

Energiekonzept Lenzfried „Gerhardinger“

Eingrenzung neue Wohnsiedlung am Gerhardingerweg



Erstellungsdatum: 29.10.2020
Erstellung von: renergie Allgäu e.V.

Inhaltsverzeichnis

1.	Kurzfassung	3
1.1.	Übersicht Versorgungsvarianten	4
1.2.	Vorüberlegungen	5
1.2.1.	Peak-Oil-Systematik.....	5
1.2.2.	Preisentwicklung.....	7
2.	Ist-Analyse	8
2.1.	Untersuchungsgebiet.....	8
2.2.	Neubaugebiet.....	9
3.	Variantenbeschreibung.....	10
3.1.	Nahwärmeversorgung	10
3.1.1.	Nahwärmeversorgung - Investitionspläne	10
3.1.2.	Nahwärmeversorgung - Wirtschaftlichkeitsberechnung	12
3.1.3.	Nahwärmeversorgung - Wärmepreisberechnung.....	13
3.1.4.	Nahwärmeversorgung - Preisgleitklausel.....	14
3.1.5.	Nahwärmeversorgung - Förderbedingungen	15
3.2.	Variantenvergleich	16
3.2.1.	Biogas-BHKW Leupolz (A)	16
3.2.2.	Sole Wärmepumpe (B)	19
3.2.3.	Grundwasser Wärmepumpe (C).....	21
3.2.4.	Pellets-Heizanlage (D).....	22
3.2.5.	Übersicht Variantenvergleich	24
4.	Fazit und Empfehlung	25
5.	Allgemeines	27
6.	Anhänge	28
7.	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	39

1. Kurzfassung

Gegenstand dieses Energiekonzeptes ist die Beschreibung von Wärmeversorgungsalternativen für das Neubaugebiet in Kempten Lenzfried „Gerhardingerweg“. Das Energiekonzept dient der Stadtverwaltung Kempten und dem Vorhabenträger BreFa Bau GmbH als Leitfaden und Planungsgrundlage für eine effiziente und wirtschaftlich sinnvolle Ausstattung der Heizwärme- und Warmwasserversorgung im Neubaugebiet. Zur Wärmeversorgung werden vier Versorgungsvarianten betrachtet. Eine zentrale Versorgung über die Biogasanlage in Leupolz basiert auf der Nutzung der Prozesswärme, die durch die Umwandlung des Biorohgases in elektrische Energie entsteht. Für die Biogasanlage wird ein wirtschaftlicher Betrieb des BHKW durch die Stromerzeugung vorausgesetzt. Im zweiten und dritten Fall handelt es sich um zwei dezentrale Versorgungsvarianten mit Wärmepumpenanlagen und Versorgung mit Umgebungswärme aus Erdreich und aus Grundwasser. In der vierten Variante wird ein zentrales Biomasseheizwerk auf Basis von



Holzpellets betrachtet. Ziel ist die Errichtung einer Heizwärme- und Warmwasserversorgung für 32 Häuser mit insgesamt 57 Wohneinheiten. Unter den bestehenden Fördermöglichkeiten, Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) und der Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (KfW-Bank), strebt das Konzept die Förderfähigkeit im KfW-Programm 271/281 sowie beim Bundesamt für Wirtschaftsförderung und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und einen insgesamt guten Nutzungsgrad der gesamten Anlagentechnik an. Das Untersuchungsgebiet umfasst die Siedlungsfläche zwischen Lenzfrieder Straße, Wettmannsberger Weg, Gerhardingerweg und dem Friedhof Lenzfried.

1.1. Übersicht Versorgungsvarianten

Zusammengefasst lässt sich folgender Variantenvergleich von vier Wärmeversorgungskonzepten zur Heizwärme- und Warmwasserversorgung darstellen.

Kategorie	Einheit	Wert			
		A	B	D	E
Variante					
Anzahl Anschlussobjekte	Stk.	10			
Grundlastversorgung		2 Biogas-BHKW 2 x 250 kW _{el.}	Sole-Wärmepumpen	Grundwasser-Wärmepumpe	zentrale Pellentsheizung
Jahresnutzenergie	MWh	303	303	303	303
Heizlast maximal	kW	172	172	172	172
Wärmeleitungslänge	m	1983	-	-	600
Gesamtinvestition	€	370.202	811.200	728.000	276.430
Investitionsförderung	€	113.301	273.000	245.000	43.533
CO ₂ -Emission	kg/a	-99.687	31.647	25.893	12.423
Einheitspreis (brutto)	€/MWh	160,32	207,17	181,31	200,21

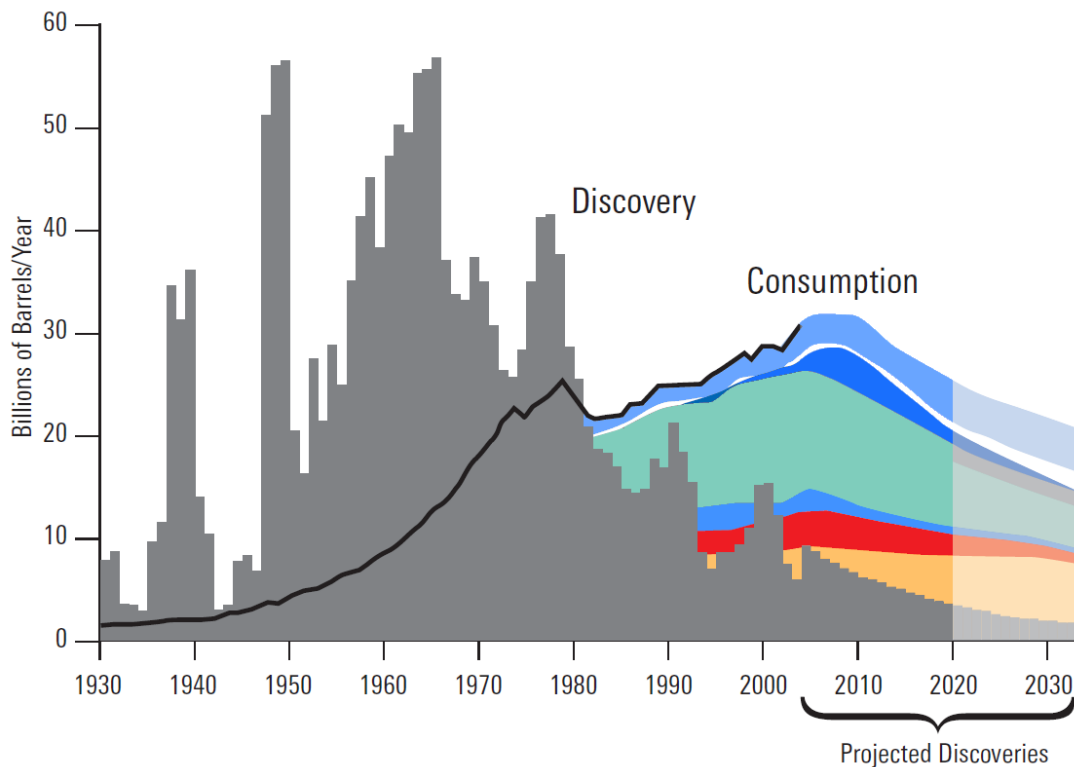
Abbildung 1 Variantenvergleich Wärmeversorgungskonzepte

Bei der Betrachtung der aus fachlicher Sicht möglichen und bewährten Entwicklung einer Nahwärmeversorgung durch die Biogaswärme kann die Variante A anhand langfristiger, wirtschaftlicher Überlegungen, konkreter Investitionsbereitschaft und aus Gründen des Klimaschutzbeitrags empfohlen werden. Eine Ausweitung dieser Wärmeversorgung auf die Bestandsgebäude entlang der Zuleitung, würde das Ergebnis allerdings weiterhin verbessern.

Das wirtschaftliche Ergebnis lässt eine klare Präferenz für die Versorgungsvariante A erkennen. Zu beachten ist bei der Umsetzung dieser Variante, dass erstens die Verpflichtungsbereitschaft des Biogasanlagenbetreibers notwendig ist und zweitens eine geeignete Investitionsstruktur zwischen Anlagenbetreiber und Vorhabenträger für die sich ergebenden Kosten gefunden werden muss.

1.2. Vorüberlegungen

1.2.1. Peak-Oil-Systematik



ASPO Deutschland e.V.

Nach Einschätzung in Fachkreisen steht unsere Gesellschaft, das Land, im Grunde die ganze Welt vor der wahrscheinlich größten strukturellen und industriepolitischen Herausforderung des Jahrhunderts. Der Fortbestand von Produktivität und Wohlstand hängen unmittelbar von der Verfügbarkeit und Bezahlbarkeit von Energie ab. Damit verbunden sind die Fragen globaler Gerechtigkeit und Verteilung. Die fossilen Energieträger, die das Rückgrat der Industrialisierung im letzten Jahrhundert bildeten, verursachen bei ihrer Nutzung ein unabsehbares Problem durch die Anreicherung der Atmosphäre mit Kohlendioxid und sind in ihrer Verfügbarkeit begrenzt. Das im Rahmen der UN-Klimakonferenz in Paris 2015 formulierten Schutzziel einer Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2 °C, möglichst 1,5 °C, bedarf einer weitreichenden Dekarbonisierung unserer Produktions- und Lebensweise.

Laut Energy-Watch Group ist in den nächsten Jahrzehnten mit einer Versorgungslücke bei Rohöl und Rohölprodukten als „Leitwährung der Energieversorgung“ zu rechnen. Ähnlich verhält es sich mit den anderen fossilen Ener-

gieträgern Erdgas und Steinkohle (Dr. Werner Zittel, Ludwig Bölkow Systemtechnik).

Eine aktuelle Ausarbeitung unterschiedlicher Fördermethoden hat Michael Dittmar (ETH Zurich, Institute of Particle Physics) veröffentlicht.

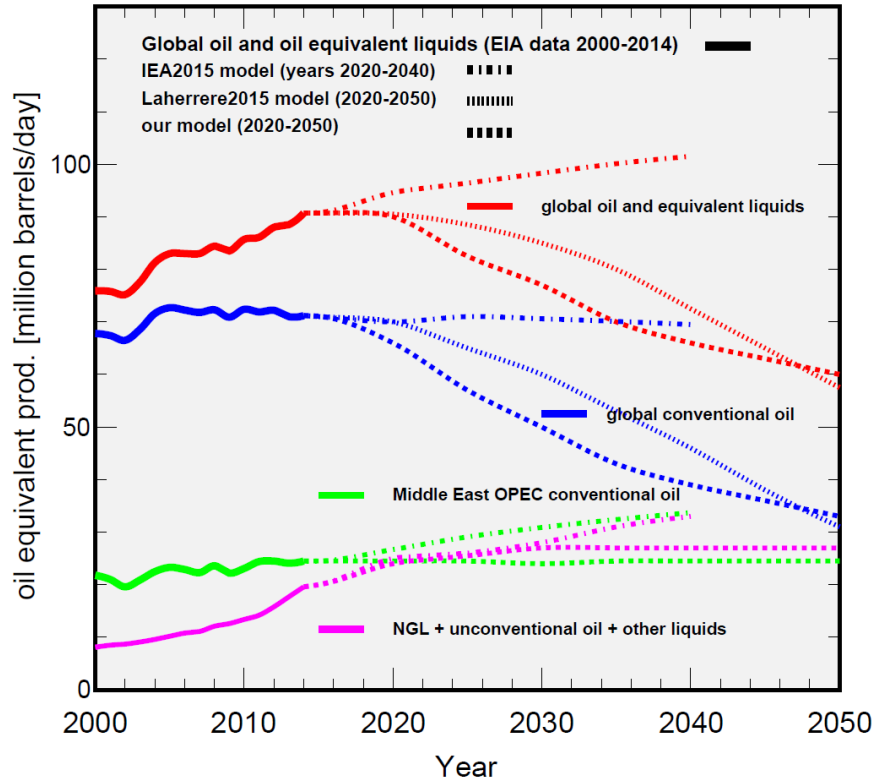
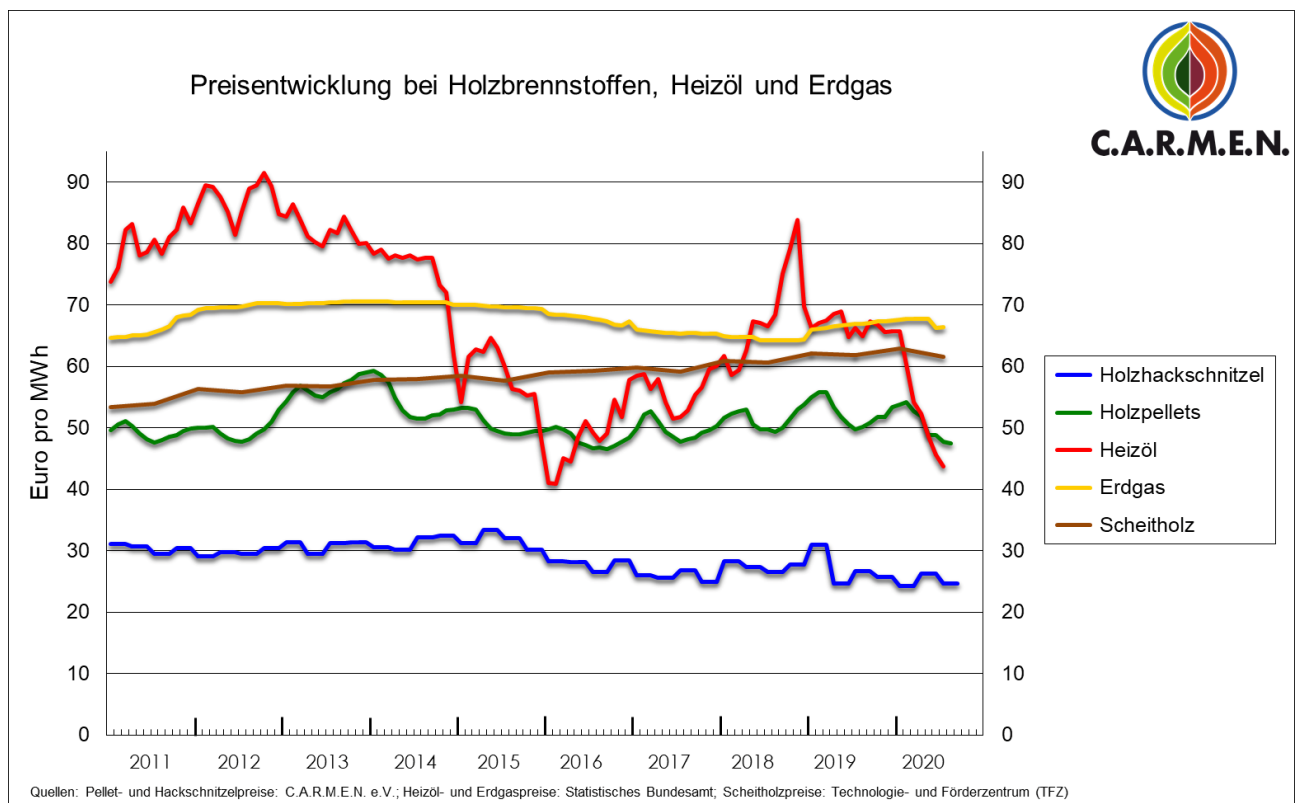


Abbildung 2 Institute of Particle Physics, ETH, 8093 Zurich, Switzerland, January 29, 2016

1.2.2. Preisentwicklung



Quelle: C.A.R.M.E.N. e.V.
Schulgasse 18, 94315 Straubing
Telefon: +49 (0) 9421 960-300

Künftig zu erwarten ist eine weitere, über dem allgemeinen Preisanstieg liegende, Verteuerung von Energie. Eine jährliche Preissteigerungsrate von 4 bis 6 Prozent entspricht dem Erfahrungswert der letzten Jahre. Die aktuelle Niedrigpreisphase für Rohöl ist als vorübergehender Effekt anzusehen. Mit Wahrscheinlichkeit wird die Verteuerung für fossile Energieträger über jener für Erneuerbare liegen.

Dem zur Folge ist von einer Verbesserung der wirtschaftlichen Ausgangslage für die Wärmeversorgung auf Basis Erneuerbarer Energien auszugehen. Diese Erwartung basiert jedoch auf Annahmen und ist für eine fundierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nur bedingt nutzbar.

2. Ist-Analyse

2.1. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im östlichen Ortsteil Kempten Lenzfried im Landkreis Oberallgäu. Bei der Siedlungsfläche handelt es sich um ein Neubaugebiet das sich zwischen der Lenzfrieder Straße, dem Wettmannsberger Weg, dem Gerhardingerweg und dem Friedhof Lenzfried befindet.

Der Geltungsbereich umfasst eine Gesamtfläche von 10.013 m², wovon 8.523 m² für Wohnbauzwecke genutzt werden können. Aktuell ist diese Fläche mit einem zweigeschossigen Atriumschulgebäude und einem Sportplatz bebaut, die dem Neubaugebiet weichen werden. Der Umgriff des Untersuchungsgebietes ist im Folgenden dargestellt:



Abbildung 3 Untersuchungsgebiet Kempten Lenzfried

2.2. Neubaugebiet

Im Untersuchungsgebiet plant die Stadt Kempten die Entwicklung eines neuen Wohngebietes mit insgesamt 32 Häusern und 57 Wohneinheiten.

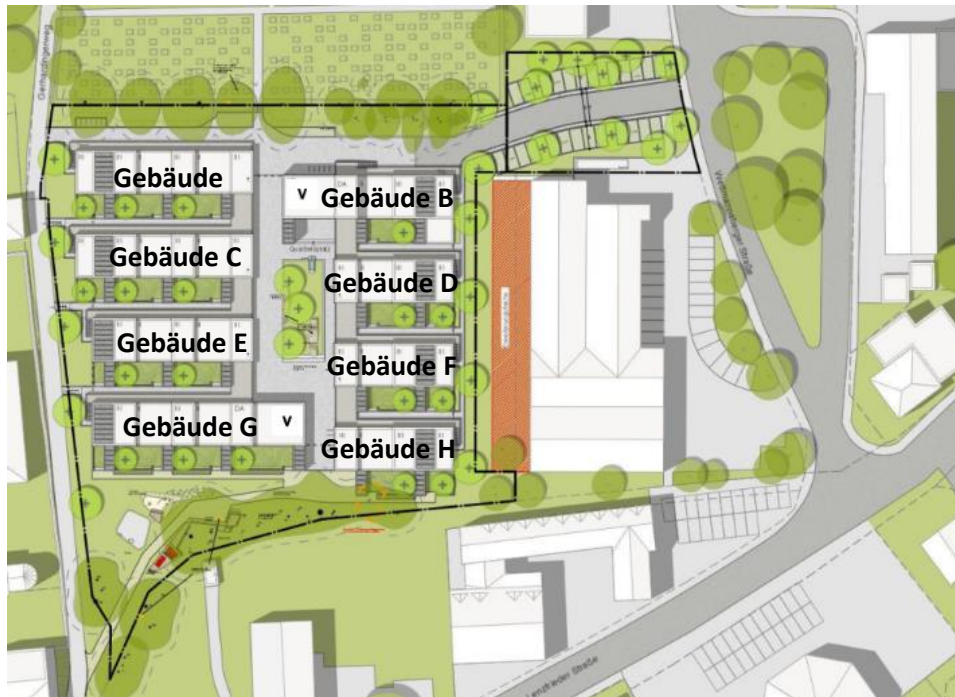


Abbildung 4 Neubaugebiet am Gerhardingerweg

Es sollen KfW-Effizienzhäuser 55 entstehen. Nach der DIN V 4701-10 sowie in dem ab November 2020 gültigen GEG wird für diese Bauart ein Heizwärme- und Warmwasserbedarf von 48 kWh pro m² angenommen. Der aufzubringende Heizwert für Warmwasser wird erfahrungsgemäß überstiegen und ist daher mit 27 kWh pro m² kalkuliert. Daraus ergibt sich ein Bedarf von 75 kWh pro m². Der Jahresnutzungswärmebedarf pro Gebäude ist in folgender Tabelle dargestellt.

Häuser A bis H	Anzahl	Jahresnutzungswärmebedarf in MWh/a
Gebäude A: Neubau nach KfW-EFH 55, 442,8 m ²	1 Stk.	33,21
Gebäude B: Neubau nach KfW-EFH 55, 567,5 m ²	1 Stk.	42,56
Gebäude C: Neubau nach KfW-EFH 55, 544,8 m ²	1 Stk.	40,86
Gebäude D und F: Neubau nach KfW-EFH 55, á 415,6 m ²	2 Stk.	62,34
Gebäude E: Neubau nach KfW-EFH 55, 460,9 m ²	1 Stk.	34,57
Gebäude G: Neubau nach KfW-EFH 55, 816,7 m ²	1 Stk.	61,03
Gebäude H: Neubau nach KfW-EFH 55, 377,4 m ²	1 Stk.	28,31

Tabelle 1 Jahresnutzungswärmebedarf

3. Variantenbeschreibung

In den nachfolgenden Beschreibungen der alternativen Wärmeversorgungsvarianten werden zur Verbesserung der Übersicht keine Mischformen angewendet. Es wird also davon ausgegangen, dass für alle Neubauten die gleiche Heizwärmeversorgung installiert wird. Zu beachten ist, dass eine möglichst einheitliche Nutzung der Versorgungsangebote bei den zentralen Lösungen dringend notwendig ist, dies betrifft die Varianten A und D. Mischformen bei den individuellen Versorgungslösungen in den Varianten B und C sind dagegen weniger problematisch. Alle Wirtschaftlichkeitsberechnungen erfolgen nach VDI 2067 nach einheitlichem Schema.

3.1. Nahwärmeversorgung

Bei der Berechnung des Energiebedarfes für das Wärmenetz im Untersuchungsgebiet (Variante A und D) wird der errechnete Jahresnutzungswärmebedarf aus Kapitel 2.2 verwendet. Als Jahresnutzungsstunden werden für Wohnnutzung 1.800 Stunden angesetzt. Die Gesamtheizlast wird mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,8 belegt, da nicht alle Abnehmer gleichzeitig volle Last verursachen. Als Netzverluste ergeben sich bei 150 kWh pro Meter folgende Verlustwert bezogen auf die abgenommene Wärmeenergie:

Variante		Energiemenge /a	Verlustwerte in %
Biogas-BHKW Leupolz	A	297,45	98%
Pellets-Heizanlage	D	90,00	30%

Dieses Berechnungsergebnis bietet deutlichen Hinweis auf die unterschiedliche Auslastung der Wärmenetzvarianten.

3.1.1. Nahwärmeversorgung - Investitionspläne

In den Investitionsplänen werden übliche Beträge für die Erstellung der Komponenten der Anlagentechnik und des Wärmenetzes verwendet. Die Kostenabschätzung erfolgt anhand von Erfahrungswerten aus vergleichbaren Projekten. Um eine genauere Definition des Investitionsbedarfs vor-

nehmen zu können, ist das Einholen von Ausführungsangeboten erforderlich.

Beim Kostenansatz für die Wärmeleitungen in Variante A und D wird die Verwendung von Kunststoffrohren der Bauart PE-Xa angenommen. Bei einer Vorlauftemperatur von 85 Grad Celsius, einem Temperaturdelta von 25 Grad Kelvin und einem Leitungsdruck von 6 bar ist die vom Querschnitt abhängige Kapazität der Leitung entsprechend nachfolgender Tabelle zu beschreiben:

Preise Wärmeleitung Kunststoff:		bis:
DN25 Duo	60,00 € /m	50 kW
DN32 Duo	65,00 € /m	80 kW
DN40 Duo	70,00 € /m	150 kW
DN50 Duo	75,00 € /m	250 kW
DN63 Uno	85,00 € /m	350 kW
DN80 Uno	100,00 € /m	500 kW
DN100 Uno	130,00 € /m	750 kW
DN125 Uno	150,00 € /m	1000 kW
Preise Wärmeleitung Stahl:		
DN80	120,00 € /m	500 kW
DN100	150,00 € /m	750 kW
DN125	175,00 € /m	1000 kW
DN160	200,00 € /m	1400 kW

Tabelle 2 Preise Wärmeleitungen

Zur Vermeidung von Verkehrsstörungen, zum Beispiel Lenzfrieder Str. Kreuzung Gerhardingerweg, wird eine Leitungsverlegung mittels Spülbohrverfahren angesetzt. Dies ist anhand einer Ausführungsplanung vor Ort zu prüfen.

Die vorgesehenen Leitungsquerschnitte für beide Nahwärmeversorgungsvarianten bieten keine Leistungsreserven für spätere Erweiterungen.

Bei der Bewertung von alternierenden Produkten der Wärmeleitungsanbieter ist zu beachten, dass bei der Verwendung von Kunststoff-Innenrohren eine maximale Vorlauftemperatur von 90° Celsius nicht überschritten werden sollte, um die Dauerbeständigkeit des Kunststoffes zu gewährleisten. Sind höhere Vorlauftemperaturen vonnöten müssen Metallrohre zum Einsatz kommen. Ferner sollte bei den Stamm- und Verteilleitungen eine Kraftschlüssigkeit in Längsrichtung gegeben sein, damit es zu keinen Einschnürungen der Isolierung bei engen Verlegeradien kommen kann.

Auf ein Leckageüberwachungssystem kann im Allgemeinen bei formschlüssig zu verbindenden Kunststoffleitungssystemen verzichtet werden.

Zur Berechnung der Investition für Hausanschlüsse wird mit einer Anzahl von 10 Anschlüssen für Mehrfamilienhäuser kalkuliert. Hier werden die Häuser A-H mit jeweils einem Anschluss ausgestattet, sowie die beiden mehrgeschossigen Gebäude.

3.1.2. Nahwärmeversorgung - Wirtschaftlichkeitsberechnung

Für die Systematik der Wirtschaftlichkeitsberechnung werden anhand Investitionsplan die festen und anhand Energiebedarfsberechnung die variablen Jahreskosten ermittelt.

Aufgrund der Vorgabe des Auftraggebers, für eine Nahwärmeversorgung ausschließlich das Neubaugebiet zu beachten, kann die KfW-Förderung im Programm 271/281 nicht in Anspruch genommen werden. Diese Möglichkeit würde sich erst ergeben, wenn zumindest ein Anteil Bestandsgebäude erschlossen würden. Es gilt dennoch, den Zugang zum KfW-Förderprogramm zu prüfen. Die alternative Fördermöglichkeit für Wärme- und Kältenetze (KWK-G 2016) über das BAFA ist nur in der Variante A Biogasversorgungsanlage zugänglich.

Die veranschlagten Jahresgesamtkosten ergeben sich aus der Summe der fixen und variablen Kosten. Für die Berechnungsmodalitäten des Wärme-preises gegenüber den Wärmekunden gibt es verschiedene Konzepte, die sich üblicherweise aus einem Grundpreis und einem Arbeitspreis zusammensetzen. Als Pumpenstrombedarf werden 3,0% des Energiebedarfes bei 0,22 €/kWh in Ansatz gebracht.

Die Befristung für die wirtschaftliche Abschreibung wurde bei 20 Jahren begrenzt. Die Absicherung der Einspeisevergütung des Biogas-BHKWs mit dem Inbetriebnahmejahr 2011 entsprechend EEG 2009 endet im Jahr 2031. Die endgültige Regelung im EEG 2021 ist zum Zeitpunkt der Konzepterstellung nicht bekannt, es ist jedoch davon auszugehen, dass die Vergütungsmöglichkeiten für Strom im EEG 2021 deutlich niedriger sein werden. Der Zeitraum ab Ende der EEG-Vergütung, nach EEG 2009, im Jahr 2031 bis Ende der wirtschaftlichen Abschreibung der Anlagentechnik des Wärmenetzes ist im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit als kritischer Zeitraum anzusehen.

3.1.3. Nahwärmeversorgung - Wärmepreis

Für die Berechnungsmodalitäten des Wärmepreises gegenüber den Wärmekunden gibt es verschiedene Konzepte. Für den Aufbau einer üblichen Struktur der Wärmepreisgestaltung existiert ein gesetzlicher Rahmen in Form der Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme (AVBFernwärmeV). Darüber hinaus haben sich zahlreiche Praxisbeispiele für zulässige Wärmepreisstrukturen bewährt. In der Berechnung der Wirtschaftlichkeit des vorliegenden Energiekonzeptes werden folgende Beispiele behandelt:

Beispiel 1 - Kein Grundpreis:

Es werden die gesamten Jahreskosten im Arbeitspreis abgebildet. Dieses Schema führt zu starken Einnahmeschwankungen bei jeder Verbrauchsänderung – beispielsweise durch witterungsbedingte Unterschiede – und zu einem wirtschaftlichen Risiko für den Anbieter im Fall der abnehmerseitigen Nutzungsunterbrechung.

Beispiel 2 – Festkostendeckung über Grundpreis:

Dieses Schema führt aufgrund des hohen, verbrauchsunabhängigen Grundpreises meistens zu wenig Begeisterung bei den Wärmekunden. Es bietet zudem wenig Anreize zum sparsamen Umgang mit Heizwärme.

Beispiel 3 - abgesenkter Grundpreis:

Hier wird ein Drittel der festen Kosten in den variablen Teil des Wärmepreises (Arbeitspreis) übertragen. Dieses Schema bietet den Vorteil einer weitreichenden Einnahmeabsicherung für den Wärmenetzbetreiber auch bei schwankender Wärmeabnahme. Der Anreiz zum sparsamen Heizen wird erhalten. Dieses Abrechnungsschema kann als bewährt und etabliert bezeichnet werden und wird in diesem Konzept empfohlen.

3.1.4. Nahwärmeversorgung - Preisgleitklausel

Für die Gestaltung einer Preisanpassung werden die Faktoren aus den Publikationen des Statistischen Bundesamtes verwendet.

	Gruppensystematik	Fachserie
Erdöl und Erdgas	015 (E)	17 / 2
Futtermittel	074 (F)	
Holzhackschnitzel	115 (GH)	
Holzpellets	128 (GP)	
Dieselmotortreibstoff	176 (D)	
Heizöl EL	180 (EL)	
Maschinentechnik	412 (R)	
Elektrischer Strom	619 (S)	
Erdgas	631 (EG)	
Fernwärme	642 (FW)	
Lohnentwicklung	(L)	16 / 4.3

Tabelle 3 Preisanpassungsindizes

Anhang 5 zeigt ein Beispiel für die Anwendung einer Preisanpassungsklausel. Da die künftige Preisentwicklung nicht bekannt ist, wird der Verlauf der zurückliegenden Jahre als Projektion verwendet. So, als hätte der aktuell errechnete Wärmepreis bereits im Bezugsjahr 2015 gegolten.

Zu beachten ist, dass die Preisentwicklungen der Vergangenheit nur bedingt Rückschlüsse auf künftige Entwicklungen bieten. Ferner hat der Gesetzgeber enge Vorschriften für die inhaltliche Bindung an plausible Bezüge erlassen. Siehe dazu Bundesgesetzblatt Jahrgang 1998 Teil I Nr. 34 S. 1253:

„(1) Der Betrag von Geldschulden darf nicht unmittelbar und selbsttätig durch den Preis oder Wert von anderen Gütern oder Leistungen bestimmt werden, die mit den vereinbarten Gütern oder Leistung nicht vergleichbar sind. (...)“

Verstöße können bei späteren Rechtsstreitigkeiten zur Ungültigkeit der getroffenen Vereinbarung führen und würden damit deren Sinn in Frage stellen.

Empfehlenswert wäre anhand dieser Überlegungen die Anwendung der Formel:

$$\text{Preisänderungsfaktor} = 0,30 \times E/E_0 + 0,50 \times GH/GH_0 + 0,10 \times L/L_0 + 0,10 \times R/R_0$$

Daten vom Statistischen Bundesamt www.destatis.de oder bei www.renergie-allgaeu.de

In Abhängigkeit der Wünsche von Betreiber und Abnehmern kann auch eine differenzierte Anpassung für Grund- und Arbeitspreis eingeführt werden. So macht es beispielsweise Sinn, in der Anpassungsklausel für den Grundpreis eher die Kostenentwicklung für Anlagentechnik, und im Arbeitspreis nur jene für Energieträger abzubilden.

3.1.5. Nahwärmeversorgung - Förderbedingungen

Seit 21. Dezember 2015 gilt die aktuelle Fassung des KWK-G (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz) nach §19. Diese gilt als Vorrangförderung bei kraftwärmegekoppelten Versorgungsanlagen mit einem Deckungsanteil von mindestens 60 Prozent. Darin wird die Förderung auf **100,- € je laufender Meter** bei einem mittleren Nenndurchmesser bis 100 mm, **höchstens** aber **40 Prozent** der ansatzfähigen Investitionskosten festgelegt. Zu beachten ist, dass

- bereits das Antragsverfahren Bearbeitungsgebühren hervorruft,
- die Antragstellung nach Projektabschluss erfolgt und
- die Bestätigung eines vereidigten Wirtschaftsprüfers gefordert wird. (Mit dem Antragsverfahren vertraute Wirtschaftsprüfer können wir Ihnen bei Bedarf vermitteln).

Dieses Förderprogramm ist für das geplanten Ausbauszenario Variante A, mit einem Deckungsanteil durch KWK-Wärme von 100 Prozent, zugänglich.

Parallel besteht die Förderung für Wärmenetze anhand der BMU-Förderrichtlinie für erneuerbare Energie im Wärmemarkt vom 30. Dezember 2019. Diese wird durch eine Sondertilgung zugunsten eines Darlehens von der KfW-Mittelstandsbank erbracht. Die Förderung beträgt **60,- € je Meter** Trassenlänge und **1.800,- €** für jede **Hausanschlussstation**. Der Förderantrag ist bei diesem Programm vor Beginn der Maßnahme über die Hausbank zu stellen. Entsprechend der im Lageplan ermittelten Leitungslängen ergibt sich aus dem Quotienten Jahresenergiebedarf / Leitungslänge die Wärmebelegungsdichte in MWh/(m a). Die Fördergrenze für Wärmenetze in diesem Programm liegt bei 0,5 MWh/(m a). Beim aktuellen Planstand ergeben sich für die Versorgungsvarianten folgende Werte:

Variante		Wärmebelegungsdichte MWh/(m a)
Biogas-BHKW Leupolz	A	0,153
Pellets-Heizanlage	D	0,505

Es ergibt sich als Erkenntnis, dass das geplante Ausbauszenario Variante D das Kriterium der BMU-Richtlinien - wenn auch sehr knapp - erfüllt. Hier wird eine Prüfung der bisher geplanten Leitungsführung empfohlen um ggf. eine höhere Wärmebelegungsichte und dadurch ein konkretes Ergebnis erzielen zu können. Um Zugang zum Förderprogramm 271/281 der KfW-Bank zu erhalten, muss allerdings die Versorgung auf den Bestand ausgedehnt werden. Da dies bisher nicht vorgesehen ist, sind die Konditionen für den Zugang zu dieser Förderung einer genaueren Prüfung zu unterziehen. Dieser Förderweg ist nicht in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eingearbeitet würde aber theoretisch eine Fördersumme von rund 40.000,- € ergeben.

3.2. Variantenvergleich

In Abstimmung mit dem Stadtplanungsamt Kempten wurden nachfolgende Realisierungsvarianten für die Heizwärme- und Warmwasserversorgung im Umgriff des beauftragten Konzeptes definiert und im Folgenden beschrieben bzw. berechnet. Eine Versorgung der Bestandssiedlung wird nicht betrachtet.

3.2.1. Biogas-BHKW Leupolz (A)

In der Biogasanlage des Betriebs BIOVoltaik Allgäu GmbH & Co. KG sind zwei Biogas-Blockheizkraftwerke mit einer gesamten elektrischen Leistung von 500 kW installiert. Die Inbetriebnahme ist im Jahr 2011 erfolgt. Mit einer Stromkennzahl von 0,94 für Biogas-BHKWs und einem Nutzungsgrad von 85 Prozent steht eine Wärmemenge bis zu 3.300 MWh für externe Nutzung zur Verfügung. Theoretisch ist diese Wärmemenge nach Abzug der benötigten Wärme für das Neubaugebiet ausreichend zur Versorgung von 20 bis 25 Einfamilien-Wohnhäusern im Bestand. Durch ein geeignetes Lastenmanagement der Biogasanlage und eine zusätzliche Spitzenlastversorgung könnte die Versorgung im Bestand noch erweitert werden. Tatsächlich einer Nutzung zugeführt werden gegenwärtig ca. 126 MWh oder 3,8 Prozent für eine Wärmeversorgung für sechs Wohnhäuser im Südwesten von Leupolz. Es wird zudem Wärme für eine Hackschnitzel- und Holz Trocknung aufgewendet, diese ist jedoch wegen der flexiblen Fahrweise der Anlage vernachlässigbar. Bei Realisierung der berechneten Wärmeversorgung in der Variante A mit einem Bedarf von 303 MWh für das Untersuchungsge-

biet, mit Berücksichtigung der Leitungsverluste, würde sich der Nutzungsgrad der Prozesswärme wesentlich verbessern.

Zu beachten ist zudem, dass eine zusätzliche Versorgung der Bestandsgebäude zu einem noch wirtschaftlicheren Ergebnis führen würde. Der Wärmepreis könnte dann unter 10 Cent brutto betragen, hier sind die erhöhten Investitionskosten für den Leitungsbau von ca. 200.000,00 € - 250.000,00 € berücksichtigt. Aus Sicht der Verfasser wäre es somit ratsam, die Betrachtung räumlich auszudehnen und Bereiche der Bestandssiedlung für eine Wärmeversorgung aus dieser Quelle einzubeziehen. Damit verbunden wären folglich eine anzupassende Dimensionierung des Leitungssystems und eine entsprechende Änderung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Seitens des Biogasbetreibers besteht gegenwärtig Bereitschaft zur Verfolgung des Projektes. Aus fachlicher Sicht wäre diese Versorgungsvariante bei Realisierung mit einer Systemauslegung mit Kunststoffleitungen PE-Xa nicht nur die mit der günstigsten wirtschaftlichen Erwartung, sondern auch mit dem besten Klimaschutzeffekt.



Abbildung 5 Leitungsschema Nahwärme Leupolz



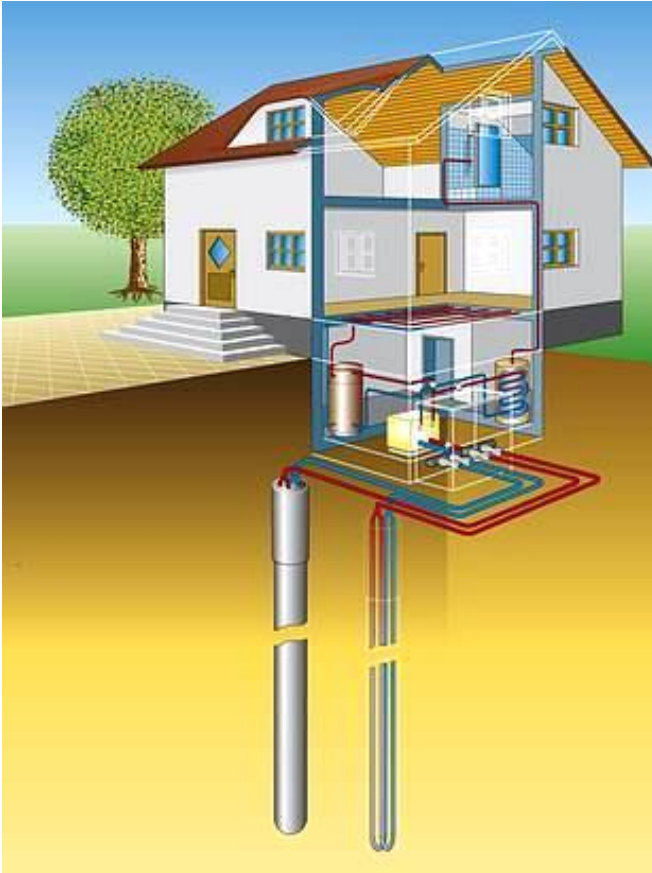
Abbildung 6 Detailansicht Leitungsschema Nahwärme Leupolz

Die wesentlichen Daten der Versorgungsvariante A:

Kriterium	Wert	Einheit
Investitionshöhe	370.202	€
Investitionshöhe spezifisch pro Gebäude	70.000	€
Staatliche Förderung	113.301	€
Energiebedarf (Strom Sondertarif)	-	MWh/a
Wärmepreis (brutto)	160,32	€/MWh
CO ₂ -Emission	-99.687	kg/a

Tabelle 4 Daten zu Biogas-BHKW Leupolz Versorgungsvariante A

3.2.2. Sole Wärmepumpe (B)



Zur Erschließung der oberflächennahen Geothermie werden in der Variante B Sondenbohrungen als Sammelabwicklung vorgeschlagen. Das vorliegende Baugrundgutachten vom 27. Mai 2019 umfasst nur Ergebnisse bis zu einer Untersuchungstiefe von maximal 12 m. Diese Erkenntnisse reichen aber nicht aus, um verlässliche Aussagen zu den Einsatzmöglichkeiten von Tiefensonden im Bereich von 50 bis 150 Metern zu treffen. Alternativ kann im Neubau auch die Anwendung von Erdwärmekollektoren mit horizontaler Ausrichtung in einer Tiefe von 1,5 oder als Spezialkonstruktion (Erdwärmekörbe) bis 5 m vorgesehen werden. Im Baugrundgutachten finden sich keine Hinweise, die diese Bauweise ausschließen würden. Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit wird eine Vollkostenrechnung erstellt, die folgende Hauptmerkmale aufweist:

- Höhe der erforderlichen Investition für die Anlagentechnik
- Beschaffung Antriebsenergie
- Wartungsaufwendungen

Im Investitionsplan werden Standardbeträge für die Beschaffung und Installation der Anlagentechnik verwendet. Für die Wärmepumpenanlage wird ein COP-Wert von 4,5 angesetzt und ein Pufferspeicher mit 1.000 Liter Volumen. (COP = Coefficient of Performance oder Leistungszahl).

Die wesentlichen Daten der Versorgungsvariante B:

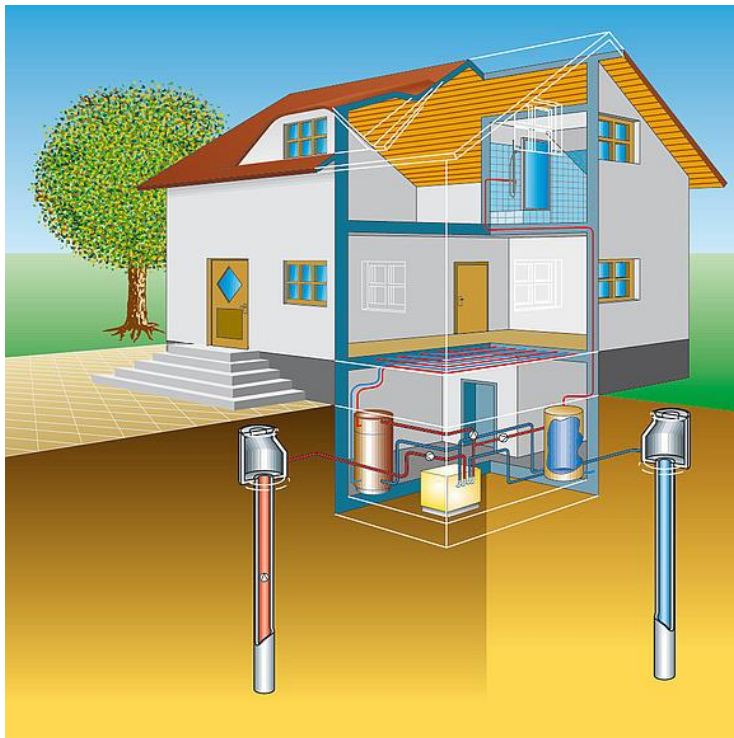
Kriterium	Wert	Einheit
Investitionshöhe	811.200	€
Investitionshöhe spezifisch pro Gebäude	31.200	€
Staatliche Förderung	273.000	€
Energiebedarf (Strom Sondertarif)	67	MWh/a
Wärmepreis (brutto)	207,17	€/MWh
CO ₂ -Emission	31.647	kg/a

Tabelle 5 Daten zu Sole Wärmepumpe Versorgungsvariante B

Eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit ergebe sich durch Einplanung von PV-Anlagen mit Batteriespeichern zur überwiegenden Eigenstromnutzung. Dies hätte zum Vorteil, dass zum Teil der Haushaltsstrom sowie der Antriebsstrom für die Wärmepumpen selbst erzeugt werden könnte. Mit attraktiven Erlösen aus Stromeinsparung kann aufgrund der aktuellen Gesetzeslage jedoch nicht gerechnet werden.

Die Installation von PV-Anlagen mit Batteriespeichern hätte neben der Stromeinsparung außerdem den vorteilhaften Effekt, dass alle Anforderungen der KfW-Förderbank an ein KfW-Effizienzhaus 40 plus erfüllt wären, wodurch ein zusätzlicher Bonus von 6.000,00 € pro Wohneinheit gewährt werden könnte.

3.2.3. Grundwasser Wärmepumpe (C)



Zur Erschließung der Grundwasser Wärmepumpe, wird die Energie des Grundwassers mit einer konstanten Temperatur von 7-15 °C genutzt. Dieses hohe Energieniveau macht die Grundwasser Wärmepumpe am effizientesten von allen Heizungswärmepumpen. Für den Betrieb einer Grundwasser Wärmepumpe werden ein Förderbrunnen und ein Schluckbrunnen benötigt. Da aus dem vorliegenden Baugrundgutachten vom 27. Mai 2019 keine Angaben zur Wassermenge und Qualität vorgehen müsste dies vor Realisierung dieser Variante geprüft werden.

Auch die Erkenntnisse für Einsatzmöglichkeiten von Tiefensonden im Bereich von 50 bis 150 Metern finden sich nicht in dem vorhandenen Baugrundgutachten und sollten ebenfalls überprüft werden.

Zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit wird ebenfalls eine Vollkostenrechnung erstellt mit den gleichen Merkmalen wie in Variante B. Auch in diesem Investitionsplan werden Standardbeträge für die Beschaffung und Installation der Anlagentechnik verwendet. Für die Wärmepumpenanlage wird ein COP-Wert von 5,5 angesetzt und ein Pufferspeicher mit 1.000 Liter Volumen.

Eine wirtschaftliche Verbesserung und die Anforderungen an ein KfW-Effizienzhaus 40 plus mit entsprechender Förderung ist auch hier durch die Installation von PV-Anlagen mit Batteriespeichern zur Eigenstromnutzung gegeben. Auch hier könnte somit mit einem Förderbonus von 6.000,00 € pro Gebäude gerechnet werden.

Die wesentlichen Daten der Versorgungsvariante C:

Kriterium	Wert	Einheit
Investitionshöhe	728.000	€
Investitionshöhe spezifisch pro Gebäude	28.000	€
Staatliche Förderung	245.000	€
Energiebedarf (Strom Sondertarif)	55	MWh/a
Wärmepreis (brutto)	181,31	€/MWh
CO ₂ -Emission	25.893	kg/a

Tabelle 6 Daten zu Grundwasser Wärmepumpe Versorgungsvariante C

3.2.4. Pellets-Heizanlage (D)

In dieser Variante wurde die Heizwärme- und Warmwasserversorgung durch ein zentral angeordnetes Heizwerk für den Erneuerbaren Energieträger Holzpellets untersucht. Die Energieverteilung erfolgt mittels Nahwärmleitungen der Bauart PE-Xa in hochgedämmter Bauweise mit einer Rohrdämmung mit einer Wärmeleitfähigkeit von höchstens 0,0215 W/mK. Die dargestellte Positionierung des Heizwerks sowie die Leitungsführung gehen aus den Unterlagen vom 09.01.2020 der Firma meck Architekten hervor.

Um effizientes Heizen mit einer Pelletheizung zu gewährleisten wurde in dieser Variante zusätzlich ein Pufferspeicher mit einem Volumen von 5 m³ in die Planung aufgenommen. Unter dieser Voraussetzung kann die Pelletheizung effektiver eingesetzt werden. Die produzierte Wärme wird im Pufferspeicher zwischengespeichert und je nach Bedarf ins Heizungssystem abgegeben. Die Installation des Pufferspeichers wird auch seitens Fördergeber gefordert mit einem Volumen von mindestens 30 Liter pro kW Wärmeleistung.



Abbildung 7 Leitungsschema Pellets-Heizanlage

Die wesentlichen Daten der Versorgungsvariante D:

Kriterium	Wert	Einheit
Investitionshöhe	276.430	€
Investitionshöhe spezifisch pro Haus	70.000	€
Staatliche Förderung	43.533	€
Energiebedarf (Strom Sondertarif)	-	MWh/a
Wärmepreis (brutto)	200,21	€/MWh
CO ₂ -Emission	12.423	kg/a

Tabelle 7 Daten zu Pellets-Heizanlage Versorgungsvariante D

3.2.5. Übersicht Variantenvergleich

Kategorie	Einheit	Wert			
		A	B	C	D
Variante					
Anzahl Anschlussobjekte	Stk.	10			
Grundlastversorgung		2 Biogas-BHKW 2 x 250 kW _{el}	Sole- Wärmepumpe	Grundwasser- Wärmepumpen	zentrale Pelletsheizung
Spitzenlastversorgung u. Ausfallsicherung		keine	keine	keine	Pufferspeicher
Jahresnutzenergie	MWh	303	303	303	303
Einspeiseenergie	MWh	600	-	-	435
Heizlast maximal	kW	172	172	172	172
Wärmeleitungslänge gesamt	m	1983	-	-	600
Wärmebelegungsdichte	kWh/m a	153	-	-	505
Investition Wärmeerzeugung	€	13.760	560.000	480.000	124.380
Investition Wärmeleitung	€	272.742	220.000	220.000	76.150
Investition Hausanschlüsse bzw. Erzeugung	€	70.000	31.200	28.000	70.000
Gesamtinvestition	€	370.202	811.200	728.000	276.430
Investitionsförderung	€	113.301	273.000	245.000	43.533
Wartungs-, Personal- u. Versicherungsaufwand	€/a	13.455	8.112	7.280	12.035
Jahresfestkosten	€/a	27.691	37.937	34.046	24.941
Jahresgesamtkosten	€/a	40.820	52.750	46.166	232.897
Kosten Endenergie	€/MWh	24.066	14.813	12.120	26.037
Kapitalverzinsung	%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
wirtsch. Nutzungsdauer	a	20	20	20	20
CO ₂ -Emission	kg/a	-99.687	31.647	25.893	12.423
Einheitspreis (brutto)	€/MWh	160,32	207,17	181,31	200,21

Tabelle 8 Übersicht Variantenvergleich

4. Fazit und Empfehlung

Die für eine Auswahlentscheidung relevanten Werte Einheitspreis für die Heizwärme-/Warmwasserversorgung und CO₂-Emission für das geplante Neubaugebiet im Kemptener Ortsteil Lenzfried „Gerhardingerweg“ ergeben sich signifikante Unterschiede. Diese Übersicht des Variantenvergleichs ist in nachfolgender Darstellung mit den Kriterien Wärmepreis und CO₂-Emissionen dargestellt. Hier wird auf Skalierung verzichtet, um den qualitativen Inhalt vereinfacht zu zeigen.

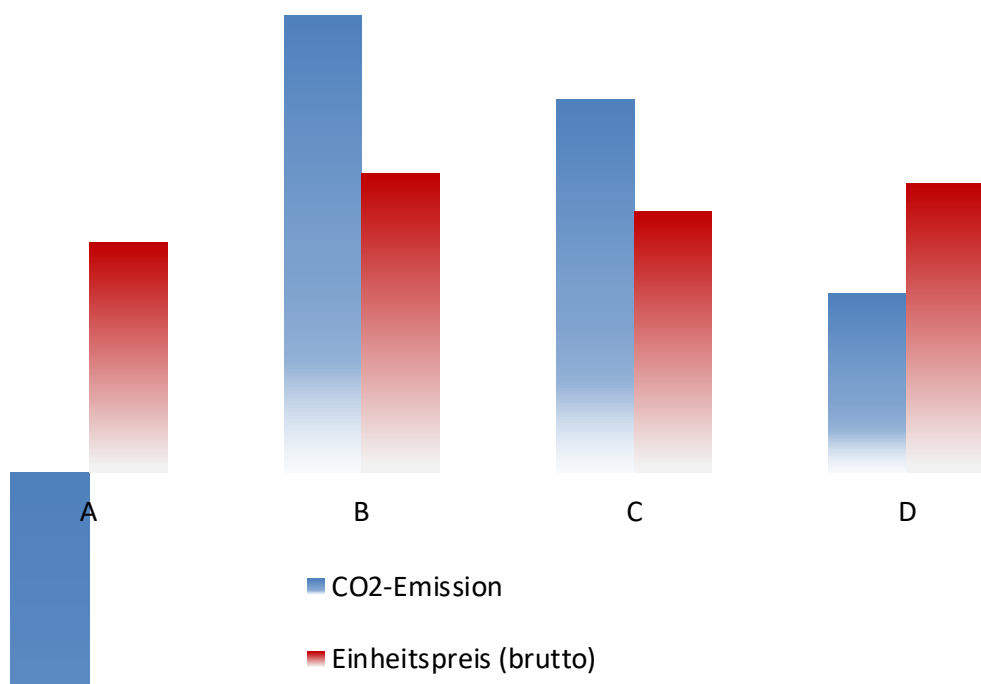


Abbildung 8 Grafischer Vergleich Wärmepreis - CO₂-Emission

Variante A, die Nahwärmeversorgung aus der Biogasanlage Leupolz erweist sich erwartungsgemäß als die wirtschaftlichste Variante und wird aufgrund bewährter Entwicklung, wirtschaftlicher Überlegung und aus Gründen des Klimaschutzbeitrags empfohlen. Durch eine Erweiterung der Leitung auf die Bestandsgebäude könnte diese Versorgungsvariante, auch unter Berücksichtigung einer Mehrinvestition, einen noch besseren Wärmepreis erzielen. Die Bereitschaft des Anlagenbetreibers zur Realisierung des Projektes besteht zum Zeitpunkt der Konzepterstellung. Der CO₂-Emissionswert ist im Vergleich am niedrigsten. Dieser negative Wert entsteht durch den in der

EnEV definierten negativen CO₂-Emissionsfaktor für Nahwärme aus KWK-Erneuerbar.

Die Betrachtung der dezentralen Versorgungsvariante B mit Sole-Wärmepumpenanlagen führt zu einem quartiersinternen Lösungsansatz auf Basis bewährter, allerdings kostenintensiver Technologien aber mit guter Fördermöglichkeit. Die CO₂-Emissionen liegen im mittleren Bereich, wobei eine grundlegende Abhängigkeit von der Herkunft des externen Antriebsstroms für die Wärmepumpen besteht. Durch die Installation von PV-Anlagen mit Batteriespeicher könnten die Strombezugskosten und die CO₂-Emissionen reduziert werden. Zudem verschafft diese Installation Zugang zu der Förderung für KfW-EH 40+. Die Prüfung zur Aufwertung der Gebäudeenergieeffizienz von KfW-EH 55 auf EH 40 ist ratsam.

Der Einheitspreis, der sich für die Versorgung mit Grundwasserwärmepumpen (Variante C) ergibt, ist in jedem Fall konkurrenzfähig. Trotz der ähnlichen Technologie zu Variante B ist erkennbar, dass sowohl der Einheitspreis als auch die CO₂-Emissionen geringer ausfallen. Der Grund hierfür sind geringere Kosten für die Brunnenanlagen und der höhere COP-Wert von 5,5 der zur Verbesserung des CO₂-Emissionswerts führt. Wie in Variante B ist die CO₂-Emission abhängig von der Herkunft des Antriebsstroms und kann durch die Installation von PV-Anlagen verbessert werden. Zugleich würde sich auch hier der Einheitspreis für den günstigeren Antriebsstrom und der CO₂-Emissionswert reduzieren. Der Zugang zur Förderung für KfW-EH 40+ wäre durch die Installation von PV-Anlagen mit Batteriespeicher ebenfalls gegeben.

Der errechnete Einheitspreis der in Variante D beschriebenen zentralen Pelletsheizanlage ist im Vergleich zu den Varianten A und C relativ hoch. Eine Verbesserung des Preises könnte durch die Erhöhung der Fördersumme für das Leitungsnetz erfolgen. Nach aktuellem Planstand besteht jedoch kein Zugang zum Förderprogramm der KfW-Bank. Die Möglichkeit sollte dennoch geprüft werden. Die CO₂-Emissionen liegen im niedrigen Bereich, aufgrund des niedrigen Emissionsfaktors für den Energieträger.

5. Allgemeines

Das vorliegende Energiekonzept und die darin enthaltenen Angaben unterliegen dem Datenschutz und werden nicht an Dritte weitergegeben.

Die Berechnung wurde nach bestem Wissen anhand der verfügbaren Daten erstellt. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung der durchführenden Fachunternehmen.

Alle Kostenangaben basieren auf marktüblichen Preisen zum Zeitpunkt der Erstellung des Energiekonzeptes. Bei Investitionen sollten immer mehrere Vergleichsangebote eingeholt werden.

Das Energiekonzept ersetzt nicht die Ausführungsplanung. Zur Durchführung der empfohlenen Maßnahmen wenden Sie sich bitte an die jeweiligen Fachunternehmen.

Die Inhalte des Energiekonzeptes sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte daran verbleiben beim Ersteller. Der Bericht ist nur für den Auftraggeber und den angegebenen Zweck bestimmt.

Vervielfältigung oder Verwertung durch Dritte ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Verfassers erlaubt.

Eine Rechtsverbindlichkeit folgt aus dieser Stellungnahme nicht. Sofern im Falle entgeltlicher Beratungen Ersatzansprüche behauptet werden, beschränkt sich der Ersatz bei jeder Form der Fahrlässigkeit auf das gezahlte Honorar.

6. Anhänge

Anhang 1: Energiebedarfsberechnung

Projekt

Stadt Kempten - Lenzfried "Gerhardinger"
Kempten

Anhang 1



Energiebedarfsberechnung

Nr. ¹⁾	Anschlussobjekte Eigentümer Herstellungsjahr	bisherig			prognostiziert			
		Brennstoffverbrauch Liter Heizöl EL Äquivalent	Anlagenleistung in kW	Faktor Überdimensionierung	Endenergiebedarf in MWh/a	Jahresnutzungsgrad in %	Jahres- Nutzwärmebedarf in MWh/a	Jahres- nutzungs- stunden ³⁾ 1800 1500 1200
1.	Neubaubereich Lenzfried Gerhardinger, Gebäude A KfW-EH55 442,8 m ² à 75 kWh/m ² 1 Stk.					33,21	19,00	
2.	Neubaubereich Lenzfried Gerhardinger, Gebäude B KfW-EH55 567,5 m ² à 75 kWh/m ² 1 Stk.					42,56	24,00	
3.	Neubaubereich Lenzfried Gerhardinger, Gebäude C KfW-EH55 544,8 m ² à 75 kWh/m ² 1 Stk.					40,86	23,00	
4.	Neubaubereich Lenzfried Gerhardinger, Gebäude D F KfW-EH55 415,6 m ² à 75 kWh/m ² 2 Stk.					31,17	18,00	
5.	Neubaubereich Lenzfried Gerhardinger, Gebäude E KfW-EH55 460,9 m ² à 75 kWh/m ² 1 Stk.					34,57	20,00	
6.	Neubaubereich Lenzfried Gerhardinger, Gebäude G KfW-EH55 816,7 m ² à 75 kWh/m ² 1 Stk.					61,03	34,00	
7.	Neubaubereich Lenzfried Gerhardinger, Gebäude H KfW-EH55 377,4 m ² à 75 kWh/m ² 1 Stk.					28,31	16,00	
A Jahresenergiebedarf / Heizlast (Versorgung Biogasanlage Leupolz)						303,00	172,00	
Heizlast bei Berücksichtigung des Gleichzeitigkeitsfaktors						0,8	138	
Leitungsverluste 150 kWh/m a						98%	297,45	
Speicherverluste						0%	0,00	
Einspeiseenergie und Thermische Erzeugungsleistung						600,00	165,00	
Wärmebelegungsdichte²⁾ in MWh/m								
Summe aller Leitungslängen in m						1983	0,153	
B Jahresenergiebedarf / Heizlast (Versorgung Sole Wärmepumpen)						303,00	172,00	
C Jahresenergiebedarf / Heizlast (Versorgung Grundwasser Wärmepumpen)						303,00	172,00	
D Jahresenergiebedarf / Heizlast (Versorgung Pelletsheizung)						303,00	172,00	
Heizlast bei Berücksichtigung des Gleichzeitigkeitsfaktors						0,8	138	
Leitungsverluste 150 kWh/m a						30%	90,00	
Speicherverluste						14%	41,66	
Einspeiseenergie und Thermische Erzeugungsleistung						435,00	146,00	
Wärmebelegungsdichte²⁾ in MWh/m								
Summe aller Leitungslängen in m						600	0,505	

1) Nummerierung aus Lageplan

2) Sollwert >0,5 MWh/m (Fördergrenze BMU-Richtlinie)

3) 1500 Trocknung u. Gewerbe, 1800 Wohnung

Anhang 2A: Investitionsplan

Projekt

Stadt Kempten - Lenzfried "Gerhardinger"
Kempten

Anhang 2A



Investitionsplan		in €		
	Massen	ME	EP	Kosten (netto)
Biogas-BHKW				
1.1. Erzeugungsseitige Anlagenteile Wärmetauscher, Regelung, Armaturen, Fracht,			35,00 €	6.020,00 €
1.2. Hydraulik Netzpumpen, Frequenzumrichter, Rohrleitungsnetz, Armaturen und Zubehör für Anbindung Hauptnetzleitung			45,00 €	7.740,00 €
1.3. Bauliche Anlagen Gebäudeumbauten und Rückbauten, Herstellung Brennstoffbunker, Fördertechnik	172 kW _{th}		250,00 €	0,00 €
1.4. Biomassespezifische Anlagenteile Hackschnitzelkessel inkl. Schubboden, Regelung, Armaturen, Fracht, Montage (ohne Planungs- u. Baukosten)			450,00 €	0,00 €
1.5. Schornsteinanlage pauschal bis	1.000 kW			0,00 €
1.6. Pufferspeicher erzeugungsseitig	0 m ³		1.100,00 €	0,00 €
2. Wärmeleitung				
2.1. Nahwärmestammleitung DN 40 als Kunststoffrohr, Vor- und Rücklauf <i>davon außerhalb gelegene Zuleitung:</i>	1460 m 0 m		70,00 €	102.200,00 €
2.2. Hausanschlussleitung DN 32 als Doppelkunststoffrohr, Vor- und Rücklauf	50 m		65,00 €	3.250,00 €
2.3. Hausanschlussleitung DN 25 als Doppelkunststoffrohr, Vor- und Rücklauf	473 m		60,00 €	28.380,00 €
2.4. Straßendurchpressung DN 200, in Metall, inkl. Anschlussarbeiten, Aushub und Wiederauffüllung	1 Stk.		12.000,00 €	12.000,00 €
2.5. T-Abzweige, Klappen, Dichtungen, etc. Messsystem zur Leckageerkennung			8,00 € - €	15.864,00 € 0,00 €
2.6. Bussystem zur Datenfernauslesung	1983 m		6,00 €	11.898,00 €
2.7. Grabarbeiten			20,00 €	39.660,00 €
2.8. Deckenbauarbeiten anteilig 25%			120,00 €	59.490,00 €
3. Hausanschlüsse				
3.1. Hausanschluss EFH	0 Stk.		3.500,00 €	0,00 €
3.2. Anschluss MFH/Gewerbe	10 Stk.		7.000,00 €	70.000,00 €
4. Planung				
4.1. Projektierung, Ausführungsplanung, Genehmigungsverfahren ⁴⁾			3,00%	10.300,00 €
4.2. Sonstige für die Realisierung des Projektes entstehenden Kosten			1,00%	3.400,00 €
4.3. Umweltgutachten (EMAS)	1 Stk.		- €	0,00 €
Summe Gesamtkosten				370.202,00 €
5. Förderung (alternativ, nicht kumulierbar)				
KWK-G 2016 (Antragstellung BAFA als Direktzuschuss)				
5.1. Wärme- u. Kältenetze KWK-G §7a	-40 %		283.252,00 €	-113.300,80 €
5.2. Wärme- u. Kältespeicher KWK-G §7b	0 m ³		- 250,00 €	0,00 €
BMU-Richtlinie 31.12.2019 (Antragstellung als KfW-Darlehen)				
5.2. Wärmeleitung	4. Nahwärmenetze	1983 m	0,00 €	0,00 €
	KMU-Bonus	1983 m	0,00 €	0,00 €
	APEE-Bonus	237 m	0,00 €	0,00 €
5.4. Hausanschlüsse	4. Nahwärmenetze	-11 Stk.	0,00 €	0,00 €
	KMU-Bonus	-11 Stk.	0,00 €	0,00 €
	APEE-Bonus	-6 Stk.	0,00 €	0,00 €
5.5. Pufferspeicher	6. Große Wärmespeicher	0 m ³	-250,00 €	0,00 €
5.6. Biomasseheizwerk	BAFA-Heizen mit Erneuerbaren Energien	-35 %	0,00 €	0,00 €
Eigenbeitrag der Wärmekunden (optional)				
5.7. Anschlussbeitrag Wärmeabnehmer		0 Stk.	- €	0,00 €
Summe Eigeninvestition				256.901,20 €

⁴⁾ Planungskostenansatz berücksichtigt Betreiber-Eigenleistungen

Anhang 3A: Wirtschaftlichkeitsberechnung

Projekt

Stadt Kempten - Lenzfried "Gerhardinger"
Kempten

Anhang 3A



Wirtschaftlichkeitsberechnung

Investition		Wärmeleistung in kW	165
Erzeugung	13.760,00 €	Förderquote	31%
Wärmeleitung	272.742,00 €	Kapitalzins ⁵⁾	1,00%
Hausanschlüsse	70.000,00 €	Abschreibungsfrist in Jahren	20
Planung u. Genehmigung	13.700,00 €	Annuität	14.236,26 €
Förderung	113.300,80 €	(vom Invest ohne Zuschuss)	3.702,02 €
Anschlussbeiträge	0,00 €	Jahresfestkosten	7.404,04 €
Summe Eigeninvestition	256.901,20 €		2.348,71 €
Wartung jährlich	1,00%		27.691,03 €
Personalkosten	2,00%		
Versicherungskosten	0,50%		

Deckungsanteile in MWh	A	100%	600,00
	B	0%	0,00
Erzeugung	C	0%	0,00
	D	0%	0,00

Wertansatz BHKW-Wärme	30,00 € /MWh	Jahreskosten BHKW-Wärme	18.000,00 €
Preis HolzPellets	255,00 € /t	Jahreskosten Holzbrennstoff	0,00 €
Kosten Pumpenstrom	220,00 € /MWh		6.066,19 €
entspricht ca. 4,6% der Einspeiseenergie			

Inbetriebnahmejahr BHKW	2011		
Erlöse aus KWK-Bonus	0,029 € /kWh	(EEG 01.01.2009)	
Stromkennzahl typisch	0,94 $\eta_{el.}/\eta_{th.}$	aus Wärmeverkauf	-10.937,09 €

Jahresgesamtkosten 40.820,13 €

Berechnungsbeispiele			
bei Grundpreis Null			
pro MWh	134,72 €	Grundpreis pro Jahr	0,00 €
bei Festkostendeckung über Grundpreis			
pro MWh	43,33 €	Grundpreis pro Jahr	27.691,03 €
Empfehlung			
pro MWh	73,79 €	Grundpreis pro Jahr	18.460,69 €

Einheitspreis pro MWh 160,32 € brutto

⁵⁾ KfW-Programm 281 10 /2 /10

Anhang 2B: Investitionsplan

Projekt

Stadt Kempten - Lenzfried "Gerhardinger"
Kempten

Anhang 2B



Investitionsplan				in €
	Massen	ME	EP	Kosten (netto)
Sole-Wärmepumpen				
1.1. Tiefensonden-Kollektor Preisansatz mit mengenbezogener Reduzierung			7.500,00 €	240.000,00 €
1.2. Wärmepumpenanlage Zentrale Verdichteranlage, Armaturen, Regelung, ohne Planungs- und Baukosten, COP 4,5			10.000,00 €	320.000,00 €
1.3. Warmwasserspeicher 1000 l stehender WW-Speicher, kann ggf. geringer dimensioniert werden falls ohne PV-Anlage	32 Stk.		3.125,00 €	100.000,00 €
1.4. Montage Wärmepumpe Lieferung und Einbau, ohne Verteilsystem und Planungskosten			3.750,00 €	120.000,00 €
1.5.				
1.6.				
2. Planung				
2.1. Projektierung, Ausführungsplanung, Genehmigungsverfahren ⁴⁾			3,00%	23.400,00 €
2.2. Sonstige für die Realisierung des Projektes entstehenden Kosten			1,00%	7.800,00 €
2.3. Umweltgutachten (EMAS)	1 Stk.		- €	0,00 €
Summe Gesamtkosten				811.200,00 €
3. Förderung (alternativ, nicht kumulierbar)				
3.1. Wärmepumpenanlage BAFA-Heizen mit Erneuerbaren Energien	-35 %		780.000,00 €	-273.000,00 €
3.2. KfW-Programm 153 - Aufschlag Effizienzhaus ⁵⁾			0,00 €	0,00 €
3.3.				
Eigenbeitrag der Wärmekunden (optional)				
3.4. Anschlussbeitrag Wärmeabnehmer	57 Stk.		- €	0,00 €
Summe Eigeninvestition				538.200,00 €

⁴⁾ Planungskostenansatz berücksichtigt Betreiber-Eigenleistungen⁵⁾ nur möglich bei Gebäudestatus EH-40+

Anhang 3B: Wirtschaftlichkeitsberechnung

Projekt

Stadt Kempten - Lenzfried "Gerhardinger"
Kempten

Anhang 3B

**Wirtschaftlichkeitsberechnung**

Investition		Wärmeleistung in kW	172
Erzeugung	560.000,00 €	Förderquote	34%
Anlagentechnik Peripherie	220.000,00 €	Kapitalzins ⁵⁾	1,00%
Planung, Genehmigung	31.200,00 €	Abschreibungsfrist in Jahren	20
	0,00 €		
Förderung	273.000,00 €	Annuität	29.824,52 €
		(vom Invest ohne Zuschuss)	8.112,00 €
Summe Eigeninvestition	538.200,00 €	Jahresfestkosten	37.936,52 €
Wartung jährlich	1,00%		
Personalkosten	0,00%		
Versicherungskosten	0,00%		
Deckungsanteile in MWh	A	0%	0,00
	B	100%	303,00
Erzeugung	C	0%	0,00
	D	0%	0,00
Wertansatz BHKW-Wärme	30,00 €/MWh	Jahreskosten BHKW-Wärme	0,00 €
Preis Holzbrennstoff	255,00 €/t	Jahreskosten Holzbrennstoff	0,00 €
Kosten Pumpenstrom	220,00 €/MWh	Jahreskosten Antriebsstrom	14.813,33 €

Jahresgesamtkosten **52.749,86 €****Berechnungsbeispiele**

bei Grundpreis Null

pro MWh **174,09 €** Grundpreis pro Jahr **0,00 €**

bei Festkostendeckung über Grundpreis

pro MWh **48,89 €** Grundpreis pro Jahr **37.936,52 €**

Empfehlung

pro MWh **90,62 €** Grundpreis pro Jahr **25.291,01 €**Einheitspreis pro MWh **207,17 €** brutto⁵⁾ KfW-Programm 281 10/2/10

Anhang 2C: Investitionsplan

Projekt

Stadt Kempten - Lenzfried "Gerhardinger"
Kempten

Anhang 2C



Investitionsplan			in €	
	Massen	ME	EP	Kosten (netto)
Grundwasser-Wärmepumpe				
1.1. Tiefensonden-Kollektor Preisansatz mit mengenbezogener Reduzierung			5.000,00 €	160.000,00 €
1.2. Wärmepumpenanlage Zentrale Verdichteranlage, Armaturen, Regelung, ohne Planungs- und Baukosten, COP 5,5			10.000,00 €	320.000,00 €
1.3. Warmwasserspeicher 1000 l stehender WW-Speicher, kann ggf. geringer dimensioniert werden falls ohne PV-Anlage		32 Stk.	3.125,00 €	100.000,00 €
1.4. Montage Wärmepumpe Lieferung und Einbau, ohne Verteilsystem und Planungskosten			3.750,00 €	120.000,00 €
1.5.				
1.6.				
2. Planung				
2.1. Projektierung, Ausführungsplanung, Genehmigungsverfahren ⁴⁾			3,00%	21.000,00 €
2.2. Sonstige für die Realisierung des Projektes entstehenden Kosten			1,00%	7.000,00 €
2.3. Umweltgutachten (EMAS)		1 Stk.	- €	0,00 €
Summe Gesamtkosten				728.000,00 €
3. Förderung (alternativ, nicht kumulierbar)				
3.1. Wärmepumpenanlage BAFA-Heizen mit Erneuerbaren Energien		-35 %	700.000,00 €	-245.000,00 €
3.2. KfW-Programm 153 - Aufschlag Effizienzhaus plus ⁵⁾			0,00 €	0,00 €
Eigenbeitrag der Wärmekunden (optional)				
3.4. Anschlussbeitrag Wärmeabnehmer		32 Stk.	- €	0,00 €
Summe Eigeninvestiton				483.000,00 €

⁴⁾ Planungskostenansatz berücksichtigt Betreiber-Eigenleistungen

⁵⁾ nur möglich bei Gebäudestatus EH-40+

Anhang 3C: Wirtschaftlichkeitsberechnung

Projekt

Stadt Kempten - Lenzfried "Gerhardinger"
Kempten

Anhang 3C

**Wirtschaftlichkeitsberechnung**

Investition		Wärmeleistung in kW	172
Erzeugung	480.000,00 €	Förderquote	34%
Anlagentechnik Peripherie	220.000,00 €	Kapitalzins ⁵⁾	1,00%
Planung, Genehmigung	28.000,00 €	Abschreibungsfrist in Jahren	20
	0,00 €		
Förderung	245.000,00 €	Annuität	26.765,60 €
			7.280,00 €
Summe Eigeninvestition	483.000,00 €	(vom Invest ohne Zuschuss)	0,00 €
			0,00 €
Wartung jährlich	1,00%	Jahresfestkosten	34.045,60 €
Personalkosten	0,00%		
Versicherungskosten	0,00%		
Deckungsanteile in MWh	A	0%	0,00
	B	0%	0,00
Erzeugung	C	100%	303,00
	D	0%	0,00
Wertansatz BHKW-Wärme	30,00 €/MWh	Jahreskosten BHKW-Wärme	0,00 €
Preis Holzbrennstoff	255,00 €/t	Jahreskosten Holzbrennstoff	0,00 €
Kosten Pumpenstrom	220,00 €/MWh	Jahreskosten Antriebsstrom	12.120,00 €
		Jahresgesamtkosten	46.165,60 €

Berechnungsbeispiele			
bei Grundpreis Null			
pro MWh	152,36 €	Grundpreis pro Jahr	0,00 €
bei Festkostendeckung über Grundpreis			
pro MWh	40,00 €	Grundpreis pro Jahr	34.045,60 €
Empfehlung			
pro MWh	77,45 €	Grundpreis pro Jahr	22.697,06 €

Einheitspreis pro MWh **181,31 €** brutto⁵⁾ KfW-Programm 281 10 /2 /10

Anhang 2D: Investitionsplan

Projekt

Stadt Kempten - Lenzfried "Gerhardinger"
Kempten

Anhang 2D



Investitionsplan				in €	
	Massen	ME	EP	Kosten (netto)	
zentrale Pelletsheizung					
1.1. Erzeugungsseitige Anlagenteile Wärmetauscher, Regelung, Armaturen, Fracht,				35,00 €	5.110,00 €
1.2. Hydraulik Netzpumpen, Frequenzumrichter, Rohrleitungsnetz, Armaturen und Zubehör für Anbindung Hauptnetzleitung				45,00 €	6.570,00 €
1.3. Bauliche Anlagen Gebäudeumbauten und Rückbauten, Herstellung Brennstoffbunker, Fördertechnik		146 kW _{th}		250,00 €	36.500,00 €
1.4. Biomassespezifische Anlagenteile Pelletskessel inkl. Schubboden, Regelung, Armaturen,				450,00 €	65.700,00 €
1.5. Schornsteinanlage pauschal bis		150 kW			5.000,00 €
1.6. Pufferspeicher erzeugungsseitig		5 m ³		1.100,00 €	5.500,00 €
2. Wärmeleitung					
2.4. Hausanschlussleitung DN 40 als Doppelkunststoffrohr, Vor- und Rücklauf	160 m			70,00 €	11.200,00 €
2.5. Hausanschlussleitung DN 32 als Doppelkunststoffrohr, Vor- und Rücklauf	30 m			65,00 €	1.950,00 €
2.6. Hausanschlussleitung DN 25 als Doppelkunststoffrohr, Vor- und Rücklauf	410 m			60,00 €	24.600,00 €
2.8. T-Abzweige, Klappen, Dichtungen, etc.				8,00 €	4.800,00 €
2.9. Messsystem zur Leckageerkennung				- €	0,00 €
2.10. Bussystem zur Datenfernauslesung	600 m			6,00 €	3.600,00 €
2.11. Grabarbeiten				20,00 €	12.000,00 €
2.12. Deckenbauarbeiten anteilig 25%				120,00 €	18.000,00 €
3. Hausanschlüsse					
3.1. Hausanschluss EFH		0 Stk.		3.500,00 €	0,00 €
3.2. Anschluss MFH/Gewerbe		10 Stk.		7.000,00 €	70.000,00 €
4. Planung					
4.1. Projektierung, Ausführungsplanung, Genehmigungsverfahren ⁴⁾				3,00%	4.400,00 €
4.2. Sonstige für die Realisierung des Projektes entstehenden Kosten				1,00%	1.500,00 €
4.3. Umweltgutachten (EMAS)		1 Stk.		- €	0,00 €
Summe Gesamtkosten					276.430,00 €
5. Förderung (alternativ, nicht kumulierbar)					
KWK-G 2016 (Antragstellung BAFA als Direktzuschuss)					
5.1. Wärme- u. Kältenetze KWK-G §7a		-40 %		76.150,00 €	0,00 €
5.2. Wärme- u. Kältespeicher KWK-G §7b		5 m ³		- 250,00 €	0,00 €
BMU-Richtlinie 31.12.2019 (Antragstellung als KfW-Darlehen)					
5.2. Wärmeleitung	4. Nahwärmenetze	600 m		-60,00 €	0,00 €
	KMU-Bonus	0 m		-6,00 €	0,00 €
	APEE-Bonus	220 m		-12,00 €	0,00 €
5.4. Hausanschlüsse	4. Nahwärmenetze	-11 Stk.		-1.800,00 €	0,00 €
	KMU-Bonus	-11 Stk.		-180,00 €	0,00 €
	APEE-Bonus	-6 Stk.		-360,00 €	0,00 €
5.5. Pufferspeicher	6. Große Wärmespeicher	5 m ³		0,00 €	0,00 €
5.6. Biomasseheizwerk	BAFA-Heizen mit Erneuerbaren Energien	-35 %		124.380,00 €	-43.533,00 €
Eigenbeitrag der Wärmekunden (optional)					
5.7. Anschlussbeitrag Wärmeabnehmer		0 Stk.		- €	0,00 €
Summe Eigeninvestiton					232.897,00 €

⁴⁾ Planungskostenansatz berücksichtigt Betreiber-Eigenleistungen



Anhang 3D: Wirtschaftlichkeitsberechnung

Projekt

Stadt Kempten - Lenzfried "Gerhardinger"
Kempten

Anhang 3D

Wirtschaftlichkeitsberechnung

Investition		Wärmeleistung in kW	146
Erzeugung	124.380,00 €	Förderquote	16%
Wärmeleitung	76.150,00 €	Kapitalzins ⁵⁾	1,00%
Hausanschlüsse	70.000,00 €	Abschreibungsfrist in Jahren	20
Planung u. Genehmigung	5.900,00 €	Annuität	12.906,06 €
Förderung	43.533,00 €	(vom Invest ohne Zuschuss)	2.764,30 €
Anschlussbeiträge	0,00 €	Jahresfestkosten	24.941,18 €
Summe Eigeninvestition	232.897,00 €		
Wartung jährlich	1,00%		
Personalkosten	3,00%		
Versicherungskosten	0,50%		

Deckungsanteile in MWh	A	0%	0,00
	B	0%	0,00
Erzeugung	C	0%	0,00
	D	100%	435,00

Wertansatz BHKW-Wärme	30,00 €/MWh	Jahreskosten BHKW-Wärme	0,00 €
Preis Holzbrennstoff	235,00 €/t	Jahreskosten Holzbrennstoff	23.180,27 €
Kosten Pumpenstrom	220,00 €/MWh		2.856,72 €

Jahresgesamtkosten **50.978,16 €**

Berechnungsbeispiele			
bei Grundpreis Null			
pro MWh	168,24 €	Grundpreis pro Jahr	0,00 €
bei Festkostendeckung über Grundpreis			
pro MWh	85,93 €	Grundpreis pro Jahr	24.941,18 €
Empfehlung			
pro MWh	113,37 €	Grundpreis pro Jahr	16.627,45 €

Einheitspreis pro MWh **200,21 €** brutto

⁵⁾ KfW-Programm 281 10 /2 /10

Anhang 4: Wärmepreisberechnung

Projekt

Stadt Kempten - Lenzfried "Gerhardinger"
Kempten

Anhang 4



Wärmepreisberechnung

Arbeitspreis: (verbrauchsabhängig)		Grundpreis (leistungsabhängig)	
pro MWh	73,79 €	107,33 € pro kW	
bei Nutzungsstunden		bei Anschluss	
1.800	3.984,85 €	6.882,75 €	30 kW
1.800	3.719,19 €	6.423,90 €	28
1.800	3.453,54 €	5.965,05 €	26
1.800	3.187,88 €	5.506,20 €	24
1.800	2.922,22 €	5.283,48 €	22
1.800	2.656,57 €	4.803,16 €	20
1.800	2.390,91 €	4.322,84 €	18
1.800	1.992,43 €	3.602,37 €	15
1.800	1.593,94 €	2.881,90 €	12
1.800	1.328,28 €	2.401,58 €	10
1.800	1.062,63 €	1.921,26 €	8

jährliche Wärmekosten

Anhang 5: Preisanpassungsklausel

Projekt

Stadt Kempten - Lenzfried "Gerhardinger"
Kempten



Anhang 5

Gestaltung Preisgleitklausel

Eingangs-Einheitspreis 134,72 € (aus Wärmepreisberechnung)

In der Berechnung wird die Entwicklung des Einheitspreises (Gesamtpreis aus Grund- und Arbeitspreis) dargestellt bei der Annahme, der gegenwärtig berechnete Preis hätte im Jahr 2015 gegolten. Grund- und Arbeitspreis können auch mit unterschiedlicher Gewichtung der Indizes belegt werden.

2015	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	134,72	134,72
2017	111,50	98,00	102,80	107,90	101,10	138,55	143,52
2018	123,10	102,80	103,00	111,40	101,40	150,70	163,16
2019	89,60	95,30	100,00	98,50	101,70	142,71	153,18

Indizes aktuell von: www.destatis.de
www.renergie-allgaeu.de

Beispielberechnung:

Erdöl Erdgas	Holzhack- schnittzel	Lohn- entwicklung	Transport- gewerbe	Instand- haltung	Entwicklung von 2015 bis 2019
Indexbenennung und Gewichtung in Prozent					
E	GH	L	D	R	
30%	50%	10%	0%	10%	142,71 €
50%	20%	10%	10%	10%	153,18 €

7. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1 Variantenvergleich Wärmeversorgungskonzepte	4
Abbildung 2 Institute of Particle Physics, ETH, 8093 Zurich, Switzerland, January 29, 2016.....	6
Abbildung 3 Untersuchungsgebiet Kempten Lenzfried	8
Abbildung 4 Neubaugebiet am Gerhardingerweg	9
Abbildung 5 Leitungsschema Nahwärme Leupolz	17
Abbildung 6 Detailansicht Leitungsschema Nahwärme Leupolz	18
Abbildung 7 Leitungsschema Pellets-Heizanlage	23
Abbildung 8 Grafischer Vergleich Wärmepreis - CO ₂ -Emission	25
Tabelle 1 Jahresnutzungswärmebedarf	9
Tabelle 2 Preise Wärmeleitungen	11
Tabelle 3 Preisanpassungsindizes.....	14
Tabelle 4 Daten zu Biogas-BHKW Leupolz Versorgungsvariante A	18
Tabelle 5 Daten zu Sole Wärmepumpe Versorgungsvariante B	20
Tabelle 6 Daten zu Grundwasser Wärmepumpe Versorgungsvariante C.....	22
Tabelle 7 Daten zu Pellets-Heizanlage Versorgungsvariante D.....	23
Tabelle 8 Übersicht Variantenvergleich	24