

---

Dokumentation  
Vorbereitende Studien und Analysen im Rahmen des Projekts  
Energiewende Unterallgäu

Teilprojekt: Nahwärme Benningen

Planung: e-con AG  
Schlachthofstraße 61  
87700 Memmingen

Bearbeiter: Sebastian Herzinger  
Peter Waizenegger  
28.03.2019



---

## Inhalt

<b>1. Problemstellung</b> .....	3
<b>2. Abschätzung des Gesamtwärmebedarfs</b> .....	5
2.1. Auswertung der Umfragebögen.....	5
2.2. Anschluss kommunaler Gebäude .....	7
2.3. Wärmebedarfsszenarien.....	8
<b>3. Trassenplan</b> .....	9
3.1. Nahwärmenetz Basisvariante .....	9
3.2. Erweiterte Variante.....	13
<b>4. Wärmeerzeugung</b> .....	17
4.1. Wärmeerzeugung aus Biomasse .....	17
4.2. Auslegung der Wärmeerzeuger .....	20
4.2.1. Kleine Netzvariante.....	21
4.2.2. Erweiterte Netzvariante.....	24
4.3. Anlagenschema.....	26
<b>5. Kostenrechnung</b> .....	26
5.1. Variante klein .....	26
<b>6. Weitere Konzepte zur Wärmeerzeugung</b> .....	28
6.1. Wärmeversorgung durch Biogasanlage.....	28
6.2. Ergänzung der Wärmeerzeugung durch Solarthermie.....	28

## 1. Problemstellung

In der Gemeinde Benningen sollen im Rahmen der bevorstehenden Dorferneuerung einige Straßen im Ortskern aufgerissen werden. In diesem Zug sollen Wärmeleitungen verlegt werden. Ziel besteht darin, den gesamten Ortskern an das Wärmenetz anzuschließen. Für die Heizzentrale gibt es am nordwestlichen Ortsrand eine geeignete Fläche. Basis für die Abnahme der Wärme bilden die unten genannten kommunalen Gebäude. Nachfolgende kommunale Gebäude sollen an den Wärmeverbund angeschlossen werden:

- Rathaus
- Schule
- Feuerwehrhaus
- Sport- und Festhalle
- Alte Raiffeisenbank
- Kindergarten

Zusätzlich soll eine Wohnanlage der Landkreiswohnungsbau Unterallgäu GmbH an das Wärmenetz angeschlossen werden.

Das Wärmenetz Benningen soll auch privaten Hausbesitzern im Ortskern den Anschluss ans Wärmenetz ermöglichen. Aktuell wird das Interesse an einem Wärmenetzanschluss sowie der aktuelle Wärmebedarf und Heizungsbestand von in etwa 110 Hausbesitzern im Ortskern Benningens abgefragt.

Die hier ausgeschriebene Studie sollte mindestens enthalten:

- Finale Auswertung der Fragebögen zur Interessensermittlung sowie zur Erfassung der Verbrauchsdaten der für einen Anschluss in Frage kommenden Haushalte in Absprache mit eza!. Darstellung des zu erwartenden Wärmebedarfs. Gegenüberstellung mit der hierfür benötigten Leitungslänge und Abschätzung der Wärmebedarfsdichte. Ggf. Aufzeigen von Vorschlägen zur Optimierung der Bedarfsdichte bzw. Minimierung der Wärmeverluste.
- Kartographische Darstellung der wirtschaftlichsten Trassenführung unter Berücksichtigung der anstehenden Tiefbauarbeiten im Ortskern von Benningen sowie der Interessenslage und Verbrauchsdaten der ansässigen und im Fragebogen befragten Bevölkerung. Je nach Interessenslage der Anwohner Darstellung von mehreren in Frage kommenden Varianten.
- Darstellung der Dimensionierung der erforderlichen Wärmebereitstellung basierend auf den Verbrauchsdaten der Anschlussnehmer, die im Vorfeld eine unverbindliche

Willenserklärung zum Anschluss unterschrieben haben. Als Wärmequelle sollen Holzhackschnitzel dienen.

- Eine zu untersuchende Variante sollte die Einbeziehung eines solarthermischen Kollektorfelds beinhalten (sinnvolle Abschätzung der Größe des Kollektorfelds je nach vorhandener Fläche und Wärmebedarf). Zielsetzung hiervon ist eine Minimierung der Wärmeverluste in den Sommermonaten sowie eine Entlastung der Hackschnitzelkessel in Zeiten von geringem Wärmebedarf. Im Rahmen der hier ausgeschriebenen Studie sollte eine vergleichbare Darstellung der Variante mit solarthermischer Unterstützung und der rein auf Biomasse ausgelegten Wärmebereitstellung erstellt werden. Im Rahmen der hier ausgeschriebenen Studie soll eine Planung und Empfehlung einer für die jeweilige Variante sinnvollen Größe von Pufferspeichern erfolgen.
- Darstellung der zu erwartenden Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung unter Berücksichtigung der Verwendung von Hackschnitzeln aus gemeindeeigenen Wäldern sowie in einer zweiten Variante durch die solarthermische Unterstützung. Abschätzung eines unter den gegebenen Voraussetzungen zu erwartenden Wärmepreises. Je nach Anschlussinteresse der Anwohner sollten mindestens zwei Varianten berechnet werden: Variante 1: Nur Anschluss der kommunalen Liegenschaften und direkt anliegenden privaten Haushalte, sowie der Wohnanlage der Landkreiswohnungsbau Unterallgäu GmbH. Variante 2: Anschluss des erweiterten Ortskerns mit bis zu 110 privaten Wohnhäusern (je nach Interessenslage). Abschätzung des zu erwartenden Wärmepreises. Dabei sollten die zu erwartenden Fördermittel bereits berücksichtigt werden.
- Darstellung von wirtschaftlich und ökologisch sinnvollen Varianten zur Spitzenlastabdeckung sowie zur Redundanz der Wärmeversorgung
- Darstellung von mindestens zwei sinnvollen Varianten zur Betreiberform für Betrieb von Heizzentrale und Wärmenetz
- Abschließende Darstellung der Vorteile eines Anschlusses an das Wärmenetz für die potenziellen Anschlussnehmer, auf Basis der lokalen Gegebenheiten sowie den Ergebnissen der hier ausgeschriebenen Untersuchung

## 2. Abschätzung des Gesamtwärmebedarfs

In der folgenden Analyse werden die bekannten Energieverbrauchsdaten und Kenngrößen der installierten Heizanlagen in den Gebäuden potentieller Kunden ausgewertet. Die bekannten Verbrauchsdaten dienen als Grundlage für die Dimensionierung der gemeinsamen Wärmeerzeugungsanlage.

### 2.1. Auswertung der Umfragebögen

In der Gemeinde Benningen sind von den Hausbesitzern insgesamt 113 Fragebögen abgegeben und ausgewertet worden. Hiervon fallen 7 auf Grundstücke, welche aufgrund deren Entfernung zum Ortskern nicht für einen Anschluss in Frage kommen. Die folgende Analyse basiert auf den restlichen 106 relevanten Fragebögen.

Bei den möglichen Kunden muss je nach Interesse und Anschlusszeitrahmen unterschieden werden. So werden hier die Kunden, welche großes Interesse an einem Fernwärmeanschluss haben von Kunden, welche unsicher sind unterschieden. Das zweite Unterscheidungskriterium ist der Zeitrahmen, in welchem sich Kunden einen Anschluss vorstellen können. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die Interessenten an einem Fernwärmeanschluss. Mit 66 von 116 Haushalten sind über die Hälfte der infrage kommenden interessiert. Hinzu kommen 28 Hausbesitzer, welche noch weitere Informationen zur Fernwärme wünschen und aktuell noch unentschieden sind. Die 6 Fragebögen ohne Angabe werden im Folgenden mit den 28 unentschiedenen zusammengerechnet.

Tabelle 1: Anzahl der Interessenten an einem Fernwärmeanschluss

<b>Interesse an einem Fernwärmeanschluss</b>	<b>Anzahl</b>
Großes Interesse	66
unentschieden	28
kein Interesse	16
keine Angabe	6
Gesamt	116

Zum Zeithorizont konnten die Befragten zwischen den Zeiträumen „kurzfristig < 2 Jahre“, „mittelfristig ca. 5 Jahre“ und „langfristig ca. 10 Jahre“ wählen. Durch zahlreiche Mehrfachnennungen (z.B. kurz-mittelfristig) wird hier die Einteilung auf zwei Kategorien vereinfacht. Basierend auf dem Zeithorizont ist möglicherweise ein stufenweiser Ausbau der Wärmeerzeugung sowie der Kundenanschlüsse ratsam. Deshalb werden zwei Fälle unterschieden. Zum werden einen nur die kurzfristig interessierten Kunden und im Weiteren

alle Interessenten zusammengerechnet werden. Wie in Tabelle 2 zu erkennen ist zum Zeithorizont vielfach (28 Fragebögen) keine Angabe gemacht worden, die entsprechenden Kunden werden vorerst zu den langfristig interessierten gezählt. Die Gesamtzahl von nur noch 99 Kunden ergibt sich dadurch, dass die 14 nicht interessierten Kunden beim Zeithorizont nicht weiter betrachtet werden.

Tabelle 2: Zeithorizont in welchem für Interessenten einen Anschluss in Frage kommt

Zeithorizont	Anzahl
kurz- mittelfristig (< 5 Jahre)	49
mittel- langfristig (> 5 Jahre)	21
keine Angabe	29
Gesamt	99

Der jährliche Gesamtwärmebedarf aller Kunden wurde aus den Fragebögen anhand der angegebenen jährlichen Verbrauchsdaten erfasst. Zudem wurde die installierte Kesselleistung abgefragt und zur Abschätzung einer ersten Größenordnung aufaddiert. Fehlende Angaben zu Verbrauch und Heizleistung aus unvollständig ausgefüllten Fragebögen müssen anhand von Vergleichs- und Erfahrungswerten grob abgeschätzt werden. Bei der Abschätzung des Wärmebedarfs und der gesamten Kesselleistung unentschiedener Kunden wurden deren Angaben mit einem Faktor von 0,5 multipliziert.

Wie in Tabelle 3 zu erkennen beträgt der so abgeschätzte Wärmebedarf aller möglicher Kunden innerhalb der nächsten 5 Jahre ca. 1752 MWh/a. Die aufsummierte Kesselleistung beträgt ca. 1277 kW. Bei der späteren Auslegung der Heizanlage davon ausgegangen werden kann, dass nie alle Verbraucher gleichzeitig die volle Wärmeleistung beziehen. Dies wird durch einen Gleichzeitigkeitsfaktor berücksichtigt, welcher bei Haushalten im Bereich von 0,7 liegt.

Tabelle 3: Jahreswärmebedarf und gesamte Kesselleistung aller Interessenten an einem FW-Anschluss in Benningen im Zeitraum der nächsten 5 Jahre

Betrachtung der Interessenten Anschluss innerhalb < 5 Jahre	Anzahl [-]	Wärmebedarf [MWh/a]	Kesselleistung [kW]
sicher	37	1599,88	1148,27
unsicher	10	183,50	181,20
k.A.	2	121,02	76,00
Gesamt	49	1904,40	1405,47
sichere K. + (unsichere K. + k.A.)*0,5		1752,14	1276,87

Werden nur die Kunden betrachtet, für welche der Anschluss erst später in Frage kommt, so ergibt sich zusätzlicher Wärmebedarf von ca. 836 MWh/a und eine aufsummierte Kesselleistung von ca. 758 kW.

Tabelle 4: Jahreswärmebedarf und gesamte Kesselleistung aller Interessenten an einem FW-Anschluss in Benningen im Zeitraum von frühestens in 5 Jahren

<b>Betrachtung der Interessenten Anschluss später (&gt; 5 Jahre)</b>	Anzahl [-]	Wärmebedarf [MWh/a]	Kesselleistung [kW]
sicher	29	649,18	570,80
unsicher	18	319,10	282,00
k.A.	4	54,00	93,00
Gesamt	51	1022,28	945,80
sichere K. + (unsichere K. + k.A.)*0,5		<b>835,73</b>	<b>758,30</b>

In dieser Analyse wurde vernachlässigt, das durch Gebäudesanierung von v.a. Altbauten ein hohes Einsparpotential besteht, was den Wärmebedarf in Zukunft reduzieren wird. Zudem erfolgt neben der Raumbeheizung auch die Warmwasserversorgung meist über den Heizkessel, was in einer späteren Auslegungsrechnung berücksichtigt werden muss. Ebenso ist der Einfluss von bereits installierten Solaranlagen, sowie Holzöfen zu berücksichtigen. Vor allem zur Raumbeheizung kann der Beitrag von Holzöfen erheblich sein. Da davon ausgegangen werden kann, dass Kunden diese auch bei Fernwärmeversorgung weiterhin betreiben wurde der entsprechende teils angegebene Wärmeverbrauch nicht eingerechnet.

## 2.2. Anschluss kommunaler Gebäude

Die in Abschnitt 1 aufgezählten kommunalen Gebäude liegen alle im Ortskern von Benningen und stellen die Basis des Fernwärmenetzes dar. Rathaus und Schule verfügen über eine gemeinsame zentrale Wärmeerzeugung versorgt und werden deshalb als ein Anschlussnehmer betrachtet. Für die alte Raiffeisenbank liegen keine Verbrauchsdaten vor, weshalb diese abgeschätzt werden müssen, ebenso ist die zukünftige Nutzung des Gebäudes aktuell ungeklärt. Der öffentliche Kindergarten wird gemeinsam mit dem alten Rathaus über eine zentrale Heizanlage im Zwischengebäude versorgt, an welcher alle statischen Heizflächen beider Gebäude angeschlossen sind. Die Sport- und Festhalle (hier Mehrzweckhalle) der Gemeinde Benningen dient als Mehrfachturnhalle und Begegnungsstätte örtlicher Vereine. Die derzeitige Beheizung erfolgt über einen Erdgasbefeuelten Brennwertkessel. Daran angeschlossen sind die Verbrauchsgruppen Warmwasserbereitung, Lüftung und statische Heizung des Gebäudes. Zur Unterstützung der Heizungsanlage ist auf dem Dach eine ca. 12m<sup>2</sup> große Solaranlage installiert. Vorortbesichtigungen aus einem Projekt 2012 haben ergeben, dass ein Anschluss der Technikräume aller hier genannten Gebäude von der Straße aus möglich ist. Erweiterungen bzw. Sanierungsmaßnahmen sind in näherer Zukunft nicht geplant. Die in Tabelle 5 angegebenen

Werte für den jährlichen Wärmebedarf wurden aus den von der Gemeinde Benningen angegebenen Gas-bzw. Ölverbräuchen errechnet.

Tabelle 5: Jahreswärmebedarf und gesamte Kesselleistung der kommunalen Gebäude in Benningen

<b>Kommunale Gebäude</b>	Anzahl [-]	Wärmebedarf [MWh/a]	Kesselleistung [kW]
Rathaus/Schule	1	160	130
Alte Raiffeisenbank	1	35	30
Kindergarten	1	100	63
Merzweckhalle	1	198	200
Feuerwehrhaus	1	39	35
Gesamt	5	532,00	458,00

### 2.3. Wärmebedarfsszenarien

Nach der Aufgabenstellung von EZA! sind grundlegend zwei Varianten zu unterscheiden. In Variante 1 soll dabei lediglich der Anschluss kommunaler Liegenschaften und direkt anliegenden privaten Haushalte, sowie die Wohnanlage der Landkreiswohnungsbau Unterallgäu GmbH berechnet werden. Variante 2 sieht je nach Interessenslage (Umfragebögen) den Anschluss des erweiterten Ortskerns Benningen mit Erweiterung der Fernwärmetrassen vor. Aufgrund der starken Rückmeldungen privater Hausbesitzer pro Fernwärme tendiert diese Untersuchung bereits stark zu Variante 2.

Weiter muss der Zeitpunkt möglicher Anschlüsse in die Rechnung mit einfließen. Die Zusammenfassung aus kommunalen und privaten Gebäuden mit Interesse an einem zeitnahen Anschluss (< 5 Jahre), wird deshalb vom Anschluss in einem längeren Zeitraum (> 5 Jahre) unterschieden. Der Vergleich des Wärmebedarfs in Tabelle 6 zwischen potentiellen Anschlussnehmern innerhalb der nächsten 5 Jahre und dem finalen Ausbau zu einem späteren Zeitpunkt zeigt eine Steigerung von ca. 836 MWh/a. Die Kesselleistung der hinzukommenden Anschlussnehmer steigert sich ebenfalls um 758 kW. Bezogen auf die Bedarfsgrößen kurzfristiger Anschlussnehmer bedeutet dies eine Steigerung von ca. 50 % in den Folgejahren.

In den folgenden Abschnitten 3 und 7 soll deshalb auch die Möglichkeit eines stufenweisen Ausbaus der Erzeugung, sowie der Fernwärmeleitungen betrachtet werden. Dabei wird die erste Ausbaustufe (Anschluss in < 5 Jahren) auch als Basis bezeichnet. Für die Anlage mit späterer Erweiterung der Wärmeerzeugung wird der Begriff Ausbaustufe 2 verwendet.

Tabelle 6: Jahreswärmebedarf und gesamte Kesselleistung kommunaler und privater Liegenschaften in Benningen

Anschlussnehmer	Wärmebedarf [MWh/a]	Kesselleistung [kW]	Wärmebedarf [MWh/a]	Kesselleistung [kW]
Ausbaustufe	1. Anschluss innerhalb der nächsten 5 Jahre		2. Mit Anschlüssen langfristig (> 5 Jahre)	
private Gebäude	1752,14	1276,87	2587,87	2035,17
kommunale Gebäude	532	458	532	458
Gesamt	2284,14	1734,87	3119,87	2493,17

### 3. Trassenplan

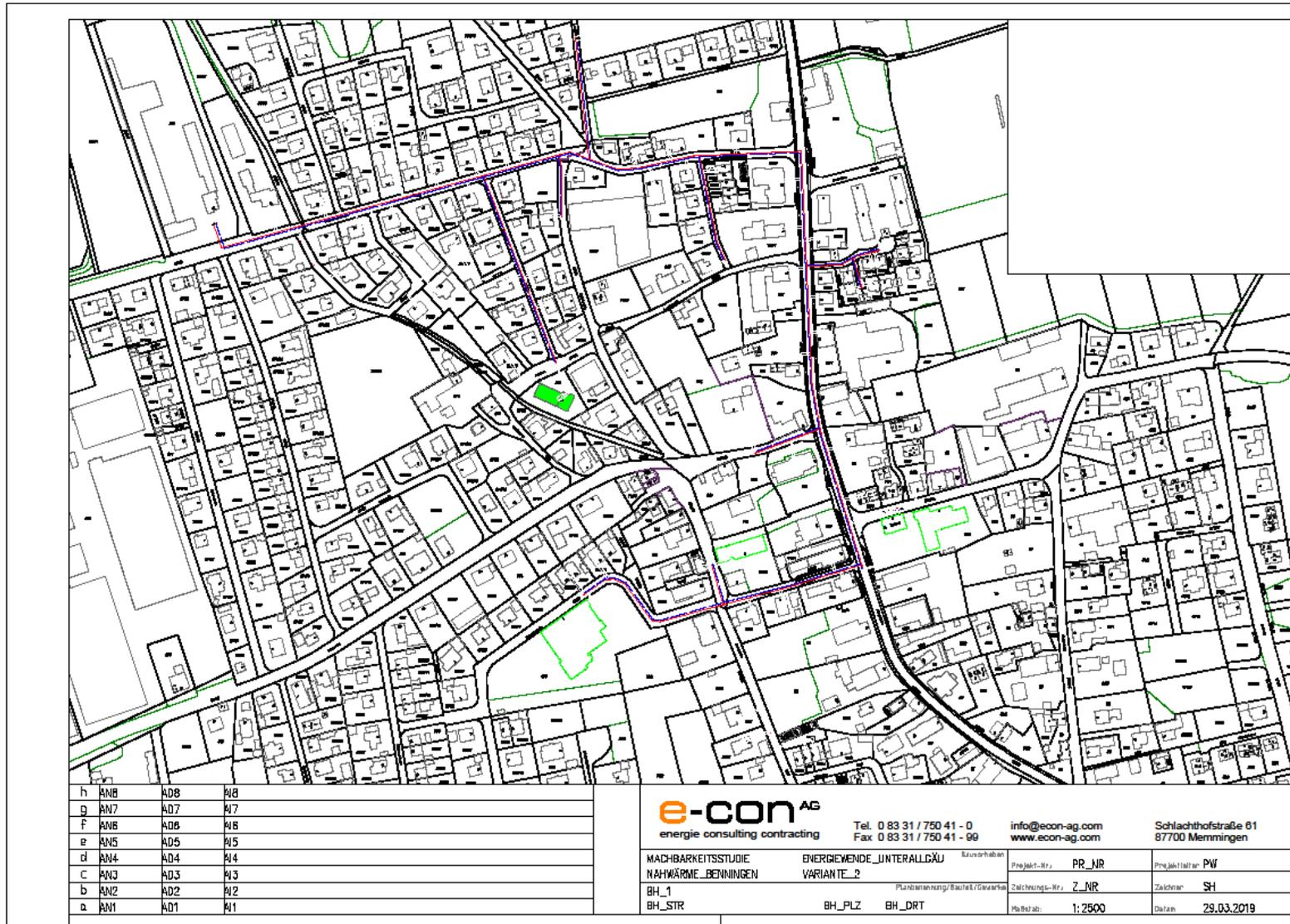
Aus der Lage der potentiellen Anschlussnehmer im Ortszentrum Benningen ergeben sich zwei grundsätzliche Netzvarianten. In der Basisvariante wird die Fernwärmetrasse zwischen den kommunalen Anschlussnehmern und der Heizzentrale errichtet und im Wesentlichen nur die entlang dieser liegenden privaten Interessenten angeschlossen. Die erweiterte Variante umfasst einen zusätzlichen Netzabschnitt, durch welchen weitere private Liegenschaften versorgt werden können. Zwischen den beiden Hauptvarianten sind viele verschiedene Ausbaustufen und Teilvarianten denkbar. Bei der Netzplanung und Auslegung sollten deshalb bereits Möglichkeiten zur späteren Erweiterung berücksichtigt werden. Im Folgenden wird ein Überblick über zwei Hauptvarianten gegeben.

#### 3.1. Nahwärmenetz Basisvariante

Für die Heizzentrale ist ein Standort im Nordosten des Ortskerns (Memminger Straße 42) vorgesehen. Von dort würde die Trasse entlang der Memminger Straße in Richtung Osten bis zur Kreuzung Hauptstraße verlaufen, von wo sie dann weiter nach Süden verlegt wird. Am Rathaus bzw. Schule zweigt die Trasse in die Hattostraße ab, von welcher der Kindergarten versorgt wird und schließlich über die Pius-Winter-Straße die Mehrzweckhalle. Neben den kommunalen Liegenschaften zählt auch die Kirchenverwaltung/Pfarramt die den größeren Abnehmern für Heizwärme im Ortszentrum. Die Trassenführung ermöglicht auch ein geplantes Neubaugebiet im Norden anzuschließen, sowie die Wohnanlage der Landkreiswohnungsbau Unterallgäu GmbH im Nordosten Benningens. Um das Feuerwehrhaus zu versorgen, ist in dieser Variante ein Stich aus der Memminger Straße in die Ahornstraße vorgesehen, über welchen auch zahlreiche Privatanschlüsse realisiert werden können.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Entwurfsplan der Basisvariante im Überblick. Darin sind zudem die potentiellen Anschlussnehmer, welche einen Fragebogen abgegeben haben nach Interesse und Zeitrahmen markiert. Aus der hier dargestellten Netzvariante ergibt sich eine

Trassenlänge von ca. 1900 m, wobei nur die Hauptleitungen (einfach) zusammengezählt werden. Anschlussleitungen zu den Einzelkunden sind dabei nicht berücksichtigt.



h	AN8	AD8	AI8
g	AN7	AD7	AI7
f	AN6	AD6	AI6
e	AN5	AD5	AI5
d	AN4	AD4	AI4
c	AN3	AD3	AI3
b	AN2	AD2	AI2
a	AN1	AD1	AI1

**e-con** AG  
energie consulting contracting

Tel. 0 83 31 / 750 41 - 0  
Fax 0 83 31 / 750 41 - 99

info@econ-ag.com  
www.econ-ag.com

Schlachthofstraße 61  
87700 Memmingen

MACHBARKEITSTUDIE	ENERGIEWENDE_UNTERALLGÄU	Büroarbeiten	Projekt-Nr.	PR_NJR	Projektleiter	PW
NAHWÄRME_BENNINGEN	VARIANTE_2	Planzeichnung/Bauzeit/Gewerke	Zeichnungs-Nr.	Z_NJR	Zeichner	SH
BH_1			Maßstab:	1:2500	Datum:	29.03.2019
BH_STR	BH_PLZ	BH_DRT				

Nachfolgend sind die einzelnen Bereiche mit Belegdichte aufgelistet:

<b>Bereich "Ahornstraße"</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Wärme</b>	<b>Trasse</b>
privat	5	83.000,0	
kommunal	1	39.000,0	
Trassenlänge			270 m

relative Netzauslastung für Bereich: **0,452 MWh/m a**

<b>Bereich "Gartenweg"</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Wärme</b>	<b>Trasse</b>
privat	2	30.000,0	
kommunal	0	0,0	
Trassenlänge			82 m

relative Netzauslastung für Bereich: **0,366 MWh/m a**

<b>Bereich "Memminger Straße"</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Wärme</b>	<b>Trasse</b>
privat	18	427.660,0	
kommunal	0	0,0	
Trassenlänge			460 m

relative Netzauslastung für Bereich: **0,930 MWh/m a**

<b>Bereich "Raiffeisenstraße"</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Wärme</b>	<b>Trasse</b>
privat	2	15.000,0	
kommunal	0	0,0	
Trassenlänge			50 m

relative Netzauslastung für Bereich: **0,300 MWh/m a**

<b>Bereich "Hauptstraße"</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Wärme</b>	<b>Trasse</b>
privat	11	455.780,0	
kommunal	2	195.000,0	
Trassenlänge			325 m

relative Netzauslastung für Bereich: **2,002 MWh/m a**

<b>Bereich "Hattostraße/Pius Winter Str."</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Wärme</b>	<b>Trasse</b>
privat	6	131.000,0	
kommunal	2	298.000,0	
Trassenlänge			275 m

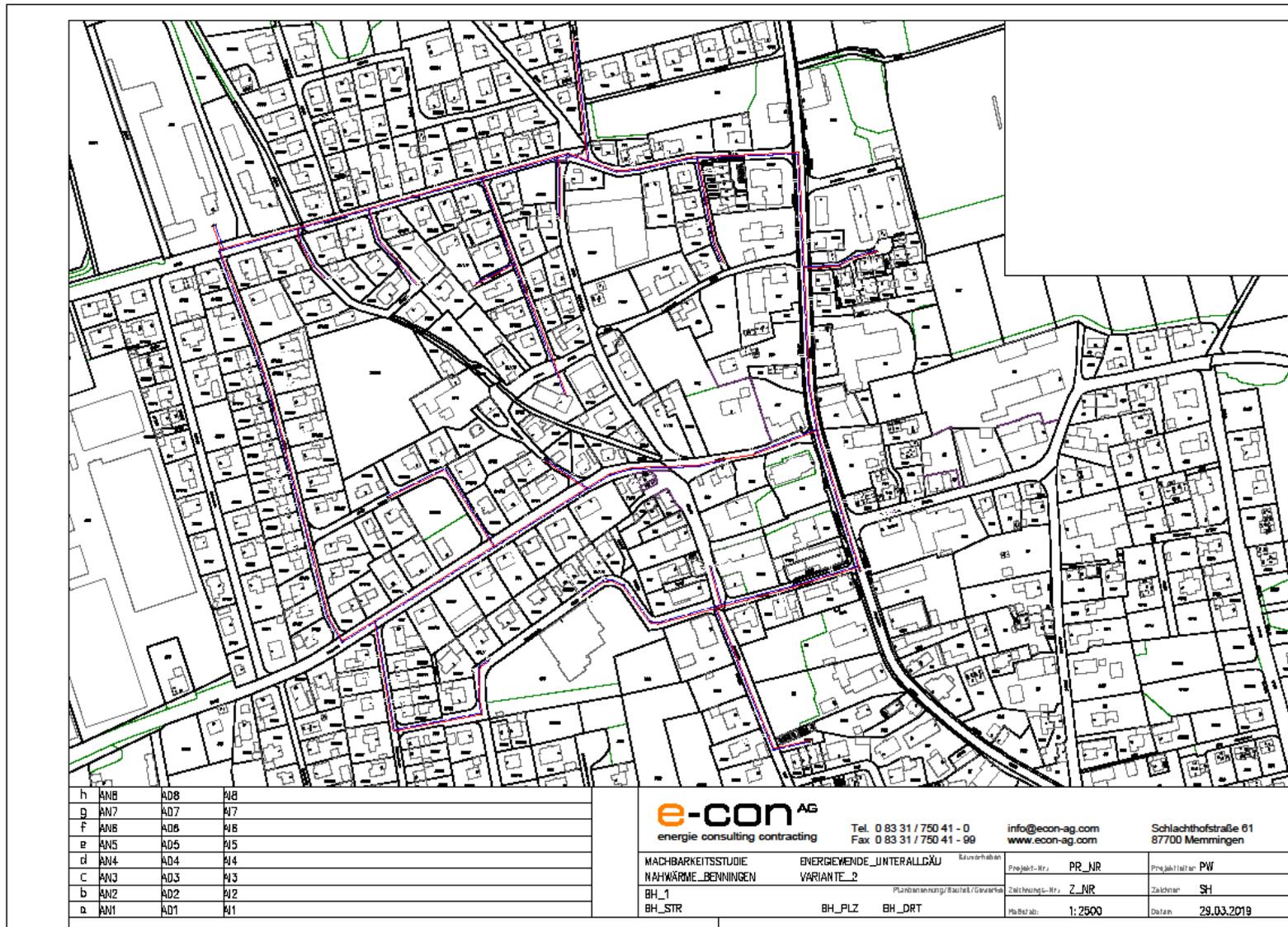
relative Netzauslastung für Bereich: **1,560 MWh/m a**

<b>Bereich "Lerchenweg"</b>			
privat	1	412.000,0	
kommunal	0	0,0	
Trassenlänge			90 m
relative Netzauslastung für Bereich:		<b>4,578 MWh/m a</b>	
<b>Bereich "Keltenweg"</b>			
privat	4	52.900,0	
kommunal	0	0,0	
Trassenlänge			65 m
relative Netzauslastung für Bereich:		<b>0,814 MWh/m a</b>	
<b>Summe:</b>	<b>54</b>	<b>2139 MWh</b>	<b>1617 m</b>
Wärmebelegdichte gesamt:		<b>1,323 MWh/m a</b>	

## 3.2. Erweiterte Variante

Das im vorigen Abschnitt beschriebene Nahwärmenetz kann durch einen weiteren Trassenabschnitt erweitert werden. Da sich entlang diesem jedoch nur mögliche Privatanschlüsse befinden, ist eine verbindliche Zusage möglichst vieler Kunden Voraussetzung. Alle kommunalen Liegenschaften sowie großen Abnehmer können bereits durch die Basisvariante versorgt werden. Im Wesentlichen wird in dieser Variante das Heiznetz um eine Trasse von der Heizzentrale entlang der Erlenstraße Richtung Süden erweitert. Mit einigen weiteren Anschlüssen in der Pius-Winter-Straße und der Riedstraße ermöglicht die erweiterte Variante einen Ringschluss im Netz. Da die Verbraucher innerhalb dieses Ringschlusses von zwei Seiten versorgt werden können, erhöht dies die Flexibilität des Netzes. Eine Teilstilllegung (Entleerung) für Ausbau- und Reparaturarbeiten ist damit mit geringerem Aufwand möglich.

In der in nachfolgend gezeigten Variante ist der Ringschluss über die Riedstraße realisiert. Denkbar wäre aber auch eine Verbindung der beiden Stränge in der Pius-Winter-Straße oder beides. Aus der erweiterten Netzvariante ergibt sich bei einfacher Addition der Hauptleitungen eine Trassenlänge von ca. 3000 m. Anschlussleitungen zu den Einzelkunden sind auch hierbei nicht berücksichtigt.



Nachfolgend sind die einzelnen Bereiche mit Belegdichte aufgelistet:

<b>Bereich "Ahornstraße"</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Wärme</b>	<b>Trasse</b>
privat	5	83.000,0	
kommunal	1	39.000,0	
Trassenlänge			270 m

relative Netzauslastung für Bereich: **0,452 MWh/m a**

<b>Bereich "Gartenweg"</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Wärme</b>	<b>Trasse</b>
privat	2	30.000,0	
kommunal	0	0,0	
Trassenlänge			82 m

relative Netzauslastung für Bereich: **0,366 MWh/m a**

<b>Bereich "Memminger Straße"</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Wärme</b>	<b>Trasse</b>
privat	18	427.660,0	
kommunal	0	0,0	
Trassenlänge			460 m

relative Netzauslastung für Bereich: **0,930 MWh/m a**

<b>Bereich "Raiffeisenstraße"</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Wärme</b>	<b>Trasse</b>
privat	2	15.000,0	
kommunal	0	0,0	
Trassenlänge			50 m

relative Netzauslastung für Bereich: **0,300 MWh/m a**

<b>Bereich "Hauptstraße"</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Wärme</b>	<b>Trasse</b>
privat	11	455.780,0	
kommunal	2	195.000,0	
Trassenlänge			325 m

relative Netzauslastung für Bereich: **2,002 MWh/m a**

<b>Bereich "Hattostraße/Pius Winter Str."</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Wärme</b>	<b>Trasse</b>
privat	6	131.000,0	
kommunal	2	298.000,0	
Trassenlänge			275 m

relative Netzauslastung für Bereich: **1,560 MWh/m a**

<b>Bereich "Lerchenweg"</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Wärme</b>	<b>Trasse</b>
privat	1	412.000,0	
kommunal	0	0,0	
Trassenlänge			90 m

relative Netzauslastung für Bereich: **4,578 MWh/m a**

<b>Bereich "Keltenweg"</b>			
privat	4	52.900,0	
kommunal	0	0,0	
Trassenlänge			65 m
relative Netzauslastung für Bereich:		<b>0,814 MWh/m a</b>	
<b>Bereich "Riedstraße"</b>			
privat	13	430.020,0	
kommunal	0	0,0	
Trassenlänge			400 m
relative Netzauslastung für Bereich:		<b>1,075 MWh/m a</b>	
<b>Bereich "Weidbachstraße"</b>			
privat	6	100.960,0	
kommunal	0	0,0	
Trassenlänge			200 m
relative Netzauslastung für Bereich:		<b>0,505 MWh/m a</b>	
<b>Bereich "Buchenstraße"</b>			
privat	3	37.000,0	
kommunal	0	0,0	
Trassenlänge			115 m
relative Netzauslastung für Bereich:		<b>0,322 MWh/m a</b>	
<b>Bereich "Erlenstraße"</b>			
privat	15	309.200,0	
kommunal	0	0,0	
Trassenlänge			320 m
relative Netzauslastung für Bereich:		<b>0,966 MWh/m a</b>	
<b>Bereich "Forellenweg"</b>			
privat	1	8.800,0	
kommunal	0	0,0	
Trassenlänge			40 m
relative Netzauslastung für Bereich:		<b>0,220 MWh/m a</b>	
<b>Summe:</b>	<b>92</b>	<b>3025,32</b>	<b>2692 m</b>
Wärmebelegdichte gesamt:		<b>1,124 MWh/m a</b>	

## 4. Wärmeerzeugung

Grundlage für die Auslegung der Wärmeerzeuger bilden die in der vorangegangenen Analyse dargestellten Verbrauchs- und Anschlusswerte der potentiellen Abnehmer. Als Grundlast Wärmeerzeuger wird bei den verschiedenen Varianten ein holzbefueuerter Kessel vorgesehen. Als Brennstoff ist je nach Anlagengröße, der Einsatz von Pellets oder Holzhackschnitzel denkbar. Zusätzlich wird als Redundanz- und Spitzenlastkessel ein öl- oder gasbefueuerter Kessel mit entsprechend großer Nennwärmeleistung angesetzt.

### 4.1. Wärmeerzeugung aus Biomasse

Um die verschiedenen Kesselvarianten zu verstehen, wird nachfolgend die Kesseltechnik für die Brennstoffe Holzpellets und Hackschnitzel sowie die zusätzlich notwendige Anlagentechnik näher beschrieben.

#### **Holzpelletskessel:**

Als Holzpellets werden stäbchenförmige Pellets mit Durchmessern weniger 25 mm bezeichnet, die vollständig oder überwiegend aus Holz oder Sägenebenprodukten hergestellt werden. Als Bindemittel wirkt das im Holz enthaltene Lignin und ggf. Speisestärke. Für Holzpellets gilt in Europa die Europäische Norm EN 14961 „Feste Biobrennstoffe – Brennstoffspezifikationen und - Klassen“. Der Heizwert von Holzpellets liegt bei ca. 4,8 kWh/kg, bei einer Schüttdichte von ca. 650 kg/m<sup>3</sup> (2 t Pellets enthalten die Energie von etwa 1000 l Heizöl). Der Wassergehalt liegt unter 10%. Ein Schüttkubikmeter weist einen Energiegehalt von mindestens 3200 kWh auf.

Durch die relativ hohe Energiedichte benötigen Pellets im Vergleich zu Holzhackschnitzeln ein wesentlich geringeres Lagervolumen. Bedingt durch die genormte Größe und Eigenschaften des Brennstoffes können die Pellets über einen Silowagen direkt, vergleichbar Heizöl direkt in das Lager eingeblasen werden. Das Lager kann als separater Raum, als Erdbunker oder als Container bzw. Silolösung ausgeführt werden, wobei lange Transportwege vom Brennstofflager zum Wärmeerzeuger zu vermeiden sind. Für den Transport der Holzpellets vom Lager zur Verbrennung stehen je nach Ausführung unterschiedliche Fördersysteme zur Verfügung. Holzpellets bieten gegenüber Holzhackschnitzeln den Vorteil, dass es sich um einen genormten Brennstoff handelt der weniger Anforderungen an die Lagerung, Brennstoffförderung und Verbrennungsregelung stellt.

#### **Holzhackschnitzel:**

Holzhackschnitzel (oder auch Hackgut) sind mit schneidenden Werkzeugen zerkleinertes Holz.

Sie haben einen Brennwert von etwa 4,0 kWh/ kg (je nach Holzart, bei ca. 20 % Wassergehalt) und sind zur automatischen Beschickung zum Beispiel von Heizanlagen mittels Förderschnecken, Federzinkenaustragungen, Schubstangen- Austragungen und Förderbändern geeignet. Je nach Baumart können verschiedene zentrale Eigenschaften der Holzhackschnitzel variieren und somit den Brennwert beeinflussen. Dies betrifft insbesondere den Wassergehalt, der einen wichtigen Einfluss auf den Heizwert der Hackschnitzel hat und die Lagerfähigkeit beeinflusst. Hackschnitzel mit einem Wassergehalt von weniger als 30 % gelten als „für die Lagerung geeignet“. Für kleinere Heizkessel werden zumeist kleinere Waldholzhackschnitzel (Größenklassen P16 und P45) hoher Qualität benötigt. Heizkraftwerke sind flexibler bezüglich der Rohstoffqualität. So dient in großen Anlagen meist Gebrauchtholz und Industrierestholz (Altholz) als Rohstoff. Die Brennstoffkosten liegen unter denen vergleichbarer Biobrennstoffe wie Holzpellets oder Scheitholz, zu berücksichtigen ist jedoch der Bedarf meist brennstoffspezifischer Verfahren.

Die modernen Holzfeuerungsanlagen sind mit einer vollautomatischen Leistungsregelung ausgestattet, die es ermöglicht die Wärmeproduktion dem tatsächlichen Bedarf anzupassen. Eine vollautomatisierte Verbrennungsregelung steuert die Luft- und Brennstoffzuführung, wodurch eine Minimierung der Emissionen von unvollständig verbrannten Gasen erzielt wird. Dies ermöglicht einen hohen Wirkungsgrad der Feuerungsanlage. Die Kesselanlagen verfügen über eine automatische Entaschung der Brennkammer. Zur Rauchgasreinigung (Minimierung der Staubemissionen) wird ein Zyklon eingesetzt in dem die Abgasfilterung stattfindet. In Abbildung 1 ist das Schnittbild eines Holzkessels mit Rostfeuerung dargestellt.

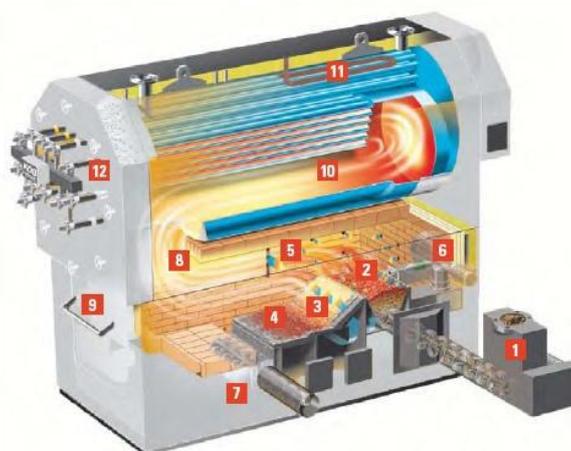


Abbildung 1: Schnittbild Holzkessel mit Rostfeuerung

---

### **Pufferspeicher:**

Da die Kessel- Nennwärmeleistung von Holzkesseln nur zwischen 30% und 100% regelbar ist, ist der Einsatz eines Pufferspeichers erforderlich. In diesen kann in dem in Schwachlastzeiten überschüssige Wärme eingespeist werden. Hierdurch werden das Taktverhalten des Heizkessels und der Betrieb bei niedrigen Lasten reduziert was die Effizienz der Anlage deutlich verbessert und die Auslastung erhöht. Zusätzlich können abnahmeseitige Leistungsspitzen ausgeglichen werden, ohne das Zuschalten des Spitzenlastzeugers. Dies erhöht den Anteil des Holzkessels an der Gesamtwärmeerzeugung weiter, wodurch Brennstoffkosten gespart und der CO<sub>2</sub>- Ausstoß verringert wird.

### **Spitzenlastkessel:**

Üblicherweise werden die Anlagen bivalent, in Verbindung mit einem konventionellen Heizkessel ausgeführt, der als Redundanz- und Spitzenlastkessel fungiert. Dieser kann mit Öl oder Gas befeuert sein und stellt die Wärmeversorgung in Schwachlast- sowie zu Spitzenlastzeiten sicher. So kann vor allem außerhalb der Heizperiode auf den Betrieb des Biomassekessels verzichtet werden. Da Öl- oder Gasbefeuerte Kessel gegenüber Biomassekesseln deutlich geringere Investitionskosten aufweisen können zudem Kosten gespart werden, da der Biomassekessel nicht für alle Lastspitzen ausgelegt werden muss. Der Spitzenlastkessel wird üblicherweise so ausgelegt werden, dass er das Netz auch in Spitzenlastphasen alleine versorgen kann (Redundanz).

Um eine Überdimensionierung und damit unnötige Investitionskosten zu vermeiden, wird die Biomassekesselanlage so ausgelegt, dass mehr als 80% der Jahresheizarbeit durch den Kessel abgedeckt werden können. In Anbetracht der verschiedenen Varianten und Ausbaustufen des Fernwärmenetzes ergeben sich hierfür unterschiedliche Kombinationen, auf welche in den folgenden Abschnitten eingegangen werden soll.

## 4.2. Auslegung der Wärmeerzeuger

Als Grundlage für die Auslegung der Wärmeerzeuger dienen die Verbrauchsdaten aus den Kundenbefragungen. Auf Basis der Außentemperaturdaten des Jahres 2017 wird damit nach AGFW und Planungshandbuch Fernwärme der Arbeitsgemeinschaft QM Fernwärme das Lastprofil bestimmt. In diesem wird die stündliche Heizlast über das Gesamtjahr (8760 h) stundengenau aufgetragen. Für die Warmwasserbereitung wird dabei die nach Planungshandbuch Fernwärme ein Wärmebedarf von 20 kWh/m<sup>2</sup>a Gebäudefläche zugrunde gelegt. Da der Warmwasserverbrauch nur geringfügigen saisonalen Schwankungen unterliegt, wird die dafür erforderliche Heizleistung als konstant angenommen und durch Mittelung über das Gesamtjahr berechnet. Mit der Nennheizleistung normiert ergibt sich so beispielhaft der in Abbildung 2 gezeigte Verlauf.

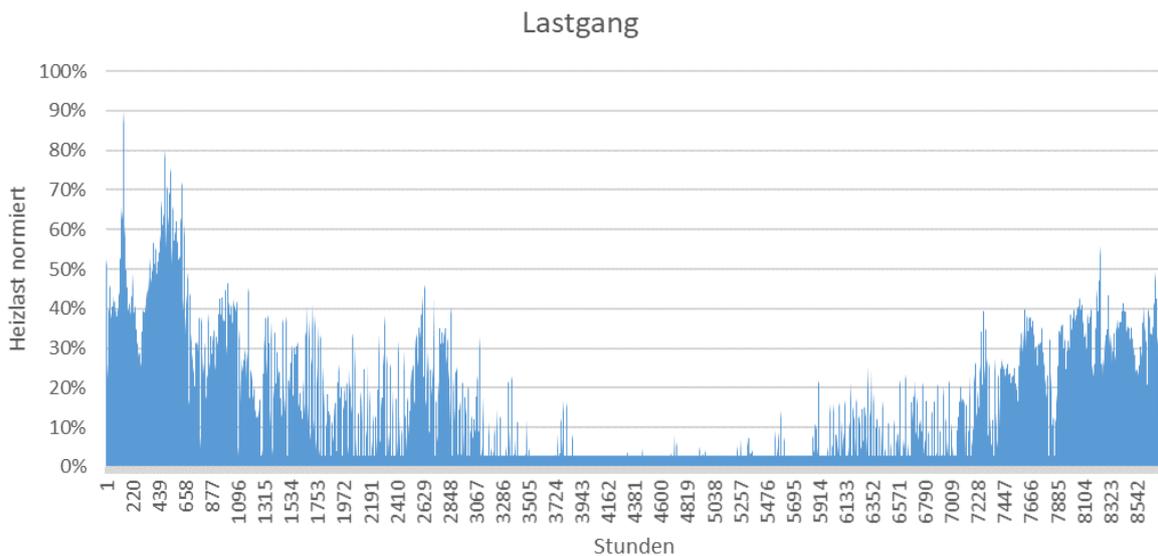


Abbildung 2: normierter Lastgang für den Standort Benningen errechnet aus Gesamtenergiebedarf und Außentemperatur in Stundenwerten

Durch Sortierung der Jahresstunden nach der Heizlast ergibt sich die geordnete Jahresdauerlinie, wie in Abbildung 3 gezeigt. Daraus geht hervor, zu wie vielen Stunden im Jahr welche Wärmleistung erforderlich ist. Die Fläche unter der Jahresdauerlinie stellt den Gesamtheizbedarf dar.

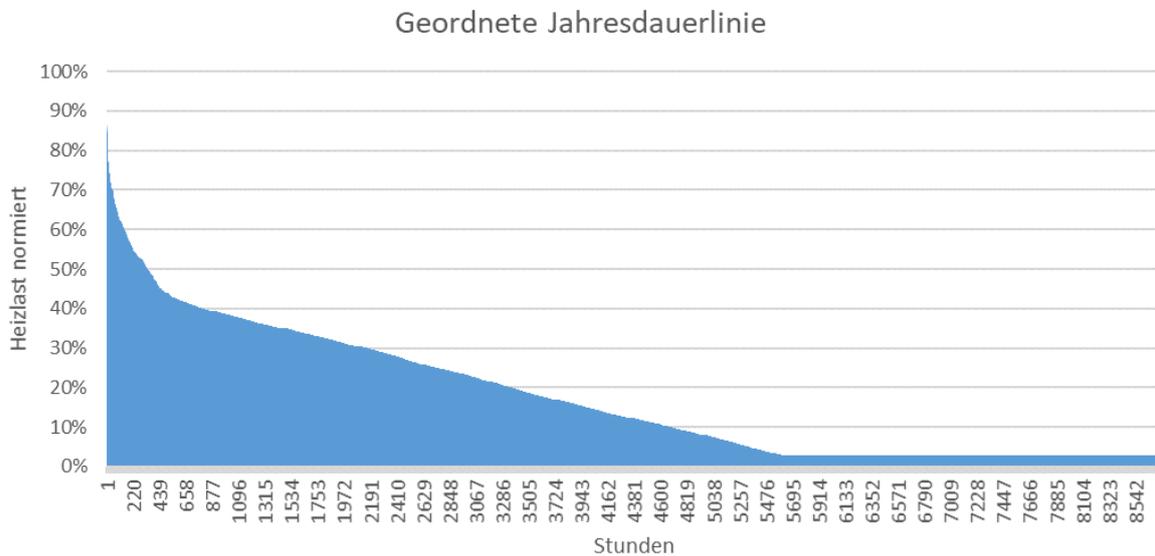


Abbildung 3: Geordnete Jahresdauerlinie für den Standort Benningen errechnet aus dem Gesamtenergiebedarf und der Außentemperatur in Stundenwerten

Die in Abschnitt 3 vorgestellten Netzvarianten werden auch bei der Auslegung der Wärmeerzeuger separat betrachtet. Zudem muss wird je nach Zeithorizont unterschieden, da von einem kontinuierlichen Ausbau des Netzes und damit einer Steigerung des Wärmebedarfs ausgegangen werden kann. Deshalb werden im Folgenden jeweils der Wärmebedarf zu den Zeitpunkten nach 5 Jahren bzw. nach 10 Jahren bewertet.

#### 4.2.1. Kleine Netzvariante

Der zu erwartende jährliche Wärmebedarf von Privatkunden und kommunalen Liegenschaften in 5 Jahren beträgt ca. 1800 MWh. Aus der geordneten Jahresdauerlinie ergibt sich unter Annahme von durchschnittlich 31 kW für die Warmwassererzeugung eine maximale Erzeugerleistung von 1300 kW. Aus den Datenerhebungen empfiehlt sich tabellarisch zusammengefasst folgende Anlagenkonfiguration:

Tabelle 7: Anlagenkonfiguration Benningen Basisvariante für mögliche Anschlüsse in 5 Jahren

Bedarf Kundenseitig	Wert	Einheit	
Wärmebedarf	1810	MWh	
Max. Wärmeleistung (Auslegungsfall)	1110	kW	

Anlagenkonfiguration (Vorschlag)	Wert	Einheit	
Spitzenlastkessel (Heizöl)	1500	kW	
Biomassekessel	400	kW	2x 200 kW
Anteil an Jahresarbeit	in %	in MWh	Volllaststunden h/a
Spitzenlastkessel	15	252,8	169
Biomassekessel	85	1439,2	3598

Wie zu erkennen wurde der Spitzenlastkessel hier mit 1500 kW sehr großzügig ausgelegt. Dies gewährleistet zum einen Redundanz und zum anderen ist damit für mögliche Netzerweiterungen ausreichend Erzeugungskapazität verfügbar. Zur Wärmeerzeugung durch

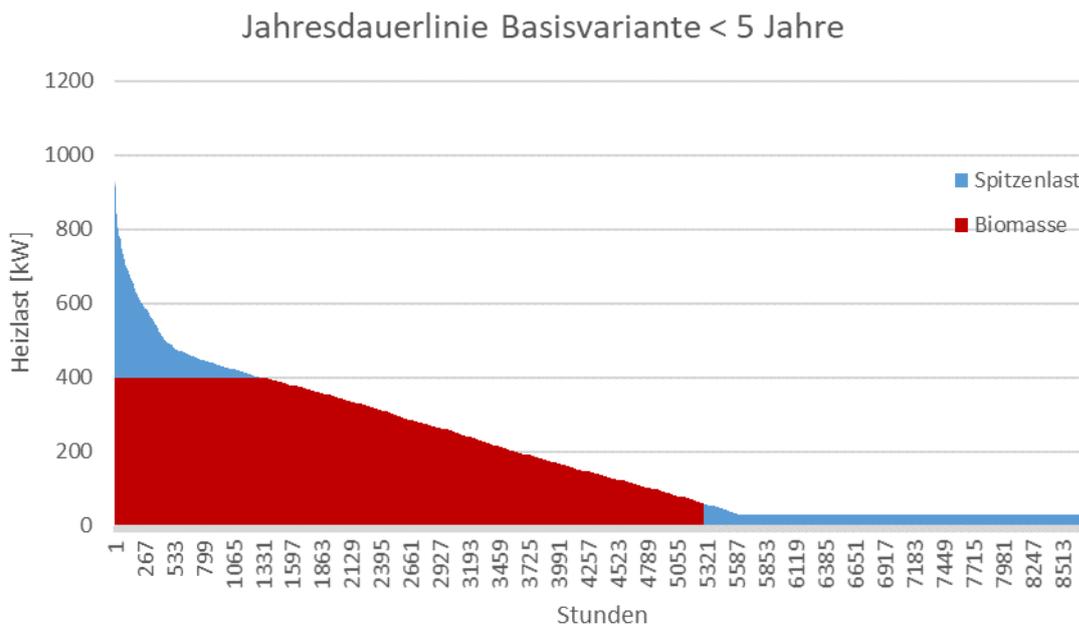


Abbildung 4: Jahresdauerlinie Benningen Basisvariante für mögliche Anschlüsse in 5 Jahren

Biomasse wurden hier zwei Hackschnitzelkessel mit jeweils 200 kW vorgesehen. Der Betrieb zweier Anlagen hat dabei den Vorteil, dass in Schwachlastzeiten durch Betrieb von nur einem der Beiden Kessel eine geringere Minimallast möglich ist. In dieser Konfiguration erfolgt Versorgung überwiegend aus Biomasse (85%), was auch in Abbildung 4 deutlich wird.

Die Heizzentrale mit der so gewählten Konfiguration ermöglicht eine weitere Steigerung der Wärmeerzeugung bei einem Netzausbau und dem Anschluss weiterer Kunden. Auf Basis der Fragebögen wurde deshalb das Szenario aller zu erwartender Anschlüsse mit einem

Zeithorizont über mehr als 5 Jahren erstellt. Mit unveränderter Heizzentrale lässt sich folgendes erzielen:

Tabelle 8: Anlagenkonfiguration Benningen Basisvariante für mögliche Anschlüsse in über 5 Jahren

<b>Bedarf Kundenseitig</b>	Wert	Einheit	
Wärmebedarf	2025	MWh	
Max. Wärmeleistung (Auslegungsfall)	1343	kW	
<b>Anlagenkonfiguration (Vorschlag)</b>	Wert	Einheit	
Spitzenlastkessel (Heizöl)	1500	kW	
Biomassekessel	400	kW	2x 200 kW
<b>Anteil an Jahresarbeit</b>	in %	in MWh	Volllaststunden h/a
Spitzenlastkessel	21	432,4	288
Biomassekessel	79	1592,6	3981

Gegenüber dem kurzfristigeren Zeithorizont ist eine Steigerung des Wärmebedarfs um 333 MWh und der Wärmeleistung im Auslegungsfall um 233 kW zu erwarten. Bei unveränderter Heizzentrale wäre die Versorgung weiterhin sichergestellt. Die Auslastungen der Erzeuger steigen teils erheblich, was besonders am Spitzenlastkessel (Steigerung um 70%) bemerkbar wird. Mit 79% an der Gesamtwärmeerzeugung verfehlt die Wärmeerzeugung aus Biomasse den angestrebten Mindestanteil von 80% knapp. Bei weiterer Steigerung der Wärmeerzeugung kann deshalb über einen Ausbau der Heizzentrale diskutiert werden.

Alternativ dazu ist es auch möglich, zunächst nur einen 300kW Biomassekessel zu errichten und nach einigen Jahren mit kontinuierlicher Wärmebedarfssteigerung um einen zweiten z.B. 200 kW Kessel zu erweitern. Vorteil wäre die daraus resultierende Gesamtleistung von bis zu 500 kW bei gleichzeitig geringer Minimallast des 200 kW Kessels. Nachteilig wäre hingegen

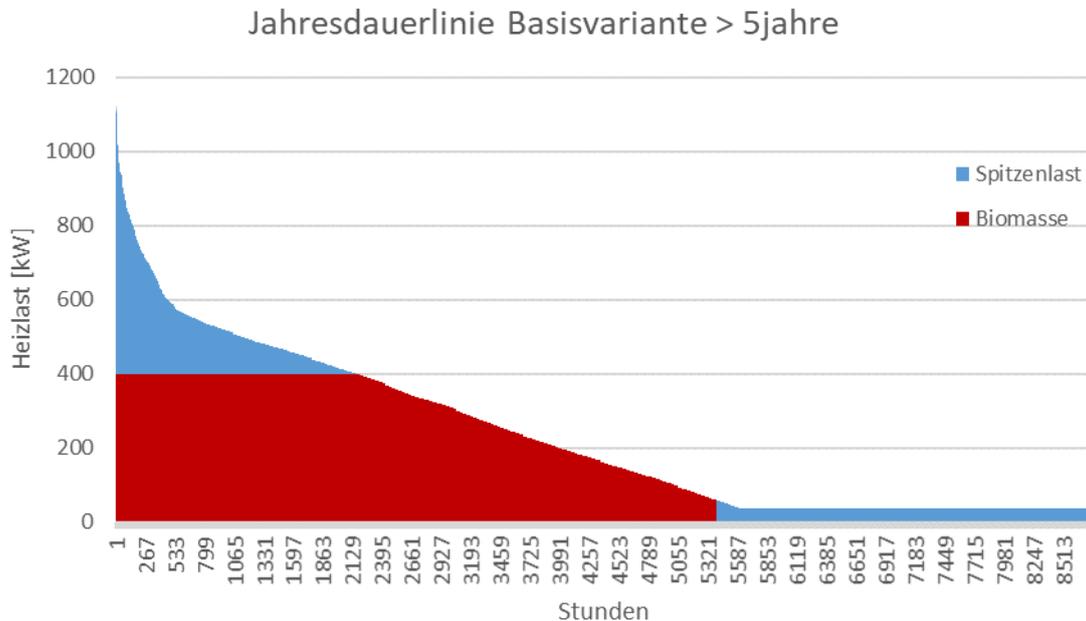


Abbildung 5: Jahresdauerlinie Benningen Basisvariante für mögliche Anschlüsse in mehr als 5 Jahren

die vergleichsweise hohe Minimalleistung und geringere Flexibilität in den Anfangsjahren. Eine weitere Möglichkeit, den Anteil der Wärmeerzeugung aus fossilen Energieträgern zu verringern ist die Einspeisung von Wärme aus Solarthermischen Anlagen. Vor allem In den Sommermonaten, kann so der Wärmebedarf, welcher rein durch den Spitzenlastkessel erzeugt werden müsste größtenteils durch Solarthermie gedeckt werden.

#### 4.2.2. Erweiterte Netzvariante

Bei der erweiterten Netzvariante ist der Wärmebedarf deutlich höher als in der Basisvariante. Mit 2136 MWh und einer daraus errechneten Anschlussleistung von 1409 kW liegen die Anforderungen nach 5 Jahren bereits höher als in der Basisvariante nach über 10 Jahren. Deshalb wurde im Rechenbeispiel eine Konfiguration aus zwei Hackschnitzelkesseln mit je 300 kW Wärmeleistung und einem Spitzenlastkessel mit 2000 kW gerechnet. Daraus ergibt sich nach einer Zeit von 5 Jahren folgende Situation:

Tabelle 9: Anlagenkonfiguration Benningen Erweiterte Variante für mögliche Anschlüsse in 5 Jahren

<b>Bedarf Kundenseitig</b>	Wert	Einheit	
Wärmebedarf	2136	MWh	
Max. Wärmeleistung (Auslegungsfall)	1409	kW	
<b>Anlagenkonfiguration (Vorschlag)</b>	Wert	Einheit	
Spitzenlastkessel (Heizöl)	2000	kW	
Biomassekessel	600	kW	2x 300 kW
<b>Anteil an Jahresarbeit</b>	in %	in MWh	Volllaststunden h/a
Spitzenlastkessel	11	241,4	121
Biomassekessel	89	1894,6	3158

Zu erkennen ist eine sehr hohe Abdeckung des Wärmebedarfs durch Biomasse, bei allerdings geringerer Auslastung als z.B. in Rechnungen der Basisvariante. Da davon ausgegangen wird, dass die Anzahl der Abnehmer erst langsam auf das gezeigte Niveau nach 5 Jahren steigt, ist es ratsam zu Beginn nur einen Biomassekessel zu errichten, allerdings den zweiten bereits vorzusehen. So kann nach gestiegenem Wärmebedarf erst nach 3-4 Jahren der zweite Kessel in Betrieb genommen und insgesamt in der Anfangszeit eine höhere Auslastung erzielt werden.

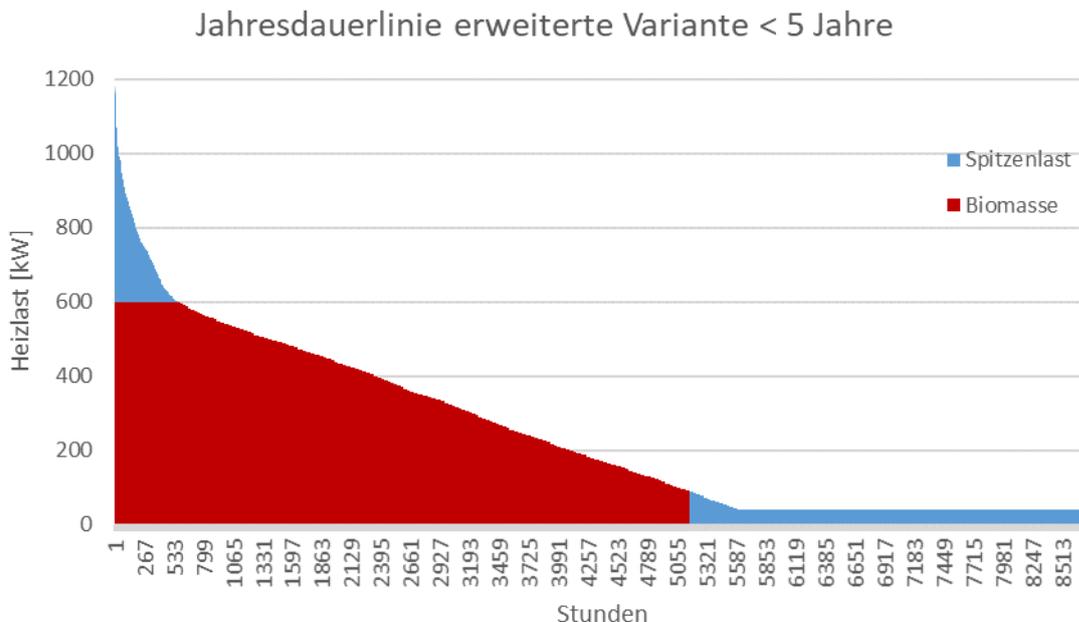
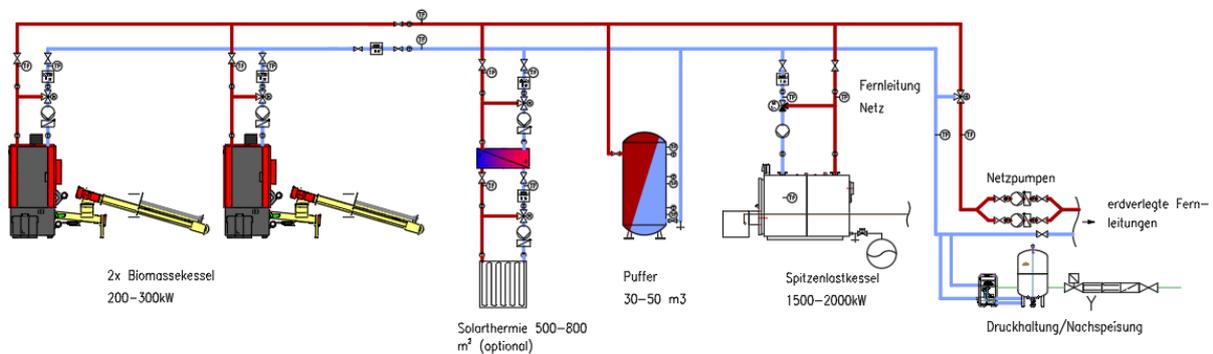


Abbildung 6: Jahresdauerlinie Benningen erweiterte Variante für mögliche Anschlüsse in 5 Jahren

Werden die Anschlüsse, welche in den Folgejahren zu erwarten sind hinzugezählt, steigt der Wärmeabsatz deutlich. So ergibt die Auswertung der Fragebögen nach 10 Jahren einen

jährlichen Wärmebedarf von über 2900 MWh. Im Auslegungsfall ergibt sich daraus eine Wärmeleistung von 1931 kW, was die anfänglich großzügige Dimensionierung des Spitzenlastkessels rechtfertigt.

### 4.3. Anlagenschema



## 5. Kostenrechnung

Abbildung 7: Jahresdauerlinie Benningen erweiterte Variante für mögliche Anschlüsse in mehr als 5 Jahren

### 5.1. Variante klein

<b>Brennstoffeinsatz</b>	
Gas	315,9 MWh
Holz	1799,1 MWh
Strom	28,6 MWh
<b>Energiepreise (netto)</b>	
Gas	40 €/MWh
Holz Hackschnitzel Eigenerz.	25 €/MWh
Pellet	52 €/MWh
Strom	170 €/MWh
<b>Wärmegestehungskosten</b>	
Gas	12.638,0 €/a
Holz	44.976,3 €/a
Strom	4.853,9 €/a
<b>Wärmegestehungspreis</b>	<b>34,5 €/MWh</b>

<b>Investition</b>	
<b>Netzausbau</b>	
<b>Erschließung (FW-Netz)</b>	<b>1.051.050 €</b>
davon Tiefbau	565.950 €
davon Rohrleitungsbau	485.100 €
Hausanschlüsse	247.500 €
<b>Summe</b>	<b>1.298.550 €</b>
<b>Energiezentrale in Betoncontainerbauweise</b>	
Containeranlage, komplett	170.000 €
Pufferspeicher	40.000 €
Gasanschluss	25.000 €
Peripherie (Verrohrung; Isolierung; Druckhaltung)	35.000 €
MSR/Elektro	45.000 €
Planung	69.633 €
<b>Summe</b>	<b>384.633 €</b>
<b>Summe Förderungen Netz</b>	<b>-196.020 €</b>
<b>Summe Förderungen Zentrale</b>	<b>-24.750 €</b>
Annuität Netz 20a/ 3%	74.107 €/a
Annuität Zentrale 15a/ 3%	30.146 €/a
Wartung, Betrieb, Instandhaltung	7.693 €/a
Leistungspreis	86,11 €/a
<b>Wärmemischpreis</b>	<b>96,36 €/MWh</b>

#### **Förderungen automatisch beschickte Anlagen (KfW)**

Grundförderung: 20 €/kW	8.000 €
Bonus Staubemission <15mg/m <sup>3</sup> 20 €/kW	8.000 €
Bonus Puffer: 250€/m <sup>3</sup>	8.750 €
Zuschuss Wärmenetz: 60 €/lfm	97.020 €
Zuschuss ÜSt: 1800 €/Stck	99.000 €
<b>Summe Förderungen</b>	<b>220.770 €</b>

## 6. Weitere Konzepte zur Wärmeerzeugung

Im Folgenden sollen weitere Konzepte diskutiert werden, durch welche die Versorgung des Ortskerns von Benningen ergänzt werden kann.

### 6.1. Wärmeversorgung durch Biogasanlage

Im Umkreis von Benningen befindet sich eine kleine Biogasanlage 40 kW<sub>el</sub> mit Abwärmenutzung (siehe Abbildung 8). Aufgrund der Entfernung von ca. 1 km zum Ortskern fallen hohe Kosten für den Rohrleitungsbau an. Zudem wird die Wärmeübertragung durch hohe Verluste zusätzlich vermindert. Aus diesen Gründen ist ein Betrieb als Satelliten BHKW nicht wirtschaftlich.

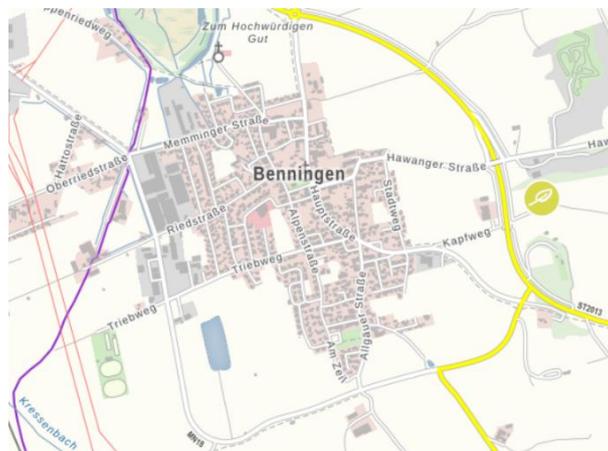


Abbildung 8: Übersichtsplan Benningen mit Biogasanlage (Energie-Atlas-Bayern)

### 6.2. Ergänzung der Wärmeerzeugung durch Solarthermie

Ein vielversprechendes Konzept ist die Unterstützung der Wärmeerzeugung in Heizkesseln durch Solarthermische Anlagen. Vor allem in den ertragreichen Sommermonaten ist es möglich den Wärmebedarf überwiegend aus solarer Wärme zu decken. Vor allem die Anteilig hohen Wärmeverluste im Netz können so ausgeglichen werden. Den hohen Investitionskosten für solarthermische Anlagen stehen hohe staatliche Förderungsmöglichkeiten gegenüber.

Zur technischen Auslegung wurde das Excel-Tool ScenoCalc Fernwärme 2.0 verwendet, welches durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert wird. Dieses

---

ermöglicht durch Vorgabe des individuellen Lastganges und frei wählbarer Parameter wie Standort, Kollektorfläche, Wärmeverluste und Pufferspeichervolumen den zu erwartenden solaren Deckungsanteil zu bestimmen. Zudem werden die solare Wärmelieferung an das Netz und die überschüssig erzeugte, nicht nutzbare Wärme bestimmt. Durch Verstellen der Parameter wird ein Optimum gesucht. Aus der jährlichen solaren Wärmelieferung an das Netz lassen sich die eingesparten Betriebskosten der konventionellen Versorger bestimmen (Brennstoffkosten entfallen). Aus der so bestimmten Differenz kann die Rentabilität der Solaranlage bestimmt werden