei dezentraler Versorgung 1.874 t/a

*Berücksichtigung aller Zentralheizsysteme gemäß den Anteilen aus der FB-Auswertung

Für die aktuelle, **dezentrale Energieversorgungsstruktur** zur Wärmebereitstellung kann ein Näherungswert von rund **1.874 t_{CO2} pro Jahr** berechnet werden.

Werden nun in die Betrachtung des Nahwärmeverbundes die Anlieger der Wärmetrasse, welche sich nicht an diese anschließen möchten, auch in die ökologische Bewertung mit einbezogen, ergeben sich je nach Energieversorgungsvariante folgende, mittlere CO₂-Emissionen für das gesamte Modellgebiet (vgl. Abbildung 31).

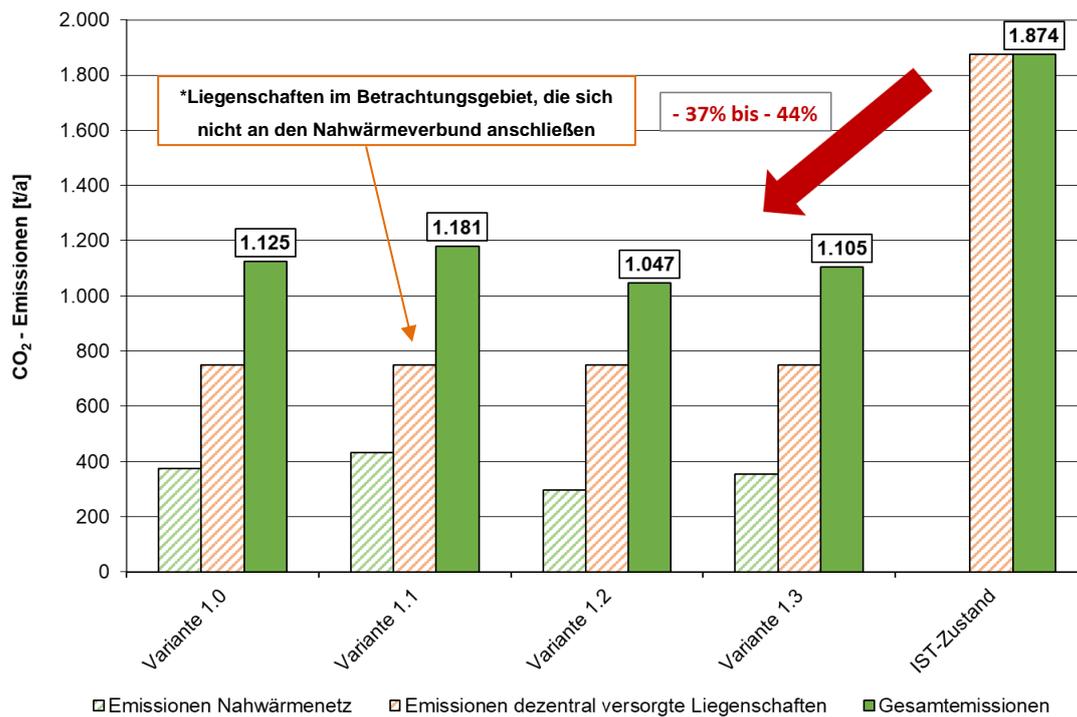


Abbildung 31: Nahwärmeverbundlösung - CO₂-Bilanz (nur Nahwärmeversorgung inkl. nicht angebundene Liegenschaften)

2.7 Überprüfung von aktuellen Fördermöglichkeiten

Nachfolgend werden verschiedene Förderprogramme vorgestellt, mit denen derzeit die Errichtung von Energieversorgungsanlagen gefördert werden können. Ebenso werden Förderprodukte vorgestellt, deren Ziel der Ausbau und die Nutzung von regenerativen Energieträgern oder KWK im Zusammenhang mit Nahwärmenetzen ist. Die Gewährung der Fördermittel ist dem Fördermittelgeber überlassen und ist im Einzelfall detailliert zu prüfen.

Hinweise zu den Förderungen

Ein Rechtsanspruch des Antragstellers auf Zuwendungen besteht nicht. Die KfW Fördermittelbank, das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle sowie das Technologie- und Förderzentrum entscheiden aufgrund ihres pflichtgemäßen Ermessens. Die Gewährung der Zuwendung steht unter dem Vorbehalt der Verfügbarkeit der veranschlagten Haushaltsmittel.

Anspruch auf Vollständigkeit aller Fördermittel besteht nicht. Die genauen Zuwendungsbedingungen sind den entsprechenden Förderprogrammen zu entnehmen und auf die endgültigen Investitionskosten (Ermittlung im Rahmen einer Ausschreibung) sowie den aktuellen Stand der Förderprogramme anzupassen.

Sonderförderungen wie beispielsweise eine Innovationsförderung (Staubemissionen) werden nicht berücksichtigt. Hier sind zur Gewährung Referenzmessungen erforderlich, die im Rahmen der Studie nicht erfolgen können.

Ein umfassender Überblick über alle derzeit verfügbaren Fördermittel kann u.a. dem Förderkompass der bayerischen Energieagenturen entnommen werden:

<https://energieagenturen.bayern/hp5837/Foerderkompass.htm>

Über die hier genannten Investitionsförderungen hinaus erfolgt für Anlagen zur Stromerzeugung eine indirekte Förderung anhand von Vergütungssätzen, welche in den entsprechenden Gesetzestexten festgelegt sind. So erfolgt eine Vergütung von Strom aus KWK anhand fossiler Energieträger auf Basis der Vorgaben des KWK-G, während Strom aus regenerativen Energiequellen (Biomasse-KWK, PV, Wasser- und Windkraft) anhand der Vergütungssätze aus dem EEG vergütet werden.

Die nachfolgenden Förderprogramme kommen für die vorliegende Konstellation aus Nahwärmenetz sowie zugehöriger Energieerzeugung in Frage und wurden auf ihre Eignung hin geprüft.

2.7.1 Energieversorgung

2.7.1.1 KfW-Förderprogramm „Erneuerbare Energien Premium“ - Energiesysteme (Programm 271/281/272/282)

Die KfW bietet mit dem Programm Erneuerbare Energien "Premium" die Möglichkeit größere Anlagen zur Nutzung regenerativer Energien im Wärmesektor anhand zinsgünstiger Darlehen in Kombination mit Tilgungszuschüssen als Investitionsförderung zu unterstützen. Diese Tilgungszuschüsse werden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie finanziert, welches hierdurch eine zukunftsfähige und nachhaltige Energieversorgung im Wärmemarkt mit dem Ziel des Umwelt- und Klimaschutzes fördert. Förderfähige Maßnahmen sind u.a.:

1. Solarkollektoranlagen:

Errichtung und Erweiterung von großen Solarthermieanlagen für die Heizwärme- und Warmwasserbereitstellung für Wohn- und Nichtwohngebäude, zur solaren Kälteerzeugung sowie zur Wärmebereitstellung in Wärmenetzen.

Die Mindestgröße beträgt hierbei 40 m² Bruttokollektorfläche.

Die Förderung ist über zwei Fördermechanismen möglich:

- Bei einer größenabhängigen Förderung sind bis zu 30 % der förderfähigen Nettoinvestitionskosten bei einer Nutzung zur Warmwasserbereitstellung, zur Raumheizung, solaren Kälteerzeugung und die (anteilige) Einspeisung in ein Wärmenetz möglich. Bei einer überwiegenden Einspeisung der Wärme aus Solarkollektoranlagen sind bis zu 40 % der förderfähigen Nettoinvestitionskosten möglich.
- Bei einer ertragsabhängigen Förderung wird der ausgewiesene Kollektorwärmeertrag auf die Anzahl der installierten Solarkollektoren bezogen und mit 0,45 € multipliziert.

2. Biomasseanlagen zur Verbrennung fester Biomasse für die thermische Nutzung

Errichtung und Erweiterung automatisch beschickter Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse (Holzhackschnitzel, Pellets und Scheitholz) mit einer Nennleistung von mehr als 100 kW_{th} (max. 2 MW_{th} für KWK-Biomasseanlagen).

Förderhöhe:

Grundförderung - bis zu 20 € pro kW_{Nennleistung} (max. 50.000 €)

Bonusförderung für niedrige Staubemissionen - bis zu 20 € pro kW_{Nennleistung}

Bonus für die Errichtung eines Pufferspeichers (mind. 30 l/kW_{th}) - bis zu 10 € pro kW_{Nennleistung}

Maximaler Tilgungszuschuss mit Bonusnutzung 100.000 €/Anlage.

3. Wärmenetze, die aus erneuerbaren Energien gespeist werden (vgl. 2.7.2.2)

4. Große Wärmespeicher

Die Errichtung und / oder Erweiterung von großen Wärmespeichern ($> 10 \text{ m}^3$), die überwiegend aus erneuerbaren Energien gespeist werden, sind im Rahmen einer Innovationsförderung mit einem Tilgungszuschuss von 250 €/m^3 förderfähig.

Die Förderung liegt bei max. 30 % der für einen Wärmespeicher anfallenden Nettoinvestitionskosten sowie höchstens 1 Million € Fördersumme.

5. Große effiziente Wärmepumpen

Über das KfW-Programm können effiziente Wärmepumpen ($> 100 \text{ kW}_{\text{Nennleistung}}$) gefördert werden. Diese müssen zu kombinierten WW-bereitung sowie Raumwärmebereitstellung von Gebäuden dienen. Bei Nichtwohngebäuden ist die Deckung des Heizwärmebedarfs bereits ausreichend. Auch eine Einspeisung der Wärme in Wärmenetze wird gefördert.

Darüber hinaus wird auch der Bau oder die Erweiterung einer Erdsonde, welche im Zusammenhang mit der geförderten Wärmepumpe steht, gefördert (max. eine Wärmesonde pro Projekt).

Eine Förderung von Luft/Wasser- oder Luft/Luft-Wärmepumpen sowie sonstige Wärmepumpen, die die erzeugte Wärme direkt an die Luft übertragen ist ausgeschlossen.

Förderhöhe:

Wärmepumpe $80 \text{ €/kW}_{\text{Nennleistung}}$ im Auslegungspunkt

Erdsonde 4 €/m bis 400m und 6 €/m ab 400m vertikale Tiefe

Die Fördergrenzen betragen min. 10.000 € und max. 100.000 € je Einzelanlage.

6. Zusatzförderungen

Über die genannten förderfähigen Maßnahmen hinaus sind sog. **Zusatzförderungen** möglich. Diese beziehen sich u.a. auf die Förderung **von kleinen und mittleren Unternehmen** (+ 10 % auf den gesamten Zuwendungsbetrag). Als weitere Zusatzförderung ist das „**Anreizprogramm Energieeffizienz**“ genannt. Basis hierfür ist die Richtlinie zur Förderung der beschleunigten Modernisierung von Heizungsanlagen bei Nutzung erneuerbarer Energien (je nach Maßnahme bis zu + 30 % der förderfähigen Investitionskosten).

Weitere Informationen können der Programmübersicht der KfW (Erneuerbare Energien) entnommen oder unter www.kfw.de nachgelesen werden.

2.7.1.2 Förderprogramm „BioKlima“ des Freistaates Bayern durch das Technologie-Förderzentrum (TFZ)

Gefördert werden im Förderprogramm BioKlima Neuinvestitionen zur Errichtung von automatisch beschickten Biomasse- und Pelletheizanlagen mit einer thermischen Nennleistung ab 60 kW_{th}. Für diese Anlagen muss eine kalkulatorische CO₂-Einsparung von mehr als 216 Tonnen innerhalb von 8 Jahren nachgewiesen werden (Bagatellgrenze). Als Brennstoff dürfen ausschließlich naturbelassene Holzbrennstoffe und halmgutartige Biomassen eingesetzt werden. Der Kessel muss für die Verwendung der gewählten Brennstoffe geeignet sein.

Der Zuschuss unterteilt sich in Grund- und Zusatzförderung:

Die Grundförderung beträgt höchstens 30 bis 40 % (nach Unternehmensgröße gestaffelt) der zuwendungsfähigen Kosten (= **Investitionsmehrkosten** Biomasseheizwerk).

Förderfähige Kosten sind nur die Investitionsmehrkosten zur Nutzung Erneuerbarer Energien. Die Investitionsmehrkosten des Biomasseheizwerks müssen anhand einer Vergleichsrechnung gegenüber einer fossilen Energieerzeugungsanlage berechnet werden.

Die Zusatzförderung beträgt:

- Für kleine Anlagen (60 - 200 kW_{th}) + 5 % / + 10 % der zuwendungsfähigen Mehrkosten bei einer Nutzung neuinstallierter solarer Wärme (10 % / 20 % solare Deckung).
- Für große Anlagen (> 200 kW_{th}) und kleine Anlagen + 5 % der zuwendungsfähigen Mehrkosten bei Installation eines Abgaswärmetauschers (Economiser) oder einer Abgaskondensationsanlage (ohne Dampferzeuger).

Förderobergrenze:

Die Förderobergrenze für Biomasseheizwerke größer 200 kW Nennwärmeleistung nach der Richtlinie BioKlima beträgt 200.000 €. Wird die Zusatzförderung für Energieeffizienzmaßnahmen in Anspruch genommen, erhöht sich die Förderobergrenze auf 250.000 €. Die Förderobergrenze für Biomasseheizsysteme (Kombinationsprojekte) nach Nr. 2.3 der Richtlinie BioKlima beträgt 300.000 €.

Es dürfen andere staatliche Mittel für denselben Zweck in Anspruch genommen werden (z.B. Marktanzreizprogramm des Bundes für Erneuerbare Energien), sofern der Subventionswert aller ausgereichten staatlichen Mittel 45 - 65 % der förderfähigen Kosten nicht übersteigt (nach Unternehmensgröße gestaffelt).

Die Bagatellgrenze beträgt 5.000 € (kleine Anlagen) bzw. 10.000 € (große Anlagen).

Die wichtigsten Fördervoraussetzungen:

Für den Betrieb von Biomasseheizanlagen (> 200 kW_{th}) mit Spitzenlastkessel muss eine vorgegebene Auslastung von mindestens 2.500 Volllaststunden erreicht werden. Bei monovalenten Anlagen (d.h. ohne Spitzenlastkessel) sind 2.000 Stunden zu überschreiten (Ausnahmen bei der Nutzung von Abwärme und solarer Strahlungsenergie). Bei kleineren Biomasseheizanlagen (60 - 200 kW_{th}) sind generell 1.500 Stunden pro Jahr nachzuweisen. Für den Betrieb der Anlage ist zudem ein Pufferspeicher mit mindestens 30 l/kW_{th} zu installieren.

Es ist eine Wärmebelegung bezogen auf den prognostizierten Wärmeabsatz von mindestens 1.500 kWh_{th}/(m²*a) neu errichteter Trasse nachzuweisen (abweichende Vorgaben für kleine Biomasseheizanlagen bei einer Nutzung von Solarthermie / Abwärme).

Ein schlüssiger und abgesicherter Kosten- und Finanzierungsplan muss vorgelegt werden.

Eine Einrichtung zur Abscheidung partikelförmiger Emissionen muss zwingend installiert werden (Nachweis, dass ein Mindestabscheidegrad von 50 % erreicht wird).

Hinweis:

Weitere Informationen können unter www.tfz.bayern.de/foerderung/ abgefragt werden.

2.7.2 Wärme- / Energienetze

2.7.2.1 Förderung von Wärmenetzen nach dem KWK-G (BAFA)

Im Rahmen des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWK-G) wird vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) u.a. der Neubau und Ausbau von Wärmenetzen gefördert. Das KWK-Gesetz ist im Jahr 2020 in novellierter Fassung in Kraft getreten.

Fördervoraussetzung ist unter anderem, dass spätestens 36 Monate nach der Inbetriebnahme des Netzes mindestens 75 % der Wärmeversorgung der an das Netz angeschlossenen Abnehmer in Kraft-Wärme-Kopplung nach Voraussetzungen des KWK- Gesetzes erfolgen muss (z.B. Einsatz eines BHKW). Weiterhin ist die Erlangung dieser Investitionsbeihilfe möglich sofern ein Mindestanteil von 10 % der Wärme aus einer KWK-Anlage und insgesamt mindestens 75 % bzw. 50 % (möglich bei Inbetriebnahme bis zum 31. Dezember 2022) aus regenerativen Energien, industrieller Abwärme und KWK-Anlagen, bereitgestellt werden (z.B. Kombination von Biomassekessel und BHKW).

Die Regelungen im Bereich Wärme- und Kältenetze sehen folgende Fördersätze vor:

- Netze mit mindestens 75 % KWK-Anteil oder einer Kombination mit Wärme aus KWK-Anlagen, erneuerbaren Energien und industrieller Abwärme:
 - o 40 % der ansatzfähigen Investitionskosten

- Netze mit 50 % KWK-Anteil oder einer Kombination mit Wärme aus KWK-Anlagen, erneuerbaren Energien und industrieller Abwärme (nur bis Inbetriebnahme 31.12.2022):
 - o 30 % der ansatzfähigen Investitionskosten

Hausübergabestationen fallen nicht in den förderfähigen Teil dieses Programmes. Die Nachweise sind durch einen Wirtschaftsprüfer zu erbringen.

Weitere Informationen unter www.bafa.de.

Hinweis:

Haben Wärmenetze Anspruch auf Förderung nach BAFA / KWK-Gesetz, so entfällt eine Koppelung der Förderung nach KfW.

Die Änderungen, die das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) durch das KWKG 2020 erfahren hat, sind zwar mit Wirkung zum 21. Dezember 2020 in Kraft getreten, stehen aber unter dem Vorbehalt der beihilferechtlichen Genehmigung durch die Europäische Kommission.

2.7.2.2 KfW-Förderprogramm - „Erneuerbare Energien Premium“ - Nahwärmenetze (Programm 271/272/281/282)

Die Errichtung oder Erweiterung von Wärmenetzen (inkl. Hausübergabestationen) wird unter anderem gefördert, wenn:

- mindestens 50 % Wärme aus Erneuerbaren Energien gespeist wird (60 % bei überwiegender Versorgung von Neubauten) oder
- ein Mindestwärmeabsatz von durchschnittlich mehr als 500 kWh_{th}/a je Trassenmeter nachgewiesen wird.

Die möglichen Tilgungszuschüsse betragen dabei 60 € je Meter Trassenlänge für Wärmenetze, für die keine Zuschlagsförderung nach dem KWK-Gesetz beantragt werden kann. Zuzüglich können die Hausübergabestationen von Bestandsgebäuden mit jeweils bis zu 1.800 € gefördert werden.

Zusätzlich gilt seit Januar 2016 die Zusatzförderung „Anreizprogramm Energieeffizienz“ (APEE), welches eine zusätzliche Erhöhung der Fördersätze um 20 % umfasst. Werden bei einem Nahwärmenetz überwiegend Hausanschlüsse mit ineffizienten, dezentralen Wärmeerzeugern ersetzt, so können die Hauptleitungen, die Hausübergabestationen (welche die ineffiziente dezentrale Heizung ersetzt) und die Hausanschlussleitung zu diesen Hausübergabestationen mit dem erhöhten Satz gefördert werden. Als besonders ineffizient gelten bspw. auch Wärmeerzeuger im Heizölbetrieb, sofern keine Austauschpflicht nach § 10 der Energieeinsparverordnung vorliegt.

Weitere Informationen können der Programmübersicht der KfW (Erneuerbare Energien) entnommen oder unter www.kfw.de nachgelesen werden.

2.7.2.3 Modellvorhaben Wärmenetze 4.0

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie fördert durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) den Bau von hochinnovativen Wärmenetzsystemen (Wärmenetze 4.0). Diese sollen zu einer nachhaltigen Versorgung von Wohn- und Nichtwohngebäuden sowie gewerblichen Prozessen (Niedertemperatur) dienen.

Förderberechtigte sind sämtliche Unternehmen inkl. Ingenieurbüros und Projektentwickler, Gemeinden / Städte / Landkreise, kommunale Betriebe, kommunale Zweckverbände, eingetragene Vereine und eingetragene Genossenschaften (Beantragung auch aus einem Konsortium verschiedener Projektbeteiligter möglich).

In einem ersten Schritt muss die Realisierbarkeit des Vorhabens anhand einer Machbarkeitsstudie geprüft werden (siehe „Merkblatt zu den Anforderungen an eine Machbarkeitsstudie“).

Das Fördervorhaben unterteilt sich in 2 sog. Module:

Modul 1: Förderung einer Machbarkeitsstudie
(technische Umsetzung und Wirtschaftlichkeit)

Modul 2: Bau des Wärmenetzes

Vorgaben zur Erlangung von Fördermitteln aus dem Modellvorhaben Wärmenetzsystem 4.0:

- Klimaschonender, innovativer Energieträger bzw. Energieträgermix (Anteil EE min. 50 %; Anteil Biomasse max. 50 % am Gesamtanteil; Spitzenlastdeckung zu max. 10 % aus fossilen Energieträgern)
- Kosteneffizienz (Bruttowärmepreis < 12 Cent/kWh_{th} inkl. Grundpreis)
- Mindestgröße (min. 100 Abnehmer; alternativ: Wärmebedarf > 3 GWh_{th}; Abweichende Vorgaben bei Quartierskonzepten mit besonders innovativer Verfahrens- oder Anlagentechnik)
- Niedertemperaturnetze (< 95°C Vorlauftemperatur)
- Wärmespeicher (saisonaler Wärmespeicher wünschenswert)
- Sektorkopplung und Strommarktdienlichkeit (Schnittstelle für einen automatisierten strommarkt- bzw. netzdienlichen Betrieb der Anlagentechnik)

Die Förderung einer Machbarkeitsstudie kann bis zum 31.12.2020 beim BAFA beantragt werden (max. Förderhöhe 600.000 €; Förderquote 50 % bis 60 % abhängig von der Unternehmensgröße; 12 Monate Umsetzungszeitraum).

Die Förderung des innovativen Wärmenetzes selbst kann bis zu 50 % der förderfähigen Ausgaben betragen (max. Förderhöhe 15 Mio. €; 48 Monate Umsetzungszeitraum). Diese „förderfähigen Ausgaben“ sind im Einzelnen dem „Merkblatt zur Antragstellung und den förderfähigen Ausgaben“ zu entnehmen.

Die Förderquote setzt sich aus folgenden Bestandteilen zusammen:

- Grundförderung 20 % (30 % bei KMU)
- Nachhaltigkeitsprämie (gleitend) max. 10 % (Anteil EE)
- Kosteneffizienzprämie (gleitend) max. 10 % (Wirtschaftlichkeit)

Darüber hinaus ist für besonders innovative einzelne Komponenten oder Verfahren eine Erhöhung der Förderquote auf 65 % bis 75 % möglich.

Weitere Informationen unter www.bafa.de.

2.7.2.4 Dorferneuerungsrichtlinien zum Vollzug des Bayerischen Dorfentwicklungsprogramms (DorfR)

- **Hintergrund:** Stärkung des ländlichen Raums und fördert die Standort- und Lebensqualität durch die Dorferneuerung. Ziel ist die Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen in Dörfern und Gemeinden.
- **Fördermittelgeber:** Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
- **Laufzeit Förderprogramm:** Bis 31.12.2021
- **Antragsberechtigte:**
 - Teilnehmergeinschaften,
 - Natürlichen und juristischen Personen sowie Personengemeinschaften
 - Gemeinden
 - Den Verbänden für Ländliche Entwicklung und dem Landesverband für ländliche Entwicklung Bayern

- **Fördergegenstand:**

- Vorbereitungen, Planungen und Beratungen
- Gemeinschaftliche und öffentliche Maßnahmen und Anlagen sowie
- Private Vorhaben

Das sind unter anderem:

- Untersuchungen, Moderationen, Aktionen, Beratungen und Öffentlichkeitsarbeit
- Konzepte und Planungen zur Dorf- bzw. Gemeindeentwicklung
- Anlagen zur umweltfreundlichen oder klimaschützenden Ver- und Entsorgung (z. B. kleine Nahwärmenetze)

- **Fördervoraussetzung:**

- Mit einer Maßnahme darf erst begonnen werden, wenn die Zustimmung des Amtes vorliegt
- Ein beteiligter Gemeindeteil soll in der Regel nicht mehr als 2.000 Einwohner haben.
- Bei einer Wärmebelegung des Netzes von 500 bis 1.500 kWh/m*a ist eine 100%ige Vollversorgung über Biomasse grundlegende Fördervoraussetzung. Erst über einer Wärmebelegungsdichte von > 1.500 kWh/m*a ist auch der Einsatz eines Gasspitzenlastkessels möglich.

- **Förderhöhe:**

- Die Förderung wird in der Regel als Projektförderung mittels Anteilfinanzierung durch Zuschüsse gewährt.
- Vorbereitung und Begleitung der Dorferneuerung, Planungen sowie Beratungen **bis 70 %**
- Für öffentliche und gemeinschaftliche Maßnahmen **bis zu 60%**
- Bagatellgrenze liegt bei 25.000 € für Dorferneuerung
- Förderobergrenze: max. 200.000 €

2.7.2.5 Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG)

Der Anschluss an ein öffentliches Wärmenetz wird durch das BEG seit 01.01.2021 mit bis zu 45% gefördert. Dies ist für die Anschlussnehmer relevant und dient als Argument für einen Nahwärmeanschluss. Auf das Nahwärmenetz (Material & Verlegung) hat die BEG-Förderung im vorliegenden Fall keine Wirkung

2.7.3 Übersicht der angesetzten Fördermittel

Für die betrachteten Energieversorgungsvarianten ergeben sich demnach die folgenden einmaligen Fördermittel:

Tabelle 14: Übersicht der geprüften Fördermittel

Ifd Nr.	Förderprogramm	Variante 1.0			Variante 1.1			Variante 1.2			Variante 1.3		
		Anwendung	Fördersumme [Euro]	Anmerkung	Anwendung	Fördersumme [Euro]	Anmerkung	Anwendung	Fördersumme [Euro]	Anmerkung	Anwendung	Fördersumme [Euro]	Anmerkung
1.	KfW "Erneuerbare Energien Premium" <i>Solkollektoren</i>	nein	-	-	nein	-	-	ja	99.800 €	40% der ansatzfähigen Kosten	nein	-	-
2.	KfW "Erneuerbare Energien Premium" <i>Biomasseanlagen</i>	ja	49.500 €	50€ je KW	ja	45.000 €	50€ je KW	ja	49.500 €	50€ je KW	ja	49.500 €	50€ je KW
3.	KfW "Erneuerbare Energien Premium" <i>Große Wärmespeicher</i>	ja	10.000 €	250€ je m³	ja	10.000 €	250€ je m³	ja	10.000 €	250€ je m³	ja	10.000 €	250€ je m³
4.	KfW "Erneuerbare Energien Premium" <i>Große effiziente Wärmepumpen</i>	nein	-	-	nein	-	-	nein	-	-	ja	32.000 €	80€ je KW 4 €/m bis 400m Sondentiefe
5.	KfW "Erneuerbare Energien Premium" <i>Zusatzförderungen</i>	Diese Zuschusserhöhung wurde in unserem Konzept auf Grund des noch nicht geklärten Betreibermodells sowie der noch unsicheren Anschlussquote noch nicht berücksichtigt.											
6.	TFZ "BioKlima"	Eine der Grundvoraussetzungen für eine Inanspruchnahme des Förderprogramms ist eine Wärmebelegdichte von mehr als 1.500 kWh/m²*a. Diese ist im vorliegenden Fall im Endausbau BA2 mit ca. 1.000 kWh/m²*a nicht erfüllt. Dadurch fand das Programm bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung keine Anwendung											
7.	KWKG-Wärmenetzförderung	nein	-	-	nein	-	Der Deckungsanteil im Wärmenetz beträgt bei 3.500 vbh (Maximalgrenze für KWKG-Zuschlag) rund 7,9 %	nein	-	-	nein	-	-
8.	KfW "Erneuerbare Energien Premium" <i>Nahwärmenetze</i>	ja	235.320 €	60€ je Trassenmeter	ja	235.320 €	60€ je Trassenmeter	ja	235.320 €	60€ je Trassenmeter	ja	235.320 €	60€ je Trassenmeter
9.	KfW "Erneuerbare Energien Premium" <i>Übergabestationen</i>	ja	207.000 €	1.800 € je Station	ja	207.000 €	1.800 € je Station	ja	207.000 €	1.800 € je Station	ja	207.000 €	1.800 € je Station
10.	Modellvorhaben Wärmenetze 4.0	Aufgrund der noch unklaren Anschlussnehmerzahl wurde das Förderprogramm nicht berücksichtigt.											
11.	Dorferneuerungsrichtlinien (Dorfer)	Bei gegebener Wärmebelegdichte im Betrachtungsgebiet wäre nur Förderung einer Vollversorgung mit Biomasse möglich.											
Maximale Fördersumme		501.820 €			497.320 €			601.620 €			533.820 €		
<i>bezogen auf Betrachtungszeitraum 20a</i>		25.091 €			24.866 €			30.081 €			26.691 €		

Bei Variante 1.2 ergeben sich im Vergleich der Varianten die größten erzielbaren Förderzuschüsse. Demgegenüber stehen jedoch auch sehr hohe Investitions- und Betriebskosten. Die größtmögliche Förderung für sich genommen bestimmt jedoch nicht die Systementscheidung. Wesentlich aussagekräftiger sind die aus der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung resultierenden Wärmegestehungskosten.

2.8 Mögliche Ansatzpunkte zur Optimierung

Die resultierenden Wärmegestehungskosten liegen im Bereich zwischen 12,7 und 13,7 ct/kWh_{th}. Im nachfolgenden werden mögliche Optimierungsansätze und Einflussfaktoren bzgl. der Wärmegestehungskosten lokalisiert und aufgezeigt.

Hierzu gilt es, die Wärmegestehungskosten nach ihren Kostenbestandteilen aufzuschlüsseln. In nachfolgender Abbildung 32 sind die Kostenanteile

- Kapitalgebundene Kosten
- Verbrauchsgebundene Kosten
- Betriebsgebundene Kosten und
- Sonstiger Kosten

sowie der Einfluss der KWK-Vergütung und der Fördermittel graphisch dargestellt.

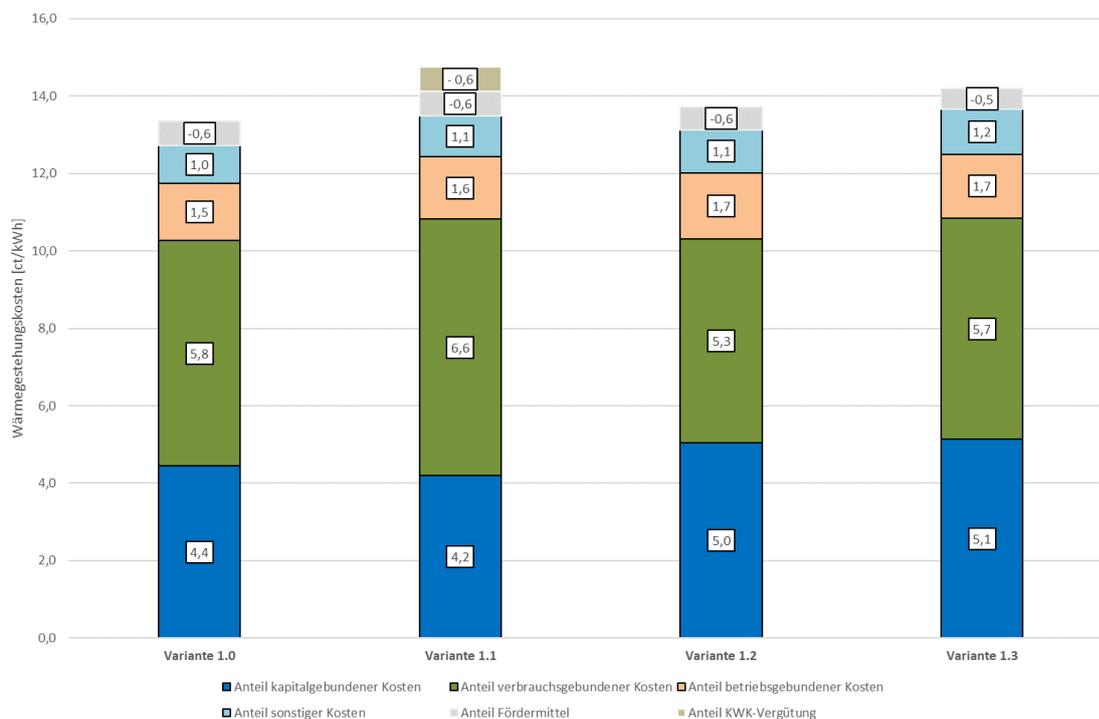


Abbildung 32: Zusammensetzung Wärmegestehungskosten der einzelnen Varianten

Demnach sind neben den verbrauchsgebundenen Kosten insbesondere die Kapitalkosten mit einem Anteil zwischen 4,4 und 5,1 ct/kWh die maßgeblichen Einflussfaktoren. Diese können durch zwei Mechanismen beeinflusst werden:

- Investitionskosten des Anlagenparks senken: unter dem Hintergrund weiter steigender Baupreise, gilt es während einer möglichen Realisierung die Kostenstruktur insbesondere für das Heizhaus inkl. Biomasselager zu optimieren.

Hierbei kann beispielsweise auf eine einfache Bauweise mit Fertigteilen oder ähnlichem zurückgegriffen werden, um die Kapitalkosten zu senken. Der Einfluss einer Kostensenkung ist auch im Abschnitt 2.5.4 in Form einer Sensitivitätsanalyse dargestellt.

- Anteil der Fördermittel erhöhen: wie die Prüfung der Fördermöglichkeiten in Kapitel 2.7.3 zeigt, sind die Fördermittel bereits sinnvoll eingesetzt worden. Ein einziger Optimierungsansatz kann bei der KWK-Variante V1.1 unter Umständen zum Ansatz gebracht werden. Hierzu wird die BHKW-Laufzeit auch über den Zuschlagszeitraum der KWK-Vergütung hinaus auf 4.500 Vollbenutzungsstunden pro Jahr erhöht, um einen Anteil von 10% KWK-Wärme im Netz zu erreichen. Dadurch kann für das Nahwärmenetz die Fördersätze des KWKG in Anspruch genommen werden (max. 40% der förderfähigen Kosten). Dies hätte zur Folge, dass sich die Netzförderung von **442.320 €** (KfW EE Premium) auf **712.100 €** (KWKG) erhöht. Im Umkehrschluss bewirkt diese Erhöhung der BHKW-Laufzeit und der Fördermittel eine Reduktion der Wärmegestehungskosten um $-0,3 \text{ ct/kWh}$ von anfänglich **13,5 ct/kWh_{th}** auf **13,2 ct/kWh_{th}** inkl. Fördermittel (vgl. Abbildung 33)

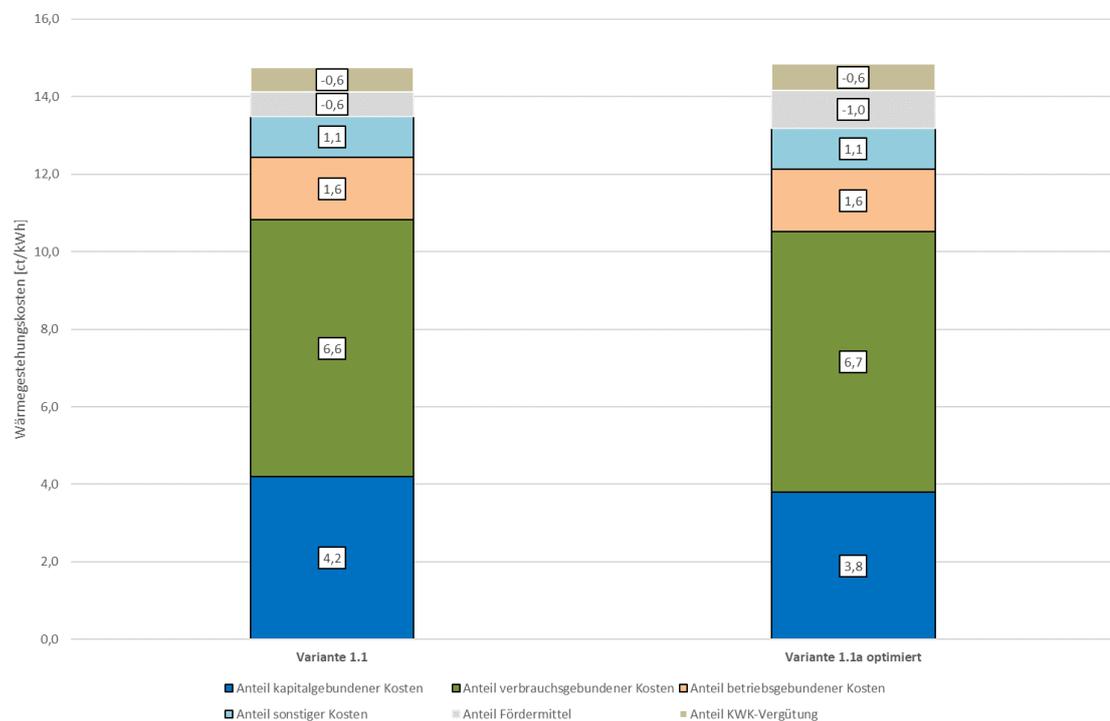


Abbildung 33: Zusammensetzung Wärmegestehungskosten der Varianten V1.1 und V1.1a optimiert

Beihilferechtlicher Vorbehalt:

Die Änderungen, die das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) durch das KWKG 2020 erfahren hat, sind zwar mit Wirkung zum 21. Dezember 2020 in Kraft getreten, stehen aber unter dem Vorbehalt der beihilferechtlichen Genehmigung durch die Europäische Kommission. Das bedeutet, dass geänderte Vorschriften vor der – aktuell noch ausstehenden – beihilferechtlichen Genehmigung **nicht angewendet** werden dürfen (Anwendungsverbot).

Aus diesem Grund wurde diese Fördermöglichkeit noch nicht abschließend berücksichtigt.

2.9 Klärung rechtlicher und energiewirtschaftlicher Fragen/Betreibermodelle

2.9.1 Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme (AVBFernwärmeV)

Die AVBFernwärmeV stellt das grundlegende Regelwerk für die allgemeinen Versorgungsbedingungen zwischen Fernwärmebetreiber und Fernwärmekunde dar. Neben Vorgaben hinsichtlich der Vertragsgestaltung sind darin auch Anhaltspunkte zur Fernwärmepreisgestaltung zu finden (vgl Kapitel 2.9.2).

Nachfolgend sind die Kernpunkte der AVBFernwärmeV stichpunktartig zusammengefasst:

- Ein Vertrag zwischen Fernwärmeversorgungsunternehmen und Fernwärmekunde soll schriftlich geschlossen werden (§2)
- Die Wärmeversorgung erfolgt zu den allgemeinen Versorgungsbedingungen in Form von Dampf, Kondensat oder Heizwasser (§4)
- Dem Fernwärmeversorgungsunternehmen ist die Herstellung des Hausanschlusses auf dem Kundengrundstück sowie die Installation der Komponenten unentgeltlich zu gestatten. Zudem hat der Kunde den jederzeitigen Zugang zur Anlage zu gestatten (§8 & §16)
- Das Fernwärmeversorgungsunternehmen ist berechtigt einen angemessenen Baukostenzuschuss (BKZ) von den Anschlussnehmern zu verlangen. Der BKZ darf max. 70% der bei wirtschaftlicher Betriebsführung notwendigen Kosten für Erstellung und Verstärkung des Netzes betragen. Die notwendigen Kosten müssen sich zudem dem Versorgungsgebiet zuordnen lassen, in dem der Anschluss erfolgt (§9)
- Das Fernwärmeversorgungsunternehmen darf vom Kunden für die Erstellung des Hausanschlusses sowie für die Veränderung des Hausanschlusses einen Baukostenzuschuss verlangen (§10)

- Technische Anforderungen an den Hausanschluss und andere Anlagenteile sowie an den Betrieb der Anlage werden über die technischen Anschlussbedingungen (TAB) festgesetzt (§17)
- Bei Verstößen gegen die vertraglich festgesetzten Bedingungen darf das Fernwärmeversorgungsunternehmen Vertragsstrafen gegenüber dem Kunde erheben (§23)
- Die Laufzeit von Versorgungsbeträgen beträgt höchstens zehn Jahre. Bei nicht fristgerechter Kündigung gilt eine Verlängerung um fünf Jahre (§32)

Für die aus dem Jahr 1980 stammende Verordnung steht eine umfassende Novellierung an, um insbesondere den Verbraucherschutz im Fernwärmemarkt zu verbessern.

Weitere Informationen unter www.gesetze-im-internet.de.

2.9.2 Fernwärmepreisgestaltung

Wie im vorangegangenen Abschnitt dargestellt, regelt die AVBFernwärmeV auch maßgeblich die Fernwärmepreisgestaltung. Grundsätzlich ist bei den Kostenbestandteilen zwischen einmaligen Kosten und laufenden Kosten zu unterscheiden.

Einmalige Kosten:

- Baukostenzuschuss
- Hausanschlussgebühren

Laufenden Kosten:

- Grund-/Leistungspreis in €/kW
- Arbeitspreis in ct/kWh
- Messpreis in €/a

Da es sich bei Fernwärmeverträgen um langfristige Verträge mit einer Laufzeit von 10 Jahren zzgl. Verlängerungsoption handelt, muss der ursprünglich vereinbarte Preis den aktuellen Entwicklungen angepasst werden. Um eine einseitige Preiserhöhung zu vermeiden, sollen Preisänderungen über eine allgemeingültige Preisänderungsklausel angepasst werden.

Solche Preisänderungsklauseln müssen

1. die Kostenentwicklung bei der Erzeugung und Bereitstellung der Fernwärme und
2. die jeweiligen Verhältnisse am Wärmemarkt

angemessen berücksichtigen.

2.9.3 Wechselwirkung mit GEG

Neubauten müssen den Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (kurz GEG) genügen.

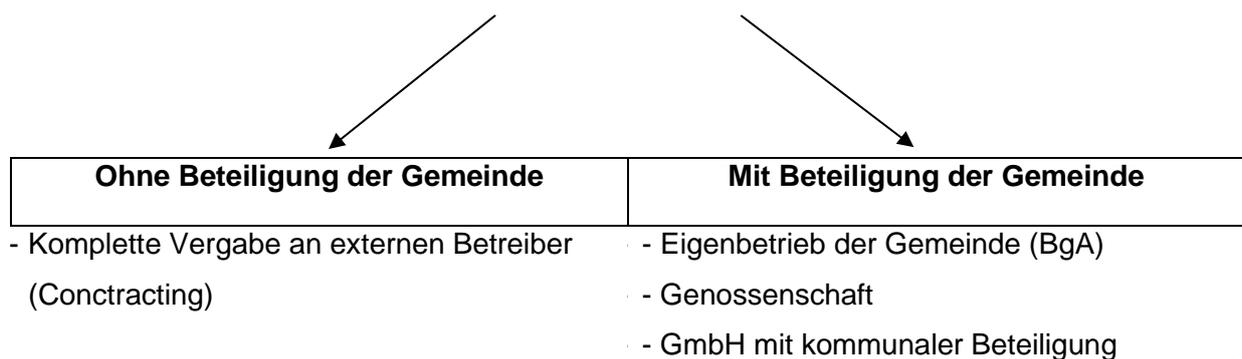
Aufgrund des in jeder Variante niedrigen fp (hoher Anteil erneuerbarer Energien), erfüllen alle Varianten die aktuell gültigen Anforderungen des GEG bzgl. des geforderten Anteils an Erneuerbaren Energien

Wenn angeschlossene Liegenschaften saniert werden, können diese relativ leicht einen Effizienzhausstandard über BEG erreichen.

2.9.4 Mögliche Betreibermodelle

Die für ein Wärmenetz in Frage kommenden Betreibermodelle wurden im Rahmen einer ausführlichen Präsentation im November 2020 vorgestellt. Diese ist diesem Bericht als PDF beigefügt.

Grundsätzlich kann zwischen den folgenden Betreibermodellen unterschieden werden:



Die Vor- und Nachteile der einzelnen Betreibermodelle wurde ausgiebig vorgestellt und diskutiert. Im Projektverlauf haben die Entscheidungsträger der Gemeinde bereits einen Betrieb durch die Gemeinde selbst (z.B. in Form eines „Betriebs gewerblicher Art“) ausgeschlossen, da der entstehende Aufwand ohne zusätzliches, ausgebildetes Personal nicht bewältigt werden kann. Somit verbleiben lt. unserer Darstellung aus dem November 2020 neben der vollständigen Übergabe an einen externen Betreiber noch die beiden Möglichkeiten der Gründung einer GmbH oder aber einer eingetragenen Genossenschaft. Eine abschließende Empfehlung für oder gegen ein Betreibermodell kann jedoch erst eine juristische Fachberatung aufzeigen, wobei sämtlichen gemeindespezifischen Rahmenbedingungen Rechnung getragen werden. Diese juristische Fachberatung ist nicht Teil dieser Umsetzungsbegleitung.

Zusätzliche Informationen und Entscheidungshilfen sind über die Stellen des bayerischen Genossenschaftsverbandes möglich. Nachfolgend die Kontaktdaten:

Herr Max Riedl

Bereich Prüfung und Betreuung W&D

Betreuung Ware Dienstleistung

Telefon: 089 2868-3566

Mobil: 0151 1212-0068

Telefax: 089 2868-3575

Internet-E-Mail: MRiedl@gv-bayern.de

An dieser Stelle sei ebenfalls auf die unterstützende Präsentation der Klimaschutzbeauftragten des Landkreises hingewiesen.

2.10 Energieversorgung im Gebietsumgriff - Zusammenfassung

In Tabelle 15 (Folgeseite) sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammenfassend dargestellt. Die niedrigsten WGK bzw. Jahresgesamtkosten ergeben sich sowohl mit als auch ohne Fördermittel, bei der Variante 1.0. Basierend auf einer Kaskade bestehend aus drei Pelletkessel gleicher Leistung kann hier eine Wärmeversorgung mit rund 83 %-igem Anteil des regenerativen Energieträgers Holz realisiert werden. Gefolgt wird diese, unter Berücksichtigung möglicher Fördermittel, von der auf Biomasse und Solarthermie basierenden Variante 1.2. Diese kann mittels der Kombination von Pelletkessel als Grund- und Mittellast-Wärmeerzeuger und einer Solarthermieanlage zur Grundlastdeckung einen Wärmepreis von ca. 13,1 Cent/kWh_{th} realisieren. Insbesondere unter ökologischen Gesichtspunkten kann zudem diese Variante 1.2 bei einer möglichen Umsetzung des Nahwärmeverbundes näher geprüft werden.

Eine Absenkung der Wärmegestehungskosten durch den Erhalt möglicher Investitionsfördermittel ist aufgrund der Anlagenstruktur sowie der vorliegenden Wärmebelegungsdichte in allen Varianten möglich. Des Weiteren sind in der Kalkulation noch keine, das Investitionsvolumen senkende, Anschlussgebühren oder Baukostenzuschüsse seitens der Anschlussnehmer beachtet.

Die niedrigsten, kalkulatorische Treibhausgasemissionen sind in der Variante 1.2 möglich (Biomassekessel + Solarthermie + Erdgasspitzenlastkessel). Gefolgt wird diese von der, auf rund 8 % Wärmepumpenanteil basierenden, Variante 1.3.

Tabelle 15: Nahwärmeverbundlösung – Zusammenfassung

	Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3
Grundlast	Pelletkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel & Solarthermie	Pelletkessel & Wärmepumpe
Mittellast	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel
Spitzenlast	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

		Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3
ohne mögliche Förderungen					
Investitionskosten	[€]	4.502.000	4.788.000	4.861.000	4.960.000
Jahresgesamtkosten	[€]	531.000	561.000	546.000	566.000
Wärmegestehungskosten	[€-Cent/kWh]	13,4	14,1	13,7	14,2
mit möglichen Förderungen					
maximale Projektförderung	[€]	501.820	497.320	601.623	533.820
Jahresgesamtkosten	[€]	506.000	536.000	522.000	544.000
Wärmegestehungskosten	[€-Cent/kWh]	12,7	13,5	13,1	13,7
CO ₂ -Emissionen	[t/a]	375	431	297	355

Zum Vergleich ist die Dimensionierung dezentraler Heizungsanlagen zudem als Referenz zu sehen (vgl. anschließendes Kapitel).

3 Dezentrale Versorgungsvarianten

Im Rahmen der Erstellung des Teil-Energienutzungsplanes im Gebietsumgriff des Bauhofes in Bubenreuth wurden bereits verschiedene, dezentrale Anlagensysteme zur Wärmeversorgung als Referenz zur Nahwärmelösung betrachtet. Die Ergebnisse der dezentralen Versorgungsvarianten behalten auch für das Betrachtungsgebiet Bubenreuth-Nord ihre Gültigkeit und sind deshalb der Vollständigkeit halber ebenfalls nachfolgend nochmals aufgeführt.

3.1 Beschreibung der Modellgebäude

Zum Vergleich mit den bereits berechneten Nahwärmeverbundvarianten wird eine Berechnung der zu erwartenden, mittleren Wärmegehungskosten zur dezentralen Versorgung einzelner Liegenschaften angestellt. Hierzu werden für Modellgebäude unterschiedlicher Größenordnung, bezogen auf den Energiebedarf, verschiedene Energieversorgungssysteme dimensioniert und anschließend in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 ökonomisch bewertet.

Ebenso werden für diese Kalkulationen zur ökologischen Wertigkeit anhand einer CO₂-Bilanz nach den Vorgaben der Tabelle 12 erstellt.

Folgende Wärmebedarfsdaten werden den Mustergebäuden bzw. Energiebedarfskategorien zur Berechnung der dezentralen Versorgung zugeordnet:

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. Reihen-, Doppel- oder Einfamilienhaus: | ca. 15.000 kWh _{th} /a |
| 2. Ein- oder Zweifamilienhaus: | ca. 25.000 kWh _{th} /a |
| 3. Kleines Mehrfamilienhaus oder Kleingewerbe: | ca. 40.000 kWh _{th} /a |
| 4. Mehrfamilienhaus oder Gewerbe: | ca. 60.000 kWh _{th} /a |

Ziel der Betrachtung ist die Veranschaulichung möglicher, dezentraler Wärmeversorgungsvarianten anhand deren Kostenniveau sowie ökologischer Wertigkeit.

Bei den Modellgebäuden handelt es sich in allen Fällen um ein bestehendes Gebäude mit einem Heizsystem, welches überwiegend auf Radiatoren basiert. Die Warmwasserbereitstellung erfolgt zudem über den zentralen Wärmeerzeuger.

3.2 Dimensionierung dezentraler Wärmeversorgungsvarianten

Aufbauend auf den anzusetzenden Wärmebedarf der Modellgebäude werden, konkurrierend zu einer zentralen, leitungsgebundenen Wärmeversorgung dezentrale Wärmeversorgungskonzepte dimensioniert und auf ihre Wirtschaftlichkeit hin geprüft.

Bewertete Heizungsanlagen:

- Pelletkessel
- Luft-/Wasser - Wärmepumpe
- Sole-/Wasser - Wärmepumpe
- Heizöl-Brennwertkessel/-therme
- Gas-Brennwertkessel/-therme mit Solarthermieanlage
- Gas-Brennwertkessel/-therme ohne Solarthermieanlage

Nachfolgende Abbildung (Folgeseite) zeigt die durchschnittlichen Wärmegestehungskosten (netto) für eine dezentrale Wärmeerzeugung in den vier Energiebedarfsklassen. Bei den WGK handelt es sich um durchschnittliche Richtwerte, die jedoch je nach Gebäude und individueller Anlagentechnik in beide Richtungen variieren können. Zur besseren Vergleichbarkeit sind die WGK ebenso wie in den Wärmeverbundvarianten als Nettokosten ohne MwSt. ausgewiesen.

Alle Berechnungen werden ebenso wie in den vergangenen Kapiteln in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 und unter Berücksichtigung möglicher BEG-Fördermittel durchgeführt.

Die beiden auf Wärmepumpen basierenden Varianten sind aufgrund der mittlerweile größeren Nachfrage mit abgebildet, sollten jedoch nur dann zum Einsatz kommen, wenn das nötige, niedrige Temperaturniveau für einen effizienten Betrieb, im Gebäude beispielsweise durch Flächenheizungen, vorliegt.

Ferner ist bei der Wahl des künftigen Wärmeerzeugers darauf zu achten, welchen energetischen Standard die Liegenschaft bspw. durch eine einhergehende Sanierung erlangen soll. Wird z.B. der Betrieb eines fossilen Wärmeerzeugers (z.B. Erdgastherme) angestrebt, sind u.U. entsprechende „Ersatzmaßnahmen“ (z.B. Lüftung, PV-Anlage etc.) bei einer Gebäudesanierung zu berücksichtigen. Die genauen Vorgaben sind im Einzelnen dem Gesetzestext (GEG) zu entnehmen.

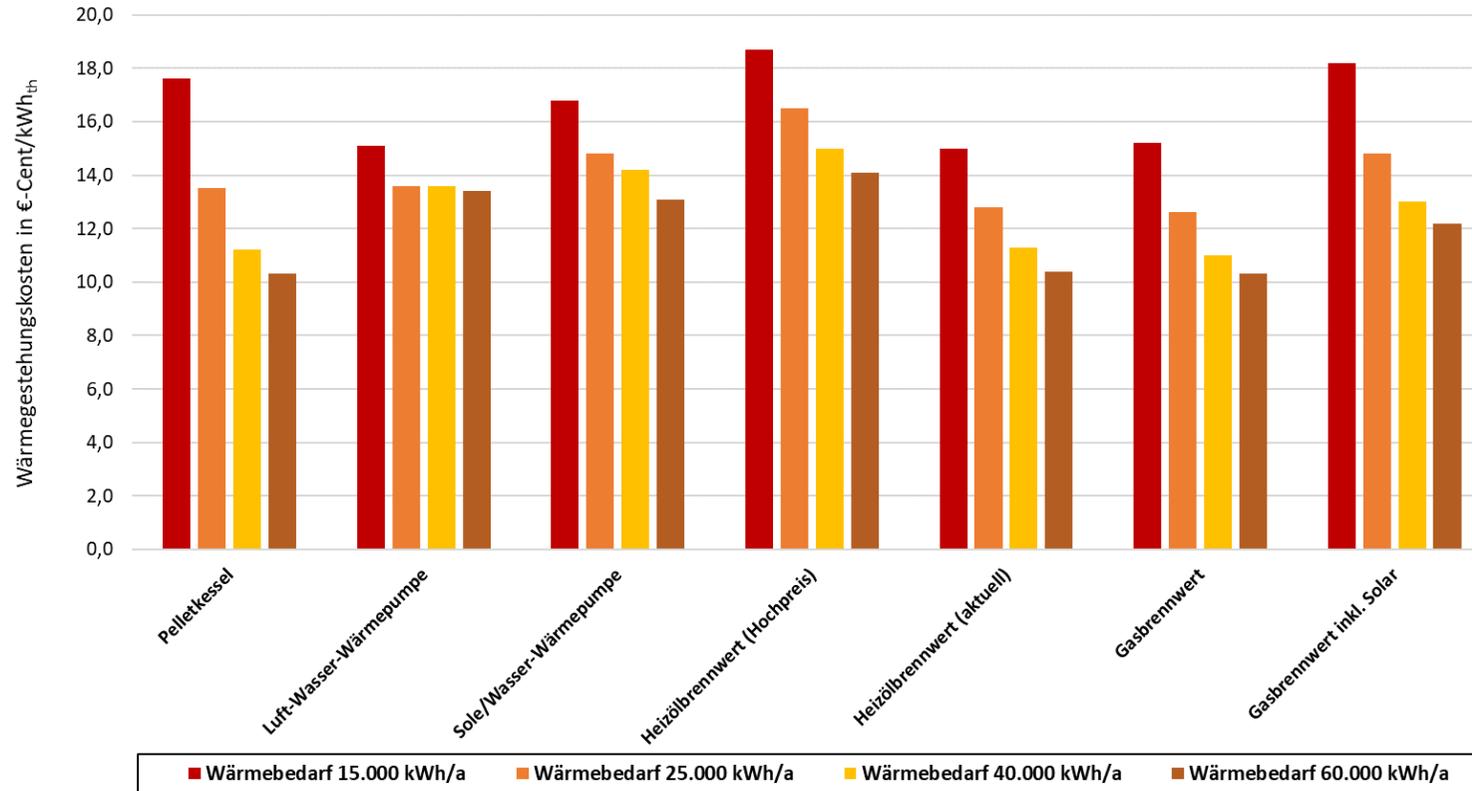


Abbildung 34: Mittlere, dezentrale Wärmegestehungskosten - Übersicht

Tabelle 16: Mittlere, dezentrale Wärmegestehungskosten - Übersicht

Gebäudetyp	Gesamtwärmebedarf	Wärmegestehungskosten in Cent/kWh _{th}						
		Pelletkessel	Luft-Wasser-Wärmepumpe	Sole/Wasser-Wärmepumpe	Heizölbrennwert (Hochpreis)	Heizölbrennwert (aktuell)	Gasbrennwert	Gasbrennwert inkl. Solar
Modell 1	Wärmebedarf 15.000 kWh/a	17,6	15,1	16,8	18,7	15,0	15,2	18,2
Modell 2	Wärmebedarf 25.000 kWh/a	13,5	13,6	14,8	16,5	12,8	12,6	14,8
Modell 3	Wärmebedarf 40.000 kWh/a	11,2	13,6	14,2	15,0	11,3	11,0	13,0
Modell 4	Wärmebedarf 60.000 kWh/a	10,3	13,4	13,1	14,1	10,4	10,3	12,2

3.3 CO₂-Bilanz dezentraler Versorgung

Die im Betrachtungsgebiet, unter Berücksichtigung der installierten Anlagentechnik, aktuell in Summe anfallenden CO₂-Emissionen sind bereits in Kapitel 2.6 berechnet. Für das gesamte Modellgebiet ergibt sich demnach näherungsweise ein jährlicher CO₂-Emissionswert für die Wärmebereitstellung in Höhe von rund 1.874 t_{CO2} (vgl. Tabelle 13).

Nachfolgende Abbildung zeigt beispielhaft die rechnerisch für das Modellgebäude 1 berechneten Treibhausgasemissionen, welche je nach Energieversorgungsstruktur zustande kommen, in Form des CO₂-Äquivalents auf.

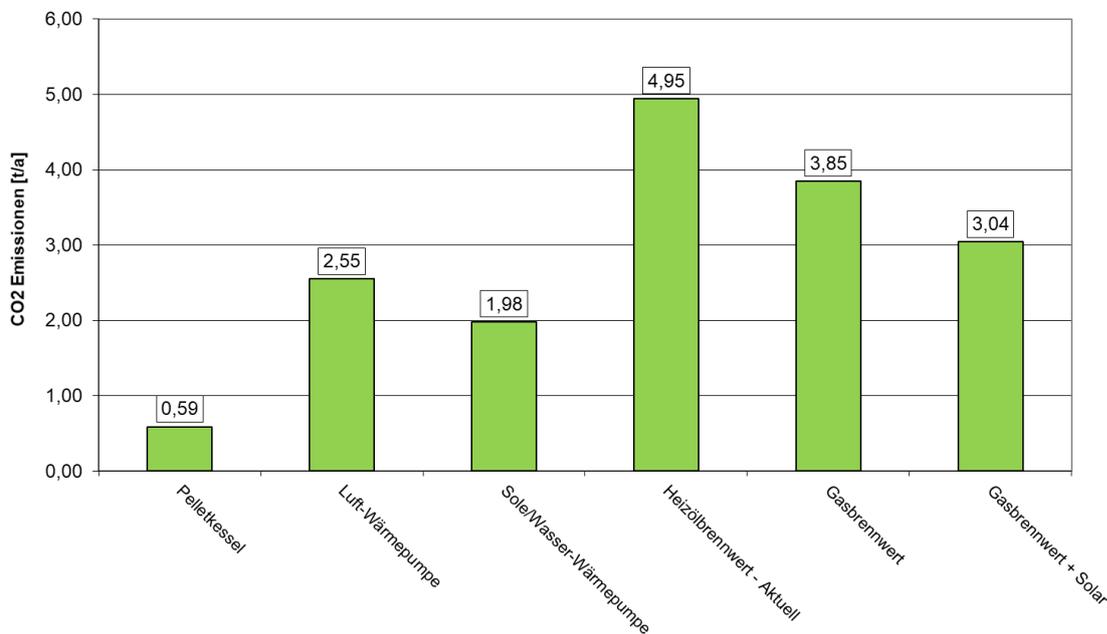


Abbildung 35: Dezentrale CO₂-Emissionen - Modellgebäude 1 (15.000 kWh_{th}/a)

Global betrachtet bietet eine Wärmeversorgung mittels Holzpellets, unter Berücksichtigung der Umsetzbarkeit, das größte rechnerische THG-Einsparpotenzial. Solarthermieanlagen verringern den CO₂-Ausstoß im Mittel um rund 20 % im Hinblick auf ein Gasbrennwert- oder Heizölggerät.

Bei den angeführten Wärmepumpenanlagen wird mit einem Bezug des zum Betrieb notwendigen elektrischen Stromes aus dem Niederspannungsnetz („deutscher Strommix“) gerechnet. Beim Einsatz von regenerativ erzeugtem Strom ergeben sich für diese Art der Wärmeerzeugung nochmals niedrigere Emissionswerte. Ebenso in Verbindung mit Aufdach-PV-Anlagen welche zur überwiegenden Eigenstromnutzung betrieben werden.

Nachfolgender Tabelle 17 können die absoluten, zu erwartenden CO₂-Emissionswerte der unterschiedlichen Modellgebäude auf Basis verschiedener Energieträger entnommen werden.

Eine detaillierte, grafische Darstellung der Ergebnisse zum THG-Ausstoß ist im Anhang unter Punkt 5.8 beigefügt.

Tabelle 17: Mittlere, dezentrale THG-Emissionen der Modellgebäude nach Anlagenart

Gebäudetyp	CO ₂ -Emissionen (absolut) in t _{CO2} /a					
	Pelletkessel	Luft-Wärmepumpe	Sole/Wasser-Wärmepumpe	Heizölbrennwert - Aktuell	Gasbrennwert	Gasbrennwert inkl. Solar
Modell 1	0,6	2,6	2,0	4,9	3,9	3,0
Modell 2	1,0	4,3	3,4	8,4	6,5	5,5
Modell 3	1,6	6,9	5,4	13,4	10,4	8,9
Modell 4	2,4	10,2	7,9	19,8	15,4	13,1

4 Endergebnis

Im Rahmen des Teil-Energienutzungsplanes für den Gebietsumgriff Bauhof (Jahr 2019) wurde in Kooperation mit dem Landkreis Erlangen-Höchststadt bereits eine fundierte Analyse zum Aufbau einer Wärmeverbundlösung im Gebietsumgriff des zu sanierenden Bauhofs ausgearbeitet. Neben den aufgezeigten Energieeinsparpotentialen für den Bauhof hat sich herausgestellt, dass die Umsetzung der Wärmeverbundlösung in einem erweiterten Gebietsumgriff (Bubenreuth-Nord) geprüft werden sollte, da sich dies positiv auf die Wirtschaftlichkeit und insbesondere auch auf die CO₂-Minderungspotenziale auswirken kann.

Hierbei konnten anhand einer parallel durchgeführten Datenerhebung mittels Fragebögen detaillierte Gebäude- und Energieverbrauchsdaten privater und gewerblicher Anlieger als erweiterte Datenbasis genutzt werden. Als Ergebnis stellt sich die mögliche Nutzung einer Nahwärmelösung unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten dar. Als Referenz, an der sich ein potenzieller Wärmeverbund messen muss, dienen mittlere, dezentrale Wärmegestellungskosten. Diese wurden auf Basis unterschiedlicher Energiebedarfswerte (4 Modellgebäude) berechnet.

4.1 Wärmeversorgung im Gebietsumgriff Bubenreuth-Nord

Ausgehend vom Teil-ENP für den Gebietsumgriff Bauhof wurde nun der gesamte Gebietsumgriff Bubenreuth-Nord untersucht. Ziel dieser Umsetzungsbegleitung ist es, durch technische und wirtschaftliche Detailberechnungen sowie konkrete Gespräche mit allen verantwortlichen Akteuren den Gebietsumgriff Bubenreuth-Nord zu entwickeln. Zu Beginn der Bearbeitungen wurde seitens der Gemeinde eine Datenerhebung bezüglich des energetischen Zustandes der Gebäude inkl. deren Energieverbrauchsdaten im Betrachtungsgebiet durchgeführt.

Abbildung 1 zeigt eine Luftbildaufnahme mit eingezeichnetem Untersuchungsgebiet.

In einer umfassenden Bestandsaufnahme wird zunächst detailliert der zu erwartende Energieverbrauch im Ist-Zustand bestimmt. Dieser basiert im Wesentlichen auf den Energieverbrauchsangaben der auswertbaren Datenerhebungsbögen aus der Anliegerbefragung sowie den Energieverbrauchsangaben der öffentlichen Liegenschaften.

Unter Einbezug verschiedener Rahmenbedingungen wie

- Bereiche mit niedriger Wärmebelegungsdichte entfallen
- Fokus auf Bereich mit hoher Wärmebelegungsdichte sowie
- Anschluss aller kommunalen Liegenschaften inkl. katholischer Kirche

lassen sich für das Betrachtungsgebiet Bubenreuth-Nord die in Tabelle 4 dargestellten Gebietsumgriffe mit zugehörigen prognostizierten Wärmebedarfen definieren.

Unter Einbezug der Erkenntnisse und Ergebnisse des Teil-ENP können aus diesen Ergebnissen die für eine weitere Bearbeitung relevanten Bauabschnitte definiert werden.

Bauabschnitt 1 (BA1): Gebietsumgriff Bauhof/Schule

Dieser Gebietsumgriff wurde im vorausgehenden Teil-ENP bereits detailliert betrachtet.

Bauabschnitt 2 (BA2): Erweiterung H7

Erweiterung des BA 1 um Liegenschaft H7 sowie Rathaus & Kath. Kirche

Bauabschnitt 3 (BA3): Große Lösung

Ausgehend vom Bestandnetz BA 2 könnten in einem letzten Bauabschnitt auch mögliche Abnehmer der Vogelsiedlung versorgt werden.

Eine gesamte Versorgung des Betrachtungsgebietes Bubenreuth-Nord wurde auf Grund der vorangegangenen Ausarbeitungen in Kombination mit hohen abgeschätzten Investitionskosten und in einigen Bereiche sehr geringen Wärmebelegungsdichten nicht weiterverfolgt.

Die Grundlage für die weiteren Bearbeitungsschritte stellt die Variante „Erweiterung H7 (BA2)“ dar.

Der Gebietsumgriff „Erweiterung H7“ weist die folgenden Kenndaten auf:

Tabelle 18: Kenndaten des Nahwärmeverbundes „Erweiterung H7“ unter Berücksichtigung der Anschlussrate

Bubenreuth Nord - "Erweiterung H7 - Rathaus/kath. Kirche"				
Anschlussquote	Trassenlänge	jährlicher Wärmebedarf	mittlere Wärmebelegungsdichte	mittlerer Leistungsbedarf
	[m]	[kWh/a]	[kWh/(ma)]	[kW]
100%	4.700	6.620.000	1.410	4.100
60%	3.900	3.970.000	1.010	2.500
40%	3.500	2.650.000	750	1.600

Unter Berücksichtigung einer Anschlussquote in Höhe von 60% reduziert sich die Trassenlänge auf 3.900 Meter. Damit einher geht ein reduzierter Wärmebedarf in Höhe von rund 3.970 MW_{th} sowie eine verringerte Wärmebelegungsichte von ca. 1.000 kWh_{th} pro Meter und Jahr.

Aus den Ergebnissen der Energieverbrauchshochrechnung wurde im Anschluss eine Wärmetrasse technisch dimensioniert und anhand verschiedener Varianten zur Wärme- bzw. Energieversorgung geprüft.

Energieversorgungsvarianten im Verbund:

- | | |
|----------------------|--|
| Variante 1.0: | 3 x Pelletkessel (Grund- und Mittellast)
+ Erdgaskessel (Spitzenlast) |
| Variante 1.1: | Erdgas-BHKW (ca. 50 kW _{el} ; Grundlast)
+ 2 x Pelletkessel (Mittellast)
+ Erdgaskessel (Spitzenlast) |
| Variante 1.2: | Solarthermie (Grundlast)
+ 3 x Pelletkessel (Grund- und Mittellast)
+ Erdgaskessel (Spitzenlast) |
| Variante 1.3: | Wärmepumpe (Grundlast)
+ 3 x Pelletkessel (Grund- und Mittellast)
+ Erdgaskessel (Spitzenlast) |

Allen Varianten gemein ist die Einbindung eines **Erdgasspitzenlastkessels** mit einer Leistung von 3.000 kW_{th}. Dieser wurde so dimensioniert, dass er bei Ausfall aller anderen Grund- und Mittellasterzeuger eine 100%ige Redundanz zur Verfügung stellen kann.

In Tabelle 19 sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammenfassend dargestellt. Die niedrigsten WGK bzw. Jahresgesamtkosten ergeben sich sowohl mit als auch ohne Fördermittel, bei der Variante 1.0. Basierend auf einer Kaskade bestehend aus drei Pelletkessel gleicher Leistung kann hier eine Wärmeversorgung mit rund 83 %-igem Anteil des regenerativen Energieträgers Holz realisiert werden. Gefolgt wird diese, unter Berücksichtigung möglicher Fördermittel, von der auf Biomasse und Solarthermie basierenden Variante 1.2. Diese kann mittels der Kombination von Pelletkessel als Grund- und Mittellast-Wärmeerzeuger und einer Solarthermieanlage zur Grundlastdeckung einen Wärmepreis von ca. 13,1 Cent/kWh_{th} realisieren.

Insbesondere unter ökologischen Gesichtspunkten kann zudem diese Variante 1.2 bei einer möglichen Umsetzung des Nahwärmeverbundes näher geprüft werden.

Eine Absenkung der Wärmegestehungskosten durch den Erhalt möglicher Investitionsfördermittel ist aufgrund der Anlagenstruktur sowie der vorliegenden Wärmebelegungsdichte in allen Varianten möglich. Des Weiteren sind in der Kalkulation noch keine, das Investitionsvolumen senkende, Anschlussgebühren oder Baukostenzuschüsse seitens der Anschlussnehmer beachtet.

Die niedrigsten, kalkulatorische Treibhausgasemissionen sind in der Variante 1.2 möglich (Biomassekessel + Solarthermie + Erdgasspitzenlastkessel). Gefolgt wird diese von der, auf rund 8 % Wärmepumpenanteil basierenden, Variante 1.3.

Tabelle 19: Nahwärmeverbundlösung - Zusammenfassung

		Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3
Grundlast		Pelletkessel	Erdgas-BHKW	Pelletkessel & Solarthermie	Pelletkessel & Wärmepumpe
Mittellast		Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel	Pelletkessel
Spitzenlast		Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Erdgaskessel

		Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3
ohne mögliche Förderungen					
Investitionskosten	[€]	4.502.000	4.788.000	4.861.000	4.960.000
Jahresgesamtkosten	[€]	531.000	561.000	546.000	566.000
Wärmegestehungskosten	[€-Cent/kWh]	13,4	14,1	13,7	14,2
mit möglichen Förderungen					
maximale Projektförderung	[€]	501.820	497.320	601.623	533.820
Jahresgesamtkosten	[€]	506.000	536.000	522.000	544.000
Wärmegestehungskosten	[€-Cent/kWh]	12,7	13,5	13,1	13,7
CO ₂ -Emissionen	[t/a]	375	431	297	355

Eine Übersicht möglicher Förderungen und Hinweise zu den Wärmeerzeugern sind in Kapitel 2.7 einzusehen. Zum Vergleich ist die Dimensionierung dezentraler Heizungsanlagen zudem als Referenz zu sehen.

Dezentrale Referenz:

Als wirtschaftliche und ökologische Referenz wurden im Teil-ENP vier Gebäudetypen mit unterschiedlichem Wärmebedarf betrachtet. Hierfür wurden für jedes Modellgebäude verschiedene, aktuell weit verbreitete, Wärmeversorgungslösungen sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch (CO₂-Bilanz) untersucht und dargestellt. Anschließende Tabelle zeigt einen Auszug der kostengünstigsten, dezentralen Versorgungslösungen für die unterschiedlichen Modellgebäude.

Tabelle 20: Kostengünstigste Wärmeversorgungslösungen zur dezentralen Versorgung der Modellgebäude

Gesamtwärmebedarf	Kostengünstigste Wärmeversorgungslösungen	Wärmegestehungskosten [€-Cent/kWh _{th}]
ca. 15.000 kWh/a	Heizölbrennwert (aktuell) / Luft-Wasser-Wärmepumpe	15 / 15,1
ca. 25.000 kWh/a	Gasbrennwert / Heizölbrennwert (aktuell)	12,6 / 12,8
ca. 40.000 kWh/a	Gasbrennwert / Pelletkessel	11 / 11,2
ca. 60.000 kWh/a	Pelletkessel / Gasbrennwert	10,3 / 10,3

Generell kann festgehalten werden, dass unter den angegebenen Randbedingungen ein wirtschaftlicher Betrieb eines Wärmenetzes möglich ist. Die ermittelten WGK der dezentralen Versorgungslösungen liegen meist über denen einer zentralen Versorgung anhand einer Nahwärmeverbundlösung. Ein beispielhafter Vergleich der dezentralen Wärmegestehungskosten der Gebäudekategorie 1 (15.000 kWh_{th}; RH / DHH / EFH) mit den resultierenden Wärmegestehungskosten der wirtschaftlichsten Variante 1.0 ist in nachfolgender Abbildung dargestellt.

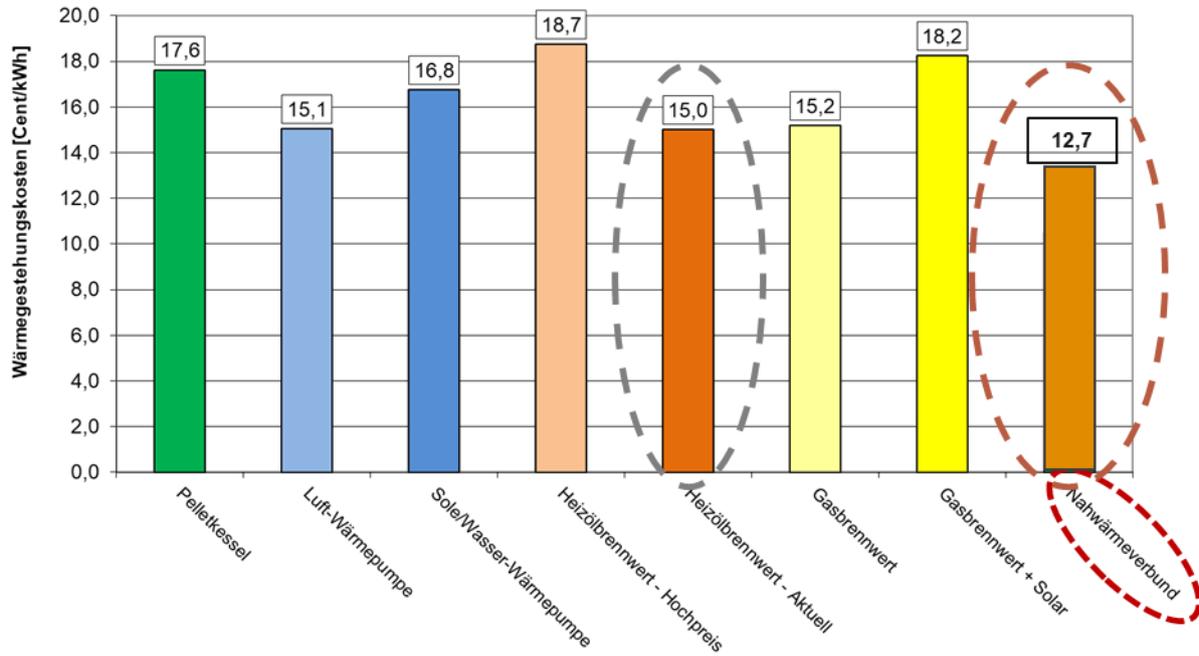


Abbildung 36: Vergleich mittlerer, dezentraler Wärmegestehungskosten der Gebäudekategorie 1 und dem Kostenniveau der Nahwärmeverbundlösung 1.0

CO₂-Bilanz gesamter Gebietsumgriff:

Als Referenzergebnis zur CO₂-Bilanz (Wärmebereitstellung; dezentrale Energieversorgungsstruktur) konnten für das gesamte Betrachtungsgebiet ca. **1.874 tCO₂ pro Jahr** ermittelt werden.

Unter der Maßgabe der betrachteten Energieversorgungslösungen im Wärmeverbund können die CO₂-Emissionen je nach eingesetzter Anlagentechnik z.T. deutlich gesenkt werden. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 37 grafisch dargestellt. Als Vergleichswerte dienen die dunkelgrünen Balken, welche die Gesamtemissionen im Modellgebiet abbilden (inkl. nicht angeschlossener Anlieger).

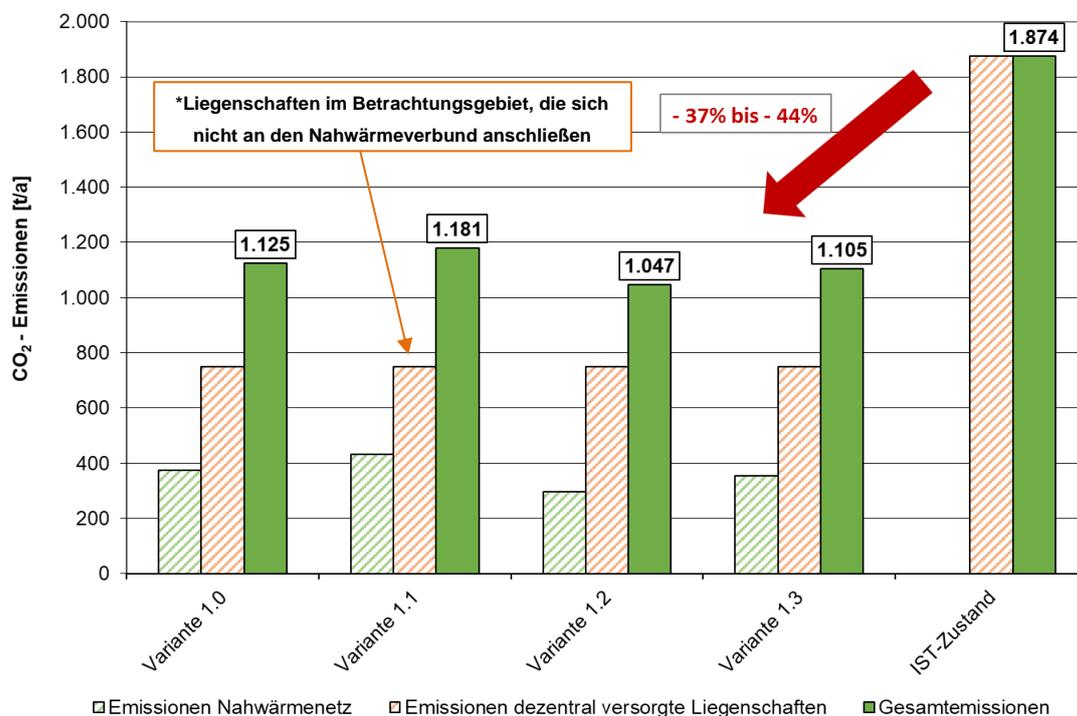


Abbildung 37: Nahwärmeverbundlösung - CO₂-Bilanz (nur Nahwärmeversorgung inkl. nicht angebundene Liegenschaften)

4.2 Handlungsempfehlungen / Ausblick für die Gemeinde Bubenreuth

In Anbetracht den vorangegangenen Ergebnissen des Teil-Energienutzungsplans sowie den Erkenntnissen aus den im Rahmen der Umsetzungsbegleitung durchgeführten Betrachtungen für den Gebietsumfang Bubenreuth-Nord, können folgende Handlungsempfehlungen ausgesprochen werden:

Wärmeverbund:

- Die technische Dimensionierung und Ausführung eines Wärme- bzw. Energieverbundes unter den im Bericht genannten Rahmenbedingungen ist möglich.
- Der Betrieb eines Nahwärmenetzes ist gegenüber dezentralen Versorgungssystemen wirtschaftlich darstellbar. Ausgehend von den ausgewerteten Fragebögen liegt ein hohes Interesse am Aufbau einer Nahwärmeversorgung vor. Erst bei einer ausreichenden Anzahl an unterzeichneten Vorverträgen bei einem kostendeckenden Wärmepreis in Höhe von 12,7 ct/kWh_{th} kann eine abschließende Entscheidung erfolgen.
- Die wirtschaftlichste Lösung der hier entwickelten Varianten zur Versorgung eines Nahwärmeverbundes basiert mit einer Kaskade aus drei Pelletkessel gleicher Leistung auf rund 83 % regenerativer Energien.
- Die zusätzliche Einbindung einer Solarthermieanlage auf dem Lärmschutzwall bewirkt bei leicht steigenden Wärmegestehungskosten (+ 0,4 ct/kWh inkl. Förderung) eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 78 t/a.
- Aufgrund des jeweilig hohen Anteils regenerativer Energieträger können THG-Emissionen aus dem Wärmesektor mitunter sehr stark abgesenkt werden (ggü. dezentraler Versorgung).

Nächste Schritte:

- Entscheidung der Gemeinde, ob das Projekt in Form eines Contracting oder doch durch eine Rechtsform mit kommunaler Beteiligung weiterentwickelt werden soll.
- Im Falle von Contracting sollte in Abstimmung mit einer juristischen Beratung und unter den Maßgaben der Ausschreibungsverordnung eine Kontaktaufnahme oder eine Ausschreibung des Projektes erfolgen. Alle weiteren Schritte wären mit den potenziellen Contractinggeber abzustimmen.
- Soll die Gründung einer Rechtsform mit kommunaler Beteiligung (GmbH, GmbH & Co.KG, eG, etc.) erfolgen, müssen in einem nächsten Schritt die Finanzierungsmöglichkeiten sowie haftungs- und steuerrechtliche Optionen und Fragestellungen geprüft werden.

- Auf Basis der im Rahmen der Umsetzungsbegleitung erarbeiteten Ergebnissen kann ein geeignetes Planungsbüro mit den weiteren Schritten bis hin zum Vorvertrag beauftragt werden. Auch hier sind die ausschreibungsrechtlichen Rahmenbedingungen zu beachten.
- Nach Vorliegen der unterzeichneten Vorverträge können detaillierte Rahmenbedingungen und Kosten für das Netz bestimmt werden. In diesem Zusammenhang ist eine finale Entscheidung für oder gegen das Netz durch die Organe der Gemeinde zu treffen.

5 Anhang

5.1 Auswertung des Wärmebedarfs im Gesamten Gebietsumfang Bubenreuth-Nord

Die nachfolgenden Darstellungen enthalten personenbezogene Daten – nicht für den öffentlichen Gebrauch bestimmt.

Tabelle 21: Auflistung der betrachteten Straßenzüge und Liegenschaften



Enthält personenbezogene Daten

5.2 Datenerhebungsbogen Nahwärme



--- Nahwärmeversorgung Bubenreuth ---

Datenerhebungsbogen zur Energiebedarfsanalyse
in Kooperation mit dem Institut für Energietechnik IFE GmbH an der OTH Amberg-Weiden



<p>1. Ich bin</p> <p>Anschrift des Eigentümers</p> <p>1.1 Vomame, Name</p> <p>1.2 Straße</p> <p>1.3 PLZ, Ort</p> <p>1.4 Telefon</p> <p>1.5 E-Mail-Adresse</p> <p>2. Gebäudedaten</p> <p>2.1 Straße</p> <p>2.2 PLZ, Ort</p> <p>2.3 Nutzung</p> <p>2.4 Haustyp</p> <p>2.5 Beheizte Fläche im Gebäude</p> <p>2.6 Vollgeschosse</p> <p>2.7 Beheiztes Dachgeschoss</p> <p>2.8 Beheiztes Kellergeschoss</p> <p>2.9 Baujahr des Gebäudes</p> <p>2.10 Durchgeführte Wärmeschutzmaßnahmen</p> <p>Jahr der Durchführung</p> <p>ggf. Erläuterung</p> <p>2.11 Geplante Baumaßnahmen</p> <p>3. Energiedaten</p> <p>3.1 Art/Typ der Heizung</p> <p>3.2 Heizungsanlage</p> <p>3.3 Energieträger</p> <p>3.4 Heizungsverteilung</p> <p>3.6 Wamwasserbereitung</p> <p>3.7 Anzahl der Bewohner</p> <p>3.8 Ergänzungsheizung</p>	<p> <input type="checkbox"/> Eigentümer/in <input type="checkbox"/> Mieter/in <input type="checkbox"/> Vermieter/in </p> <hr/> <p> _____ Hausnummer / Adresszusatz _____ </p> <hr/> <p> _____ </p> <hr/> <p> _____ </p> <hr/> <p> _____ Hausnummer / Adresszusatz _____ </p> <hr/> <p> _____ z. B. Wohnhaus; Geschäftshaus; Bürogebäude; Wohn- und Geschäftshaus; Sonstige Nutzung </p> <hr/> <p> _____ z. B. Massivhaus; Fachwerkhaus; Fertighaus; Sonstige </p> <p> <input type="checkbox"/> Einfamilienhaus <input type="checkbox"/> Mehrfamilienhaus <input type="checkbox"/> Mittelhaus <input type="checkbox"/> Zweifamilienhaus <input type="checkbox"/> Eckhaus <input type="checkbox"/> Gewerbe </p> <p> _____ Gewerbeart _____ </p> <p> _____ m² ggf. auch Wohnfläche (siehe auch Mietvertrag), beheizte Nutzfläche </p> <p> _____ Anzahl </p> <p> <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> teilweise _____ m² beheizte Fläche (wenn teilweise) </p> <p> <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> teilweise _____ m² beheizte Fläche (wenn teilweise) </p> <p> _____ Wann wurde das Gebäude gebaut oder grundlegend (kern-)saniert? </p> <p> <input type="checkbox"/> Fenster <input type="checkbox"/> Dach; Decke über OG <input type="checkbox"/> Fassade <input type="checkbox"/> Kellerdecke </p> <hr/> <p> <input type="checkbox"/> Sanierung <input type="checkbox"/> Erweiterung Zeitraum _____ Wann? </p> <p> <input type="checkbox"/> Umbau <input type="checkbox"/> Sonstiges - Art/Typ _____ </p> <hr/> <p> _____ z. B. Zentralheizung; Geschossheizungen; Einzelöfen; Nachtspeicherheizung; Hersteller/Typ </p> <p> Baujahr _____ Installierte Leistung _____ kW </p> <p> _____ z. B. Erdgas; Heizöl; Strom; Fernwärme; Kohle (Mehrfachnennungen möglich) </p> <p> <input type="checkbox"/> Heizkörper <input type="checkbox"/> Fußboden oder Wandheizung _____ </p> <p> <input type="checkbox"/> über die Zentralheizung <input type="checkbox"/> Elektrisch z. B. über Elektroboiler; Durchlauferhitzer etc. </p> <p> _____ Wichtig zur Abschätzung des Wamwasserbedarfs in der Liegenschaft. </p> <p> <input type="checkbox"/> Kachelofen <input type="checkbox"/> Offener Kamin <input type="checkbox"/> Kaminofen <input type="checkbox"/> Sonstiges </p> <p> _____ Art/Typ _____ </p>
--	---

Abbildung 38: Fragebogen zur Energiedatenerhebung - Seite 1

5.3 Spezifische Wärmebedarfswerte nach Baualtersklasse

Tabelle 22: spezifische Wärmebedarfswerte nach Baualtersklasse

Baualtersklasse	von	1900	1919	1949	1958	1969	1979	1984	1996	2001
Gebäudetyp	bis	1918	1948	1957	1968	1978	1983	1995	2000	2005
		spez. Wärmebedarf								
	[kWh/m ² /a]									
EFH		167	150	176	150	165	165	156	101	72
RDH		152	141	175	162	192	171	129	89	70
KMH		180	167	117	191	169	125	101	94	65
GMH		187	185	169	148	145	116	82	73	51
HH		-	-	-	103	117	-	-	-	-

Quelle: Wärmeatlas Baden-Württemberg 2009 Universität Stuttgart - Blesl, Kempe, Ohl, Fahl, König, Janssen, Eltrop

5.4 Detaillierte Auswertung der Energiebedarfs- und Verbrauchsdaten im Modellgebiet

Tabelle 23: Übersicht Gebietsumgriff Bubenreuth-Nord "Große Lösung"



Enthält personenbezogene Daten

Tabelle 24: Übersicht Gebietsumgriff Bubenreuth-Nord "Erweiterung H7"

Enthält personenbezogene Daten

5.5 Netzplan Betrachtungsgebiet Bubenreuth-Nord „Erweiterung H7“

Enthält personenbezogene Daten

5.6 Vereinfachte Aufstellungslayouts der betrachteten Energieversorgungsvarianten

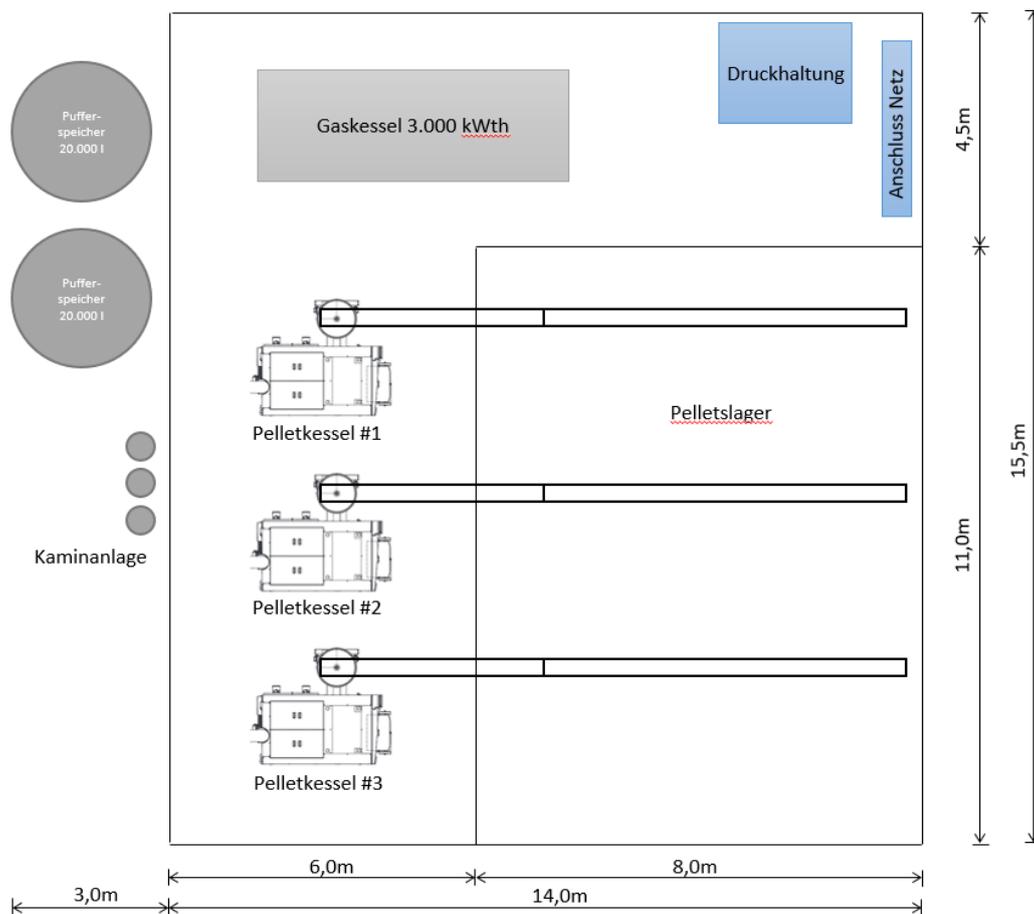


Abbildung 40: Vereinfachtes Aufstellungslayout Variante 1.0

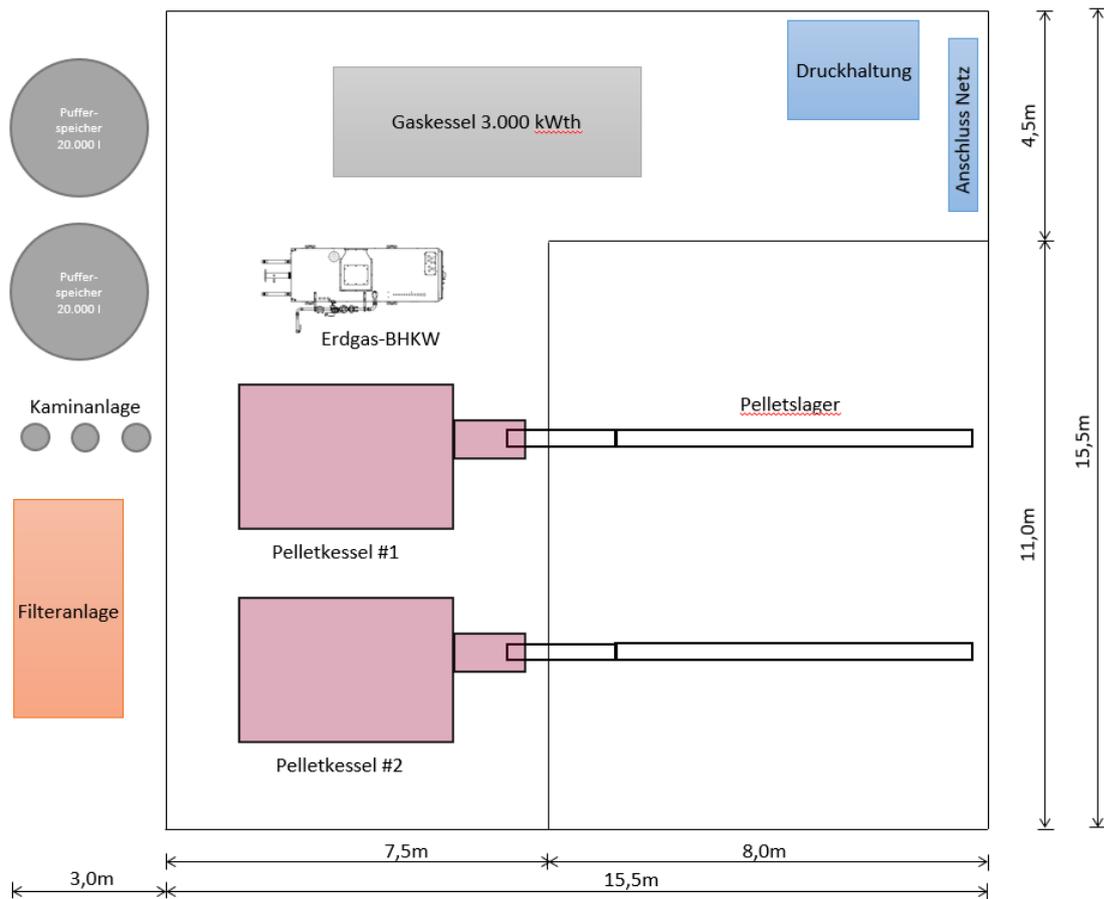


Abbildung 41: Vereinfachtes Aufstellungslayout Variante 1.1

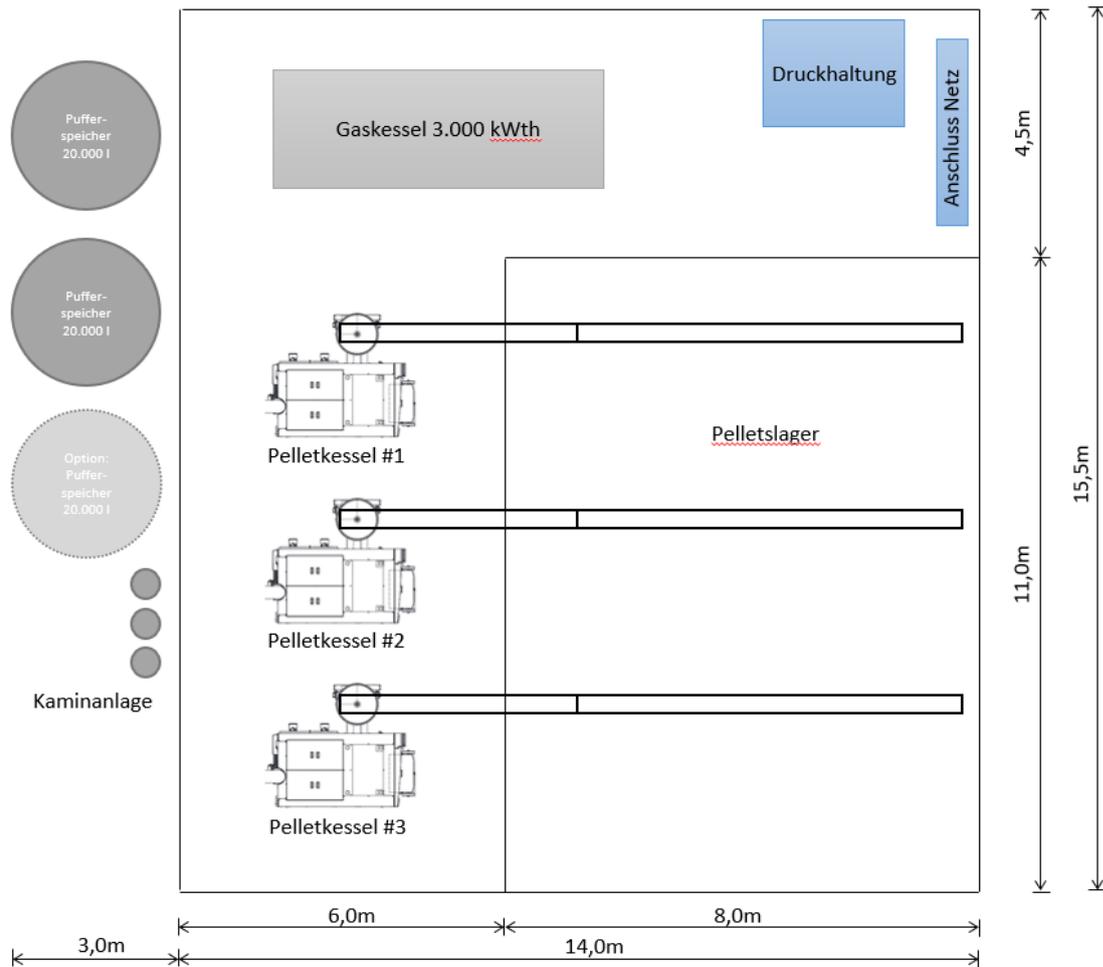


Abbildung 42: Vereinfachtes Aufstellungslayout Variante 1.2

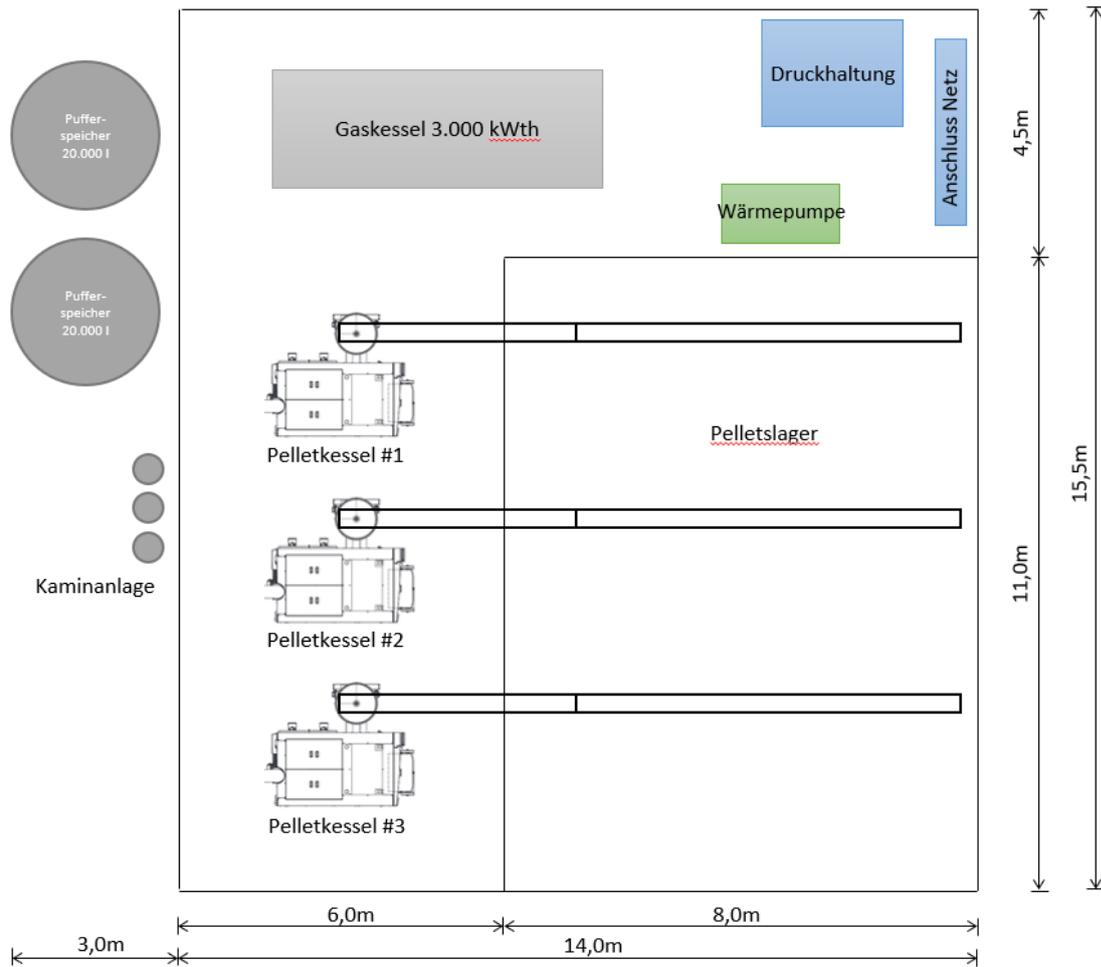


Abbildung 43: Vereinfachtes Aufstellungslayout Variante 1.3

5.7 Detaillierte Darstellung dezentraler WGK anhand der Modellgebäude

Abbildung des Nahwärmeverbundes anhand Variante 1.0 (Hackgutkessel Grund- / Mittellast).

Gebäudetyp 1

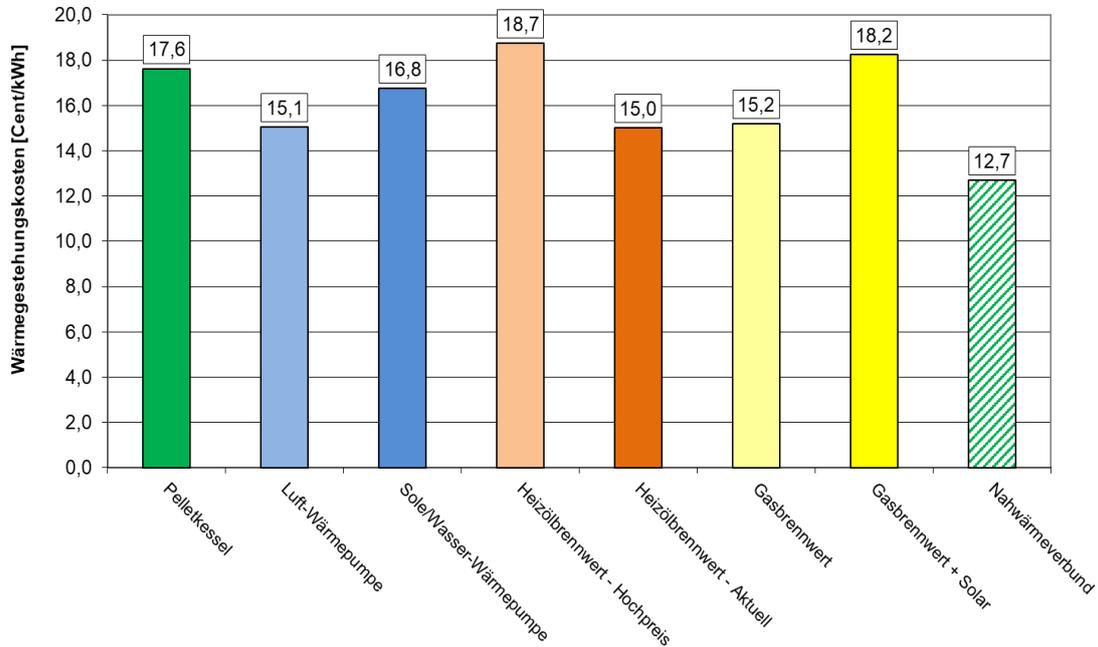


Abbildung 44: dezentrale Wärmegestehungskosten Gebäudetyp 1 (15.000 kWh_{th}/a)

Gebäudetyp 2

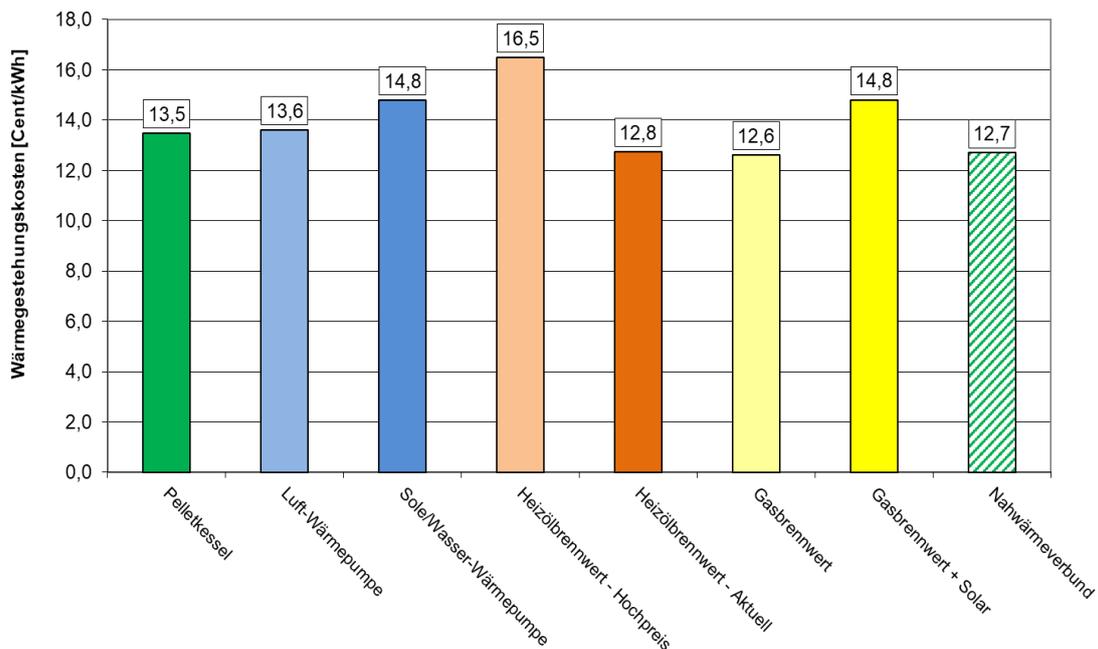


Abbildung 45: dezentrale Wärmegestehungskosten Gebäudetyp 2 (25.000 kWh_{th}/a)

Gebäudetyp 3

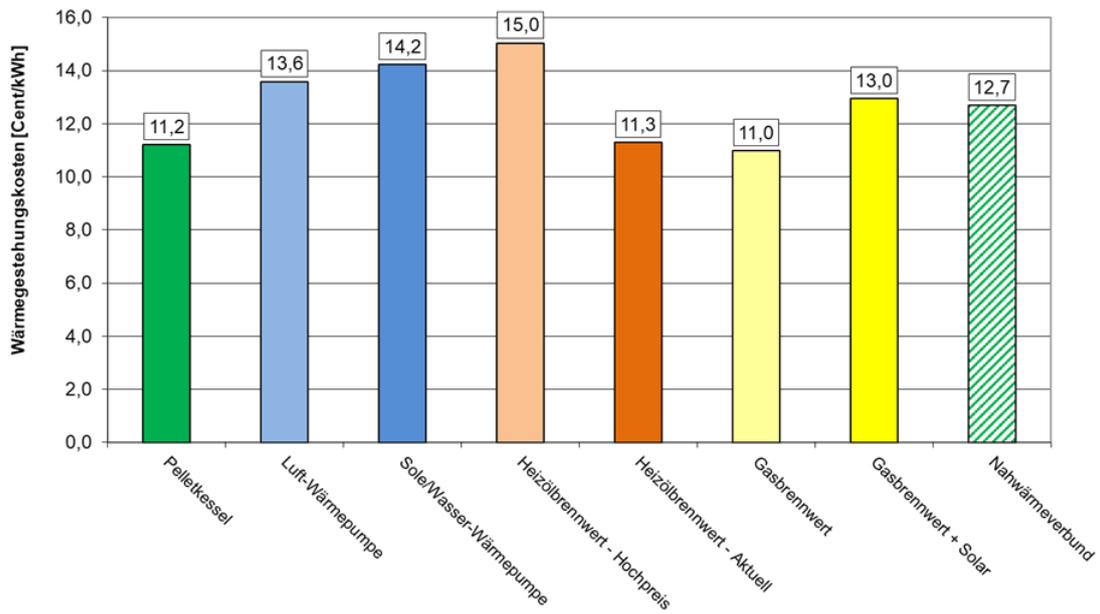


Abbildung 46: dezentrale Wärmegestehungskosten Gebäudetyp 3 (40.000 kWh_{th}/a)

Gebäudetyp 4

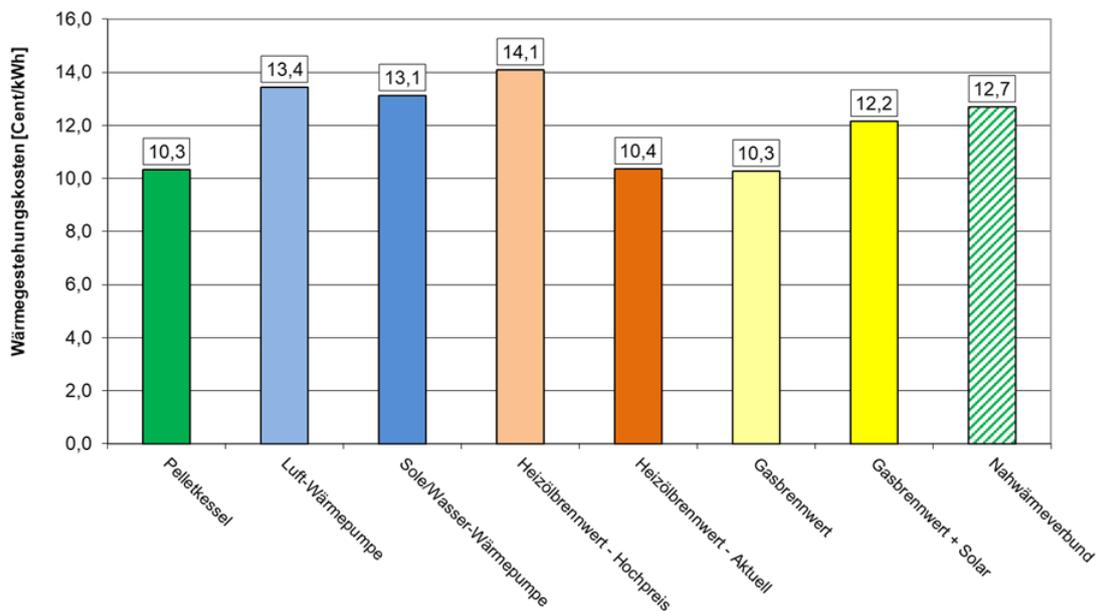


Abbildung 47: dezentrale Wärmegestehungskosten Gebäudetyp 4 (60.000 kWh_{th}/a)

5.8 Detaillierte Darstellung dezentraler CO₂-Emissionen anhand der Modellgebäude

Abbildung des Nahwärmeverbundes anhand Variante 1.0 (Hackgutkessel Grund- / Mittellast).

Gebäudetyp 1

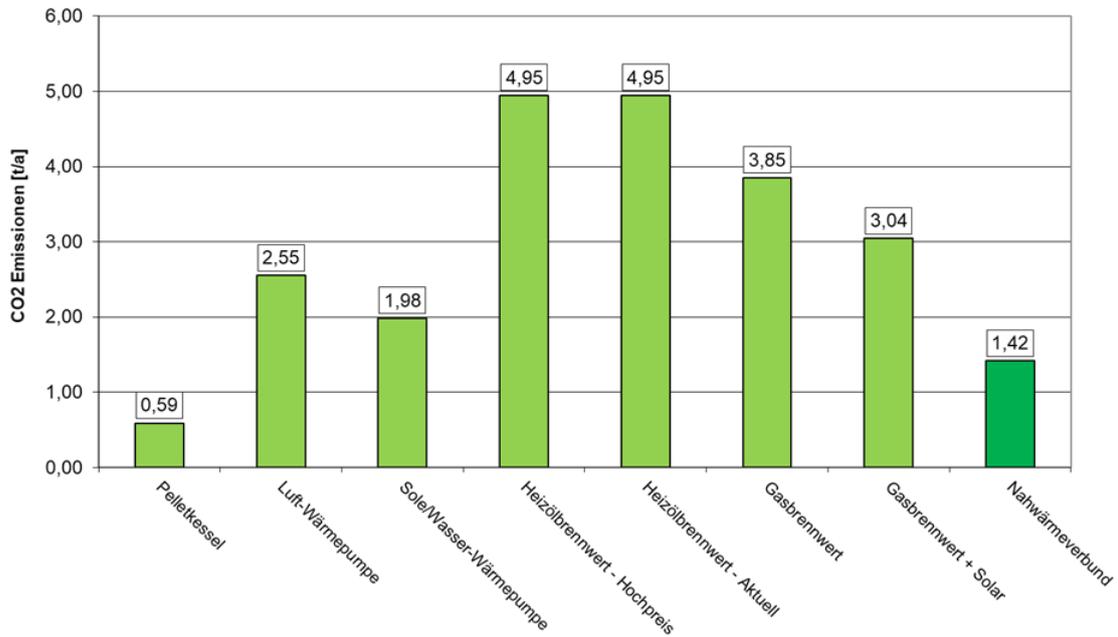


Abbildung 48: CO₂-Emissionen Gebäudetyp 1 (15.000 kWh_{th}/a)

Gebäudetyp 2

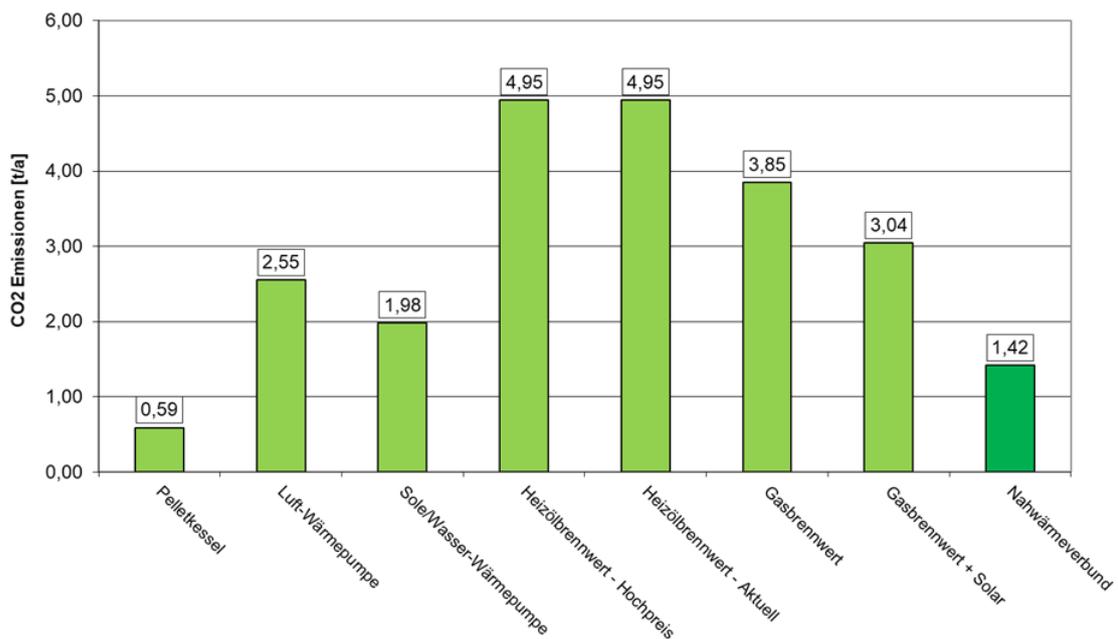


Abbildung 49: CO₂-Emissionen Gebäudetyp 2 (25.000 kWh_{th}/a)

Gebäudetyp 3

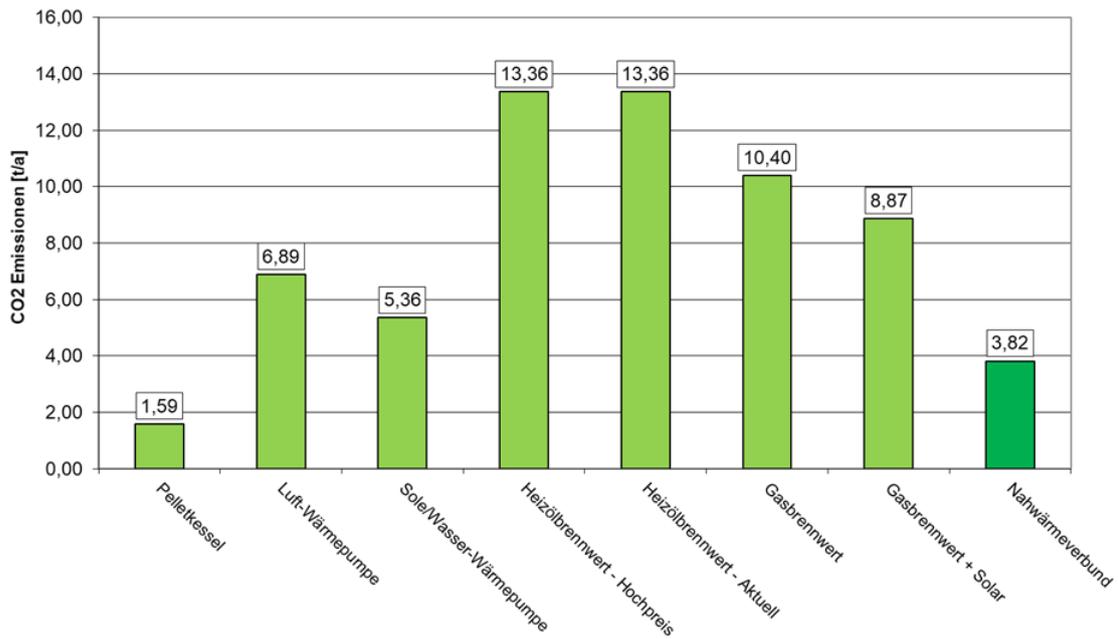


Abbildung 50: CO₂-Emissionen Gebäudetyp 3 (40.000 kWh_{th}/a)

Gebäudetyp 4

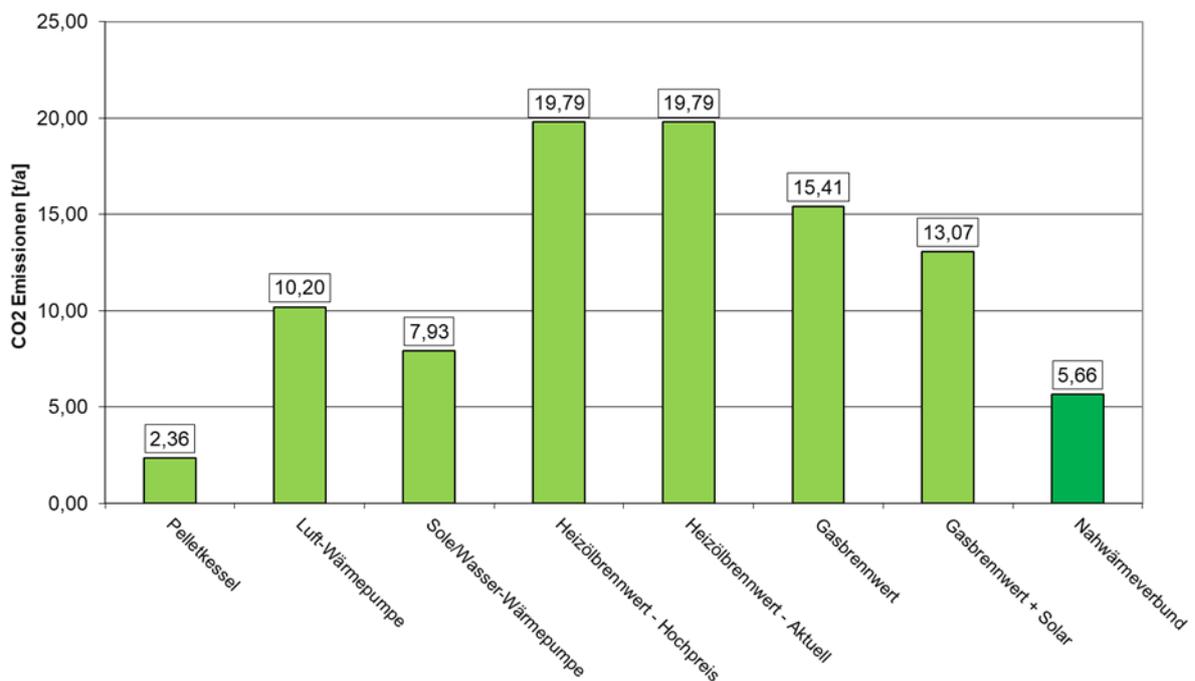


Abbildung 51: CO₂-Emissionen Gebäudetyp 4 (60.000 kWh_{th}/a)

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gebietsumgriff Bubenreuth Nord [Datenquelle: Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de]	13
Abbildung 2: Anschlussinteresse im Betrachtungsgebiet auf Grundlage der Datenermittlung [enthält personenbezogene Daten – nicht für den öffentlichen Gebrauch]	15
Abbildung 3: Wärmekataster Gebietsumgriff Bubenreuth-Nord	18
Abbildung 4: Auswahl von Bereichen hoher Wärmebelegungsdichte im Betrachtungsgebiet .	19
Abbildung 5: Optimierter Gebietsumgriff Bubenreuth-Nord „Große Lösung“ [enthält personenbezogene Daten – nicht für den öffentlichen Gebrauch]	20
Abbildung 6: Auswahl Gebietsumgriff „Erweiterung H7“ im Betrachtungsgebiet Bubenreuth-Nord	22
Abbildung 7: Möglicher Trassenverlauf mit den drei potenziellen Standorten für eine Heizzentrale [enthält personenbezogene Daten - nicht für den öffentlichen Gebrauch] ...	26
Abbildung 8: Möglicher Trassenverlauf Gebietsumgriff „Große Lösung“ [enthält personenbezogene Daten - nicht für den öffentlichen Gebrauch]	27
Abbildung 9: Monatlicher Gesamtwärmebedarf „Große Lösung“ mit Berücksichtigung der Anschlussrate exkl. Darstellung der Netzwärmeverluste	29
Abbildung 10: Geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs „Große Lösung“ mit Berücksichtigung der Anschlussrate exkl. Netzwärmeverluste und Gleichzeitigkeitsfaktor	30
Abbildung 11: Möglicher Trassenverlauf Gebietsumgriff „Erweiterung H7“ [enthält personenbezogene Daten - nicht für den öffentlichen Gebrauch]	31
Abbildung 12: Monatlicher Gesamtwärmebedarf der Nahwärmeverbundlösung mit Berücksichtigung der Anschlussrate inkl. Darstellung der Netzwärmeverluste	34
Abbildung 13: Geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs in der Nahwärmeverbundlösung mit Berücksichtigung der Anschlussrate inkl. Netzwärmeverluste	35
Abbildung 14: Nahwärmeverbundlösung Jahresdauerlinie der Variante 1.0	38
Abbildung 15: Nahwärmeverbundlösung Jahresdauerlinie der Variante 1.1	40
Abbildung 16: Nahwärmeverbundlösung Jahresdauerlinie der Variante 1.2	42
Abbildung 17: Nahwärmeverbundlösung Jahresdauerlinie der Variante 1.3	43

Abbildung 18: KWK-Zuschläge nach KWK-G 2020 [ASUE: KWKG 2020 in Zahlen].....	48
Abbildung 19: Übersicht der KWK-Förderdauern nach KWK-G 2020	49
Abbildung 20: EEX-Preis – Entwicklung für die KWK-Stromvergütung [BHKW-Infozentrum]..	49
Abbildung 21: Nahwärmeverbundlösung - prognostizierte Investitionskosten	52
Abbildung 22: Nahwärmeverbundlösung - jährliche Ausgaben	54
Abbildung 23: Nahwärmeverbundlösung - jährliche Einnahmen	55
Abbildung 24: Nahwärmeverbundlösung - Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten (exkl. Berücksichtigung von Fördermitteln)	56
Abbildung 25: Nahwärmeverbundlösung - Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten (inkl. Berücksichtigung von Fördermitteln)	57
Abbildung 26: Nahwärmeverbundlösung - Sensitivitätsanalyse der Variante 1.0	58
Abbildung 27: Nahwärmeverbundlösung - Sensitivitätsanalyse der Variante 1.1	59
Abbildung 28: Nahwärmeverbundlösung - Sensitivitätsanalyse der Variante 1.2	59
Abbildung 29: Nahwärmeverbundlösung - Sensitivitätsanalyse der Variante 1.3	60
Abbildung 30: Nahwärmeverbundlösung - CO ₂ -Bilanz und resultierende Primärenergiefaktoren	62
Abbildung 31: Nahwärmeverbundlösung - CO ₂ -Bilanz (nur Nahwärmeversorgung inkl. nicht angebundene Liegenschaften)	63
Abbildung 32: Zusammensetzung Wärmegestehungskosten der einzelnen Varianten	76
Abbildung 33: Zusammensetzung Wärmegestehungskosten der Varianten V1.1 und V1.1a optimiert	77
Abbildung 34: Mittlere, dezentrale Wärmegestehungskosten - Übersicht	85
Abbildung 35: Dezentrale CO ₂ -Emissionen - Modellgebäude 1 (15.000 kWh _{th} /a)	86
Abbildung 36: Vergleich mittlerer, dezentraler Wärmegestehungskosten der Gebäudekategorie 1 und dem Kostenniveau der Nahwärmeverbundlösung 1.0.....	93
Abbildung 37: Nahwärmeverbundlösung - CO ₂ -Bilanz (nur Nahwärmeversorgung inkl. nicht angebundene Liegenschaften)	94
Abbildung 38: Fragebogen zur Energiedatenerhebung - Seite 1	102
Abbildung 39: Fragebogen zur Energiedatenerhebung - Seite 2	103
Abbildung 40: Vereinfachtes Aufstellungslayout Variante 1.0	108

Abbildung 41: Vereinfachtes Aufstellungslayout Variante 1.1	109
Abbildung 42: Vereinfachtes Aufstellungslayout Variante 1.2	110
Abbildung 43: Vereinfachtes Aufstellungslayout Variante 1.3	111
Abbildung 44: dezentrale Wärmegestehungskosten Gebäudetyp 1 (15.000 kWh _{th} /a).....	112
Abbildung 45: dezentrale Wärmegestehungskosten Gebäudetyp 2 (25.000 kWh _{th} /a).....	112
Abbildung 46: dezentrale Wärmegestehungskosten Gebäudetyp 3 (40.000 kWh _{th} /a).....	113
Abbildung 47: dezentrale Wärmegestehungskosten Gebäudetyp 4 (60.000 kWh _{th} /a).....	113
Abbildung 48: CO ₂ -Emissionen Gebäudetyp 1 (15.000 kWh _{th} /a)	114
Abbildung 49: CO ₂ -Emissionen Gebäudetyp 2 (25.000 kWh _{th} /a)	114
Abbildung 50: CO ₂ -Emissionen Gebäudetyp 3 (40.000 kWh _{th} /a)	115
Abbildung 51: CO ₂ -Emissionen Gebäudetyp 4 (60.000 kWh _{th} /a)	115

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auswertung Fragebogenaktion	15
Tabelle 2: Anteile der Energieträger aus der Datenauswertung	16
Tabelle 3: Auswertung Fragebogenaktion „Große Lösung“	21
Tabelle 4: Zusammenfassung Energetischer Ist-Zustand	23
Tabelle 5: Kenndaten des Nahwärmeverbundes „Große Lösung“ unter Berücksichtigung der Anschlussrate	28
Tabelle 6: Technische Dimensionierung der Wärmetrasse „Erweiterung H7“ unter Berücksichtigung der Anschlussquote 60%	32
Tabelle 7: Kenndaten des Nahwärmeverbundes „Erweiterung H7“ unter Berücksichtigung der Anschlussrate	33
Tabelle 8: Nahwärmeverbundlösung Variante 1.0 - Eckdaten	39
Tabelle 9: Nahwärmeverbundlösung Variante 1.1 - Eckdaten	40
Tabelle 10: Nahwärmeverbundlösung Variante 1.2 - Eckdaten	42
Tabelle 11: Nahwärmeverbundlösung Variante 1.3 - Eckdaten	44
Tabelle 12: CO ₂ -Äquivalente nach GEMIS 4.95 und eigenen Berechnungen IfE; 12/2018	61
Tabelle 13: Verteilung der Energieträger / CO ₂ -Emissionen im Betrachtungsgebiet (Teil-ENP)	62
Tabelle 14: Übersicht der geprüften Fördermittel	75
Tabelle 15: Nahwärmeverbundlösung – Zusammenfassung	82
Tabelle 16: Mittlere, dezentrale Wärmegestellungskosten - Übersicht	85
Tabelle 17: Mittlere, dezentrale THG-Emissionen der Modellgebäude nach Anlagenart	87
Tabelle 18: Kenndaten des Nahwärmeverbundes „Erweiterung H7“ unter Berücksichtigung der Anschlussrate	89
Tabelle 19: Nahwärmeverbundlösung - Zusammenfassung	91
Tabelle 20: Kostengünstigste Wärmeversorgungslösungen zur dezentralen Versorgung der Modellgebäude	92
Tabelle 21: Auflistung der betrachteten Straßenzüge und Liegenschaften	97
Tabelle 22: spezifische Wärmebedarfswerte nach Baualtersklasse	104

Tabelle 23: Übersicht Gebietsumgriff Bubenreuth-Nord "Große Lösung"	105
Tabelle 24: Übersicht Gebietsumgriff Bubenreuth-Nord "Erweiterung H7"	106