

**Energiedienst AG, Rheinfelden**

## **Integriertes Quartierskonzept der Gemeinde Münstertal für das Quartier „Münstertal, Ortskern Richtung Staufen“**

**Studie im Auftrag der Gemeinde Münstertal**

**Juli 2015**



Bearbeitung:

Nicola Julian Seidenspinner

RBS wave GmbH

Ludwig-Erhard-Straße 2

76275 Ettlingen

Projektleitung:

Jörg Bleile

Energiedienst AG

Schönenbergerstraße 10

79618 Rheinfelden

Die vorliegenden Unterlagen sind unser Eigentum und als solches urheberrechtlich geschützt. Die Veröffentlichung und Vervielfältigung bedarf unserer vorherigen schriftlichen Zustimmung. Wir weisen darauf hin, dass eine Verletzung unseres Urheberrechts zivilrechtliche Schritte bis hin zum Schadensersatzanspruch zur Folge hat.

## Inhaltsverzeichnis

|           |                                                                                                                       |           |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>Einführung und Untersuchungsumfang</b>                                                                             | <b>7</b>  |
| <b>2.</b> | <b>Untersuchungsgebiet</b>                                                                                            | <b>8</b>  |
| <b>3.</b> | <b>Darstellung der energetischen Ist-Situation</b>                                                                    | <b>9</b>  |
| 3.1       | Fernwärmeversorgung                                                                                                   | 9         |
| 3.2       | Gebäude                                                                                                               | 10        |
| <b>4.</b> | <b>Energielösungen für das Quartier</b>                                                                               | <b>15</b> |
| 4.1       | Nahwärmeversorgung mittels Holzhackschnitzel-Heizkessel                                                               | 15        |
| 4.2       | Blockheizkraftwerk                                                                                                    | 16        |
| <b>5.</b> | <b>Techno-Ökonomische Betrachtung für verschiedene Varianten</b>                                                      | <b>18</b> |
| 5.1       | Grundannahmen (Kostenkalkulation, Anlagentechnik)                                                                     | 19        |
| 5.2       | Zusammenfassung der verschiedenen Varianten                                                                           | 21        |
| 5.3       | Bestandsabnehmer                                                                                                      | 22        |
| 5.4       | Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1                                                                         | 23        |
| 5.5       | Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1 + Laisackerweg                                                          | 24        |
| 5.6       | Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1 + Gufenbachweg                                                          | 25        |
| 5.7       | Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1 + Laisackerweg + Gufenbachweg                                           | 26        |
| 5.8       | Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 2                                                                         | 27        |
| 5.9       | Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 2 und Einsatz eines BHKWs                                                 | 28        |
| 5.10      | Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 2 + Laisackerweg + Gufenbachweg                                           | 29        |
| 5.11      | Fazit Willig Areal                                                                                                    | 30        |
| 5.12      | Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des Bestandsgebiets                                                                | 31        |
| 5.13      | Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des Bestandsgebiets + geplantes MFH & geplantes Pflegeheim                         | 32        |
| 5.14      | Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des Bestandsgebiets + geplantes MFH & geplantes Pflegeheim und Einsatz eines BHKWs | 33        |
| 5.15      | Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des Bestandsgebiets (optimierter Trassenverlauf)                                   | 34        |
| 5.16      | Kostenvergleich                                                                                                       | 35        |
| <b>6.</b> | <b>CO<sub>2</sub>-Emissionen und Primärenergieverbrauch</b>                                                           | <b>38</b> |
| <b>7.</b> | <b>Zusammenfassung / Handlungsempfehlung</b>                                                                          | <b>40</b> |
| <b>8.</b> | <b>Unterlagen und Quellen</b>                                                                                         | <b>42</b> |
| <b>9.</b> | <b>ANHANG</b>                                                                                                         | <b>43</b> |
| 9.1       | Jahresdauerlinien                                                                                                     | 43        |
| 9.2       | Begriffsdefinitionen                                                                                                  | 49        |

## Verzeichnis der Abbildungen

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Übersichtskarte mit Quartiersabgrenzung (in rot).....                                    | 8  |
| Abbildung 2: Bestehendes Wärmenetz in Münstertal .....                                                | 9  |
| Abbildung 3: Übersicht über die Rückantworten aus der Fragebogenaktion und<br>Nahwärmeinteresse ..... | 11 |
| Abbildung 4: Übersicht Alter der Heizungsanlage und derzeitiger Brennstoff .....                      | 12 |
| Abbildung 5: Übersicht der Gebäudealter .....                                                         | 13 |
| Abbildung 6: Endenergieverbrauch (Wärme) in kWh/a .....                                               | 14 |
| Abbildung 7: Kohlbach Heizkessel in der Heizzentrale der Schule .....                                 | 15 |
| Abbildung 8: Abnehmerübersicht BST .....                                                              | 22 |
| Abbildung 9: Abnehmerübersicht BST_WA1 .....                                                          | 23 |
| Abbildung 10: Abnehmerübersicht BST_WA1_Lai.....                                                      | 24 |
| Abbildung 11: Abnehmerübersicht BST_WA1_Guf.....                                                      | 25 |
| Abbildung 12: Abnehmerübersicht BST_WA1_Lai_Guf.....                                                  | 26 |
| Abbildung 13: Abnehmerübersicht BST_WA2 .....                                                         | 27 |
| Abbildung 14: Abnehmerübersicht BST_WA2_BHKW.....                                                     | 28 |
| Abbildung 15: Abnehmerübersicht BST_WA2_Lai_Guf.....                                                  | 29 |
| Abbildung 16: Geplante Trassenführung ins Willig Areal mit Kollisionen (gelb markiert).....           | 30 |
| Abbildung 17: Abnehmerübersicht BST_nördlBST .....                                                    | 31 |
| Abbildung 18: Abnehmerübersicht BST_nördlBST_gepl.....                                                | 32 |
| Abbildung 19: Abnehmerübersicht BST_nördlBST_gepl_BHKW .....                                          | 33 |
| Abbildung 20: Abnehmerübersicht BST_nördlBST_opt .....                                                | 34 |
| Abbildung 21: Jährliche Kosten der betrachteten Varianten .....                                       | 36 |
| Abbildung 22: Investitions- und Wärmegestehungskosten der betrachteten Varianten .....                | 37 |
| Abbildung 23: Vergleich von CO2-Emissionen und Primärenergieverbrauch.....                            | 39 |
| Abbildung 24: Jahresdauerlinie BST.....                                                               | 43 |
| Abbildung 25: Jahresdauerlinie BST_WA1 .....                                                          | 43 |
| Abbildung 26: Jahresdauerlinie BST_WA1_Lai .....                                                      | 44 |
| Abbildung 27: Jahresdauerlinie BST_WA1_Guf .....                                                      | 44 |
| Abbildung 28: Jahresdauerlinie BST_WA1_Lai_Guf.....                                                   | 45 |
| Abbildung 29: Jahresdauerlinie BST_WA2 .....                                                          | 45 |
| Abbildung 30: Jahresdauerlinie BST_WA2_BHKW .....                                                     | 46 |
| Abbildung 31: Jahresdauerlinie BST_WA2_Lai_Guf.....                                                   | 46 |
| Abbildung 32: Jahresdauerlinie BST_nördlBst.....                                                      | 47 |
| Abbildung 33: Jahresdauerlinie BST_nördlBst_gepl .....                                                | 47 |
| Abbildung 34: Jahresdauerlinie BST_nördlBst_gepl_BHKW .....                                           | 48 |
| Abbildung 35: Jahresdauerlinie BST_nördlBst opt.....                                                  | 48 |

## Verzeichnis der Tabellen

|                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: Bereits an das Wärmenetz angeschlossene Abnehmer .....                                                                                   | 10 |
| Tabelle 2: Vor- und Nachteile beim Einsatz eines Holzhackschnitzel-Heizkessels .....                                                                | 16 |
| Tabelle 3: Vor- und Nachteile beim Einsatz von Blockheizkraftwerken .....                                                                           | 17 |
| Tabelle 4: Übersicht der verschiedenen Varianten .....                                                                                              | 21 |
| Tabelle 5: Eckdaten Anschlussszenario Bestandsabnehmer .....                                                                                        | 22 |
| Tabelle 6: Eckdaten Anschlussszenario Bestandsabnehmer+ Willig Areal Ausbaustufe 1 .....                                                            | 23 |
| Tabelle 7: Eckdaten Anschlussszenario Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1 +<br>Laisackerweg .....                                         | 24 |
| Tabelle 8: Eckdaten Anschlussszenario Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1 +<br>Gufenbachweg .....                                         | 25 |
| Tabelle 9: Eckdaten Anschlussszenario Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1 +<br>Laisackerweg + Gufenbachweg .....                          | 26 |
| Tabelle 10: Eckdaten Anschlussszenario Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 2.....                                                           | 27 |
| Tabelle 11: Eckdaten Anschlussszenario Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 2 &<br>BHKW .....                                                | 28 |
| Tabelle 12: Eckdaten Anschlussszenario Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 2 +<br>Laisackerweg + Gufenbachweg .....                         | 29 |
| Tabelle 13: Eckdaten Anschlussszenario Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des<br>Bestandsgebiets.....                                               | 31 |
| Tabelle 14: Eckdaten Anschlussszenario Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des<br>Bestandsgebiets + geplantes MFH & geplantes Pflegeheim.....        | 32 |
| Tabelle 15: Eckdaten Anschlussszenario Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des<br>Bestandsgebiets + geplantes MFH & geplantes Pflegeheim & BHKW..... | 33 |
| Tabelle 16: Eckdaten Anschlussszenario Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des<br>Bestandsgebiets + (optimierter Trassenverlauf) .....               | 34 |
| Tabelle 17: Ergebnisübersicht der betrachteten Varianten .....                                                                                      | 35 |

## Einheiten und Abkürzungen

|           |                                              |
|-----------|----------------------------------------------|
| BHKW      | Blockheizkraftwerk                           |
| ED        | Energiedienst AG                             |
| EEWärmeG  | Erneuerbare Energien Wärme Gesetz (national) |
| EEG       | Erneuerbare-Energien-Gesetz (national)       |
| EWärmeG   | Erneuerbare-Wärme-Gesetz (Baden-Württemberg) |
| HHS       | Holzhackschnitzel                            |
| kW        | Kilowatt                                     |
| kWh       | Kilowattstunde                               |
| kWh/(m²a) | Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr    |
| KWK       | Kraft-Wärme-Kopplung                         |
| KWKG      | Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz                 |
| MWh       | Megawattstunde                               |

## 1. Einführung und Untersuchungsumfang

Das vorliegende „Integrierte energetische Quartierskonzept“ soll aufzeigen, wie eine zukünftige effizientere Energieversorgung im Quartier „Münstertal, Ortskern Richtung Staufen“ aussehen kann. Berücksichtigt werden dabei technische, wirtschaftliche und ökologische Aspekte.

Das Konzept wurde mit Bundesmitteln der KfW Bankengruppe aus dem Förderprogramm für Kommunen „Programmnummer 432 – Energetische Stadtsanierung“ gefördert. Auftraggeber der Untersuchung ist die Gemeinde Münstertal.

Projektbearbeitung:

- Energiedienst AG (ED), Rheinfelden
- RBS wave GmbH, Ettlingen

Das Quartierskonzept umfasst folgende Arbeitspakete:

- Erhebung des energetischen Ist-Zustands mit Ermittlung des aktuellen Wärme- und Stromverbrauchs sowie Beschreibung der Bestandsgebäude und deren Heizungsanlagen
- Berechnung von summierten Jahresdauerlinien für das Quartier zur Dimensionierung der Anlagen für eine gemeinsame Wärmeversorgung
- Vergleich von verschiedenen Energielösungen bzgl. Wirtschaftlichkeit und Emissionen für die Erweiterung des bestehenden Nahwärmenetzes
- Räumliche Darstellung der Ergebnisse in Kartenform
- Berechnung der CO<sub>2</sub>-Bilanz und des Primärenergiebedarfs

Die Bearbeitung des Quartierskonzeptes erfolgte unter Einbindung der wesentlich betroffenen Akteure. Dazu fanden am 05.02., 31.03. sowie am 06.07.2015 Facharbeitsgespräche zusammen mit der Gemeinde Münstertal, Energiedienst (Wärme- und Energielösungen) sowie RBS wave (Energie-, Wasser-, Umwelttechnik) statt. Bei der Öffentlichkeitsveranstaltung am 11.03.2015. wurden die Bürger über die Ziele des Quartierskonzepts, den aktuellen Stand und das weitere Vorgehen informiert. Daneben wurde ein Vergleich zwischen einer herkömmlichen Heizanlage und dem Anschluss an das Nahwärmenetz für die Bürger anschaulich dargestellt.

Wesentliche Datengrundlage sind eine Fragebogenaktion der Gemeinde Münstertal in Zusammenarbeit mit Energiedienst sowie mehrere Vor-Ort Aufnahmen des Quartiers.

## 2. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet des Quartierskonzepts beinhaltet einen großen Teil der Gemeinde Münstertal. Neben dem Gebiet des Ortskerns wo das Rathaus und die Heizzentrale der bestehenden Fernwärmeversorgung liegen, ist das Quartier nach Westen entlang der Landesstraße L123 Richtung Staufen bis zum Gelände des Campingplatzes erweitert.

Die Größe des Quartiers beträgt etwa 76 ha und umfasst etwa 350 Wohngebäude, mehrere öffentliche Gebäude (Rathaus, Kirche, Feuerwehrhaus) und fast 30 Gebäude aus dem Bereich Gewerbe Handel Dienstleistungen.

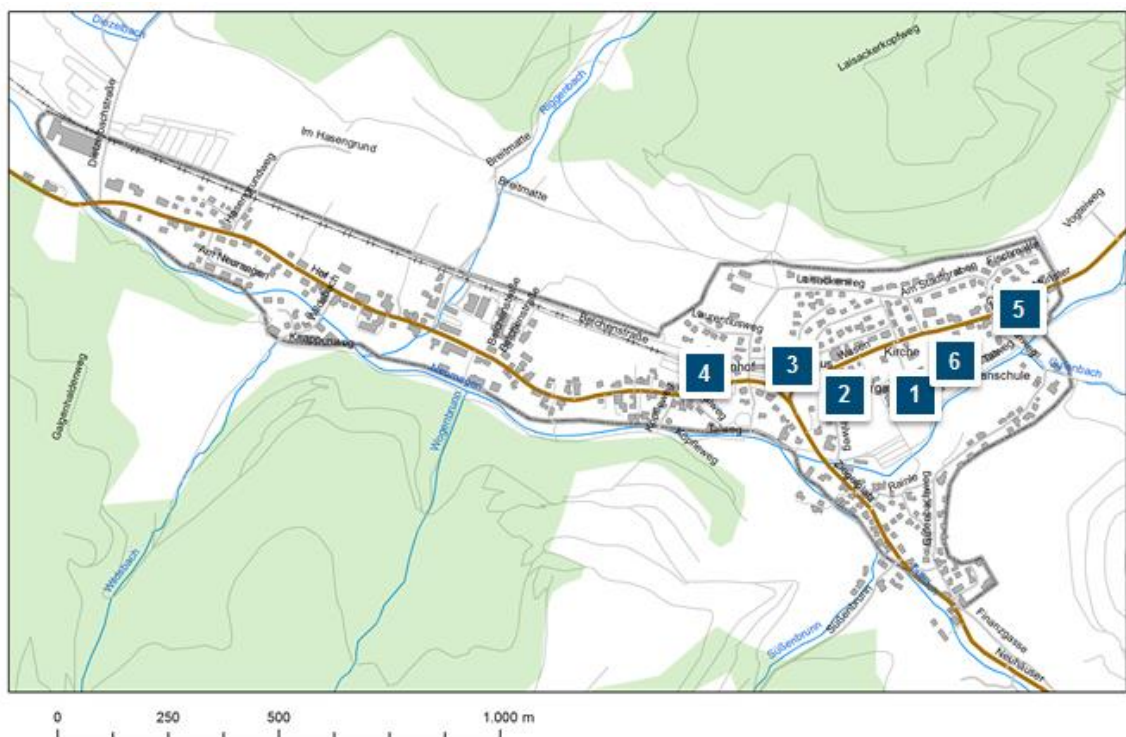


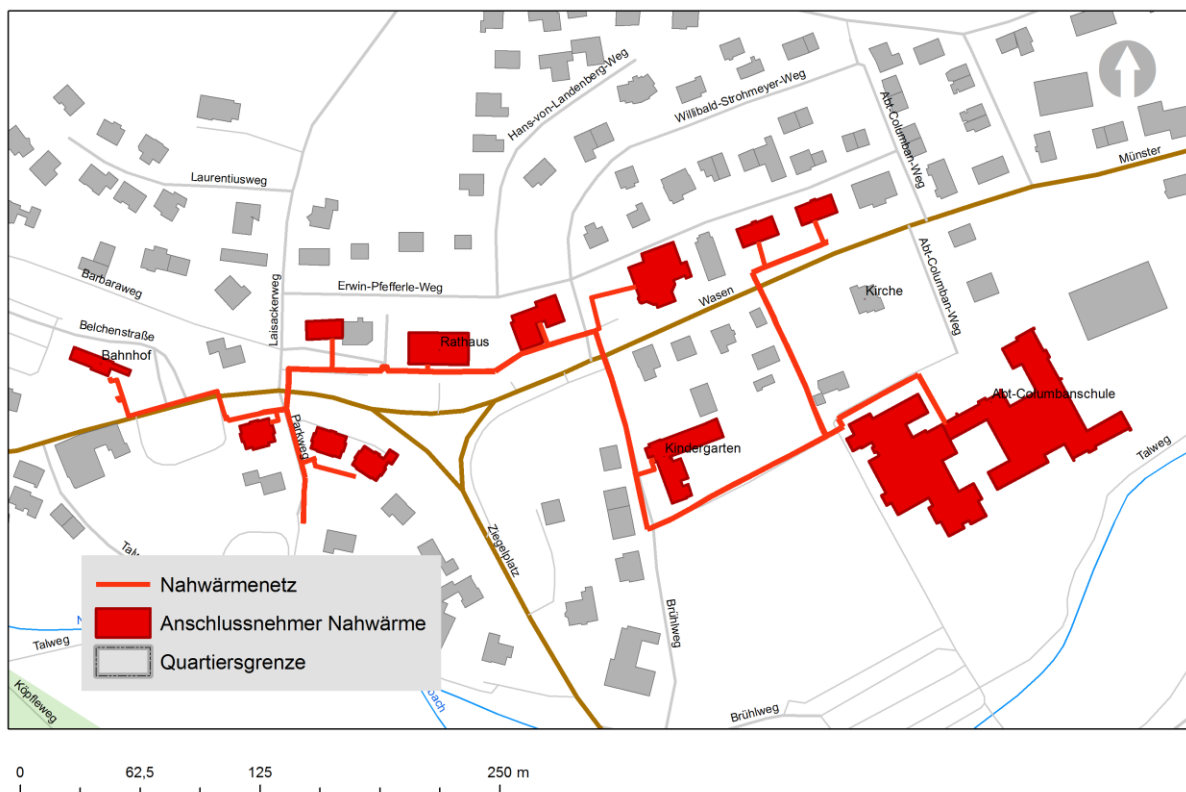
Abbildung 1: Übersichtskarte mit Quartiersabgrenzung (in rot)

- 1) Abt-Columban-Schule mit Heizzentrale
- 2) Kindergarten
- 3) Rathaus
- 4) Bahnhof
- 5) Willig-Areal
- 6) geplantes Pflegeheim und Mehrfamilienhaus

### 3. Darstellung der energetischen Ist-Situation

#### 3.1 Fernwärmeversorgung

Die Fernwärmeversorgung erfolgt von der Heizzentrale in der Abt-Columban-Schule aus. Dort sind ein 400 kW Kohlbach Holzhackschnitzel-Heizkessel sowie ein 900 kW Viessmann Vitoplex 300 Erdgas-Kessel installiert. Ein 20 m<sup>3</sup> Pufferspeicher dient dem Abfedern von Spitzenlasten sowie der Vermeidung von kurzfristigem Takten des Heizkessels.



**Abbildung 2: Bestehendes Wärmenetz in Münstertal**

Derzeit sind 11 Abnehmer angeschlossen, ein zwölfter Anschluss (ehemaliger Bahnhof) wird derzeit hergestellt (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1: Bereits an das Wärmenetz angeschlossene Abnehmer**

| lfd.<br>Nr | RBS_ID          |                                | Installierte<br>Leistung<br>Übergabestation<br>[kW] | Anschluss                          | Wärmebedarf<br>[kWh] |
|------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| 1          | Abt6 (Schule)   | Schule und Halle               | 400                                                 | bereits angeschlossen              | 467.160              |
| 2          | Bru6a (Kiga)    | Kindergarten                   | 70                                                  | bereits angeschlossen              | 77.965               |
| 3          | Was51           | Wasen 51 (EDEKA)               | 80                                                  | bereits angeschlossen              | 68.300               |
| 4          | Was49           | Wasen 49 (Sparkasse, Apotheke) | 45                                                  | bereits angeschlossen              | 48.001               |
| 5          | Was47 (Rathaus) | Rathaus                        | 80                                                  | bereits angeschlossen              | 106.527              |
| 6          | Was43 (Post)    | Post                           | 25                                                  | bereits angeschlossen              | 28.479               |
| 7          | Erw6            | Erwin-Pfefferle-Weg 6          | 40                                                  | bereits angeschlossen              | 77.561               |
| 8          | Erw8            | Erwin-Pfefferle-Weg 8          | 40                                                  | bereits angeschlossen              | 58.597               |
| 9          | Par2            | Parkweg 2                      | 37                                                  | bereits angeschlossen              | 41.528               |
| 10         | Par1            | Parkweg 1                      | 38                                                  | bereits angeschlossen              | 37.296               |
| 11         | Par3            | Parkweg 3                      | 37                                                  | bereits angeschlossen              | 37.550               |
| 12         | Was39 (Bhf)     | Bahnhof                        | 30                                                  | Anschluss wird derzeit hergestellt |                      |
|            |                 |                                | 922                                                 |                                    |                      |

Anhand des Wärmebedarfs wurde abgeschätzt, wie groß die tatsächlich von den Abnehmern zu erwartende Maximalleistung ist. Es zeigt sich, dass das Netz bei einer Gesamtleistung der Wärmeerzeuger von 1.300 kW noch ausreichende Reserven für eine Erweiterung hat. Da außerdem ein Pufferspeicher im Heizwerk etwaige kurze Bedarfs-  
spitzen abfedern kann, ist eine Erweiterung des Netzes leistungsmäßig möglich.

### 3.2 Gebäude

Für die Beschreibung der Ist-Situation sind insbesondere Verbrauchswerte (Gas, Öl, Strom), Gebäudeparameter (Baujahr, Sanierungszustand, Anzahl der Wohneinheiten) sowie Art und Alter der Heizungsanlage notwendig. Diese Informationen wurden durch eine Fragebogenaktion der Gemeinde Münstertal in Zusammenarbeit mit Energiedienst erhoben [4]. Daneben wurde auch das Interesse abgefragt, sich künftig an das Fernwärmenetz anzuschließen. Da nicht von allen Gebäuden im Quartier ein ausgefüllter Fragebogen zurückgesendet wurde, wurden die zur Berechnung der energetischen Gebäudedaten fehlenden Informationen durch mehrere Vor-Ort Aufnahmen des Quartiers ergänzt [5].

Parallel zum Quartierskonzept wurde die Planung für eine ohnehin vorgesehene Erweiterung des Nahwärmeverbunds hin zum Willig-Areal (nördlich des Feuerwehrgebäudes) durchgeführt. In diesem Rahmen wurden Gespräche mit den Eigentümern der Gebäude und Grundstücke geführt, die im Bereich zwischen Heizzentrale und Willig-Areal liegen. Dabei wurden weitere Interessenten identifiziert, die ebenfalls auf den nachfolgend dargestellten Karten enthalten sind. Darunter sind auch ein noch in Planung befindliches Pflegeheim und Mehrfamilienhaus (nordöstlich der Heizzentrale) sowie ein Wohngebäude auf dem Flurstück 127/1.

Insgesamt gab es 87 Rückläufer der Fragebogenaktion und es konnten 29 Interessenten an einem Nahwärmeanschluss identifiziert werden.

Nachfolgend ist zunächst dargestellt, von welchen Gebäuden es Rückantworten aus der Fragebogenaktion gibt und ob Interesse an einem Nahwärmeanschluss besteht.

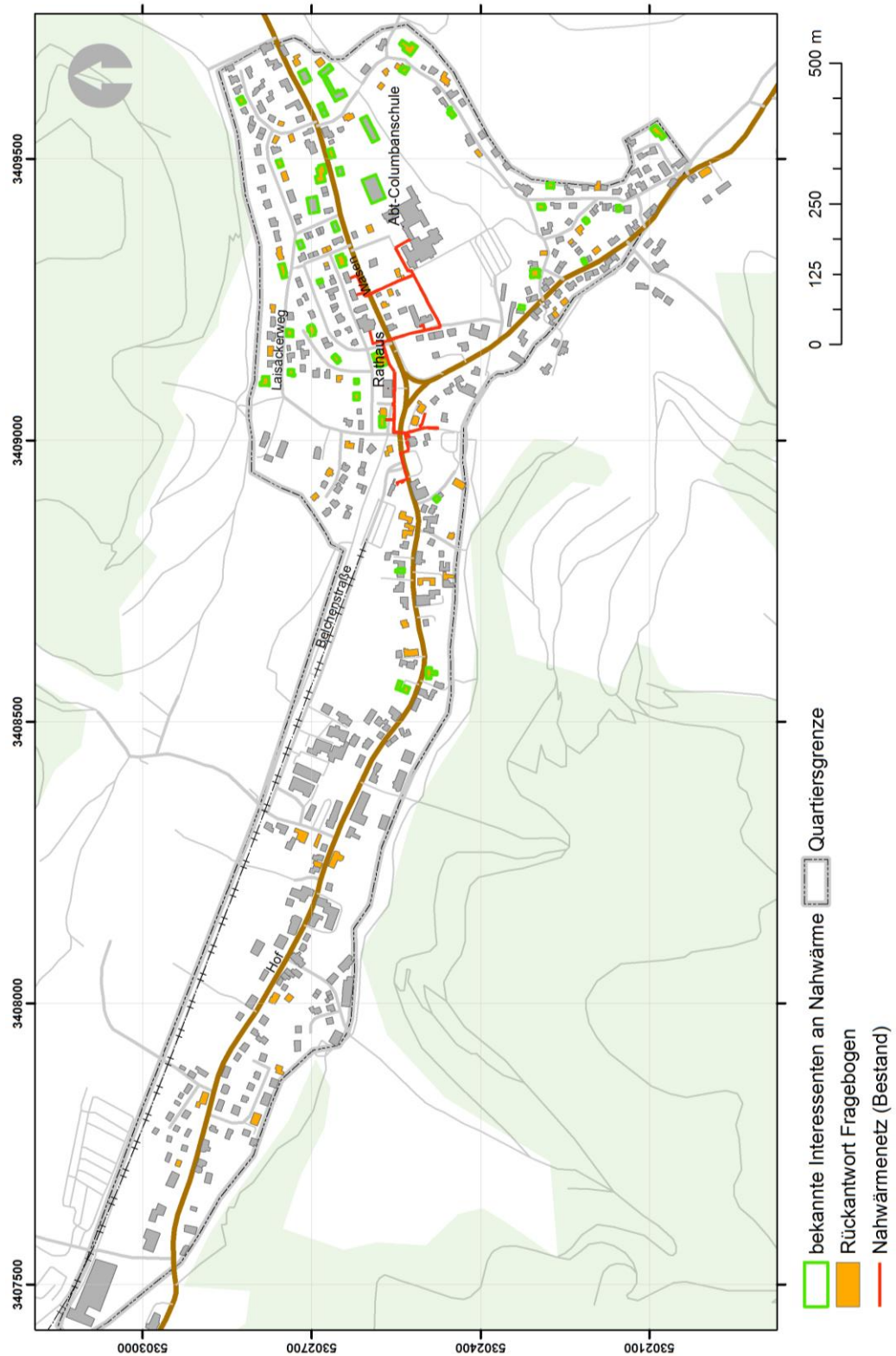


Abbildung 3: Übersicht über die Rückantworten aus der Fragebogenaktion und Nahwärmeinteresse

Anhand dieser Fragebögen kann den einzelnen Gebäuden die Kesselart, das Heizungsalter, das Alter der Gebäude und der Energieverbrauch zugeordnet werden.

Die nachfolgenden Abbildungen geben eine Übersicht über den eingesetzten Brennstoff der Heizungen im Quartier und über das Gebäudealter gemäß den Fragebögen.

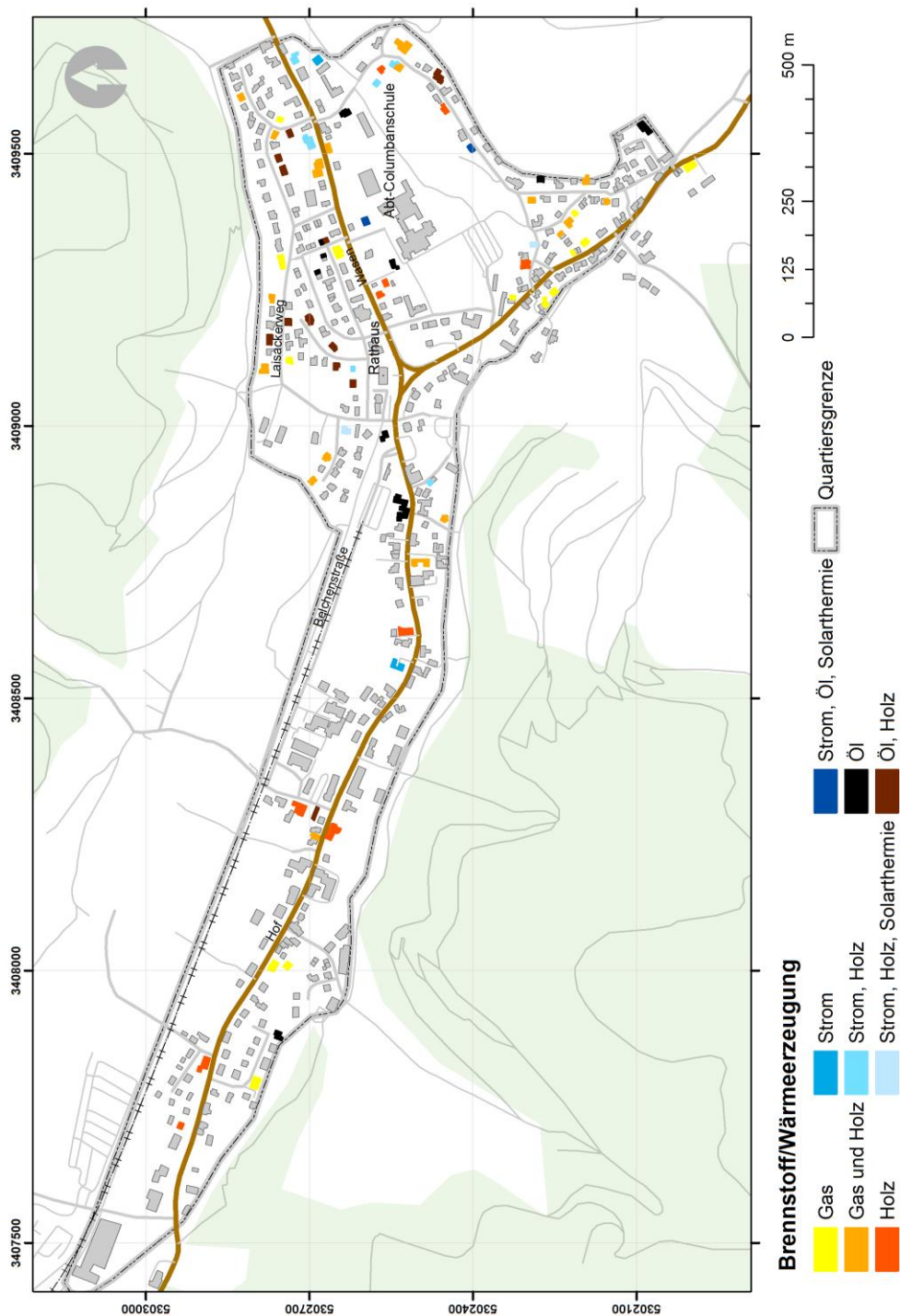


Abbildung 4: Übersicht Alter der Heizungsanlage und derzeitiger Brennstoff

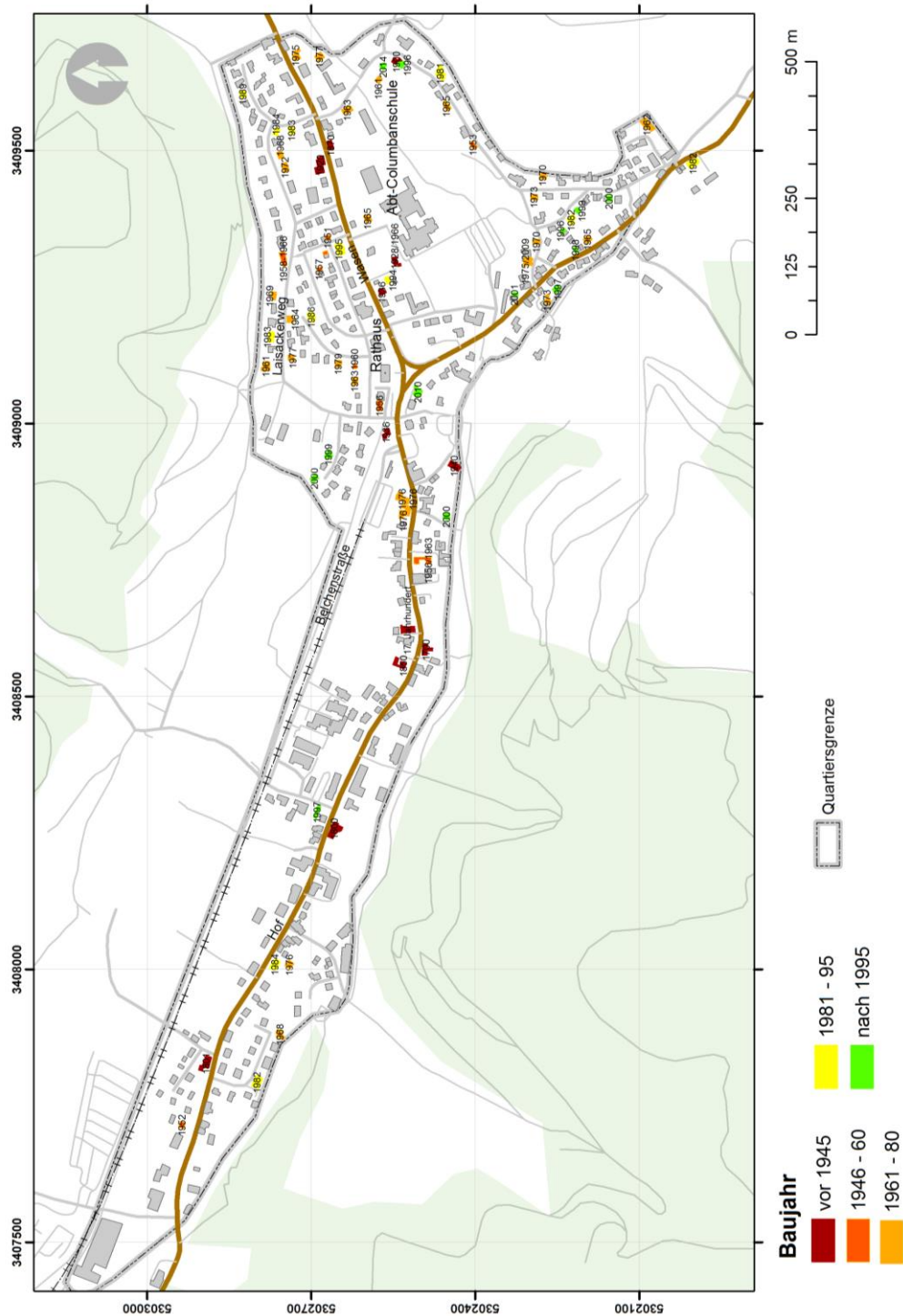


Abbildung 5: Übersicht der Gebäudealter

Der Endenergieverbrauch (Wärme) wird anhand des Brennstoffverbrauchs (sofern vorhanden) unter Berücksichtigung eines für die Art des Heizkessels typischen Jahresnutzungsgrads berechnet. Dabei wird auch berücksichtigt, ob es sich um einen Heiz- oder Brennwertkessel handelt und der angegebene Brennstoffverbrauch ggf. umgerechnet.

Abbildung 6 zeigt die den Endenergieverbrauch (Wärme) der Einzelgebäude in verschiedenen Größenklassen.

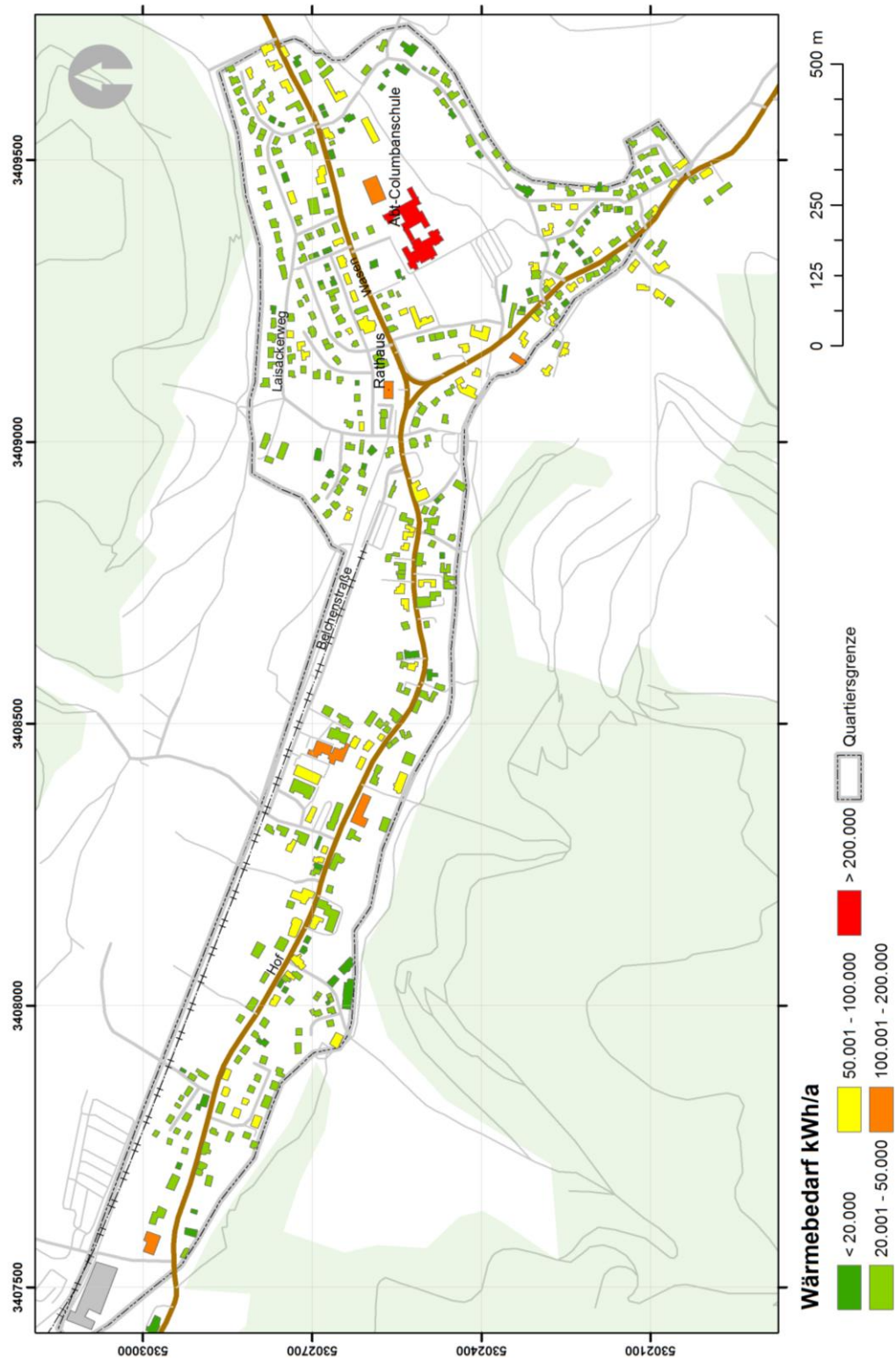


Abbildung 6: Endenergieverbrauch (Wärme) in kWh/a

## 4. Energielösungen für das Quartier

Im Quartierskonzept werden folgende technische Verbundlösungen betrachtet und hinsichtlich Kosten und Emissionen verglichen.

- Weiterbetrieb der bestehenden Heizzentrale mit Holzhackschnitzel-Heizkessel und Erdgas-Spitzenlastkessel und Nahwärmenetz
- Weiterbetrieb der bestehenden Heizzentrale und Erweiterung des Nahwärmenetzes
- Weiterbetrieb der bestehenden Heizzentrale, Erweiterung des Nahwärmenetzes und Installation eines BHKWs

### 4.1 Nahwärmeversorgung mittels Holzhackschnitzel-Heizkessel

HHS sind ein relativ kostengünstiger und fast CO<sub>2</sub> neutraler Brennstoff. Da dieser regional bezogen werden kann bietet sich dieser Energieträger für den Einsatz in Münstertal an.



Abbildung 7: Kohlbach Heizkessel in der Heizzentrale der Schule

#### Anlagenmerkmale

- Hoher Wärmedeckungsanteil durch Holz (> 80 % erneuerbare Energie)
- Verteilung der Wärme über ein Nahwärmenetz
- Zwischenspeicherung von Wärme in einem Pufferspeicher um kurzfristiges Takten des Biomassekessels zu vermeiden
- Bivalenter Betrieb, d.h. Ergänzung der Wärmeerzeugung durch andere Techniken (hier: und Erdgaskessel zur Spitzen- und Grundlastabdeckung)

**Tabelle 2: Vor- und Nachteile beim Einsatz eines Holzhackschnitzel-Heizkessels**

| Vorteile                                                                                | Nachteile/Herausforderungen                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Brennstoff nahezu CO <sub>2</sub> -neutral und nachwachsend                             | Anfangs hohe Investition für den Holzhackschnitzel-Kessel und für die Verlegung der Rohrleitungen. Bei anschließendem Nahwärmenetz sind die entstehenden Netzverluste mit einzurechnen. |
| Regional sind ausreichend (Holz-) Ressourcen bei nachhaltiger Bewirtschaftung verfügbar | Logistischer Aufwand für Lagerung und Transport und höhere Wartungskosten                                                                                                               |
| Brennstoff im Vergleich zu Erdgas oder Heizöl kostengünstiger                           | Größerer Raum für Lagerung der Holzhackschnitzel in der Heizzentrale erforderlich                                                                                                       |

## 4.2 Blockheizkraftwerk

In einem Blockheizkraftwerk (BHKW) wird das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung genutzt. Ein Gasmotor mit Generator erzeugt Strom, die dabei entstehende Abwärme wird als Heizwärme genutzt.

Ein BHKW kann zur Abdeckung der Grundlast für Heizungswärme und Warmwasserbereitung eingesetzt werden. Die Vorgaben aus dem Erneuerbare Energien Wärme Gesetz (EEWärmeG) [2] und dem Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG) [1] werden mit dem Einsatz eines BHKW erfüllt, sofern dessen Wärmeanteil mind. 50 % beträgt<sup>1</sup>. Der Einsatz eines BHKW für die Wärmerversorgung ist dann günstig, wenn neben einer hohen Wärmegrundlast auch eine relativ hohe Strombedarfsgrundlast vorliegt. Idealerweise sollte der im BHKW erzeugte Strom auch direkt am BHKW-Standort abgenommen werden. Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit ist es wesentlich, dass ein möglichst großer Anteil des durch das BHKW erzeugten Stroms selbst verbraucht und nicht ins vorgelagerte Netz eingespeist wird, da die Einspeisevergütung relativ gering ausfällt.

Beim Ausfall des BHKW oder wenn mehr Strom benötigt als selbst erzeugt wird, muss der Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen werden. Wird mehr Strom erzeugt, wird dieser eingespeist und an den Netzbetreiber verkauft.

---

<sup>1</sup> Bei den in diesem Quartierskonzept betrachteten Varianten wird das BHKW als Zusatz zum Holzhackschnitzel-Heizkessel eingesetzt und erfüllt in Verbindung mit diesem die Vorgaben der Wärmeengesetze.

### Anlagenmerkmale

- Erdgas betriebenes BHKW zur Wärme- und Stromproduktion
- Verteilung der Wärme über ein Nahwärmenetz
- BHKW arbeitet wärmegeführt, d. h. die erzeugte Leistung richtet sich nach dem Wärmebedarf
- Zwischenspeicherung von Wärme in einem Pufferspeicher für ca. 1 h um kurzfristiges Takten des BHKW zu vermeiden
- Bivalenter Betrieb, d.h. Ergänzung der Wärmeerzeugung durch andere Techniken (hier: Holzhackschnitzel-Heizkessel zur Mittellastabdeckung und Erdgaskessel zur Spitzenlastabdeckung).

Folgende Vor- und Nachteile sind beim Einsatz eines BHKW im Quartier zu berücksichtigen:

**Tabelle 3: Vor- und Nachteile beim Einsatz von Blockheizkraftwerken**

| Vorteile                                                                                                                                                        | Nachteile/Herausforderungen                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Neben Wärme wird auch Vorort Strom produziert. Aufgrund der dezentralen, wetterunabhängigen Stromerzeugung gelten BHKW als wichtiger Baustein der Energiewende. | Anfangs sind hohe Investitionen für BHKW-Modul und ggf. für die Verlegung der Rohrleitungen (Nahwärmenetz) zu tätigen.                                                          |
| Durch den hohen Gesamtwirkungsgrad eines BHKW wird ggü. einem reinen Gaskessel bilanziell weniger CO <sub>2</sub> -ausgestoßen und Primärenergie eingespart.    | Die Wärmeversorgung basiert hier ausschließlich auf dem fossilen Brennstoff Erdgas.<br><br>Bei anschließendem Nahwärmenetz sind die entstehenden Netzverluste mit einzurechnen. |
| Durch die staatliche Förderung nach KWKG-Gesetz ist ein wirtschaftlicher Betrieb möglich                                                                        | Die Wirtschaftlichkeit ist stark abhängig von der Betriebsdauer (Stunden pro Jahr) und dem möglichen Anteil der Eigenstromnutzung.                                              |

## 5. Techno-Ökonomische Betrachtung für verschiedene Varianten

Um die Wirtschaftlichkeit der in Kapitel 4 genannten Energielösungen zu überprüfen, wurden in Abstimmung mit den Beteiligten mehrere Varianten definiert, welche miteinander verglichen werden.

Die Auslegung der neuen Wärmeerzeuger und des Wärmenetzes sowie die Überprüfung der Betriebsweise der bestehenden Wärmeerzeuger, basieren auf den ermittelten Wärmeverbrauchs- und Bedarfswerten bzw. der Charakteristik der daraus generierten Jahresdauerlinien. Anhand der Jahresdauerlinien (siehe Kapitel 9.1 im Anhang) kann beispielsweise die Spitzenlast (max. Leistung der Heizungsanlage) und die zu erwartende Anzahl der Volllaststunden je nach angeschlossenen Abnehmern bestimmt werden. Alle Angaben zum Endenergieverbrauch (Wärme) beziehen sich auf Heizung und Trinkwarmwasser.

Zur Vergleichbarkeit verschiedener technischer Varianten zur Wärmeversorgung im Quartier werden neben den Investitionskosten in € jeweils die Vollkosten in €/a (unterteilt in kapitalgebundene, betriebsgebundene, sonstige und bedarfsgebundene Kosten) ermittelt. Die daraus resultierenden Wärmegegostehungskosten werden in Cent/kWh angegeben.

Berücksichtigt werden auf der Kostenseite:

- Investition für technische Anlagen inkl. Wärmenetz und Heizzentrale<sup>2</sup>
- Planungskosten
- Bedarfsgebundene Kosten für Brennstoff und Strom
- Betriebsgebundene Kosten für Instandsetzung, Wartung und Inspektion<sup>3</sup>
- Sonstige Kosten für Versicherung und Verwaltung

Auf der Einnahmenseite stehen:

- Erlöse durch Stromeinspeisung bei BHKW-Lösungen
- Einsparung durch Eigenstromnutzung bei BHKW-Lösungen
- Mögliche Staatliche Förderungen nach dem Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG)

---

<sup>2</sup> Für die bestehende Anlage und Wärmenetz wurden die realen Investitionskosten gemäß Angaben der Gemeinde angesetzt

<sup>3</sup> Gemäß VDI 2067

## 5.1 Grundannahmen (Kostenkalkulation, Anlagentechnik)

Folgende generelle Annahmen wurden für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Bilanzierung der einzelnen Varianten getroffen:

### Genauigkeit der Berechnungen

Die Kostenkalkulation und Dimensionierung der Heizungsanlage basiert auf Angaben der VDI 2067-Richtlinie [7], diversen Produktkatalogen, dem Baukostenindex BKI [9], aus Angebotspreisen vergleichbarer Projekte und eigenen Erfahrungswerten. Die Berechnungen entsprechen in großen Teilen einer Vorplanung. Erfahrungsgemäß können dabei Unschärfen von 20-30 % auftreten. Eine ausführliche Ingenieurplanung mit Entwurfs-, Genehmigungs- und Ausführungsplanung kann durch das Quartierskonzept also nicht ersetzt werden und sollte im Anschluss an daran erfolgen. Die folgenden Randbedingungen wurden zusammen mit dem Facharbeitskreis festgelegt.

### Eckdaten Kosten

- Zinssatz: 3,5 %
- alle Kostenangaben sind ohne Mehrwertsteuer
- Abschreibung abhängig vom Anlagenteil in Anlehnung an VDI 2067
- Wartungs- und Instandhaltungskosten anhand VDI 2067
- Kosten für Demontage von Altanlagen, eventuelle Kosten für den Ausbau von Zufahrtswegen zur Heizzentrale und mögliche Preissteigerungen werden nicht betrachtet.

### Energiepreise

- Erdgaspreis: 4,78 Cent/kWh<sup>4</sup>
- Holzhackschnitzel: 2,23 Cent/kWh<sup>5</sup>
- Strompreis für Hilfsenergie: 20 Cent/kWh
- Angenommener Stromerlös für selbst genutzten Strom: 15 Cent/kWh<sup>6</sup>
- Angenommener Stromeigennutzungsanteil: 50 %
- Preis für eingespeisten BHKW-Strom (Durchschnitt EEX Börse für 6 Quartale): 3,35 Cent/kWh<sup>7</sup>
- Vermiedenes Netznutzungsentgelt: 0,03 Cent/kWh

### BHKW

- Angaben zum Wirkungsgrad, Leistung etc. anhand realer Aggregate [10]
- Technische Nutzungsdauer/Abschreibung bei BHKW 10 Jahre (abweichend von VDI 2067)

---

<sup>4</sup> Gemeindeangabe

<sup>5</sup> 17 €/SRM (Gemeindeangabe), Annahme: Fichte mit 20 % Feuchtegehalt (entspricht ca. 760 kWh/SRM)

<sup>6</sup> Die seit der letzten EEG-Novelle fällige Umlage auf den selbst genutzten Strom ist darin bereits berücksichtigt

<sup>7</sup> Stand September 2014

#### Nahwärmnetz

- Angenommene Netzverluste von 15 W/m (jeweils bei Vor- und Rücklauf)
- Kosten Nahwärmenetz: 550 €/m (Durchschnittswert)
- Kosten Übergabestation je Mehrfamilienhaus: 8.000 €
- Kosten Übergabestation je Einfamilienhaus: 5.000 €

#### Mögliche staatliche Förderungen

- Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) Zuschlag pro kWh erzeugten Strom (abhängig von der BHKW-Leistungsklasse)
- Energiesteuerrückerstattung bei KWK-Anlagen

#### Erfüllung des EEWärmeG (Bund) und des EWärmeG (Land Baden-Württemberg)

- Alle Varianten erfüllen unter den hier getroffenen Annahmen durch den hohen Anteil des Holzkessels, teilweise zzgl. KWK, die Anforderungen des EEWärmeG, bzw. EWärmeG. In den weiteren Planungsschritten muss dies weiterhin beachtet werden.

## 5.2 Zusammenfassung der verschiedenen Varianten

Die zusammen mit der Gemeinde definierten Anschlussszenarien sind in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben und die wichtigsten Eckdaten zusammengefasst. Eine Übersicht zeigt Tabelle 4.

**Tabelle 4: Übersicht der verschiedenen Varianten**

| <b>Szenario</b>                                                                                      | <b>Abkürzung</b>       | <b>Kapitel</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|
| Bestandsabnehmer                                                                                     | BST                    | 5.3            |
| Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1                                                        | BST_WA1                | 5.4            |
| Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1 + Laisackerweg                                         | BST_WA1_Lai            | 5.5            |
| Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1 + Gufenbachweg                                         | BST_WA1_Guf            | 5.6            |
| Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1 + Laisackerweg + Gufenbachweg                          | BST_WA1_Lai_Guf        | 5.7            |
| Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 2                                                        | BST_WA2                | 5.8            |
| Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 2 & BHKW                                                 | BST_WA2_BHKW           | 5.9            |
| Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 2 + Laisackerweg + Gufenbachweg                          | BST_WA2_Lai_Guf        | 5.10           |
| Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des Bestandsgebiets                                               | BST_nördlBST           | 5.12           |
| Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des Bestandsgebiets + geplantes MFH & geplantes Pflegeheim        | BST_nördlBST_gepl      | 5.13           |
| Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des Bestandsgebiets + geplantes MFH & geplantes Pflegeheim & BHKW | BST_nördlBST_gepl_BHKW | 5.14           |
| Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des Bestandsgebiets (optimierter Trassenverlauf)                  | BST_nördlBST_opt       | 5.15           |

## 5.3 Bestandsabnehmer

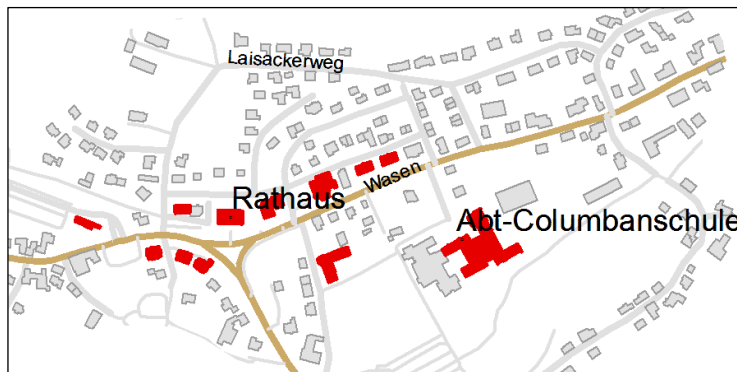


Abbildung 8: Abnehmerübersicht BST

Dieses Szenario beschreibt den Ist-Zustand und dient als Referenz für die weiteren Varianten. Die hier angeschlossenen Abnehmer und die für die Errichtung von Heizzentrale und Fernwärmenetz enthaltenen Kosten sind in allen weiteren Varianten ebenfalls enthalten.

Tabelle 5: Eckdaten Anschlussszenario Bestandsabnehmer

|                                                                                                  |       |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|
| Anzahl neu anzuschließender Abnehmer                                                             | Stück | 0           |
| Gesamte Wärmeerzeugung (inkl. Netzverluste)                                                      | MWh/a | 1.349       |
| Gesamter Wärmebedarf (ohne Netzverluste)                                                         | MWh/a | 1.096       |
| Netzverluste                                                                                     | MWh/a | 253         |
| Netzverluste                                                                                     | %     | 23%         |
| Heizlast Gesamtgebiet                                                                            | kW    | 733         |
| Trassenlänge (inkl. Bestandsleitung)                                                             | m     | 960         |
| Holzhackschnitzelanlage Leistung                                                                 | kW    | 400         |
| Holzhackschnitzelanlage Wärmeerzeugung                                                           | MWh/a | 1.066       |
| Holzhackschnitzelanlage Vollaststunden                                                           | h/a   | 2665        |
| Gaskessel Leistung                                                                               | kW    | 900         |
| Gaskessel Wärmeerzeugung                                                                         | MWh/a | 283         |
| Anteil Erneuerbare Energie bezogen auf Brennstoffbedarf, ca-Werte                                | %     | 79%         |
| Vollkosten pro Jahr                                                                              |       | 136.071 €/a |
| Wärmegestehungskosten (exkl. MWSt.)                                                              |       | 12,4 ct/kWh |
| Wärmegestehungskosten (inkl. MWSt.)                                                              |       | 14,8 ct/kWh |
| Investitionskosten inkl. Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen) |       | 868.622 €   |
| Investitionskosten ohne Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen)  |       | -           |

## 5.4 Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1

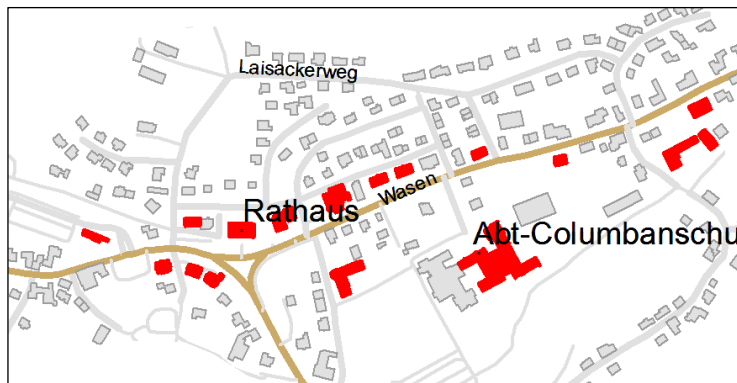


Abbildung 9: Abnehmerübersicht BST\_WA1

In diesem Szenario wird zusätzlich die im Rahmen der Entwurfsplanung für den Anschluss des Willig-Areals definierte „Ausbaustufe 1“ des Willig Areals angeschlossen.

Tabelle 6: Eckdaten Anschlusszenario Bestandsabnehmer+ Willig Areal Ausbaustufe 1

|                                                                                                  |       |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|
| Anzahl neu anzuschließender Abnehmer                                                             | Stück | 5           |
| Gesamte Wärmeerzeugung (inkl. Netzverluste)                                                      | MWh/a | 1.714       |
| Gesamter Wärmebedarf (ohne Netzverluste)                                                         | MWh/a | 1.302       |
| Netzverluste                                                                                     | MWh/a | 412         |
| Netzverluste                                                                                     | %     | 32%         |
| Heizlast Gesamtgebiet                                                                            | kW    | 846         |
| Trassenlänge (inkl. Bestandsleitung)                                                             | m     | 1.568       |
| Holzhackschnitzelanlage Leistung                                                                 | kW    | 400         |
| Holzhackschnitzelanlage Wärmeerzeugung                                                           | MWh/a | 1.322       |
| Holzhackschnitzelanlage Vollaststunden                                                           | h/a   | 3.304       |
| Gaskessel Leistung                                                                               | kW    | 900         |
| Gaskessel Wärmeerzeugung                                                                         | MWh/a | 392         |
| Anteil Erneuerbare Energie bezogen auf Brennstoffbedarf, ca-Werte                                | %     | 77%         |
| Vollkosten pro Jahr                                                                              |       | 179.569 €/a |
| Wärmegestehungskosten (exkl. MWSt.)                                                              |       | 13,8 ct/kWh |
| Wärmegestehungskosten (inkl. MWSt.)                                                              |       | 16,4 ct/kWh |
| Investitionskosten inkl. Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen) |       | 1.317.242 € |
| Investitionskosten ohne Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen)  |       | 448.620 €   |

## 5.5 Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1 + Laisackerweg

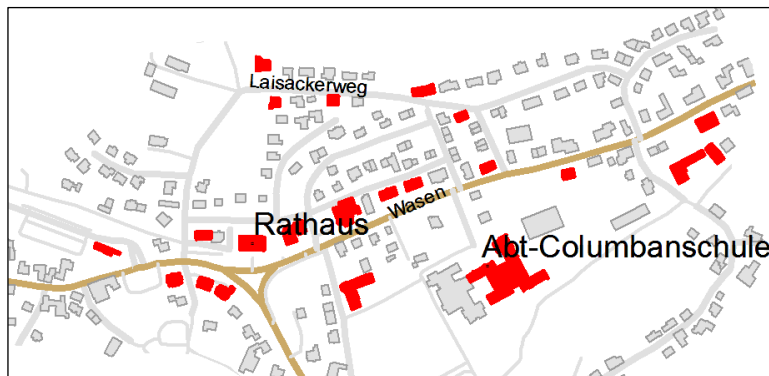


Abbildung 10: Abnehmerübersicht BST\_WA1\_Lai

Zusätzlich zu den Abnehmern aus Kapitel 5.4 werden die Interessenten des Laisackerwegs angeschlossen.

**Tabelle 7: Eckdaten Anschlusszenario Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1 + Laisackerweg**

|                                                                                                  |       |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|
| Anzahl neu anzuschließender Abnehmer                                                             | Stück | 10          |
| Gesamte Wärmeerzeugung (inkl. Netzverluste)                                                      | MWh/a | 1.961       |
| Gesamter Wärmebedarf (ohne Netzverluste)                                                         | MWh/a | 1.493       |
| Netzverluste                                                                                     | MWh/a | 468         |
| Netzverluste                                                                                     | %     | 31%         |
| Heizlast Gesamtgebiet                                                                            | kW    | 870         |
| Trassenlänge (inkl. Bestandsleitung)                                                             | m     | 1.781       |
| Holzhackschnitzelanlage Leistung                                                                 | kW    | 400         |
| Holzhackschnitzelanlage Wärmeerzeugung                                                           | MWh/a | 1.430       |
| Holzhackschnitzelanlage Vollaststunden                                                           | h/a   | 3.575       |
| Gaskessel Leistung                                                                               | kW    | 900         |
| Gaskessel Wärmeerzeugung                                                                         | MWh/a | 531         |
| Anteil Erneuerbare Energie bezogen auf Brennstoffbedarf, ca-Werte                                | %     | 73%         |
| Vollkosten pro Jahr                                                                              |       | 203.510 €/a |
| Wärmegestehungskosten (exkl. MWSt.)                                                              |       | 13,6 ct/kWh |
| Wärmegestehungskosten (inkl. MWSt.)                                                              |       | 16,2 ct/kWh |
| Investitionskosten inkl. Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen) |       | 1.491.422 € |
| Investitionskosten ohne Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen)  |       | 622.800 €   |

## 5.6 Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1 + Gufenbachweg

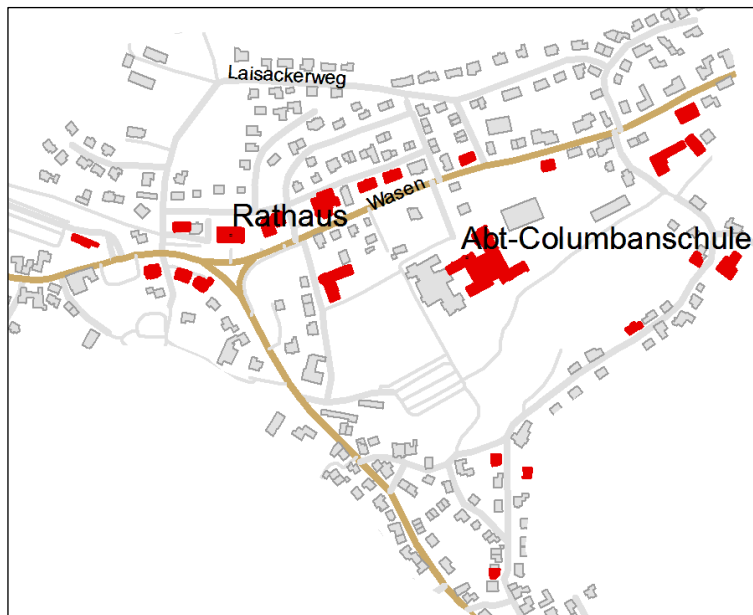


Abbildung 11: Abnehmerübersicht BST\_WA1\_Guf

Zusätzlich zu den Abnehmern aus Kapitel 5.4 werden die Interessenten des Gufenbachwegs angeschlossen.

**Tabelle 8: Eckdaten Anschlusszenario Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1 + Gufenbachweg**

|                                                                                                  |       |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|
| Anzahl neu anzuschließender Abnehmer                                                             | Stück | 11          |
| Gesamte Wärmeerzeugung (inkl. Netzverluste)                                                      | MWh/a | 2.045       |
| Gesamter Wärmebedarf (ohne Netzverluste)                                                         | MWh/a | 1.419       |
| Netzverluste                                                                                     | MWh/a | 626         |
| Netzverluste                                                                                     | %     | 44%         |
| Heizlast Gesamtgebiet                                                                            | kW    | 911         |
| Trassenlänge (inkl. Bestandsleitung)                                                             | m     | 2.383       |
| Holzhackschnitzelanlage Leistung                                                                 | kW    | 400         |
| Holzhackschnitzelanlage Wärmeerzeugung                                                           | MWh/a | 1.549       |
| Holzhackschnitzelanlage Vollaststunden                                                           | h/a   | 3.872       |
| Gaskessel Leistung                                                                               | kW    | 900         |
| Gaskessel Wärmeerzeugung                                                                         | MWh/a | 496         |
| Anteil Erneuerbare Energie bezogen auf Brennstoffbedarf, ca-Werte                                | %     | 76%         |
| Vollkosten pro Jahr                                                                              |       | 229.908 €/a |
| Wärmegestehungskosten (exkl. MWSt.)                                                              |       | 16,2 ct/kWh |
| Wärmegestehungskosten (inkl. MWSt.)                                                              |       | 19,3 ct/kWh |
| Investitionskosten inkl. Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen) |       | 1.901.942 € |
| Investitionskosten ohne Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen)  |       | 1.033.320 € |

## 5.7 Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1 + Laisackerweg + Gufenbachweg

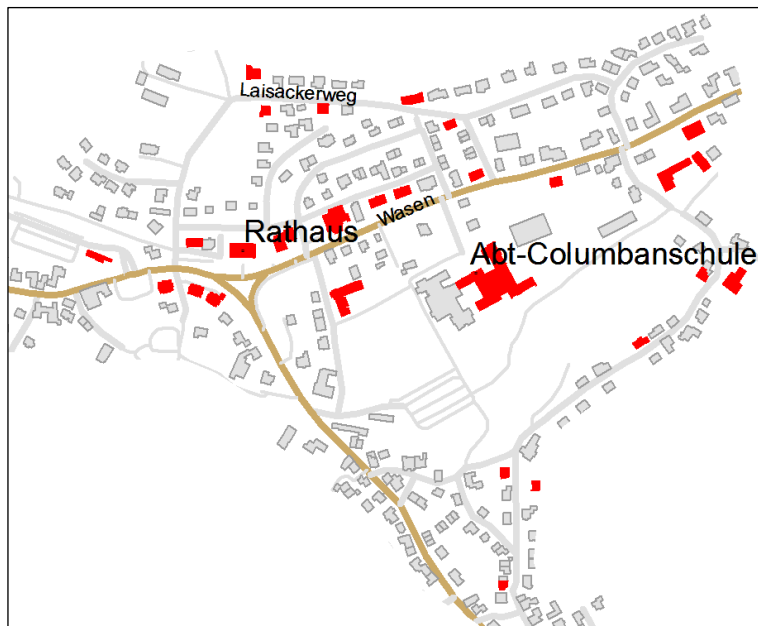


Abbildung 12: Abnehmerübersicht BST\_WA1\_Lai\_Guf

Zusätzlich zu den Abnehmern aus Kapitel 5.4 werden die Interessenten des Laisackerwegs und des Gufenbachwegs angeschlossen.

**Tabelle 9: Eckdaten Anschlusszenario Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 1 + Laisackerweg + Gufenbachweg**

|                                                                                                  |       |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|
| Anzahl neu anzuschließender Abnehmer                                                             | Stück | 16          |
| Gesamte Wärmeerzeugung (inkl. Netzverluste)                                                      | MWh/a | 2.292       |
| Gesamter Wärmebedarf (ohne Netzverluste)                                                         | MWh/a | 1.610       |
| Netzverluste                                                                                     | MWh/a | 682         |
| Netzverluste                                                                                     | %     | 42%         |
| Heizlast Gesamtgebiet                                                                            | kW    | 975         |
| Trassenlänge (inkl. Bestandsleitung)                                                             | m     | 2.596       |
| Holzhackschnitzelanlage Leistung                                                                 | kW    | 400         |
| Holzhackschnitzelanlage Wärmeerzeugung                                                           | MWh/a | 1.608       |
| Holzhackschnitzelanlage Vollaststunden                                                           | h/a   | 4.020       |
| Gaskessel Leistung                                                                               | kW    | 900         |
| Gaskessel Wärmeerzeugung                                                                         | MWh/a | 684         |
| Anteil Erneuerbare Energie bezogen auf Brennstoffbedarf, ca-Werte                                | %     | 70%         |
| Vollkosten pro Jahr                                                                              |       | 255.546 €/a |
| Wärmegestehungskosten (exkl. MWSt.)                                                              |       | 15,9 ct/kWh |
| Wärmegestehungskosten (inkl. MWSt.)                                                              |       | 18,9 ct/kWh |
| Investitionskosten inkl. Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen) |       | 2.076.122 € |
| Investitionskosten ohne Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen)  |       | 1.207.500 € |

## 5.8 Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 2

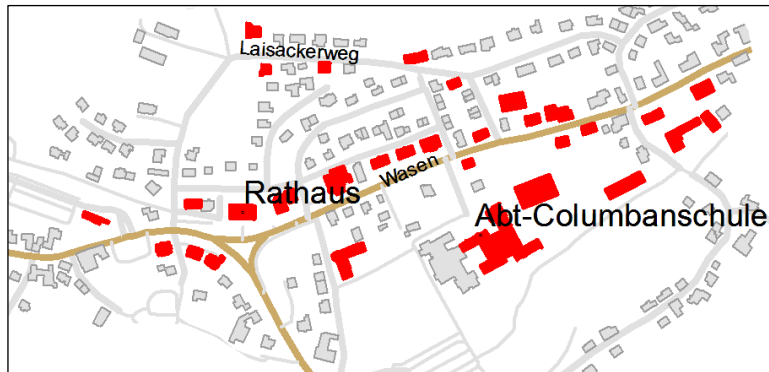


Abbildung 13: Abnehmerübersicht BST\_WA2

In diesem Szenario wird zusätzlich die im Rahmen der Entwurfsplanung für den Anschluss des Willig-Areals definierte „Ausbaustufe 2“ des Willig Areals angeschlossen.

Tabelle 10: Eckdaten Anschlusszenario Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 2

|                                                                                                  |       |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|
| Anzahl neu anzuschließender Abnehmer                                                             | Stück | 21          |
| Gesamte Wärmeerzeugung (inkl. Netzverluste)                                                      | MWh/a | 2.644       |
| Gesamter Wärmebedarf (ohne Netzverluste)                                                         | MWh/a | 2.030       |
| Netzverluste                                                                                     | MWh/a | 614         |
| Netzverluste                                                                                     | %     | 30%         |
| Heizlast Gesamtgebiet                                                                            | kW    | 1.185       |
| Trassenlänge (inkl. Bestandsleitung)                                                             | m     | 2.335       |
| Holzhackschnitzelanlage Leistung                                                                 | kW    | 400         |
| Holzhackschnitzelanlage Wärmeerzeugung                                                           | MWh/a | 1.884       |
| Holzhackschnitzelanlage Vollaststunden                                                           | h/a   | 4.711       |
| Gaskessel Leistung                                                                               | kW    | 900         |
| Gaskessel Wärmeerzeugung                                                                         | MWh/a | 759         |
| Anteil Erneuerbare Energie bezogen auf Brennstoffbedarf, ca-Werte                                | %     | 71%         |
| Vollkosten pro Jahr                                                                              |       | 262.473 €/a |
| Wärmegestehungskosten (exkl. MWSt.)                                                              |       | 12,9 ct/kWh |
| Wärmegestehungskosten (inkl. MWSt.)                                                              |       | 15,4 ct/kWh |
| Investitionskosten inkl. Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen) |       | 1.944.662 € |
| Investitionskosten ohne Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen)  |       | 1.076.040 € |

## 5.9 Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 2 und Einsatz eines BHKWs

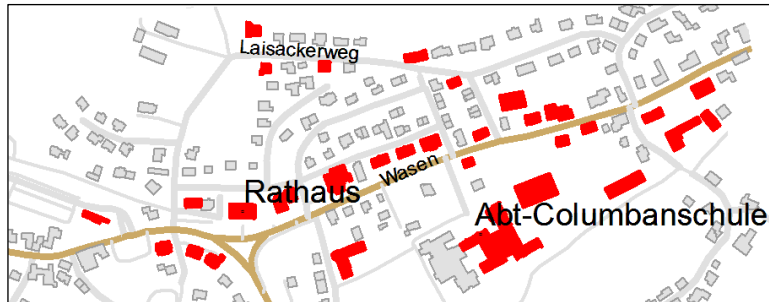


Abbildung 14: Abnehmerübersicht BST\_WA2\_BHKW

In diesem Szenario wird der Einsatz eines zusätzlichen Grundlast BHKWs in Verbindung mit der „Ausbaustufe 2“ des Willig Areals geprüft. Das BHKW ist so dimensioniert, dass es das ganze Jahr über betrieben werden kann und im Sommerbetrieb fast die komplette Wärmeerzeugung abdeckt.

Um einen hohen Nutzungsgrad des erzeugten Stroms zu erhalten, sollte das BHKW in einem Gebäude mit hohem Strombedarf installiert werden. Da in der bestehenden Heizzentrale ohnehin kein Platz für Erweiterungen ist, würde sich dafür das geplante Pflegeheim oder das geplante Hotel „Löwen“ eignen.

Tabelle 11: Eckdaten Anschlusszenario Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 2 & BHKW

|                                                                                                  |       |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|
| Anzahl neu anzuschließender Abnehmer                                                             | Stück | 21          |
| Gesamte Wärmeerzeugung (inkl. Netzverluste)                                                      | MWh/a | 2.644       |
| Gesamter Wärmebedarf (ohne Netzverluste)                                                         | MWh/a | 2.030       |
| Netzverluste                                                                                     | MWh/a | 614         |
| Netzverluste                                                                                     | %     | 30%         |
| Heizlast Gesamtgebiet                                                                            | kW    | 1.185       |
| Trassenlänge (inkl. Bestandsleitung)                                                             | m     | 2.335       |
| BHKW Leistung thermisch                                                                          | kW    | 78          |
| BHKW Leistung elektrisch                                                                         | kW    | 50          |
| BHKW thermischer Wirkungsgrad                                                                    | %     | 54%         |
| BHKW elektrischer Wirkungsgrad                                                                   | %     | 34%         |
| BHKW Volllaststunden                                                                             | h/a   | 8.759       |
| BHKW Wärmeerzeugung                                                                              | MWh/a | 683         |
| BHKW Stromproduktion                                                                             | MWh/a | 438         |
| BHKW Eigenstromverbrauch                                                                         | %     | 50%         |
| Holzackschnitzelanlage Leistung                                                                  | kW    | 400         |
| Holzackschnitzelanlage Wärmeerzeugung                                                            | MWh/a | 1.568       |
| Holzackschnitzelanlage Volllaststunden                                                           | h/a   | 3.920       |
| Gaskessel Leistung                                                                               | kW    | 900         |
| Gaskessel Wärmeerzeugung                                                                         | MWh/a | 392         |
| Anteil Erneuerbare Energie bezogen auf Brennstoffbedarf, ca-Werte                                | %     | 50%         |
| Vollkosten pro Jahr                                                                              |       | 258.273 €/a |
| Wärmegestehungskosten (exkl. MWSt.)                                                              |       | 12,7 ct/kWh |
| Wärmegestehungskosten (inkl. MWSt.)                                                              |       | 15,1 ct/kWh |
| Investitionskosten inkl. Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen) |       | 2.054.520 € |
| Investitionskosten ohne Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen)  |       | 1.185.898 € |

## 5.10 Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 2 + Laisackerweg + Gufenbachweg

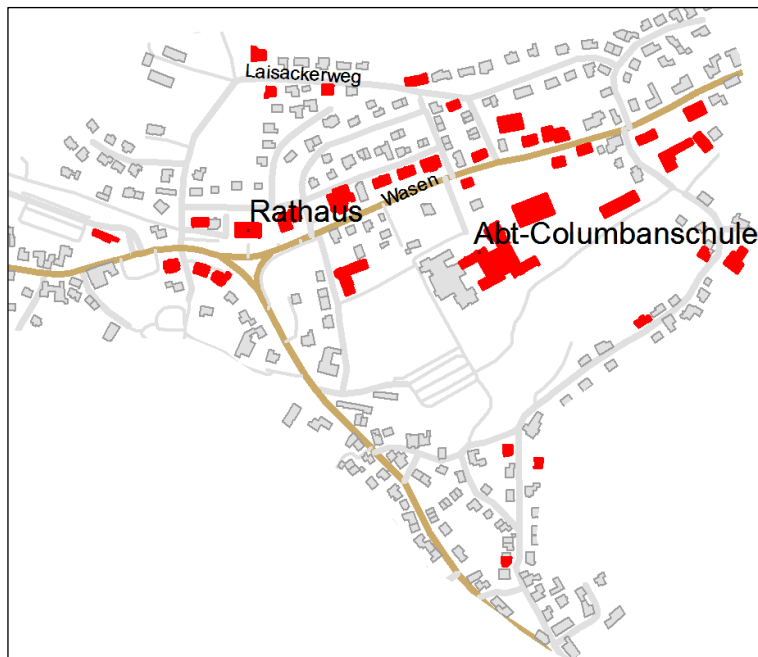


Abbildung 15: Abnehmerübersicht BST\_WA2\_Lai\_Guf

Zusätzlich zu den Abnehmern aus Kapitel 5.8 werden die Interessenten des Laisackerwegs und des Gufenbachwegs angeschlossen.

**Tabelle 12: Eckdaten Anschlusszenario Bestandsabnehmer + Willig Areal Ausbaustufe 2 + Laisackerweg + Gufenbachweg**

|                                                                                                  |       |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|
| Anzahl neu anzuschließender Abnehmer                                                             | Stück | 27          |
| Gesamte Wärmeerzeugung (inkl. Netzverluste)                                                      | MWh/a | 2.974       |
| Gesamter Wärmebedarf (ohne Netzverluste)                                                         | MWh/a | 2.146       |
| Netzverluste                                                                                     | MWh/a | 828         |
| Netzverluste                                                                                     | %     | 39%         |
| Heizlast Gesamtgebiet                                                                            | kW    | 1.268       |
| Trassenlänge (inkl. Bestandsleitung)                                                             | m     | 3.150       |
| Holzhackschnitzelanlage Leistung                                                                 | kW    | 400         |
| Holzhackschnitzelanlage Wärmeerzeugung                                                           | MWh/a | 2.250       |
| Holzhackschnitzelanlage Vollaststunden                                                           | h/a   | 5.625       |
| Gaskessel Leistung                                                                               | kW    | 900         |
| Gaskessel Wärmeerzeugung                                                                         | MWh/a | 724         |
| Anteil Erneuerbare Energie bezogen auf Brennstoffbedarf, ca-Werte                                | %     | 75%         |
| Vollkosten pro Jahr                                                                              |       | 307.978 €/a |
| Wärmegestehungskosten (exkl. MWSt.)                                                              |       | 14,4 ct/kWh |
| Wärmegestehungskosten (inkl. MWSt.)                                                              |       | 17,1 ct/kWh |
| Investitionskosten inkl. Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen) |       | 2.529.362 € |
| Investitionskosten ohne Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen)  |       | 1.660.740 € |

## 5.11 Fazit Willig Areal

Die bisher beschriebenen Varianten basieren auf der Annahme, dass das Willig Areal ans Fernwärmenetz angeschlossen wird. Die dafür notwendigen Planungen fanden parallel zur Erstellung des Quartierskonzepts statt. Im Rahmen dieser Planungsschritte zeigte sich jedoch, dass sich die Trassenführung in der L123 sehr aufwändig gestaltet. Dies liegt vor allem darin begründet, dass die Landesstraße für die Bauarbeiten nur halbseitig gesperrt werden kann. Dadurch ergeben sich mehrere Kollisionen mit den bereits in der Straße liegenden Medienrohren, welche umgelegt werden müssten. Die Kosten der Maßnahme würden infolge deutlich steigen [6].

Die im Rahmen der Planung fürs Willig Areal festgelegte Trassenführung ist in Abbildung 16 dargestellt. Die Kollisionen sind gelb markiert.



Abbildung 16: Geplante Trassenführung ins Willig Areal mit Kollisionen (gelb markiert)

Da bei Anschluss des Willig Areals keine wirtschaftlichen Vorteile für den Betrieb des Wärmenetzes identifiziert werden konnten und die L123 ohnehin in einigen Jahren saniert werden soll, wurde von der Gemeinde beschlossen, das Willig Areal vorerst nicht anzuschließen.

## 5.12 Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des Bestandsgebiets

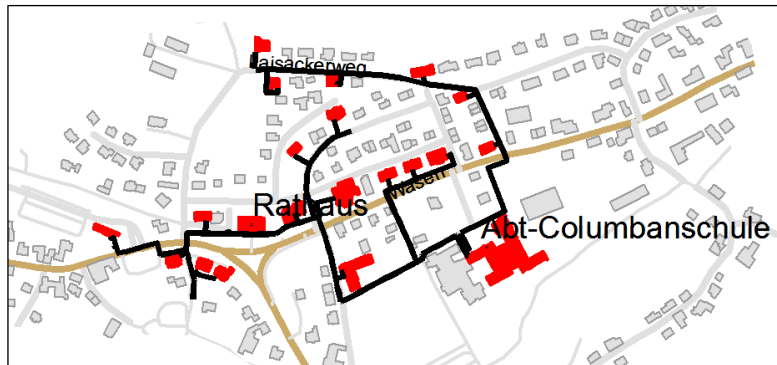


Abbildung 17: Abnehmerübersicht BST\_nördlBST

Als Alternative zum Anschluss des Willig Areals wird in diesem Szenario der Anschluss der Interessenten nördlich des Bestandsgebiets untersucht.

- Laisackerweg 9,14,15,19,26 sowie Wasen 55
- Erwin-Pfefferle-Weg 10
- Willibald-Strohmeyer-Weg 1 und 7

**Tabelle 13: Eckdaten Anschlusszenario Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des Bestandsgebiets**

|                                                                                                  |       |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|
| Anzahl neu anzuschließender Abnehmer                                                             | Stück | 9           |
| Gesamte Wärmezeugung (inkl. Netzverluste)                                                        | MWh/a | 1.964       |
| Gesamter Wärmebedarf (ohne Netzverluste)                                                         | MWh/a | 1.469       |
| Netzverluste                                                                                     | MWh/a | 496         |
| Netzverluste                                                                                     | %     | 34%         |
| Heizlast Gesamtgebiet                                                                            | kW    | 912         |
| Trassenlänge (inkl. Bestandsleitung)                                                             | m     | 1.886       |
| Holzhackschnitzelanlage Leistung                                                                 | kW    | 400         |
| Holzhackschnitzelanlage Wärmezeugung                                                             | MWh/a | 1.521       |
| Holzhackschnitzelanlage Vollaststunden                                                           | h/a   | 3.801       |
| Gaskessel Leistung                                                                               | kW    | 900         |
| Gaskessel Wärmezeugung                                                                           | MWh/a | 444         |
| Anteil Erneuerbare Energie bezogen auf Brennstoffbedarf, ca-Werte                                | %     | 77%         |
| Vollkosten pro Jahr                                                                              |       | 203.817 €/a |
| Wärmegestehungskosten (exkl. MWSt.)                                                              |       | 13,9 ct/kWh |
| Wärmegestehungskosten (inkl. MWSt.)                                                              |       | 16,5 ct/kWh |
| Investitionskosten inkl. Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen) |       | 1.551.122 € |
| Investitionskosten ohne Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen)  |       | 682.500 €   |

### 5.13 Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des Bestandsgebiets + geplantes MFH & geplantes Pflegeheim

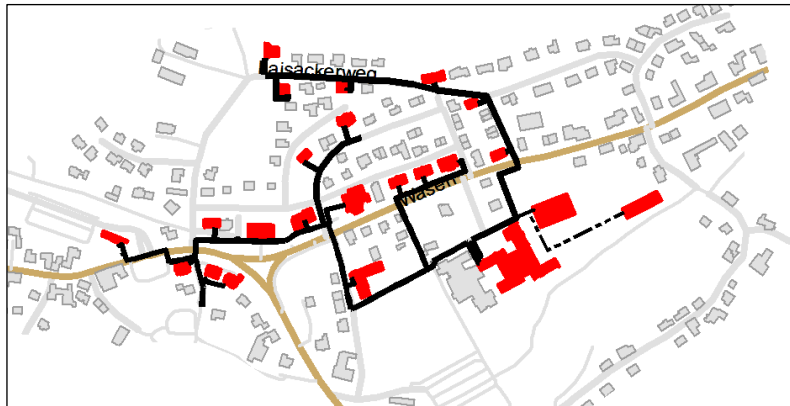


Abbildung 18: Abnehmerübersicht BST\_nördlBST\_gepl

Zusätzlich zu den in Kapitel 5.12 angeschlossenen Gebäuden wird in diesem Szenario noch der Anschluss eines geplanten Mehrfamilienhauses und eines geplanten Pflegeheims untersucht. Da zu diesen Gebäuden noch keinerlei Daten zur Größe und zum Wärmebedarf bekannt sind, wird der Wärmebedarf anhand typischer Gebäudedaten abgeschätzt. Die Leitungsführung zu diesen beiden Objekten gestrichelt dargestellt um die noch nicht fest definierte Lage der Objekte zu symbolisieren.

**Tabelle 14: Eckdaten Anschlusszenario Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des Bestandsgebiets + geplantes MFH & geplantes Pflegeheim**

|                                                                                                  |       |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|
| Anzahl neu anzuschließender Abnehmer                                                             | Stück | 11          |
| Gesamte Wärmeerzeugung (inkl. Netzverluste)                                                      | MWh/a | 2.249       |
| Gesamter Wärmebedarf (ohne Netzverluste)                                                         | MWh/a | 1.714       |
| Netzverluste                                                                                     | MWh/a | 535         |
| Netzverluste                                                                                     | %     | 31%         |
| Heizlast Gesamtgebiet                                                                            | kW    | 1.019       |
| Trassenlänge (inkl. Bestandsleitung)                                                             | m     | 2.036       |
| Holzhackschnitzelanlage Leistung                                                                 | kW    | 400         |
| Holzhackschnitzelanlage Wärmeerzeugung                                                           | MWh/a | 1.691       |
| Holzhackschnitzelanlage Vollaststunden                                                           | h/a   | 4.227       |
| Gaskessel Leistung                                                                               | kW    | 900         |
| Gaskessel Wärmeerzeugung                                                                         | MWh/a | 558         |
| Anteil Erneuerbare Energie bezogen auf Brennstoffbedarf, ca-Werte                                | %     | 75%         |
| Vollkosten pro Jahr                                                                              |       | 224.219 €/a |
| Wärmegestehungskosten (exkl. MWSt.)                                                              |       | 13,1 ct/kWh |
| Wärmegestehungskosten (inkl. MWSt.)                                                              |       | 15,6 ct/kWh |
| Investitionskosten inkl. Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen) |       | 1.669.322 € |
| Investitionskosten ohne Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen)  |       | 800.700 €   |

## 5.14 Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des Bestandsgebiets + geplantes MFH & geplantes Pflegeheim und Einsatz eines BHKWs

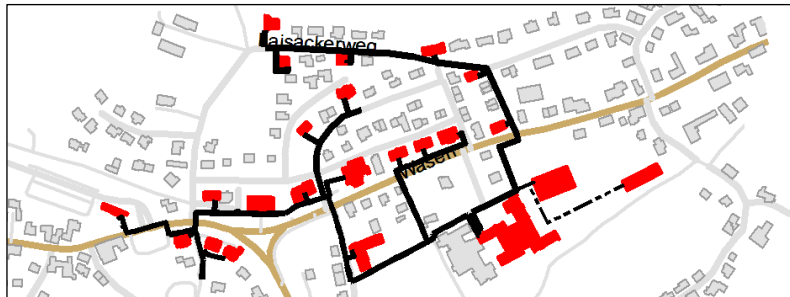


Abbildung 19: Abnehmerübersicht BST\_nördlBST\_gepl\_BHKW

In diesem Szenario wird der Einsatz eines zusätzlichen Grundlast BHKWs in Verbindung mit den Abnehmern aus Kapitel 5.13 geprüft. Das BHKW ist so dimensioniert, dass es das ganze Jahr über betrieben werden kann und im Sommerbetrieb fast die komplette Wärmeherzeugung abdeckt.

Um einen hohen Nutzungsgrad des erzeugten Stroms zu erhalten, sollte das BHKW in einem Gebäude mit hohem Strombedarf installiert werden. Da in der bestehenden Heizzentrale ohnehin kein Platz für Erweiterungen ist, würde sich dafür das geplante Pflegeheim oder das geplante Hotel „Löwen“ eignen.

**Tabelle 15: Eckdaten Anschlusszenario Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des Bestandsgebiets + geplantes MFH & geplantes Pflegeheim & BHKW**

|                                                                                                  |       |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|
| Anzahl neu anzuschließender Abnehmer                                                             | Stück | 11          |
| Gesamte Wärmeherzeugung (inkl. Netzverluste)                                                     | MWh/a | 2.249       |
| Gesamter Wärmebedarf (ohne Netzverluste)                                                         | MWh/a | 1.714       |
| Netzverluste                                                                                     | MWh/a | 535         |
| Netzverluste                                                                                     | %     | 31%         |
| Heizlast Gesamtgebiet                                                                            | kW    | 1.019       |
| Trassenlänge (inkl. Bestandsleitung)                                                             | m     | 2.036       |
| BHKW Leistung thermisch                                                                          | kW    | 78          |
| BHKW Leistung elektrisch                                                                         | kW    | 50          |
| BHKW thermischer Wirkungsgrad                                                                    | %     | 54%         |
| BHKW elektrischer Wirkungsgrad                                                                   | %     | 34%         |
| BHKW Volllaststunden                                                                             | h/a   | 8.704       |
| BHKW Wärmeherzeugung                                                                             | MWh/a | 679         |
| BHKW Stromproduktion                                                                             | MWh/a | 435         |
| BHKW Eigenstromverbrauch                                                                         | %     | 50%         |
| Holzackschnitzelanlage Leistung                                                                  | kW    | 400         |
| Holzackschnitzelanlage Wärmeherzeugung                                                           | MWh/a | 1.353       |
| Holzackschnitzelanlage Volllaststunden                                                           | h/a   | 3.381       |
| Gaskessel Leistung                                                                               | kW    | 900         |
| Gaskessel Wärmeherzeugung                                                                        | MWh/a | 217         |
| Anteil Erneuerbare Energie bezogen auf Brennstoffbedarf, ca-Werte                                | %     | 50%         |
| Vollkosten pro Jahr                                                                              |       | 220.976 €/a |
| Wärmegestehungskosten (exkl. MWSt.)                                                              |       | 12,9 ct/kWh |
| Wärmegestehungskosten (inkl. MWSt.)                                                              |       | 15,3 ct/kWh |
| Investitionskosten inkl. Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen) |       | 1.779.180 € |
| Investitionskosten ohne Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen)  |       | 910.558 €   |

## 5.15 Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des Bestandsgebiets (optimierter Trassenverlauf)

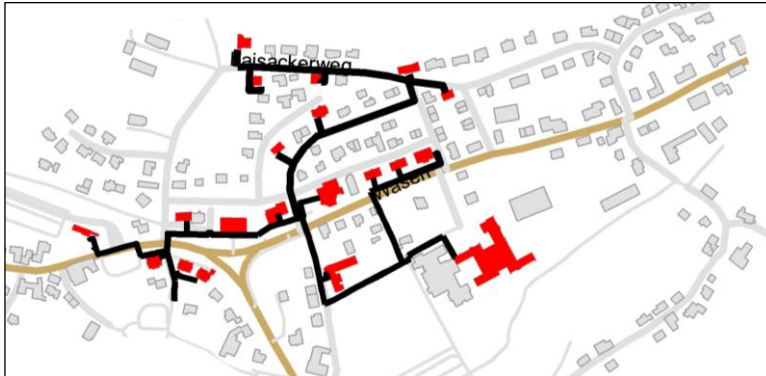


Abbildung 20: Abnehmerübersicht BST\_nördlBST\_opt

Dieses Szenario wurde beim letzten Facharbeitskreistreffen von den Beteiligten definiert, um durch einen weiter optimierten Trassenverlauf Kosten für die Verlegung der Nahwärmeleitung einzusparen. Die angeschlossenen Abnehmer entsprechen weitestgehend denen aus Kapitel 5.12, lediglich das Gebäude Wasen 55 wird bei dieser Variante zu Gunsten einer kürzeren Trassenlänge nicht ans Nahwärmenetz angeschlossen.

Als zweiten Optimierungspunkt wird in dieser Variante berücksichtigt, dass die Straßen Willibald-Strohmeyer-Weg und Abt-Columban-Weg demnächst saniert werden sollen. Wird die Nahwärmeleitung in diesem Zuge mitverlegt, können durch die Nutzung von Synergieeffekten beim Tiefbau Kosten für die Verlegung in diesem Trassenabschnitt eingespart werden. Dies ist in dieser Variante bereits eingepreist.

**Tabelle 16: Eckdaten Anschlussszenario Bestandsabnehmer + Gebiet nördlich des Bestandsgebiets + (optimierter Trassenverlauf)**

|                                                                                                  |       |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|
| Anzahl neu anzuschließender Abnehmer                                                             | Stück | 8           |
| Gesamte Wärmeerzeugung (inkl. Netzverluste)                                                      | MWh/a | 1.871       |
| Gesamter Wärmebedarf (ohne Netzverluste)                                                         | MWh/a | 1.430       |
| Netzverluste                                                                                     | MWh/a | 441         |
| Netzverluste                                                                                     | %     | 31%         |
| Heizlast Gesamtgebiet                                                                            | kW    | 882         |
| Trassenlänge (inkl. Bestandsleitung)                                                             | m     | 1.677       |
| Holzackschnitzelanlage Leistung                                                                  | kW    | 400         |
| Holzackschnitzelanlage Wärmeerzeugung                                                            | MWh/a | 1.456       |
| Holzackschnitzelanlage Vollaststunden                                                            | h/a   | 3.640       |
| Gaskessel Leistung                                                                               | kW    | 900         |
| Gaskessel Wärmeerzeugung                                                                         | MWh/a | 415         |
| Anteil Erneuerbare Energie bezogen auf Brennstoffbedarf, ca-Werte                                | %     | 78%         |
| Vollkosten pro Jahr                                                                              |       | 188.000 €/a |
| Wärmegestehungskosten (exkl. MWSt.)                                                              |       | 13,1 ct/kWh |
| Wärmegestehungskosten (inkl. MWSt.)                                                              |       | 15,6 ct/kWh |
| Investitionskosten inkl. Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen) |       | 1.356.782 € |
| Investitionskosten ohne Kosten für Bestandsanlage und bestehendes Wärmenetz (inkl. Förderungen)  |       | 488.160 €   |

## 5.16 Kostenvergleich

In den nachfolgenden Tabellen und Diagrammen sind die oben beschriebenen unterschiedlichen Anschlusszenarien gegenübergestellt.

Tabelle 17: Ergebnisübersicht der betrachteten Varianten

|                                                                    | BST   | BST_WA1 | BST_WA1_Lat | BST_WA1_Lat_Guf | BST_WA1_Lat_Guf | BST_WA2   | BST_WA2_BHKW | BST_WA2_Lat_Guf | BST_nordBST | BST_nordBST_gepl | BST_nordBST_gepl_KW | BST_nordBST_opt |
|--------------------------------------------------------------------|-------|---------|-------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------|-----------------|-------------|------------------|---------------------|-----------------|
| Gesamte Wärmeerzeugung (inkl. Netzverluste)                        | MWh/a | 1.714   | 1.961       | 2.045           | 2.292           | 2.644     | 2.644        | 2.974           | 1.964       | 2.249            | 2.249               | 1.871           |
| Gesamter Wärmebedarf (ohne Netzverluste)                           | MWh/a | 1.096   | 1.302       | 1.419           | 1.610           | 2.030     | 2.030        | 2.146           | 1.469       | 1.714            | 1.714               | 1.430           |
| Netzverluste                                                       | MWh/a | 253     | 412         | 468             | 682             | 614       | 614          | 828             | 496         | 535              | 535                 | 441             |
| Netzverluste                                                       | %     | 23%     | 32%         | 31%             | 42%             | 30%       | 30%          | 39%             | 34%         | 31%              | 31%                 | 31%             |
| Heizlast Gesamtgebiet                                              | kW    | 733     | 846         | 870             | 911             | 1.185     | 1.185        | 1.268           | 912         | 1.019            | 1.019               | 882             |
| Anzahl neu anzuschließender Abnehmer                               | Stück | 0       | 5           | 10              | 11              | 21        | 21           | 27              | 9           | 11               | 11                  | 8               |
| Trassenlänge (inkl. Bestandsleitung)                               | m     | 960     | 1.568       | 1.781           | 2.383           | 2.596     | 2.335        | 3.150           | 1.886       | 2.036            | 2.036               | 1.677           |
| BHKW Leistung thermisch                                            | kW    | -       | -           | -               | -               | -         | -            | 78              | -           | -                | 78                  | -               |
| BHKW Leistung elektrisch                                           | kW    | -       | -           | -               | -               | -         | 50           | -               | -           | -                | 50                  | -               |
| BHKW thermischer Wirkungsgrad                                      | %     | -       | -           | -               | -               | -         | 54%          | -               | -           | -                | 54%                 | -               |
| BHKW elektrischer Wirkungsgrad                                     | %     | -       | -           | -               | -               | -         | 34%          | -               | -           | -                | 34%                 | -               |
| BHKW Volllaststunden                                               | h/a   | -       | -           | -               | -               | -         | 8.759        | -               | -           | -                | 8.704               | -               |
| BHKW Wärmeerzeugung                                                | MWh/a | -       | -           | -               | -               | -         | 683          | -               | -           | -                | 679                 | -               |
| BHKW Stromproduktion                                               | MWh/a | -       | -           | -               | -               | -         | 438          | -               | -           | -                | 435                 | -               |
| BHKW Eigenstromverbrauch                                           | %     | -       | -           | -               | -               | -         | 50%          | -               | -           | -                | 50%                 | -               |
| Holzhackschmelzanlage Leistung                                     | kW    | 400     | 400         | 400             | 400             | 400       | 400          | 400             | 400         | 400              | 400                 | 400             |
| Holzhackschmelzanlage Wärmeerzeugung                               | MWh/a | 1.066   | 1.322       | 1.430           | 1.608           | 1.884     | 1.568        | 2.250           | 1.521       | 1.691            | 1.353               | 1.456           |
| Holzhackschmelzanlage Volllaststunden                              | h/a   | 2665    | 3.304       | 3.575           | 4.070           | 4.711     | 3.970        | 5.625           | 3.801       | 4.227            | 3.381               | 3.640           |
| Gaskessel Leistung                                                 | kW    | 900     | 900         | 900             | 900             | 900       | 900          | 900             | 900         | 900              | 900                 | 900             |
| Gaskessel Wärmeerzeugung                                           | MWh/a | 283     | 392         | 496             | 684             | 759       | 392          | 724             | 444         | 558              | 217                 | 415             |
| Anteil Erneuerbare Energie bezogen auf Brennstoffbedarf, ca. Werte | %     | 79%     | 77%         | 73%             | 70%             | 71%       | 50%          | 75%             | 77%         | 75%              | 50%                 | 78%             |
| Kapitalgebundene Kosten                                            | €     | 54.645  | 76.223      | 84.889          | 84.889          | 107.443   | 120.429      | 135.263         | 87.453      | 93.264           | 106.250             | 78.321          |
| Betriebsgebundene Kosten                                           | €     | 26.203  | 31.303      | 33.532          | 39.915          | 39.335    | 55.269       | 45.719          | 33.944      | 35.397           | 51.262              | 31.921          |
| Sonstige Kosten                                                    | €     | 4.286   | 6.155       | 6.881           | 9.317           | 8.769     | 9.318        | 11.205          | 7.129       | 7.622            | 8.171               | 6.320           |
| Erlöse durch Stromerzeugung                                        | €     | -       | -           | -               | -               | -         | -63.941      | -               | -           | -                | -63.542             | -               |
| Vollkosten pro Jahr                                                | €     | 50.937  | 65.888      | 78.209          | 79.589          | 106.925   | 137.197      | 115.791         | 75.291      | 87.936           | 118.835             | 71.438          |
| Wärmegestehungskosten (exkl. MWSt.)                                | €     | 136.071 | 179.569     | 203.510         | 229.908         | 262.473   | 258.273      | 307.978         | 203.817     | 224.219          | 220.976             | 188.000         |
| Wärmegestehungskosten (inkl. MWSt.)                                | €     | 12.4    | 13.8        | 13.6            | 16.2            | 12.9      | 12.7         | 14.4            | 13.9        | 13.1             | 12.9                | 13.1            |
| Investitionskosten (inkl. Förderungen)                             | €     | 868.622 | 1.377.242   | 1.491.422       | 1.901.942       | 1.944.662 | 2.054.920    | 2.529.362       | 1.951.122   | 1.669.322        | 1.779.180           | 1.356.782       |
| Energieaufwand (Gas, Holz, Strom)                                  | MWh/a | 1.526   | 1.940       | 2.220           | 2.315           | 2.596     | 2.994        | 3.366           | 2.223       | 2.546            | 3.057               | 2.117           |

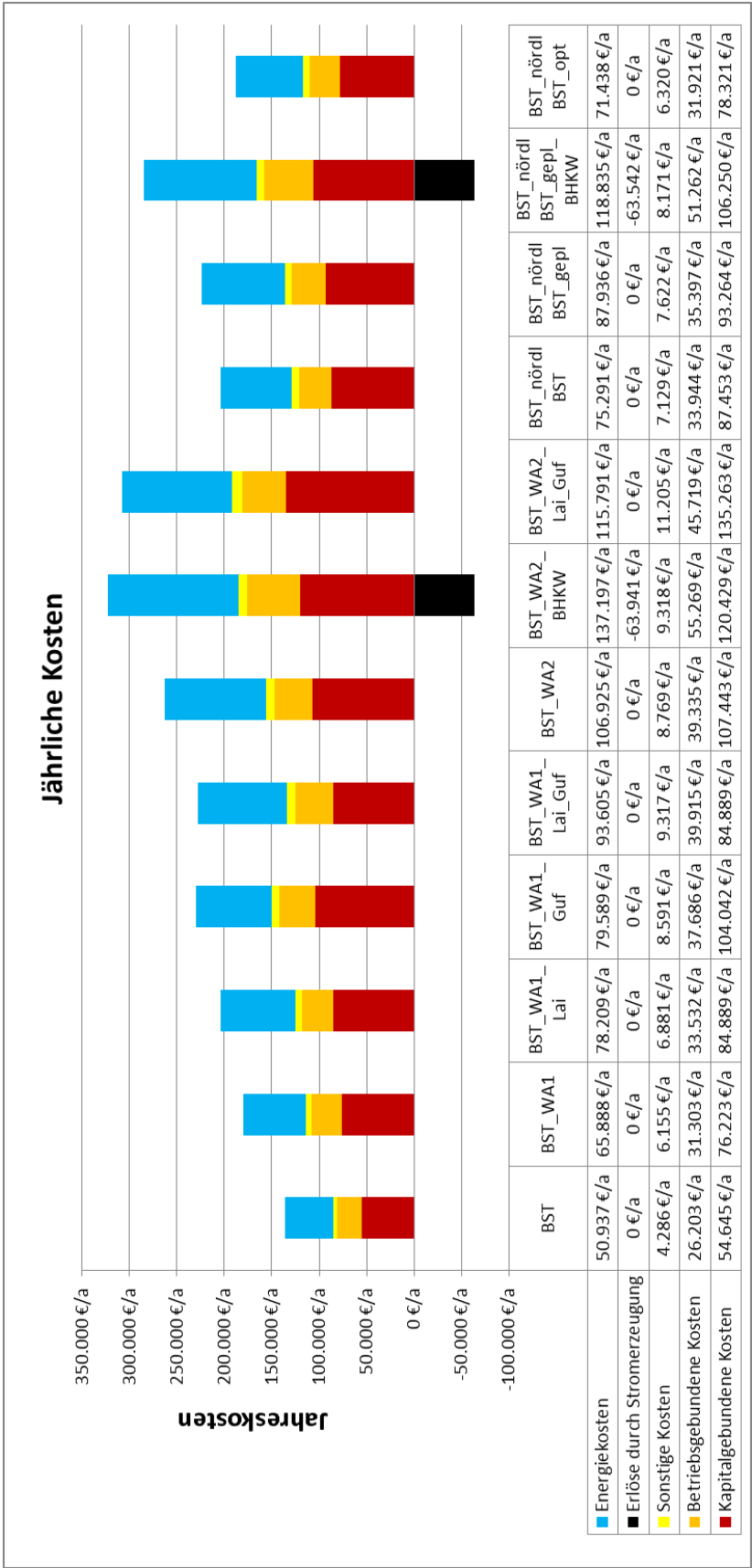


Abbildung 21: Jährliche Kosten der betrachteten Varianten

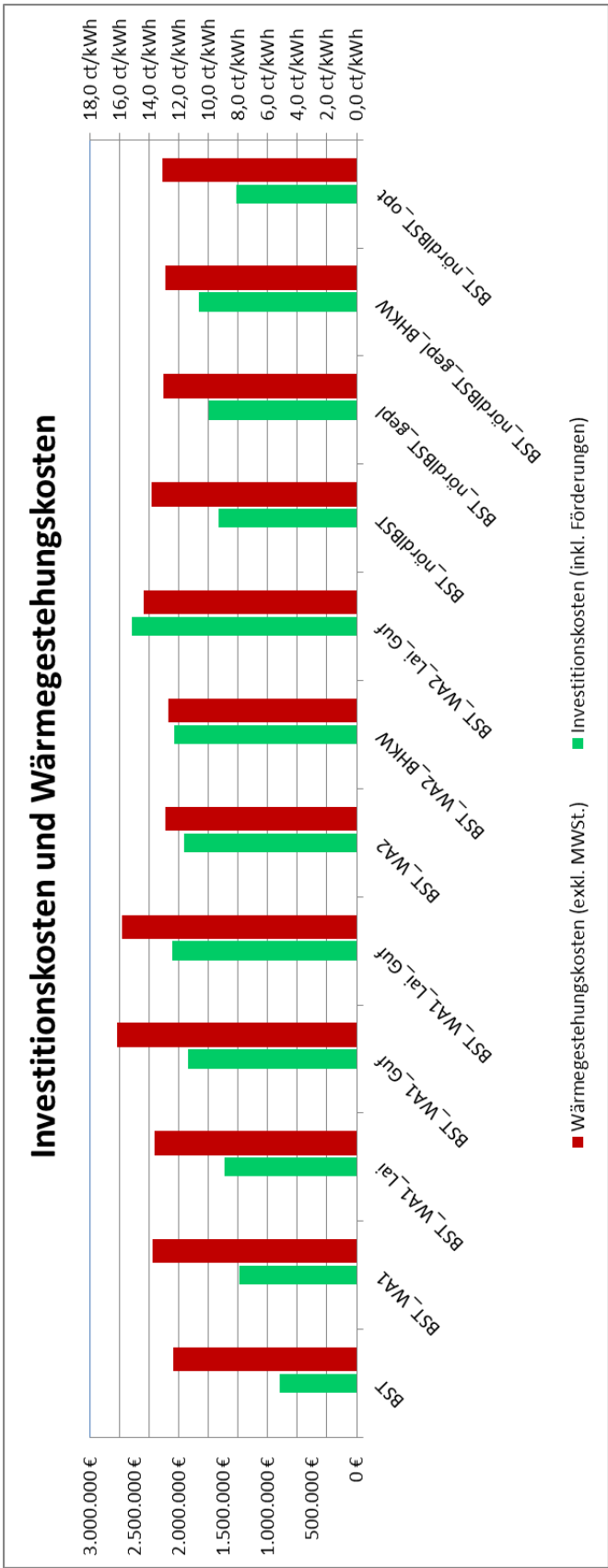


Abbildung 22: Investitions- und Wärmegestehungskosten der betrachteten Varianten

## 6. CO<sub>2</sub>-Emissionen und Primärenergieverbrauch

Für die beiden in Kapitel 5.13 und 5.14 dargestellten Szenarien werden die CO<sub>2</sub> und Feinstaubemissionen berechnet und einer Referenz gegenüber gestellt, die dem Ist-Zustand der in den Szenarien betrachteten Gebäude entspricht. Da nicht für alle Gebäude Informationen zum Brennstoffbedarf vorliegen, werden für den Ist-Zustand folgende Annahmen getroffen:

- Für die bereits ans Nahwärmenetz angeschlossenen Gebäude werden der Erdgas- und Holzbedarf anhand den aus der Jahresdauerlinie hervorgehenden Betriebsstunden der Wärmeerzeuger berechnet.
- Zur Berechnung des Brennstoffbedarfs der übrigen Gebäude wird der errechnete oder erhobene Wärmebedarf und eine anhand der erhobenen Fragebogen typische Konfiguration der Heizanlagen zugrunde gelegt.

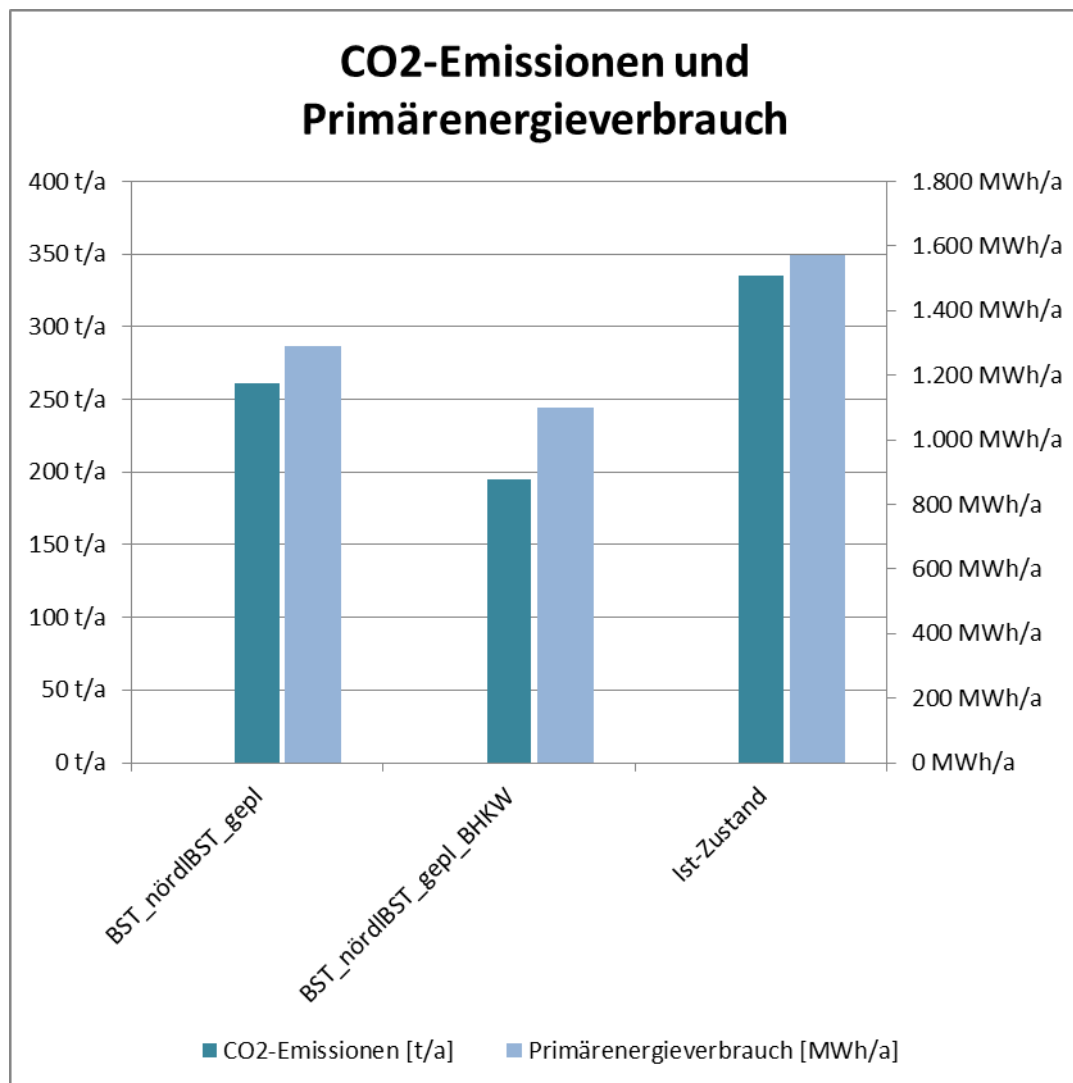
Folgende CO<sub>2</sub> und Primärenergiefaktoren werden zur Berechnung verwendet:

#### CO<sub>2</sub>-Ausstoß [8]

- Erdgas: 247 g/kWh
- Holzhackschnitzel: 27 g/kWh
- Strommix: 606 g/kWh (Bundesmix)

#### Primärenergiefaktoren [3]

- Diese Angaben beziehen sich auf den „nicht erneuerbaren Anteil“
- Primärenergiefaktor Holz: 0,2
- Primärenergiefaktor Erdgas: 1,1
- Primärenergiefaktor Strommix: 2,4



**Abbildung 23: Vergleich von CO<sub>2</sub>-Emissionen und Primärenergieverbrauch**

## 7. Zusammenfassung / Handlungsempfehlung

Ziel des Quartierskonzepts ist neben der Klärung von technischer Machbarkeit und der Kostenfrage auch der Aspekt der Nachhaltigkeit. So wird der Anteil erneuerbarer Energien im Quartier durch den Anschluss von Gebäuden, die bisher mit Öl oder Gas beheizt werden, erhöht. Es wurden mehrere Anschlussvarianten definiert und die einzelnen Wärmeerzeugungsvarianten (Weiterbetrieb der bestehenden Heizzentrale sowie Erweiterung mit einem BHKW) miteinander verglichen. Der Anteil an erneuerbaren Energien (hier Holz) liegt bei den Varianten ohne BHKW bei 70-80 %.

Ein weiterer wichtiger Aspekt beim Bewerten der Erweiterungsmöglichkeiten des Wärmenetzes ist die Wirtschaftlichkeit. Als Kenngröße wurden hier vor allem die Wärmegestehungskosten miteinander verglichen. Zunächst wurden mehrere Anschlussvarianten auf Basis der Planungen zur Erweiterung Richtung Willig Areal betrachtet. Dabei zeigt sich, dass aufgrund der relativ niedrigen zusätzlichen Wärmeabnahme im Verhältnis zur neu zu verlegenden Leitungslänge die Wärmegestehungskosten in Summe leicht steigen (z. B. 1,5 ct/kWh bei Ausbaustufe 1 des Willig Areals, Kapitel 5.4). Es zeigt sich jedoch auch, dass bei entsprechend hoher Anschlussdichte (Ausbaustufe 2 des Willig Areals, Kapitel 5.8) die rechnerischen Wärmegestehungskosten nur noch unwesentlich höher liegen.

Im Zuge der in den nächsten 10 Jahren geplanten Straßensanierung der L123 kann eine Erweiterung Richtung Willig Areal also durchaus wirtschaftliche Vorteile bringen, wenn bis dahin entsprechend neue Abnehmer akquiriert werden und wenn durch Synergieeffekte mit der Straßensanierung die Kosten für die Verlegung der Wärmeleitungen verringert werden können.

Besonders Empfehlenswert ist die Erweiterung des Wärmenetzes Richtung Norden. Zwar steigen auch hier zunächst die Wärmegestehungskosten leicht um 1,5 ct/kWh an (Kapitel 5.12), nach Anschluss des geplanten Pflegeheims und des geplanten Mehrfamilienhauses sinken sie jedoch wieder um 1 ct/kWh (Kapitel 5.13) und liegen dann nur noch unwesentlich über dem Ist-Zustand. Die dafür nötigen Gesamtkosten (Investitionen, Planung etc.) zur Erweiterung des Netzes und für die Hausanschlüsse liegen ohne Anschluss von Pflegeheim und Mehrfamilienhaus bei ca. 680.000 €, mit diesen beiden Gebäuden sind es ca. 800.000 €.

Wird bei der Erweiterung Richtung Norden auf den Anschluss des Gebäudes Wasen 55 verzichtet sowie zunächst das geplante Pflegeheim und Mehrfamilienhaus nicht angeschlossen, können durch einen optimierten Verlauf der Nahwärmetrasse die dafür nötigen Gesamtkosten auf ca. 490.000 € reduziert werden, die Wärmegestehungskosten liegen dann ebenfalls nur noch unwesentlich über dem Niveau der bestehenden Konfiguration (Kapitel 5.15).

Daneben ist vor allem aus wirtschaftlicher Sicht der Einsatz eines kleinen Grundlast-BHKWs empfehlenswert (Kapitel 5.14). Dieses läuft bei richtiger Dimensionierung fast das komplette Jahr mit Volllast und deckt so die komplette Wärme-Grundlast ab. Für die Wirtschaftlichkeit ist es entscheidend, dass ein Großteil des erzeugten Stroms

selbst genutzt werden kann. Dazu würde sich die Aufstellung des BHKW im geplanten Pflegeheim oder Hotel „Löwen“ anbieten. Bereits ab einem Eigennutzungsanteil von etwa 50 % des erzeugten Stroms und einem entsprechenden Betreibermodell kann ein BHKW so die Wärmebereitstellungskosten des Nahwärmenetzes weiter senken. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber dem Ist-Zustand sinken bei der Erweiterung des Nahwärmenetzes und Installation eines BHKW um 42 %, die benötigte Primärenergie um 30 %. In einer Einrichtung wie einem Pflegeheim, bei dem die Versorgungssicherheit eine hohe Priorität hat, kann mit einem BHKW zudem bei Stromausfällen im Inselbetrieb die Stromversorgung gesichert werden.

### Empfehlung

Zusammenfassend zeigt sich, dass als kurzfristige Maßnahme um das bestehende Heizwerk besser auszulasten die Interessenten nördlich des Bestandsgebiets angeschlossen werden sollten. Da dann eine Optimierung des Trassenverlaufs möglich ist, wird die in Kapitel 5.15 beschriebene Konfiguration ohne Wasen 55 empfohlen:

- Laisackerweg 9,14,15,19,26
- Erwin-Pfefferle-Weg 10
- Willibald-Strohmeyer-Weg 1 und 7

Daneben wird empfohlen, das nahe der Heizzentrale geplante Mehrfamilienhaus und Pflegeheim anzuschließen und ein BHKW zur Abdeckung der Grundlast zu integrieren.

### Weitere Schritte

Mit dem Quartierskonzept wurden verschiedene Varianten betrachtet und bewertet. Für die weitere Ausarbeitung der favorisierten Varianten wird eine konkrete Entwurfsplanung, Genehmigungsplanung und detaillierte Ausführungsplanung erforderlich. Daneben müssen die bereits identifizierten Anschlussinteressenten frühzeitig über die Umsetzung informiert, ggf. weitere akquiriert und die Wärmelieferungsverträge abgeschlossen werden.

## 8. Unterlagen und Quellen

### Land Baden-Württemberg

[1] Erneuerbare-Wärme-Gesetz Baden-Württemberg (EWärmeG)

### Bundesrepublik Deutschland

[2] Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz (EEWärmeG)

[3] Energieeinsparverordnung für Gebäude (EnEV 2014)

### Energiedienst / Gemeinde Münstertal

[4] Fragebögen zu den energetischen Gebäudedaten der Gebäude im Quartier 02/2015

### RBS wave GmbH

[5] Vor-Ort Aufnahme der Gebäude im Quartier

[6] Erweiterung des Nahwärmenetzes in Münstertal, Bericht zur Lph. 1-3 nach HOAI

### Sonstige Quellen

[7] VDI Richtlinie 2067, Düsseldorf 2012

[8] KEA Klimaschutz und Energieagentur <http://www.kea-bw.de/service/emissionsfaktoren/>

[9] BKI Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern, Objektdaten  
Technische Gebäudeausrüstung, Stuttgart 2012

[10] ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energiever-  
brauch e. V., BHKW-Kenndaten 2014/2015

[11] RP-Energie-Lexikon, RP Photonics Consulting GmbH

<http://www.energie-lexikon.info>

[12] Würzburger Versorgungs- und Verkehrs-GmbH

[http://www.wvv.de/de/home/energie\\_und\\_wasser/energiwasser\\_privatkunden/energiwasser\\_p\\_wissenswertes/primaeerenergiefaktor/primrenergiefaktor\\_2.jsp](http://www.wvv.de/de/home/energie_und_wasser/energiwasser_privatkunden/energiwasser_p_wissenswertes/primaeerenergiefaktor/primrenergiefaktor_2.jsp)

## 9. ANHANG

### 9.1 Jahresdauerlinien

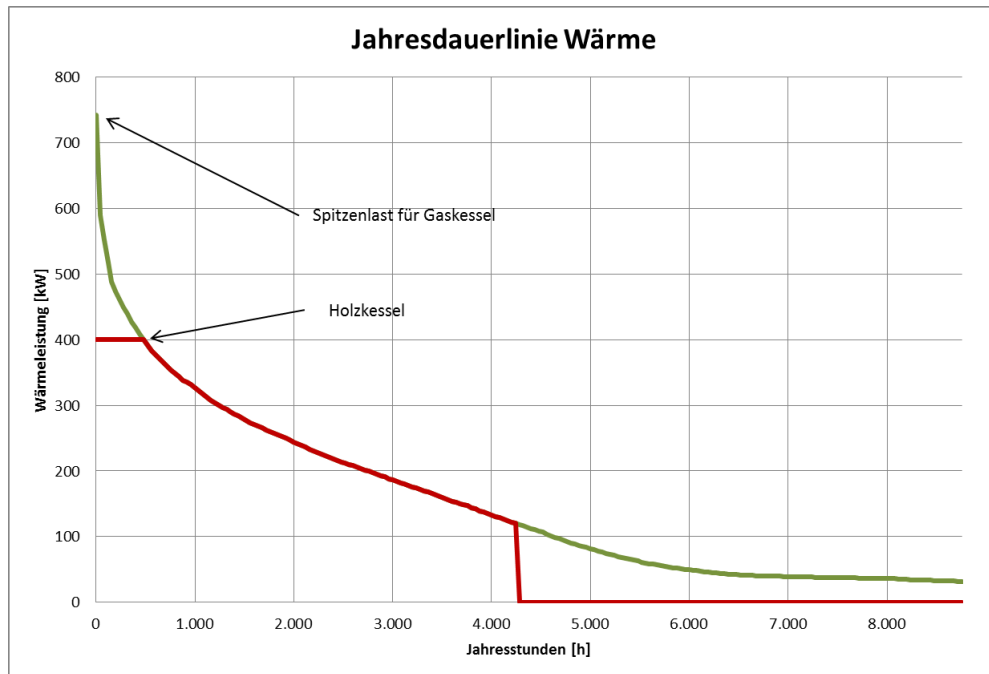


Abbildung 24: Jahresdauerlinie BST

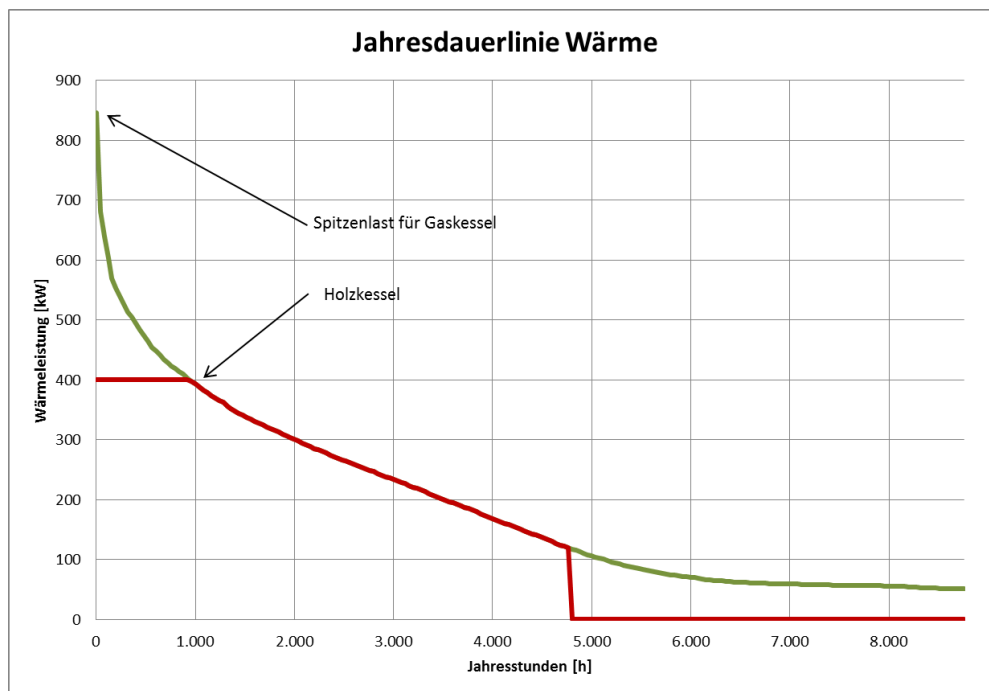


Abbildung 25: Jahresdauerlinie BST\_WA1

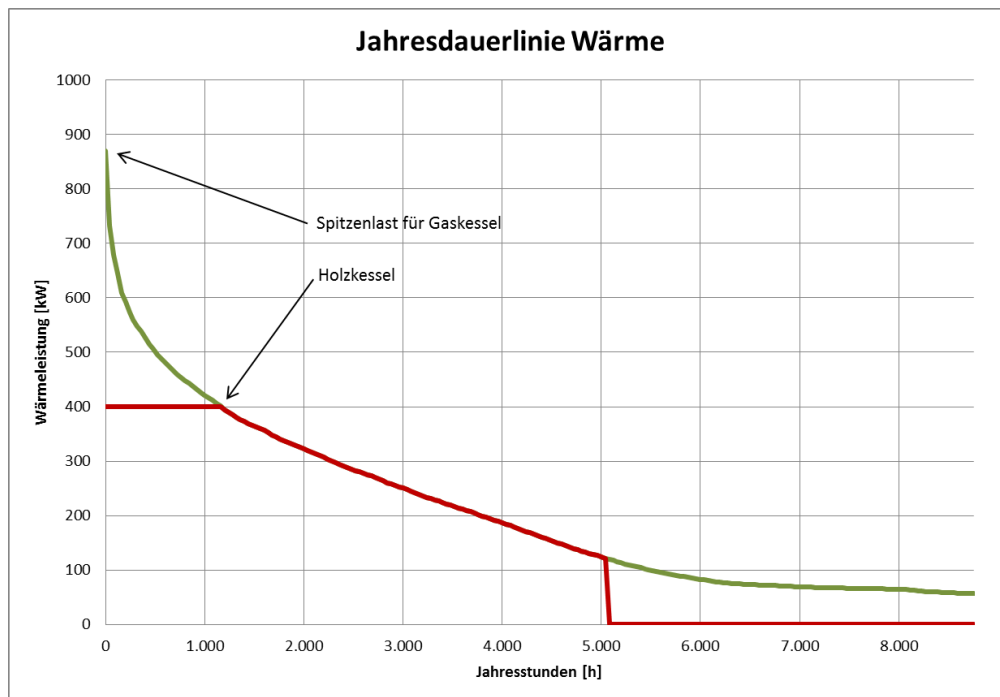


Abbildung 26: Jahresdauerlinie BST\_WA1\_Lai

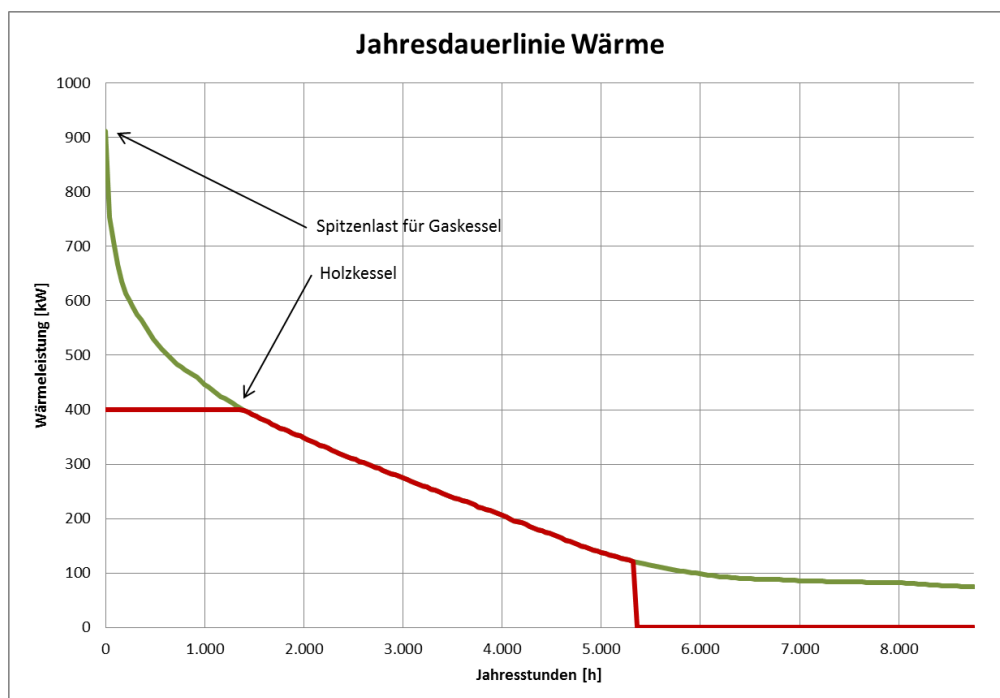


Abbildung 27: Jahresdauerlinie BST\_WA1\_Guf



Abbildung 28: Jahresdauerlinie BST\_WA1\_Lai\_Guf

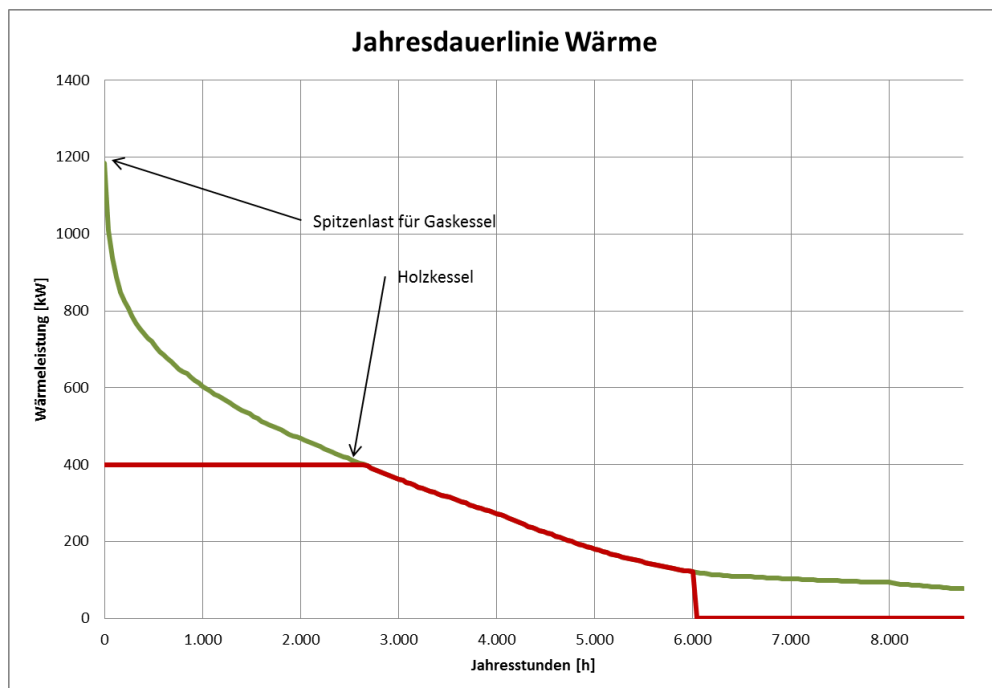


Abbildung 29: Jahresdauerlinie BST\_WA2

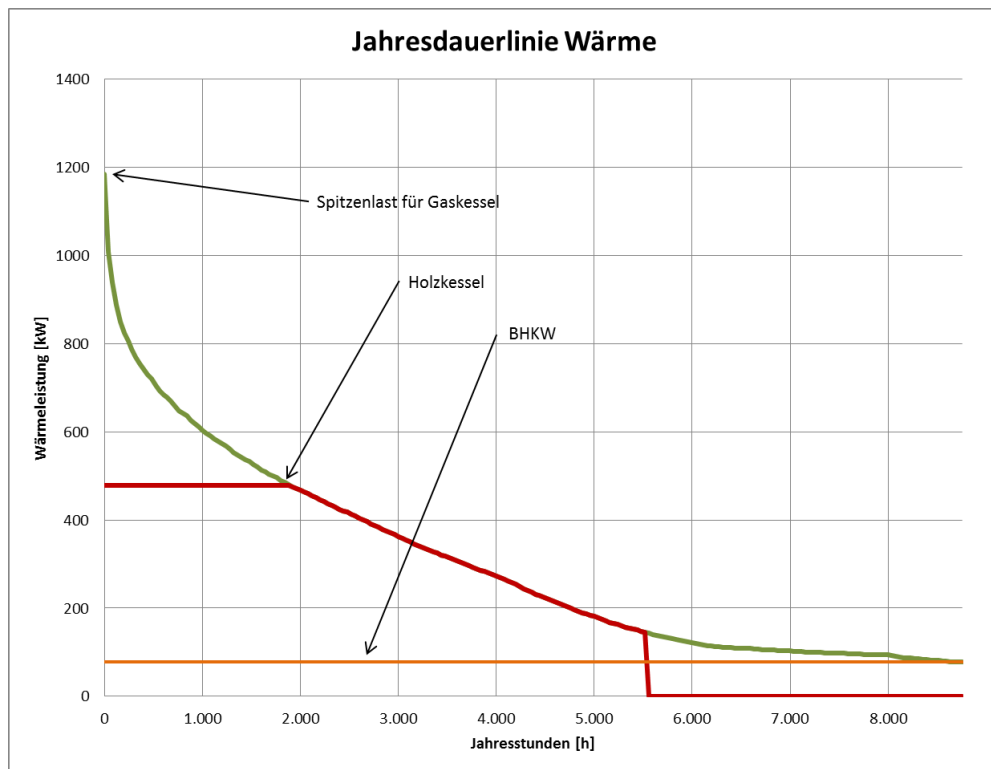


Abbildung 30: Jahresdauerlinie BST\_WA2\_BHKW

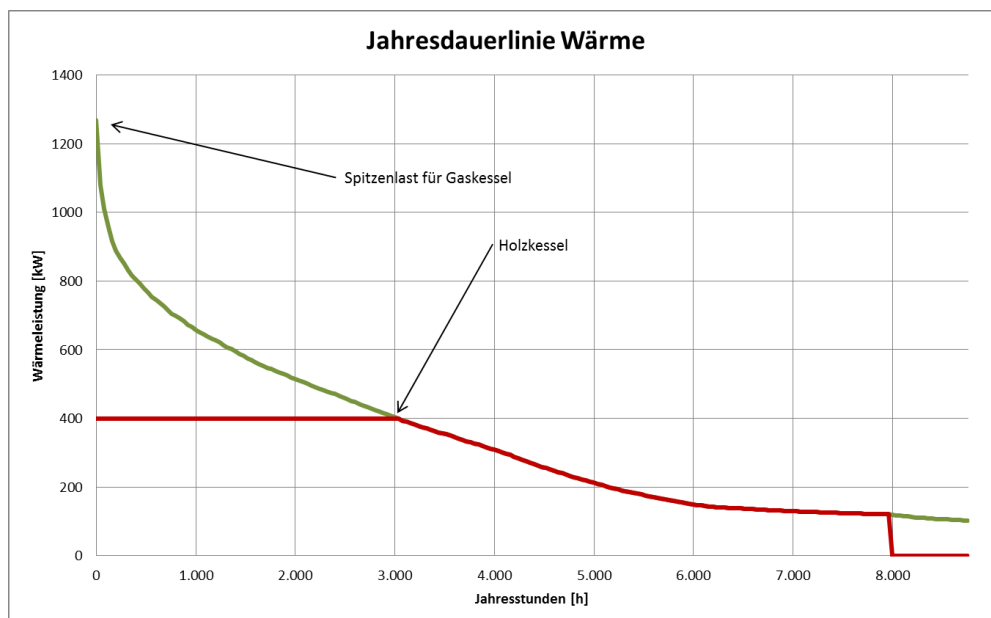


Abbildung 31: Jahresdauerlinie BST\_WA2\_Lai\_Guf



Abbildung 32: Jahresdauerlinie BST\_nördlBst

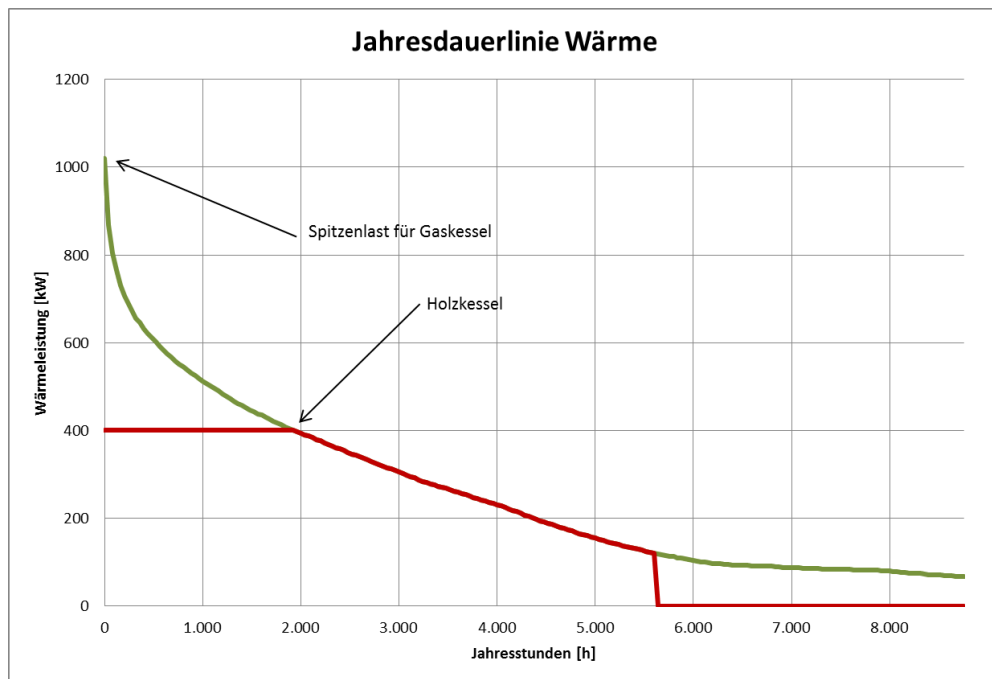


Abbildung 33: Jahresdauerlinie BST\_nördlBst\_gepl

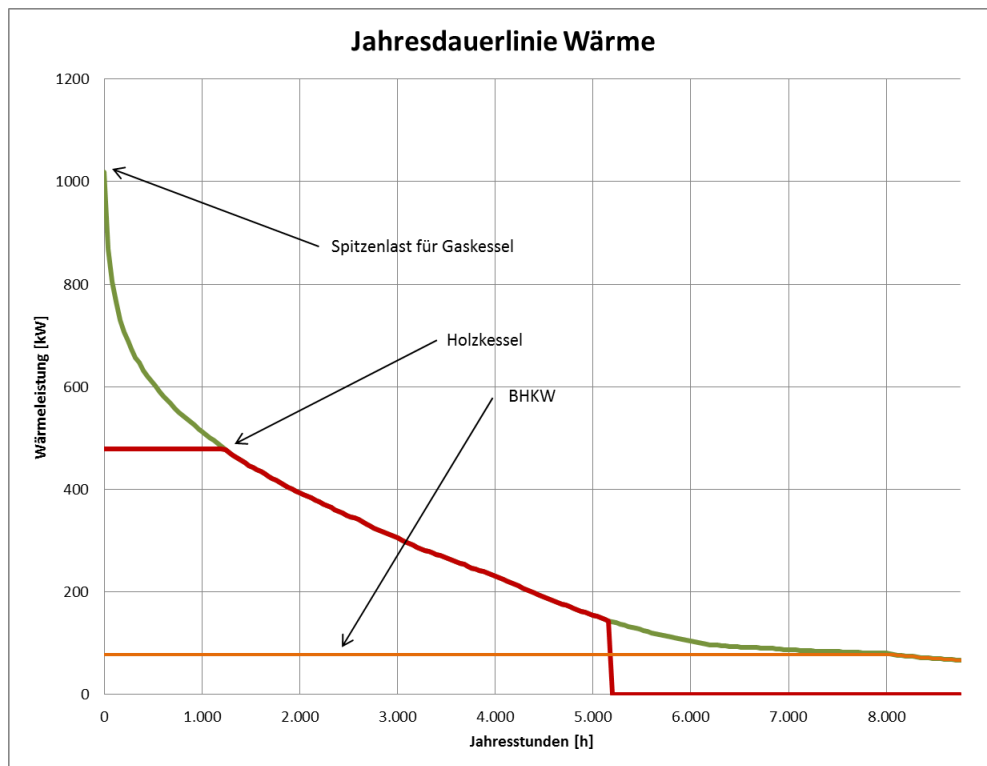


Abbildung 34: Jahresdauerlinie BST\_nördIBst\_gepl\_BHKW

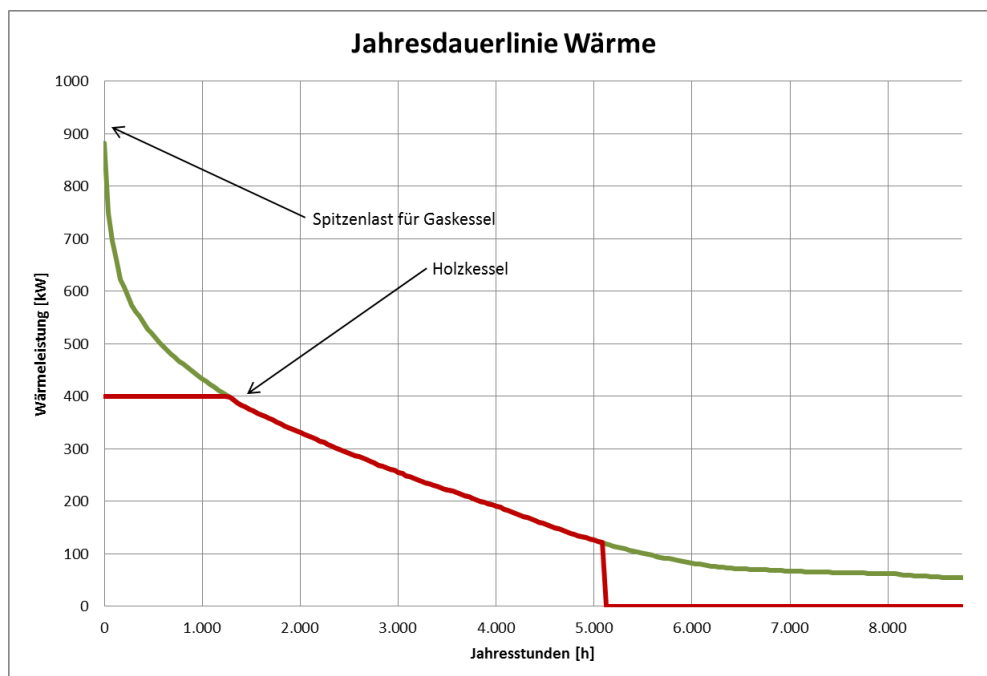


Abbildung 35: Jahresdauerlinie BST\_nördIBst opt

## 9.2 Begriffsdefinitionen

### Brennwert vs. Heizwert

Der Brennwert (auch oberer Heizwert,  $H_s$ ) eines Brennstoffs gibt an, wie viel Energie in Form von Wärme bei der Verbrennung pro Kilogramm des Stoffs gewonnen werden kann. Hierbei wird angenommen, dass die entstehenden Verbrennungsgase auf 25 °C abgekühlt werden und der enthaltene Wasserdampf vollständig kondensiert (verflüssigt) wird. Der spezifische Heizwert (auch untere Heizwert,  $H_i$ ) eines Brennstoffs gibt an, wie viel Energie in Form von Wärme bei der Verbrennung pro Kilogramm des Stoffs gewonnen werden kann. Anders als beim Brennwert wird hierbei angenommen, dass die entstehenden Verbrennungsgase zwar auf 25 °C abgekühlt werden, der enthaltene Wasserdampf aber nicht kondensiert wird, die Anlage also gasförmig verlässt [11].

Umrechnung  $\rightarrow$  Heizwert  $\cdot$  1,11 = Brennwert

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

Gibt in Bezug auf den eingesetzten Energieträger an, wieviel Gramm CO<sub>2</sub> pro erzeugter Kilowattstunde (thermisch oder elektrisch) emittiert wird.

### Feinstauemissionen

Feinstaub besteht aus einem komplexen Gemisch kleinster fester und flüssiger Partikel, die mit dem bloßen Auge nicht erkennbar sind. Partikel dieser Größe können über den Kehlkopf hinaus bis tief in die Lunge gelangen. Sie sind daher besonders gesundheitsschädlich. Die Partikel stammen unter anderem aus dem Verkehr (Dieselruß, Reifenabrieb) oder aus Feuerungsanlagen (Holz-, Kohle, Ölheizungen). Mit Hilfe von elektrostatischen Feinstaubfiltern kann die Staubemission beim Holzheizwerk nach Herstellerangaben um bis zu 90% reduziert werden. Zum Vergleich: Der Grenzwert für einen Euro-4-Diesel-PKW (grüne Umweltplakette) liegt bei 0,025 g/km. 28 PKW mit einer mittleren jährlichen Fahrleistung von 14.200 km produzieren somit etwa 10 kg Feinstaub pro Jahr.

### Jahresdauerlinie

Eine Kurve, die die mindestens bezogene oder erzeugte Leistung eines Verbrauchers oder Kraftwerks in Abhängigkeit von der Zeitdauer im Jahr darstellt. [11]

### Primärenergiefaktor

Werden unterschiedliche Energieträger miteinander verglichen, wird der Primärenergiefaktor verwendet. Dabei kann der Endenergieverbrauch eines bestimmten Energieträgers (z.B. Erdgas) mit dem Primärenergiefaktor multipliziert werden, um eine Vergleichbarkeit zu schaffen. Der Primärenergiefaktor zeigt das Verhältnis von der eingesetzten Primärenergie zur abgegebenen Endenergie. Hier gilt: Je kleiner der Primärenergiefaktor, desto umweltschonender und effizienter ist der Energieeinsatz und Aufwand von der Quelle bis zum Endverbraucher. [12]

### **Volllaststunden / Vollbenutzungsstunden**

Bei Kraftwerken (und anderen Anlagen, beispielsweise BHKW) werden oft die tatsächlich erreichten oder die voraussichtlich erzielbaren Volllaststunden (oder Vollbenutzungsstunden) pro Jahr angegeben. Dieser Wert ergibt sich, indem man die jährlich erzeugte Energiemenge (kWh) durch die maximale Leistung der Anlage (kW) dividiert. [11]

### **Wärmebedarf (Energiebedarf) vs. Wärmeverbrauch (Energieverbrauch)**

Der Energieverbrauch entspricht der Energiemenge, die vom Endverbraucher bezahlt werden muss. Der Energieversorger kann diese Menge über den Endverbraucher absetzen. Der Energiebedarf ist eine rechnerisch ermittelte Größe. Dieser ist abhängig von der jeweiligen Gebäudehülle (U-Werte der Fenster, Dachfläche, Wände, etc.). Eine Gleichsetzung beider Begriffe ist nicht korrekt, da der Bedarf einen theoretisch berechneten und der Verbrauch hingegen den tatsächlich gemessene Wert darstellt.

Aufgestellt:

Ettlingen, den 30.07.2015

RBS wave GmbH

Ludwig-Erhard-Str. 2

76275 Ettlingen

Energiedienst AG

Schönenbergerstraße 10

79618 Rheinfelden

-----  
i.V. Christoph Konrad

-----  
Jörg Bleile (Projektleitung)

-----  
i.A. Nicola Julian Seidenspinner

Antragsteller (KfW-Zuschuss Förderprogramm 432):

Gemeinde Münstertal/Schwarzwald

Wasen 47

79244 Münstertal

-----  
Herr Blattmann