

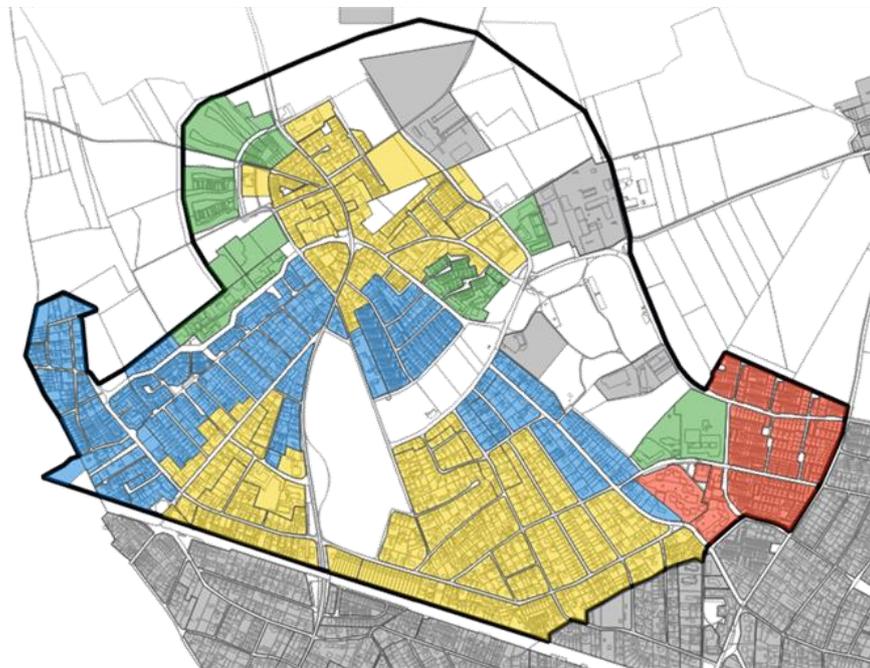


# Energieversorgung Vaterstetten

–

## Versorgungskonzept

### Abschlussbericht



Auftraggeber: Gemeinde Vaterstetten  
Wendelsteinstr. 7  
85591 Vaterstetten

Erstellt: Team für Technik GmbH  
Büro München  
Zielstattstraße 11  
81379 München  
Tel. 089. 89 14 61-0  
Mail: muenchen@ftgmbh.de

Datum: 24. Mai 2018

## Kurzfassung

Die Gemeinde Vaterstetten hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2030 ihre Wärme- und Stromversorgung zu 100 % aus erneuerbarer Energie zu decken. Vor diesem Hintergrund wurde ein Energieversorgungskonzept erstellt, das unter Betrachtung von wirtschaftlichen Möglichkeiten eine Versorgung mit Erneuerbaren Energien für den Ortsteil Vaterstetten ermöglicht.

Das erstellte Energieversorgungskonzept baut auf dem bestehenden integrierten Klimaschutzkonzept der Gemeinde Vaterstetten und dem Energienutzungsplan des Landkreises Ebersberg auf.

Ziel des Projektes ist die Erarbeitung einer technischen Konzeptplanung, die für das gesetzte langfristige Ziel des Einsatzes Erneuerbarer Energien sowohl technische als auch wirtschaftliche Lösungen für den Endausbau darstellt. Bei der Bearbeitung wurden sowohl die Wärme als auch die Stromversorgung und deren Zusammenspiel betrachtet. Schwerpunkt des Konzeptes ist eine flächendeckende Versorgung des Untersuchungsgebiets mit Nahwärme.

Die Ergebnisse des Konzeptes dienen der Gemeinde Vaterstetten als Entscheidungsgrundlage, welche Wärmeerzeugungs- und Wärmeverteilungskonzepte konkret umgesetzt werden sollen um die gesteckten Ziele zu erreichen.

### **Zentrale Wärmeerzeugung**

In einem ersten Schritt wird der im Untersuchungsgebiet zu deckende Energiebedarf ermittelt. Dieser beträgt insgesamt aktuell ca. 80.000 MWh an Wärme und 20.750 MWh Strom. Bis zum Jahr 2030 sinkt der Wärmebedarf auf Basis der getroffenen Rahmenbedingungen auf ca. 62.000 MWh, während der Strombedarf mit 21.500 MWh leicht steigt.

Aufbauend auf dem Wärmebedarf werden sinnvolle Wärmeerzeugungskonzepte für eine netzgebundene Wärmeversorgung entwickelt. Dabei wird, um bereits bestehende konventionelle Wärmeerzeugungsanlagen in das Konzept zu integrieren zu können, der Zielwert des Anteils an erneuerbaren Energien an der netzgebundenen Wärmeerzeugung auf mindestens 75 % bis 2030 festgelegt. Im Feinkonzept werden folgende Wärmeerzeugungsvarianten untersucht:

#### 1. Variante Biomasse (Anteil an der Wärmeerzeugung):

- Solarthermie: 0...5 %
- Biogas: 10 %
- KWK Erdgas: 22 %
- KWK Biomasse (Hackschnitzel): 58 %
- Wärmepumpe (Grundwasser): 4 %
- Spitzenlast Erdgas: 6 %

#### 2. Variante Wärmepumpe

- Solarthermie: 10 %
- Biogas: 10 %
- KWK Erdgas: 22 %
- KWK Biomasse (Hackschnitzel): 23 %
- Wärmepumpe (Grundwasser): 29 %
- Spitzenlast Erdgas: 6 %

### 3. Variante Biomasse min

- Solarthermie: 20 %
- Biogas: 10 %
- KWK Erdgas: 22 %
- KWK Biomasse (Hackschnitzel): 13 %
- Wärmepumpe (Grundwasser): 29 %
- Spitzenlast Erdgas: 6 %

Dabei werden die angestrebten hohen solaren Deckungsgrade über dezentrale Großanlagen und eine Freiflächenanlage außerhalb des Siedlungsgebietes erreicht. Die Wärmeerzeugung mittels Wärmepumpen erfolgt über gleichmäßig im Netzgebiet verteilte dezentrale Anlagen.

### Wärmeverteilung

Zur Verteilung der Wärme wurden drei Verteilungsvarianten betrachtet:

1. Konventionelles Zweileiter-Hochtemperaturnetz (VL: 75 °C / RL: 45 °C)
2. Innovatives Zweileiter-Niedertemperaturnetz (VL 50 °C / RL: 30 °C)
3. Innovatives Dreileiter-Netz (VL 70 C / VL 45 °C / RL 35 °C)<sup>1</sup>

Grundlage des Einsatzes der Niedertemperatur-Netzvarianten 2 und 3 ist eine Analyse der in den jeweiligen Siedlungsgebieten vorherrschend benötigten Vorlauftemperaturen für die Beheizung der Gebäude. Dabei wird davon ausgegangen, dass durch energetische Sanierungen im Gebäudebestand viele Gebäude überdimensionierte Heizflächen besitzen bzw. Flächenheizungen eingesetzt werden, wodurch mit niedrigen Temperaturen beim Heizwärmebedarf zu rechnen ist. Insgesamt konnten im Untersuchungsgebiet 60 % der Fläche als für diese innovativen Netzvarianten geeignet identifiziert werden. In Siedlungsgebieten in denen dies nicht der Fall ist wird die Wärme über das Zweileiter-Hochtemperaturnetz (1) verteilt.

Die Netzvarianten 2 und 3 werden hydraulisch von dem übergeordneten Zweileiter-Hochtemperaturnetz (1) getrennt. Zur Brauchwasserbereitstellung wird beim Zweileiter-Niedertemperaturnetz in den Übergabestationen mittels einer Wärmepumpe das Temperaturniveau des Vorlaufes angehoben. Als Wärmequelle hierfür dient der Rücklauf des Wärmenetzes. Beim Dreileiter-Netz erfolgt die Brauchwasserbereitstellung über den wärmeren Vorlauf.

### Wirtschaftlichkeit

Ausgehend von der Auslegung der einzelnen Wärmeerzeugern in den jeweiligen Wärmeerzeugungsvarianten und einer Grobdimensionierung der Haupttrassen der Wärmeverteilung werden die gesamten Investitions-, Betriebs-, Wartungs- sowie Energiekosten des Energieversorgungskonzeptes ermittelt.

Darauf aufbauend werden, um nachhaltige Aussagen über die Wirtschaftlichkeit des Versorgungskonzeptes treffen zu können unter der Berücksichtigung eines Umsetzungsplanes bis 2030 die Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung dynamisch über einen Zeitraum von 30 Jahren betrachtet und Wärmegestehungskosten berechnet.

---

<sup>1</sup> Temperaturen sind als Richtwerte für eine Auslegung zu sehen, tatsächliche Betriebstemperaturen werden in geringem Maße davon abweichen.

Als Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung kann festgestellt werden, dass unter üblichen Rahmenbedingungen am Ende des Betrachtungszeitraums sämtliche Kombinationen aus Wärmeerzeugung und Netzvarianten positive Kapitalwerte aufweisen.

Die Berechnung der Wärmegestehungskosten zeigt, dass die Kosten für die Wärmegestehung über übliche Wärmemischpreise gedeckt werden können.

### **CO<sub>2</sub>-Emissionen**

Im Rahmen des Energieversorgungskonzepts wurden die eingesparten CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber einer vergleichbaren Wärmeerzeugung die auf konventioneller Kraft-Wärme-Kopplung beruht berechnet. Die geringsten Einsparungen werden bei der Erzeugungsvariante „Biomasse“ erreicht (ca. 7.000 t/a). Die Höchsten bei der Erzeugungsvariante „Biomasse min“ beim Einsatz von Niedertemperaturnetzen (ca. 7.550 t/a). Generell werden bei den Erzeugungsvarianten mit hohem Wärmepumpenanteil (Varianten „Biomasse“ und „Biomasse min“) durch den Einsatz von Niedertemperaturnetzen ca. 200 t/a an CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart.

### **Fazit**

Der Ortsteil Vaterstetten kann wirtschaftlich mit erneuerbaren Energien versorgt werden.

Die niedrigsten Wärmegestehungskosten werden bei der Erzeugungsvariante „Biomasse“ mit Netzvariante 1 erreicht. Vor dem Hintergrund der im Landkreis Ebersberg ermittelten Potentiale an verfügbarer, holzartiger Biomasse und aufgrund der derzeit hierfür bestehenden überregionalen Lieferverträge, müssen entsprechende Biomassen auch außerhalb des Landkreises zugesteuert werden.

Allgemein sind die Wärmegestehungskosten der Variante „Biomasse min“ niedriger als die der Variante „Wärmepumpe“.

Abschließend kann gesagt werden, dass alle dargestellten Varianten zu ortsüblichen Fernwärmepreisen führen und wirtschaftlich umsetzbar sind.

Die Wärmeverteilungsvariante „Dreileiter-Netz“ besitzt allgemein die höchsten Wärmegestehungskosten. Die Wärmegestehungskosten der Netzvariante „Zweileiter-Niedertemperaturnetz“ decken sich bei den Wärmeerzeugungsvarianten „Wärmepumpe“ und „Biomasse min“ mit den Wärmegestehungskosten des Zweileiter-Hochtemperaturnetzes.

Unter Beachtung bzw. Wertung aller in der Konzeptuntersuchung genannten Rahmenbedingungen wird die Erzeugungsvariante „Biomasse min“ mit Zweileiter-Niedertemperaturnetz als die interessanteste angesehen und deren weitere Verfolgung und Umsetzung empfohlen.

Diese Studie wurde im Rahmen des Programms Energiekonzepte und kommunale Energienutzungspläne durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie gefördert.

## Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG	II
INHALTSVERZEICHNIS	V
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	VII
TABELLENVERZEICHNIS	IX
1 AUSGANGSITUATION UND ZIELSETZUNG	10
2 DATENGRUNDLAGE	12
2.1 ENERGIEBEDARF	12
2.1.1 AKTUELLER ENERGIEBEDARF	12
2.1.2 ENERGIEBEDARF 2030	14
2.2 BESTEHENDE VERSORGUNGSSTRUKTUR	16
2.2.1 DEZENTRALE WÄRMEERZEUGUNG	16
2.2.2 ZENTRALE WÄRMEERZEUGUNG	17
2.2.3 ERNEUERBARE STROMERZEUGUNG	18
2.3 POTENZIALE	19
3 GROB-KONZEPTPLANUNG	24
3.1 VERTEILUNG	24
3.1.1 2-LEITER-HOCHTEMPERATURNETZ	27
3.1.2 2-LEITER-NIEDERTEMPERATURNETZ	28
3.1.3 3-LEITER-NETZ	29
3.2 KONZEPTE ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG	31
3.2.1 VARIANTE BIOMASSE	33
3.2.2 VARIANTE WÄRMEPUMPE	34
3.2.3 VARIANTE BIOMASSE MIN	35
3.3 WÄRMEGESTEHUNGSKOSTEN – VORBEWERTUNG DER WIRTSCHAFTLICHKEIT	36
3.4 STROMBILANZ	37
3.5 NUTZWERTANALYSE	39
3.6 ERZEUGUNGSVARIANTEN DEZENTRAL	42
4 FEINKONZEPT	48
4.1 ERZEUGUNG	48
4.1.1 VARIANTE BIOMASSE	48
4.1.2 VARIANTE WÄRMEPUMPE	49
4.1.3 VARIANTE BIOMASSE MIN	52
4.2 VERTEILUNG	54
4.2.1 VORDIMENSIONIERUNG HAUPTTRASSEN	54
4.2.2 ANSCHLUSSLEITUNGEN	63
4.2.3 WÄRMEVERLUSTE	63
4.3 REGULINGSSTRATEGIE	64
4.4 WIRTSCHAFTLICHE BEWERTUNG	65
4.4.1 WÄRMEVERTEILUNG	66
4.4.2 WÄRMEÜBERGABE	67
4.4.3 WÄRMEERZEUGUNG	68
4.4.4 ENERGIEKOSTEN	70
4.4.5 INVESTITIONSZUSCHÜSSE UND ANSCHLUSSKOSTEN	72
4.4.6 WÄRMEVERKAUF	72
4.4.7 KAPITALWERTE	72
4.4.8 WÄRMEGESTEHUNGSKOSTEN	77
4.5 CO <sub>2</sub> -EMISSIONEN / VERMIEDENE CO <sub>2</sub> -KOSTEN	79

5	UMSETZUNGSKONZEPT	82
5.1	PFLICHTENHEFT	82
5.2	ZEITPLAN	84

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung des Untersuchungsgebietes .....	10
Abbildung 2: Energieversorgung – aktueller Stand.....	11
Abbildung 3: Energieversorgung – Ziel 2030.....	11
Abbildung 4: Baualter der Bestandsgebäude.....	13
Abbildung 5: Sanierungsstand aktuell .....	13
Abbildung 6: Wärmebedarfsdichten aktuell .....	14
Abbildung 7: Sanierungsstand 2030 .....	15
Abbildung 8: Wärmebedarfsdichten 2030 .....	16
Abbildung 9: Energieträger dezentraler Wärmeversorgungsanlagen.....	17
Abbildung 10: Dezentrale Energieversorgung aktuell.....	18
Abbildung 11: Priorisierung der Energieressourcen.....	19
Abbildung 12: Festgesetzte und planreife Trinkwasserschutzgebiete .....	22
Abbildung 13: Vorherrschende Vorlauftemperaturen HW/WW 2017 .....	25
Abbildung 14: Kategorisierung Untersuchungsgebiet nach potenziellen Netztemperaturen .....	26
Abbildung 15: Schematische Darstellung 2-Leiter-Hochtemperaturnetz .....	27
Abbildung 16: Schematische Darstellung 2-Leiter-Niedertemperaturnetz.....	28
Abbildung 17: Schematische Darstellung 3-Leiter-Netz mit dezentraler Wärmepumpe.....	29
Abbildung 18: Schematische Darstellung dezentraler solarthermischen Anlage in 3-Leiter-Netz.....	30
Abbildung 19: Geordnete Jahresdauerlinie der zentralen Wärmeversorgung.....	31
Abbildung 20: Geordnete Jahresdauerlinie Variante Biomasse .....	33
Abbildung 21: Anteile Wärmeerzeugung Variante Biomasse .....	34
Abbildung 22: Geordnete Jahresdauerlinie Variante Wärmepumpe .....	35
Abbildung 23: Anteile Wärmeerzeugung Variante Wärmepumpe .....	35
Abbildung 24: Geordnete Jahresdauerlinie Variante Biomasse min .....	36
Abbildung 25: Anteile Wärmeerzeugung Variante Biomasse min.....	36
Abbildung 26: Ergebnis Nutzwertanalyse .....	42
Abbildung 27: Priorisierung der Energieressourcen für eine dezentrale Versorgung.....	43
Abbildung 28: Standorte Wärmeerzeugungsanlagen Variante Biomasse .....	49
Abbildung 29: Standorte Wärmeerzeugungsanlagen Variante Wärmepumpe .....	50
Abbildung 30: Standorte Wärmeerzeugungsanlagen Variante Biomasse min.....	53
Abbildung 31: Dimensionierung Netz Bestand .....	55
Abbildung 32: Dimensionierung 2-Leiter-Hochtemperaturnetz neu bei Niedertemperaturnetzen.....	56
Abbildung 33: Definition Niedertemperaturgebiete .....	57
Abbildung 34: Dimensionierung 2-Leiter-Niedertemperaturnetz.....	58
Abbildung 35: Dimensionierung warmer Vorlauf 3-Leiter-Niedertemperaturnetz .....	59
Abbildung 36: Dimensionierung kalter Vorlauf 3-Leiter-Niedertemperaturnetz .....	60
Abbildung 37: Dimensionierung gemeinsamer Rücklauf 3-Leiter-Niedertemperaturnetz.....	61
Abbildung 38: Dimensionierung 2-Leiter-Hochtemperaturnetz neu bei 2-Leiter Hochtemperaturnetz.....	62
Abbildung 39: Beispielhafte Topologie der Leittechnik.....	65
Abbildung 40: Jährliche Gesamteinnahmen, abgezinst (Zinssatz 3%) Variante „Biomasse“ .....	73
Abbildung 41: Jährliche Gesamteinnahmen, abgezinst (Zinssatz 3 %) Variante „Wärmepumpe“ .....	74
Abbildung 42: Jährliche Gesamteinnahmen, abgezinst (Zinssatz 3 %) Variante „Biomasse min“ .....	74
Abbildung 43: Restwerte der Varianten bei Zinssatz 1 %, abgezinst.....	75
Abbildung 44: Restwerte der Varianten bei Zinssatz 3 %, abgezinst.....	76
Abbildung 45: Kapitalwerte der Varianten bei Zinssatz 1 %, abgezinst .....	76
Abbildung 46: Kapitalwerte der Varianten bei Zinssatz 3 %, abgezinst .....	77
Abbildung 47: Wärmegestehungskosten bei Zinssatz 1 %, abgezinst.....	78
Abbildung 48: Wärmegestehungskosten bei Zinssatz 3 %, abgezinst.....	78
Abbildung 49: CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren .....	80

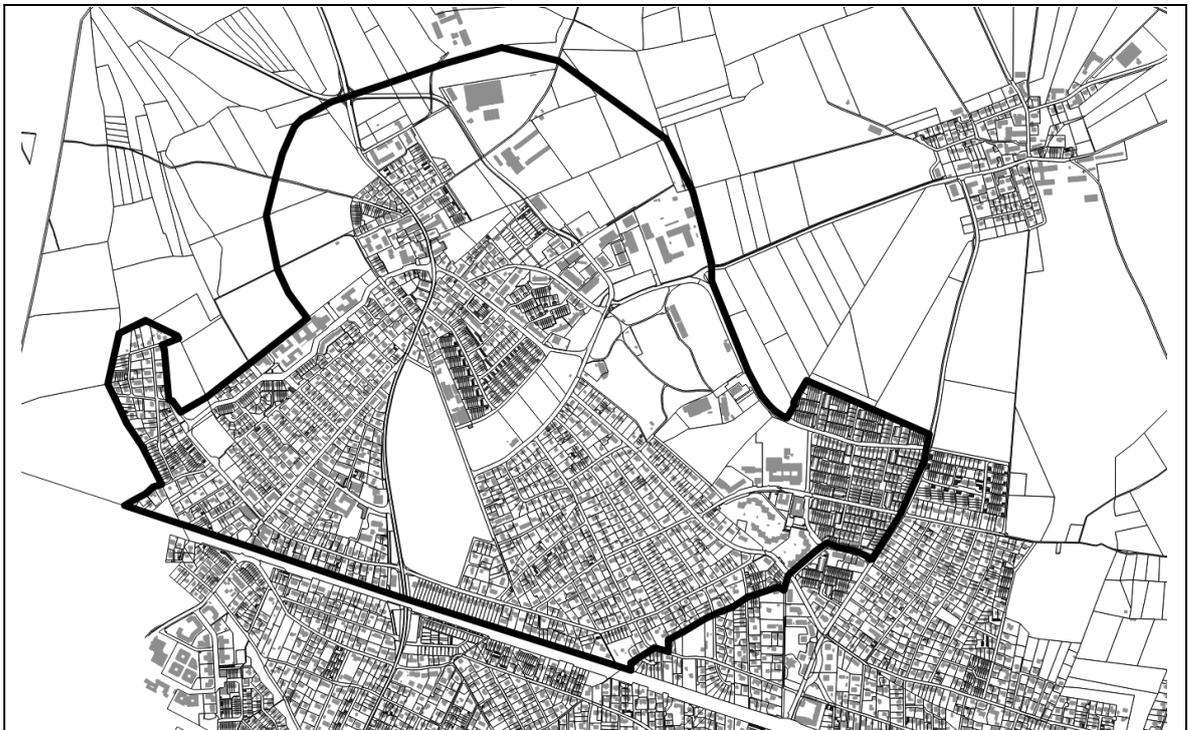
Abbildung 50: Jährlich eingesparte CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	80
Abbildung 51: Bezeichnung Netzgebiete Umsetzungszeitplan .....	84
Abbildung 52: Umsetzungszeitplan .....	85
Abbildung 53: Ausbauphasen Netzausbau .....	86
Abbildung 54: Sicherstellung Leistungsversorgung .....	87

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kennzahlen Potenzial Biogasanlage Böhm .....	20
Tabelle 2: Einstufung Sanierungsstand / Zuordnung Vorlauftemperaturen .....	25
Tabelle 3: Im Grobkonzept untersuchte Erzeugungsvarianten .....	32
Tabelle 4: Zur Verfügung stehende Strommengen aus der Wärmeerzeugung .....	37
Tabelle 5: Deckungsbeitrag der Wärmeerzeugung an der Deckung des Strombedarfes .....	38
Tabelle 6: Notwendiger Ausbau der Photovoltaik .....	38
Tabelle 7: Stromerzeugung unter Berücksichtigung der Meilensteinziele PV .....	38
Tabelle 8: Einfluss des Netztyps auf die notwendige zusätzliche Stromerzeugung aus PV .....	39
Tabelle 9: Vorgehensweise Nutzwertanalyse .....	39
Tabelle 10: Nutzwertanalyse .....	41
Tabelle 11: Eignung dezentraler auf Erneuerbaren Energien beruhenden Wärmeerzeugern .....	44
Tabelle 12: Kennzahlen Kostenvergleich dezentral .....	45
Tabelle 13: Nutzungsdauern Kostenvergleich dezentral.....	46
Tabelle 14: Kostenvergleich dezentral zentral .....	47
Tabelle 15: Installierte Leistungen Variante Biomasse .....	48
Tabelle 16: Installierte Leistungen Variante Wärmepumpe.....	50
Tabelle 17: Wärmepumpenanlagen Variante „Wärmepumpe“ und „Biomasse min“ .....	51
Tabelle 18: installierte Leistungen Variante Biomasse min.....	52
Tabelle 19: Dimensionierung Haupttrassen .....	63
Tabelle 20: Abschätzung Trassenlänge Anschlussleitungen.....	63
Tabelle 21: Wärmeverluste der untersuchten Netzvarianten.....	64
Tabelle 22: Investitions-, Wartungs- und Instandhaltungskosten Wärmeverteilung (Preisniveau 2018) .....	66
Tabelle 23: Durchschnittliche spezifische Investitionskosten der Haupttrassen je Netzart .....	66
Tabelle 24: Spezifische Investitionskosten Anschlussleitungen .....	67
Tabelle 25: Kategorisierung Anschlussnehmer .....	67
Tabelle 26: Investitionskosten pro Übergabestation .....	68
Tabelle 27: Investitionskosten Übergabestationen.....	68
Tabelle 28: Kosten Wärmeerzeugung.....	69
Tabelle 29: Annahmen Energiekosten.....	71
Tabelle 30: Energiekosten der Wärmeerzeugung .....	71
Tabelle 31: Energiekosten durch Wärmeverluste .....	71
Tabelle 32: Energiekosten durch Strombedarf bei der Wärmeverteilung .....	72
Tabelle 33: Kennzahlen zur Bestimmung der CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren .....	79
Tabelle 34: Vermiedene CO <sub>2</sub> -Kosten.....	81

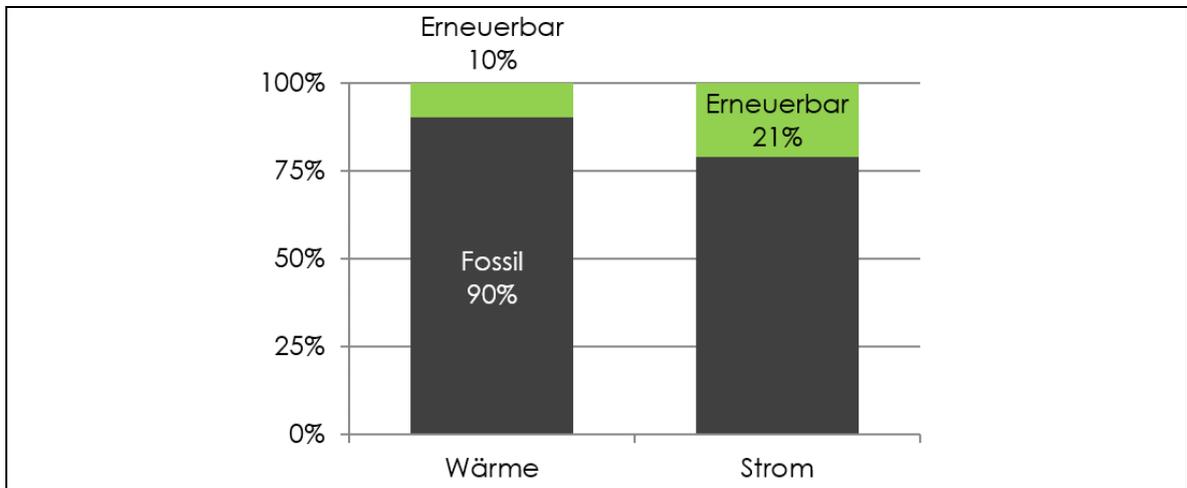
## 1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Die Gemeinde Vaterstetten hat sich zum Ziel gesetzt bis zum Jahr 2030 ihre Wärme und Stromversorgung zu 100 % aus Erneuerbaren Energien zu decken. Vor diesem Hintergrund besteht das Ziel der vorliegenden technischen Konzeptstudie darin, dass in Abbildung 1 dargestellte Areal, unter Betrachtung der wirtschaftlichen Möglichkeiten mit Erneuerbaren Energien zu versorgen. Hierfür werden sowohl technische als auch wirtschaftliche Lösungen für den Endausbau bis 2030 dargestellt. Dabei werden sowohl die Wärmeversorgung als auch die Stromversorgung und deren Zusammenspiel komplett betrachtet.



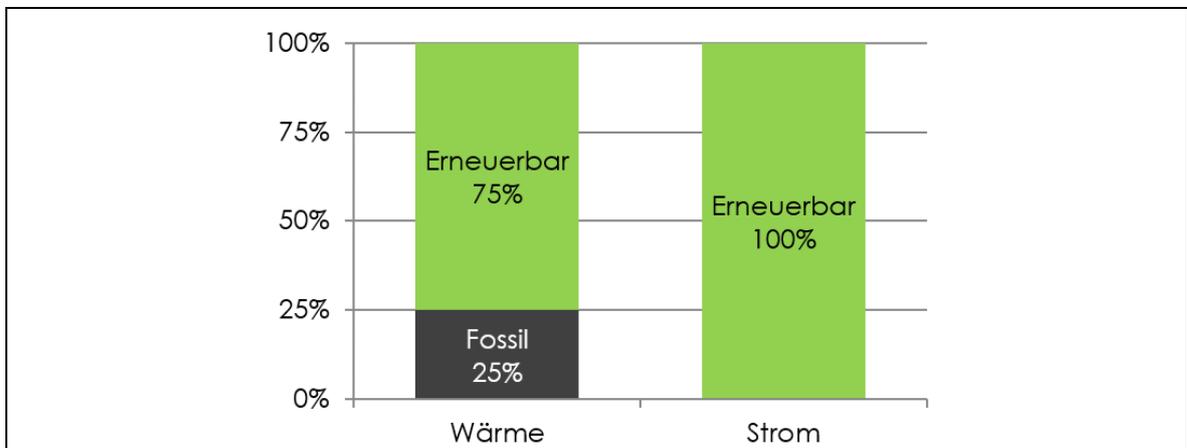
**Abbildung 1:** Darstellung des Untersuchungsgebietes

Die aktuelle Energieversorgung des Untersuchungsgebietes beruht hauptsächlich aus einer Energieerzeugung aus fossilen Energieträgern (vgl. Abbildung 2).



**Abbildung 2: Energieversorgung – aktueller Stand**

Das im Rahmen dieses Vorhabens definierte Ziel für 2030 ist in [Abbildung 3](#) dargestellt. Der Bereich Wärme ist dabei auf eine leitungsgebundene und nicht leitungsgebundene Energieversorgung anzuwenden. Der Anteil der fossilen Energieerzeugung an der Deckung des Wärmebedarfes entspricht dabei der Wärmeerzeugung aus bereits bestehenden Erzeugungsanlagen die in das Energieversorgungskonzept integriert werden.



**Abbildung 3: Energieversorgung – Ziel 2030**

Es werden im Rahmen einer Grob-Konzeptplanung der benötigte Energiebedarf ermittelt und mögliche sinnvolle Erzeugungs- und Versorgungsvarianten bewertet, sodass auf Basis der Grob-Konzeptplanung eine fundierte Entscheidung für die Weiterbearbeitung im Fein-Konzept getroffen werden kann.

Das Feinkonzept detailliert die in der Grob-Konzeptplanung ausgewählten Varianten und bewertet diese über eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

Darauf aufbauend wird ein Umsetzungskonzept erarbeitet.

## 2 Datengrundlage

### 2.1 Energiebedarf

Als Datengrundlage für die Ermittlung der Wärmebedarfe des Untersuchungsgebiets werden hauptsächlich die GIS-Daten des von Fachhochschule Kufstein Tirol im Jahr 2011 erstellten Wärmekatasters für das gesamte Gebiet der Gemeinde Vaterstetten verwendet.

Die Daten des Wärmekatasters beruhen unter anderem auf Ergebnissen die über eine Befragung mittels Fragebogen und vor Ort Begehungen beruhen. Insgesamt bietet das Kataster in Qualität und Umfang eine gute Datengrundlage zur Abschätzung des Energiebedarfs.

Gebäudespezifische Attribute wie beispielsweise die Baualter einzelner Gebäude stammen aus dem Datensatz „Energieerfassung\_IST\_Gebaeude“ in dem gebäudescharf der zur Erstellung des Katasters aktuelle Bestand abgebildet ist.

Im Rahmen des Wärmekatasters wurden mehrere zukünftige Energieszenarien für den erfassten Bestand entwickelt. Für die Betrachtung der zukünftigen Energiebedarfsentwicklung beziehen sich die folgenden Untersuchungen auf das Szenario „Standard+Nachverdichtung“. Innerhalb des Szenarios wird davon ausgegangen, dass der Wärmeenergiebedarf eines Gebäudes nach Sanierung 40% niedriger ist als im Ist-Zustand. Zusätzlich wird in diesem Szenario auf Basis des zur Erstellung des Wärmekatasters gültigen Flächennutzungsplanes eine Nachverdichtung von 200 Einwohnern pro Jahr berücksichtigt.

Größere und zukünftige Bebauungen, die nicht im Wärmekataster berücksichtigt sind, werden im Rahmen der Grob-Konzeptplanung im Wärmekataster berücksichtigt und siedlungsbezogen ergänzt. Hierzu wird das Wärmekataster mit der aktuellen Flurkarte verglichen. Zur Ermittlung der Wärmebedarfe sowie der Höchstlast und der Grundlast werden Gebäudebezogen Heizwärmebedarfe und Brauchwasserbedarfswerte pauschal nach Gebäudetyp ermittelt.

Die Wärme- und Strombedarfe zukünftiger und bestehender kommunaler und öffentlichen Liegenschaften wurden bei der Gemeinde Vaterstetten erfragt.

#### 2.1.1 Aktueller Energiebedarf

Das durchschnittliche Baujahr der bestehenden Gebäude im Untersuchungsgebiet ist das Jahr 1973 (Stand 2011). Die Baujahre der Bestandsgebäude (Stand 2011) sind in Abbildung 4 dargestellt.

Im Rahmen der Abschätzung des aktuellen Energiebedarfes wird der aktuelle Sanierungsstand (2017) berücksichtigt. Hierfür wird aufbauend auf dem Datensatz „Energieerfassung\_IST\_Gebaeude“ angenommen, dass sämtliche Gebäude älter als 45 Jahre energetisch saniert wurden. Weiter wird angenommen, dass der Wärmeenergiebedarf eines Gebäudes nach Sanierung 40% niedriger ist als im Ist-Zustand. Den aktuellen Sanierungsstand zeigt Abbildung 5.

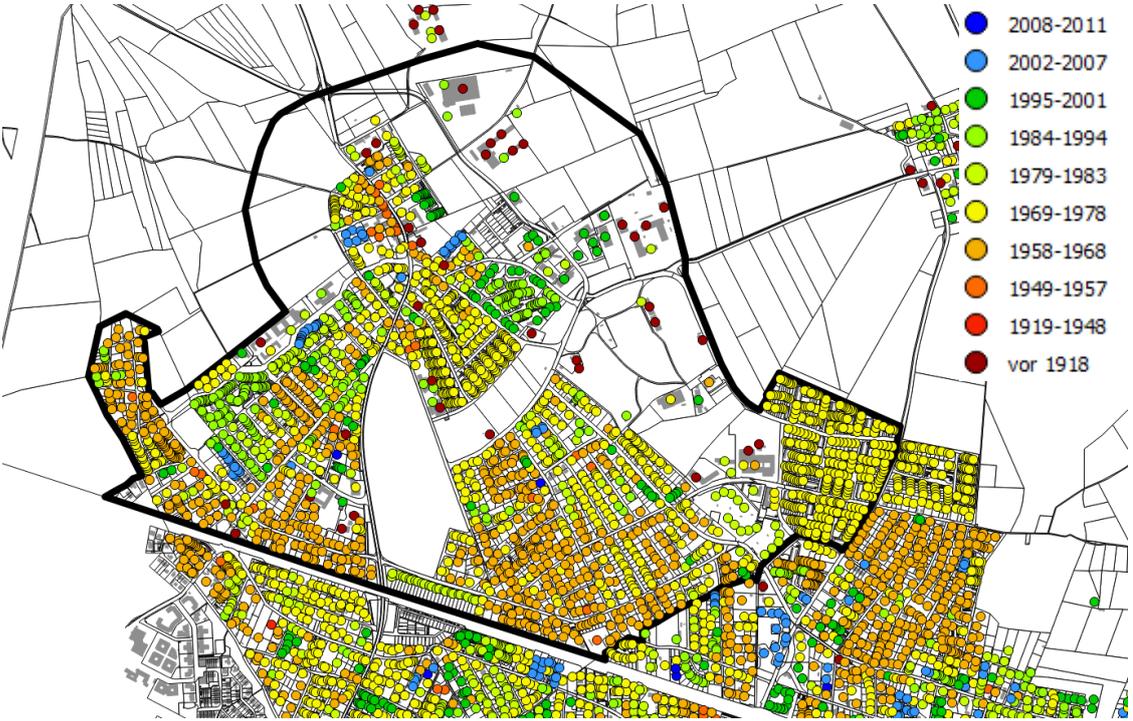


Abbildung 4: Baualter der Bestandsgebäude

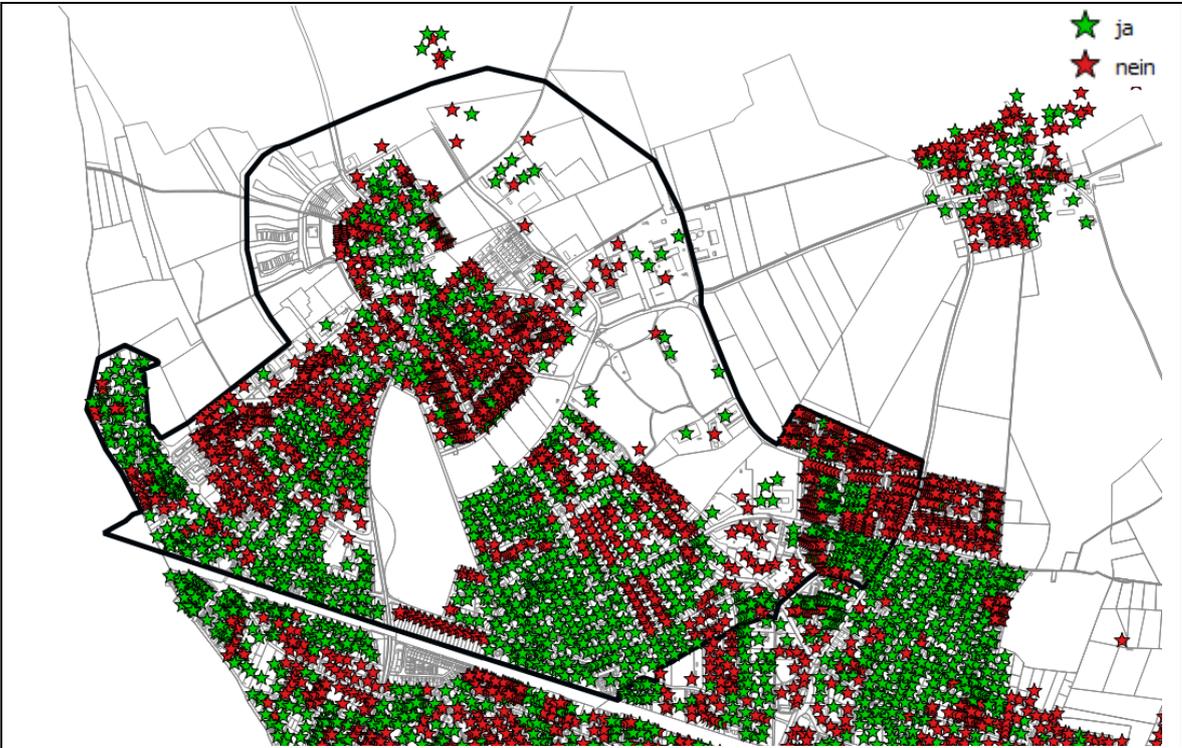
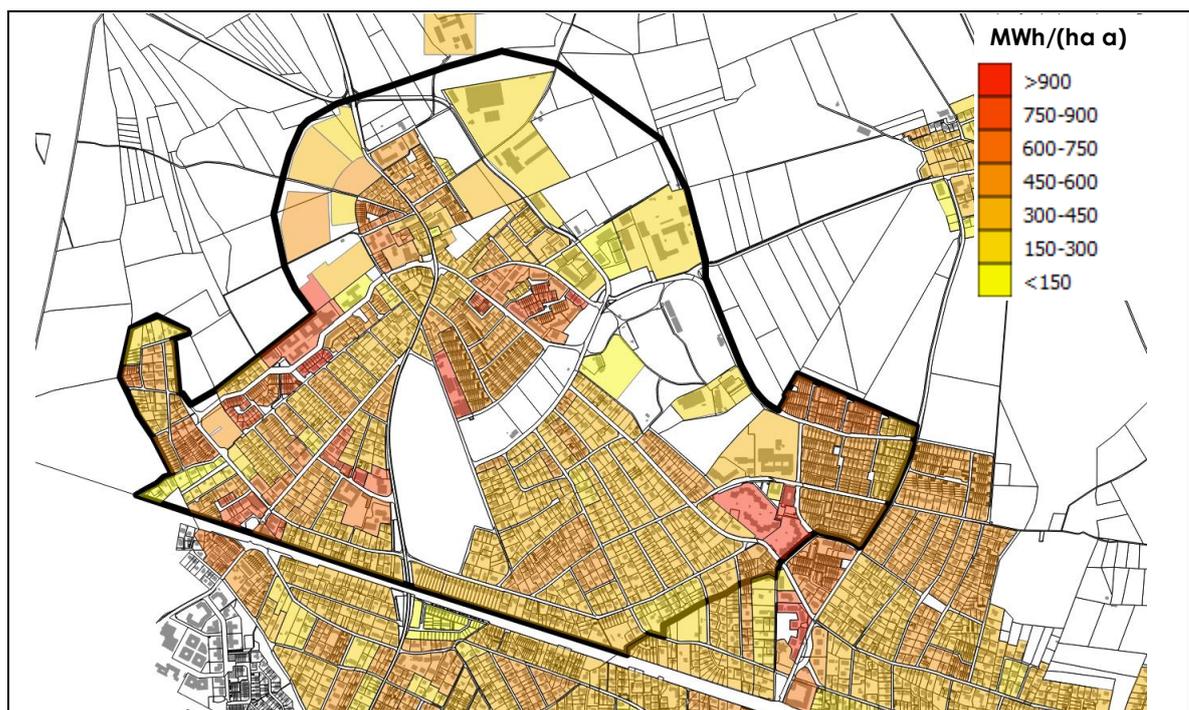


Abbildung 5: Sanierungsstand aktuell

Unter Berücksichtigung der zusätzlich zum Datensatz aus dem Wärmekataster bereits umgesetzte und geplanten Bebauungen ergibt sich ein aktueller **Wärmebedarf** des Untersuchungsgebietes von ca. **80.000 MWh/a**.

Bezogen auf einzelne Siedlungsgebiet stellen sich die Wärmebedarfsdichten beim aktuellen Energiebedarf wie in Abbildung 6 dargestellt dar. Insgesamt wird bei der Betrachtung der Wärmebedarfsdicht ein relativ hohes Niveau von größtenteils  $> 300 \text{ MWh}/(\text{ha a})$  erreicht. Die mittlere Wärmedichte der einzelnen Siedlungsgebiete beträgt ca.  $510 \text{ MWh}/(\text{ha a})$ .



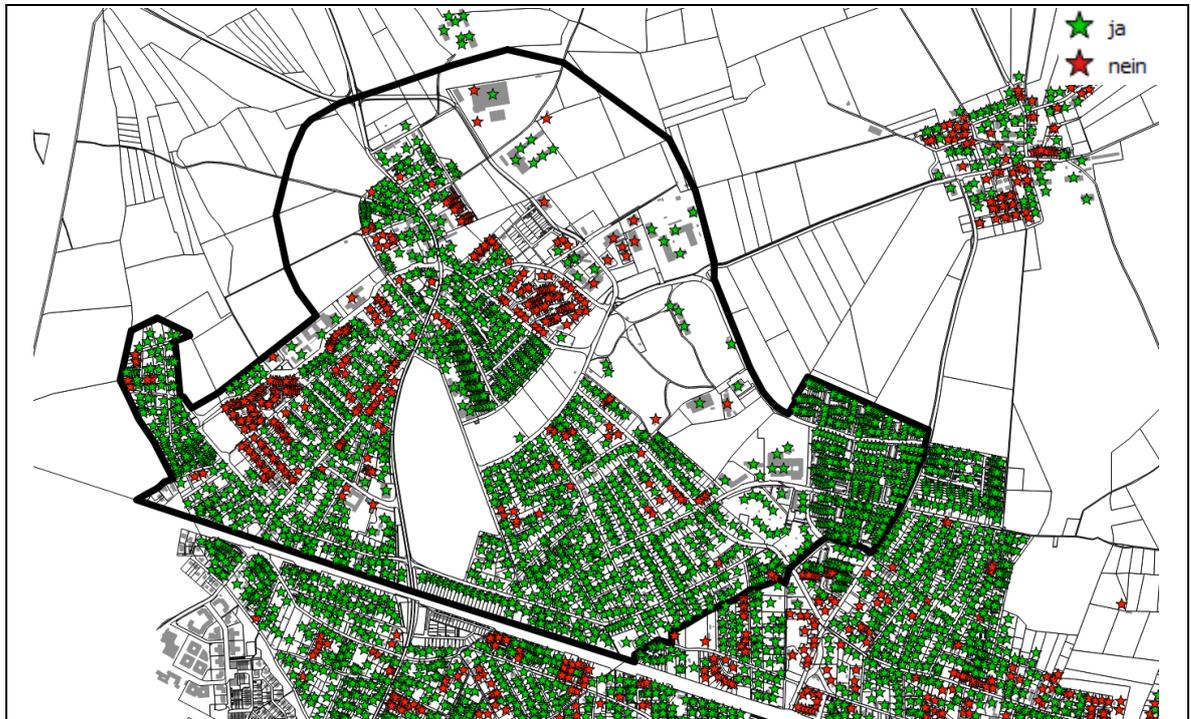
**Abbildung 6: Wärmebedarfsdichten aktuell**

Der aktuelle Strombedarf des Untersuchungsgebietes wird aufbauend auf dem Datensatz des Wärmekatasters und der Berücksichtigung des **Stromverbrauches** durch Straßenbeleuchtung auf **20.730 MWh/a** festgesetzt.

### 2.1.2 Energiebedarf 2030

Die Abschätzungen des Energiebedarfs 2030 beziehen sich auf den Wärmekataster-Datensatz „Standard+Nachverdichtung“. Innerhalb dieses Szenarios wird von einer Nachverdichtung von 200 Einwohnern pro Jahr (ab 2011) bezogen auf das gesamte Gemeindegebiet Vaterstetten ausgegangen. Zusätzlich hierzu sind, wie bei der Abschätzung des aktuellen Energiebedarfes, zum Datensatz aus dem Wärmekataster bereits umgesetzte und geplanten Bebauungen berücksichtigt worden.

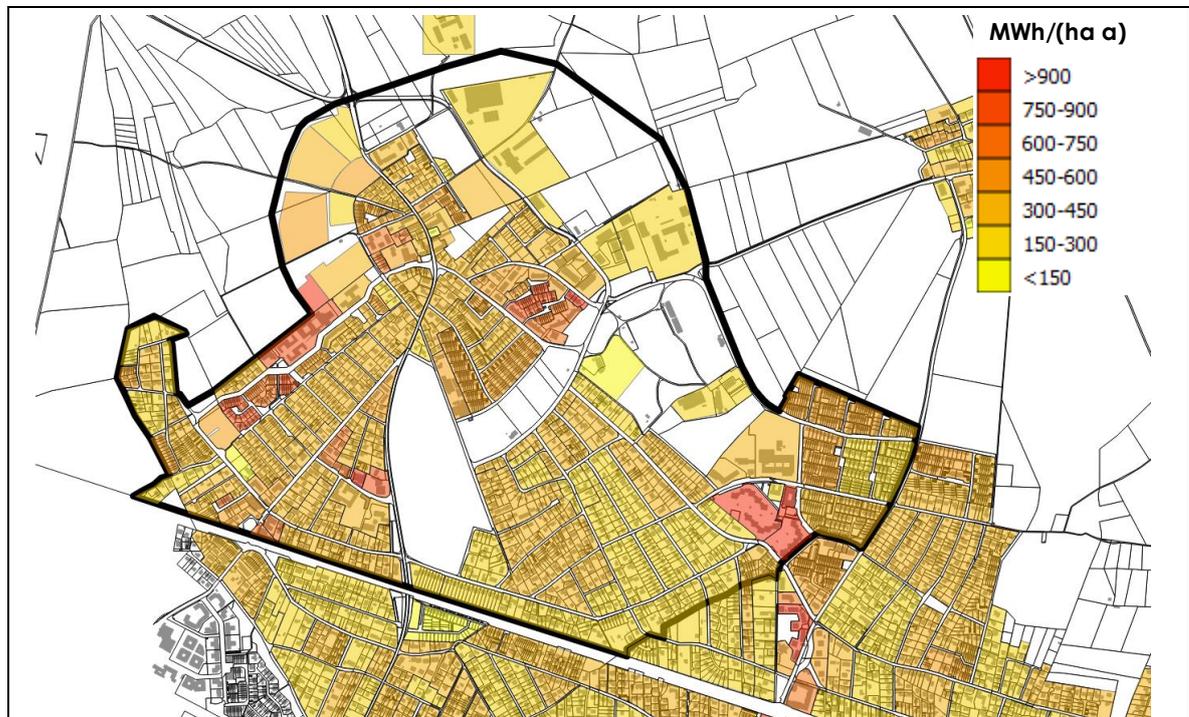
Unter dem gleichen Ansatz wie bei der Bestimmung des aktuellen Sanierungsstandes ergibt sich für der in Abbildung 7 dargestellte Sanierungsstand und insgesamt ein **Wärmebedarf** für 2030 von **63.000 MWh/a**.



**Abbildung 7: Sanierungsstand 2030**

Durch die voranschreitende Sanierung des Gebäudebestandes ergeben sich die [Abbildung 8](#) dargestellten Wärmebedarfsdichten der einzelnen Siedlungsgebiete. Die Mittlere Wärmebedarfsdichte beträgt 2030 ca. 400 MWh/(ha a).

Für 2030 wird von einem **Strombedarf**, inkl. Straßenbeleuchtung, von **21.560 MWh/a** ausgegangen.

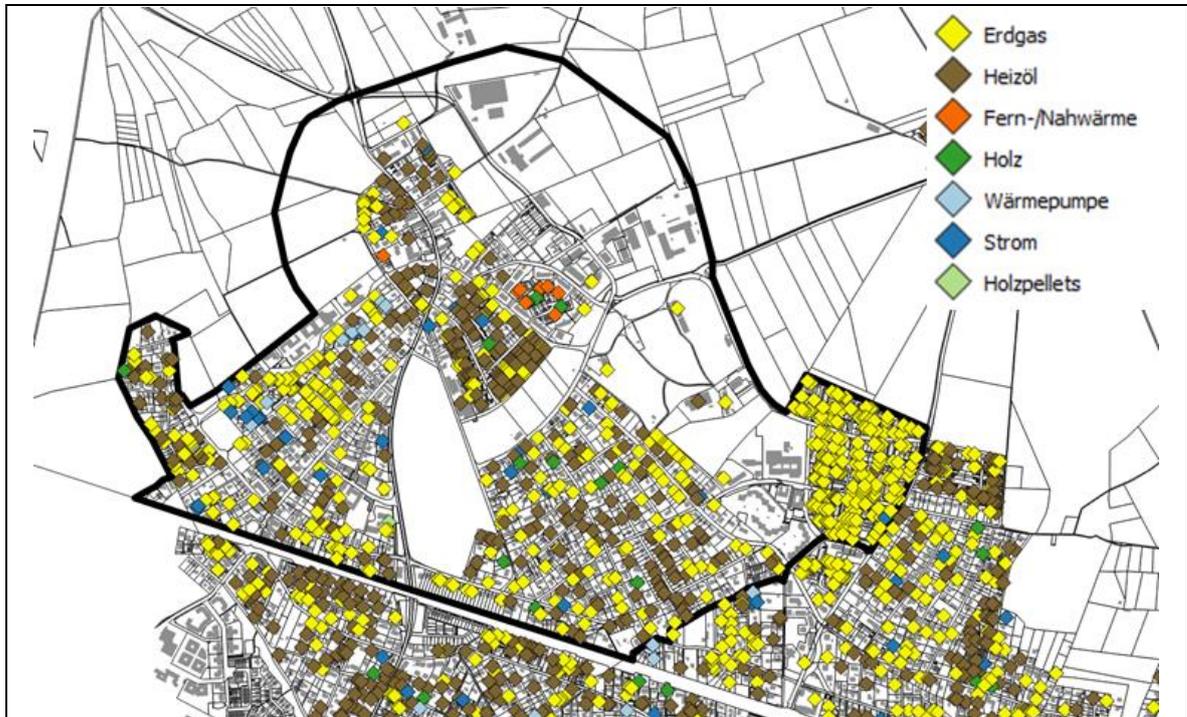


**Abbildung 8: Wärmebedarfsdichten 2030**

## 2.2 Bestehende Versorgungsstruktur

### 2.2.1 Dezentrale Wärmeerzeugung

Die dezentrale Wärmeerzeugung wurde im Rahmen der Erstellung des Wärmekatasters unter anderem über die Auswertung Fragebögen dokumentiert. Welche Wärmeträger wo im Untersuchungsgebiet eingesetzt werden stellt [Abbildung 9](#) dar. Hauptsächlich erfolgt die dezentrale Wärmeerzeugung über Erdgas. Der Zugang zum Gasnetz ist bis auf wenige Ausnahme im gesamten Untersuchungsgebiet gewährleistet. Auch Heizölbefeuerte Ofenanlagen werden häufig eingesetzt, wohingegen Biomasseanlagen und Wärmepumpenanlagen (Strom) selten verwendet werden.



**Abbildung 9: Energieträger dezentraler Wärmeversorgungsanlagen**

## 2.2.2 Zentrale Wärmeerzeugung

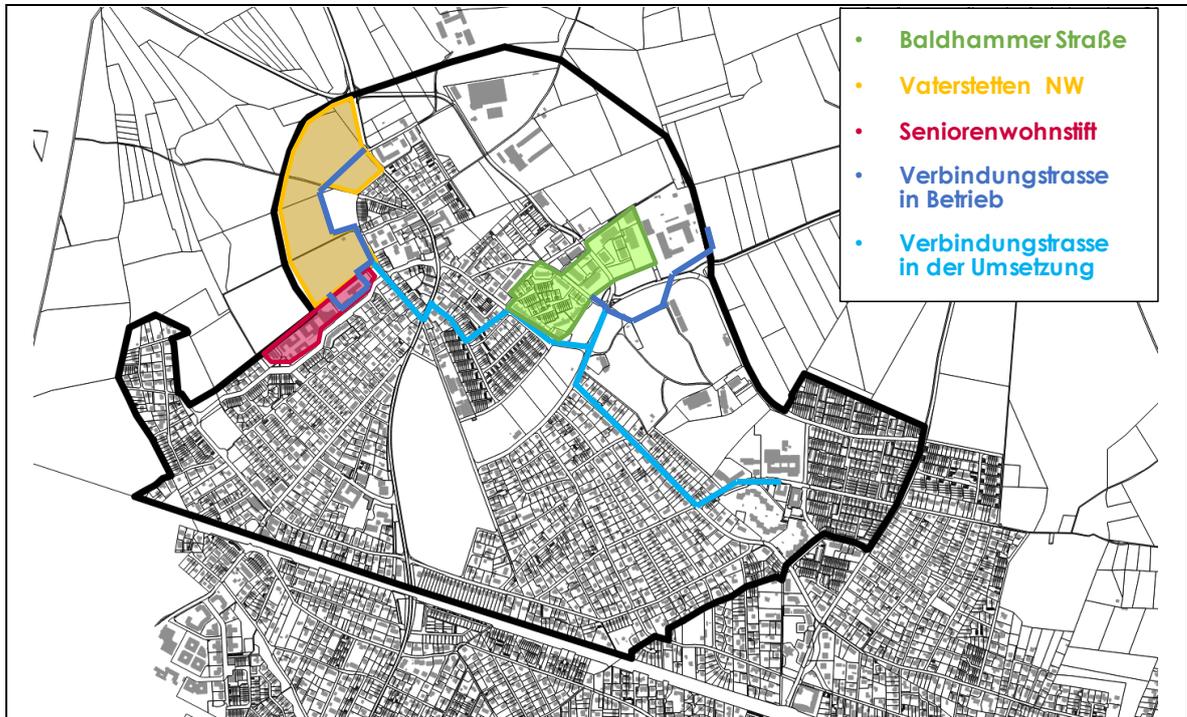
Zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie werden im Untersuchungsgebiet die in [Abbildung 10](#) dargestellten Gebiete über eine zentrale Wärmeversorgung (Fernwärme) versorgt. Zusätzlich erfolgt die Versorgung des Sportzentrums, des Neubaus der Mittelschule und des bestehenden Schulzentrums über Fernwärme.

Der Neubau der Mittelschule und der Anschluss des Schulzentrums an die in [Abbildung 10](#) dargestellte Verbindungstrasse befindet sich, genauso wie die Verbindung zwischen den beiden bestehenden Trassen, zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie in der Umsetzung und wird als Bestand angesehen.

Die Wärmeversorgung des Fernwärmenetzes an der Baldhammer Straße, des Sportzentrums und des Neubaus der Mittelschule erfolgt über eine Heizentrale an der Kreuzung Johann-Sebastian-Bach-Straße – Baldammer Straße. Die Heizentrale ging 2017 in Betrieb. Installiert ist ein BHKW mit ca. 785 kW thermischer Leistung und ein Spitzenlastkessel mit 3,5 MW. Der vom BHKW produzierte Strom soll überwiegend im Sportzentrum und dem Neubau der Mittelschule verbraucht werden. Das Sportzentrum und der Neubau der Mittelschule ist direkt an die Stromerzeugung des Heizkraftwerks angeschlossen.

Das Sportzentrum wird zusätzlich über das BHKW der Biogasanlage Böhm mit Wärme versorgt. Betrieben wird das BHKW vom Betreiber der Biogasanlage. Das BHKW erhält ihre Förderung gemäß EEG bis 2027. Die Auskopplung von Wärme für das Wärmenetz ist auf 180 kW ausgelegt. Eine detailliertere Beschreibung der Biogasanlage Böhm erfolgt in Kapitel 2.3.

Die Gebiete „Vaterstetten NW“ und „Altenheim“ werden über eine Heizentrale am Altenheim versorgt, die zum Zeitpunkt der Erstellung über Heizölkessel betrieben wird.



**Abbildung 10: Dezentrale Energieversorgung aktuell**

### 2.2.3 Erneuerbare Stromerzeugung

Die gesamte installierte Leistung der Photovoltaikanlagen unter 30 kW<sub>P</sub> im Gemeindegebiet beträgt 3.428 kW<sub>P</sub><sup>2</sup>. Ausgehend davon, dass 33 %<sup>3</sup> der Anlagen im Untersuchungsgebiet installiert sind, ergibt sich für das Untersuchungsgebiet für Anlagen unter 30 kW<sub>P</sub> eine installierte Leistung von 1.131 kW<sub>P</sub>. Bei einem durchschnittlichen Stromertrag von 950 kWh/(kW<sub>P</sub>/a) ergibt sich so eine erzeugte Strommenge von 1.075 MWh/a.

Weiter befinden sich im Untersuchungsgebiet Photovoltaikanlagen größer 30 kW mit insgesamt 531 kW<sub>P</sub> die insgesamt 675 MWh/a an Strom erzeugen<sup>4</sup>.

Insgesamt werden so im Untersuchungsgebiet aktuell mit 1.662 kW<sub>P</sub> 1.750 MWh/a erzeugt, was ca. 8,5 % des Strombedarfes 2017 entspricht.

Die dem Untersuchungsgebiet zugeordnete Biogasanlage Böhm erzeugt bei einer aktuellen Bemessungsleistung von 290 kW<sub>el</sub> ca. 2.540 MWh/a. Das entspricht einem Anteil von 12 % an der Deckung des Strombedarfes 2017.

<sup>2</sup> [www.energieatlas.bayern.de](http://www.energieatlas.bayern.de) (Datenstand 31.12.2015)

<sup>3</sup> Im Untersuchungsgebiet befindet sich grob geschätzt 33 % der Bebauung der Gesamten Gemeinde Vaterstetten

<sup>4</sup> [www.energieatlas.bayern.de](http://www.energieatlas.bayern.de) (Datenstand 31.12.2015)

## 2.3 Potenziale

Der Konzeptentwicklung (Kapitel 3) liegt eine Priorisierung der vorhandenen Energieressourcen nach deren Primärenergiefaktoren (vgl. Abbildung 11) zugrunde. Entsprechend dieser Reihenfolge für eine zentrale Wärmeversorgung erfolgt die Untersuchung der jeweiligen Potenziale.



**Abbildung 11: Priorisierung der Energieressourcen**

### Ortsgebundene hochwertige Abwärme

Unter ortsgebundener hochwertiger Abwärme wird die nicht vermeidbare Abwärme aus Industrie- und Stromerzeugungsprozessen verstanden. Im Untersuchungsgebiet sind keine entsprechenden Wärmequellen bekannt.

### Thermische Solarenergie

Der mittlere Jahreswert der Globalstrahlung im Untersuchungsgebiet liegt zwischen 1.180 und 1.194 kWh<sup>5</sup>. Im Rahmen einer netzgebundenen zentralen Wärmeversorgung kann die Solarenergie über eine zentrale Freiflächenanlage sowie über dezentrale Solarthermie-Großanlagen bereitgestellt werden.

<sup>5</sup> ENERGIE-ATLAS BAYERN (2018) Sonnenscheindauer Jahresmittel (online) [www.geoportal.bayern.de](http://www.geoportal.bayern.de). (Verfügbar unter: [http://geoportal.bayern.de/energieatlas-karten/?wicket-crypt=yKeyL\\_3DLwc&marker=true&lon=4485008.2009539&lat=5331538.5419534&zoom=6&base=902&layers=94%280.7%29](http://geoportal.bayern.de/energieatlas-karten/?wicket-crypt=yKeyL_3DLwc&marker=true&lon=4485008.2009539&lat=5331538.5419534&zoom=6&base=902&layers=94%280.7%29))

Ein potenzieller Standort für eine Solarthermie-Freiflächenanlage ist der Bereich Süd-Östlich der Raststätte Vaterstetten West. Mit entsprechenden zentralen Solarthermie-Freiflächenanlagen lassen sich solare Deckungsgrade zwischen 10 und 20 % erreichen.

Dezentrale Großanlagen nutzen große Dachflächen zur Wärmeerzeugung. Potenzielle Dachflächen befinden sich typischerweise auf öffentlichen Bauten wie Schulen, Gewerbebauten oder auf Dächern des Geschosswohnungsbaus. Die einzelnen Anlagen speisen die Wärme über Übergabestationen ins Wärmenetz ein. Die Einspeisung kann auch als Überschusseinspeisung erfolgen. Zur Speicherung der Wärme können das Netz oder eigene Wärmespeicher verwendet werden. Je nach erwarteter eingespeister Wärmemenge ist es sinnvoll die solare Wärme in den Vorlauf oder den Rücklauf des Netzes einzuspeisen.

Im Untersuchungsgebiet befinden sich potenzielle Dachflächen unter anderem auf dem Neubau der Mittelschule, dem Humboldt-Gymnasium und den Hochhäusern am Gustav-Mahler-Weg. Weitere Potenzialflächen werden auf öffentlichen Neubauten, beispielsweise der Grundschul-Turnhalle oder einer Erweiterung des Gemeindezentrums sowie auf sonstigen Neubauprojekten im Baugebiet Vaterstetten Nord-West oder am Standort der alten Mittelschule gesehen. Insgesamt kann für dezentrale Großanlagen von einem Potenzial bis 2030 von einer Netto-Kollektorfläche von ca. 2.700 m<sup>2</sup> ausgegangen werden.

### Tiefengeothermie Wärme

Das Potenzial der Wärme aus Tiefengeothermie wurde im Rahmen der Studie nicht betrachtet. Der Netzausbau wird allerdings entsprechend dimensioniert, sodass eine mögliche Einbindung einer geothermischen Erzeugung aus südlicher Richtung möglich ist.

### KWK auf Biomasse Basis

Zurzeit wird im Untersuchungsgebiet eine Biogasanlage betrieben. Die Biogasanlage Böhm wurde Ende 2007 in Betrieb genommen und 2012 erweitert. Im Jahr 2017 wurde die Anlage mit einer Bemessungsleistung von 290kW<sub>el</sub> betrieben. Die Biogasanlage ist an das bestehende Wärmenetz angeschlossen und speist aktuell mit einer Leistung von ca. 150kW<sub>th</sub> ein. Zusätzlich wird die Wärme genutzt um den Reitsberger Hof mit Wärme zu versorgen (ca. 300 MWh<sub>th</sub>/a). An der Anlage ist eine Trocknungsanlage vorhanden die unregelmäßig betrieben wird. Aktuelle Kennzahlen der Biogasanlage Böhm sowie das angenommen Potenzial der Biogasanlage 2030 sind in [Tabelle 1](#) dargestellt.

Die Biogasanlage wird hauptsächlich mit zugekauften Substraten und dem Mist aus der Bullenmast am Standort betrieben. Außer der Biogasanlage Böhm wird aufgrund der Substratverfügbarkeit kein Potenzial für eine weitere KWK aus Biogas gesehen.

**Tabelle 1: Kennzahlen Potenzial Biogasanlage Böhm**

	IST	Potenzial 2030
<b>Bemessungsleistung</b>	290 kW <sub>el</sub>	500 kW <sub>el</sub>
<b>Wärmeerzeugung</b>	3.000 MWh <sub>th</sub> /a	5.150 MWh <sub>th</sub> /a
<b>Eigenbedarf Wärme</b>	300 MWh <sub>th</sub> /a	
<b>Wärme Reitsberger Hof</b>	300 MWh <sub>th</sub> /a	
<b>Verfügbar für Wärmenetz</b>	2.400 MWh <sub>th</sub> /a	4.550 MWh <sub>th</sub> /a
<b>Stromerzeugung</b>	2.540 MWh <sub>el</sub> /a	4.380 MWh <sub>el</sub> /a

Das gesamte Energiepotenzial aus Waldholz für die gesamte Gemeinde Vaterstetten beträgt ca. 7.850 MWh/a<sup>6</sup>. Für den gesamten Landkreis Ebersberg besteht inklusive der Erträge von potenziellen Kurzumtriebsplantagen ein freies Potenzial für holzartige Biomasse von ca. 30.200 MWh<sup>7</sup>.

Im Hinblick auf die Größenordnung des Energiebedarfes des Untersuchungsgebietes wird das zusätzliche Potenzial der Energieerzeugung aus holzartiger Biomasse als gering eingeschätzt.

### **Umweltwärme**

Unter Nutzung der Umweltwärme wird die Nutzung der Abwärme aus Abwasserreinigungsanlagen, niederwertiger Wärme aus Industrie sowie eine Nutzung der Wärme aus Flüssen Seen, Grundwasser Erdreich oder Luft verstanden. Mittels Wärmepumpen wird die Wärme dabei auf ein höheres Temperaturniveau gehoben.

### **Grundwasser**

Grundwasser-Wärmepumpen nutzen direkt die im Grundwasser gespeicherte Wärmeenergie, indem ein oberflächennahes Grundwasserstockwerk über einen Förder- und einen Schluckbrunnen erschlossen wird.

Aus dem sogenannten Förderbrunnen wird das Grundwasser zur Wärmepumpe geleitet. Nachdem die Wärmepumpe dem Grundwasser die Wärmeenergie entzogen hat, wird das abgekühlte Grundwasser in den Schluckbrunnen zurückgeführt. Um einen thermischen Kurzschluss zu verhindern, ist es erforderlich den Förderbrunnen in Fließrichtung des Grundwassers vor den Schluckbrunnen zu bauen. Außerdem sollte bei Wärmepumpenanlagen zwischen den beiden Brunnen ein der Leistung der Anlage angepasster Abstand eingehalten werden.

Ein Vorteil der in der Nutzung des Grundwassers besteht darin, dass die Temperatur des Grundwassers ganzjährig relativ gleichbleibend zwischen 8 und 12 °C liegt und die Jahresarbeitszahl somit einen günstigen Wert erzielt. Zahlen über das Temperaturniveau des Grundwassers direkt in Vaterstetten liegen nicht vor.

In Trinkwasserschutzgebieten ist die Nutzung der Umweltwärme nicht möglich. Wie in [Abbildung 12](#) dargestellt befinden sich weder festgesetzten sowie planreife Wasserschutzgebiete im Untersuchungsgebiet.

---

<sup>6</sup> ENERGIE-ATLAS BAYERN (2018) Energiepotenzial aus Waldholz (online) [www.geoportal.bayern.de](http://www.geoportal.bayern.de). (Verfügbar unter: [http://geoportal.bayern.de/energieatlas-karten/?wicket-crypt=XGm02sfk\\_wk&wicket-crypt=p8dbwPIDsiXInv311-BAfBcVcwRBm6o1LpNgd2uXdwjhn9OWROH43Vsow9WykQz1&marker=true&lon=4485008.2009539&lat=5331538.5419534&zoom=6&base=902&layers=94%280.7%29](http://geoportal.bayern.de/energieatlas-karten/?wicket-crypt=XGm02sfk_wk&wicket-crypt=p8dbwPIDsiXInv311-BAfBcVcwRBm6o1LpNgd2uXdwjhn9OWROH43Vsow9WykQz1&marker=true&lon=4485008.2009539&lat=5331538.5419534&zoom=6&base=902&layers=94%280.7%29))

<sup>7</sup> LANDKREIS EBERSBERG (2015) Der Energienutzungsplan für die Gemeinden im Landkreis Ebersberg. Ebersberg: Landkreis Ebersberg



**Abbildung 12: Festgesetzte und planreife Trinkwasserschutzgebiete**

Grundsätzlich ist für jede Brunnenanlage die wasserrechtliche Erlaubnis zu beantragen und die entnehmbare Wassermenge über Pumpversuche nachzuweisen. Je mehr Wasser gefördert werden kann, desto mehr Wärmeleistung kann dem Wasser entzogen werden.

Die Heizzentrale des bestehenden Wärmenetzes „Altenheim“ (vgl. Kapitel 2.2.2) besitzt eine Grundwasserbrunnenanlage die aktuell nicht betrieben wird. Die aktuelle wasserrechtliche Erlaubnis des Brunnens schreibt eine maximale Förderrate von 31 l/s, eine maximale Abkühlung um 5 K und eine maximale zu fördernde Wassermenge von 297.560 m<sup>3</sup>/a vor.

Aus der wasserrechtlichen Erlaubnis ergibt sich eine, dem Grundwasser maximal entziehbare Wärmeleistung von ca. 650 kW und eine maximale entnehmbare Wärmemenge von ca. 1.730 MWh/a.

Am 10.07.2017 wurde an der Brunnenanlage des Altenheims ein 23-stündiger Pumpversuch durchgeführt und ermittelt, dass bei der aktuellen maximalen Belastung der Brunnenanlage (laut Genehmigung) die Grenze der Brunnenleistung „noch lange nicht erreicht“<sup>8</sup> ist.

Aufgrund der Ergebnisse des Pumpversuches wird das Potenzial von einzelnen Grundwasserbrunnenanlagen im Untersuchungsgebiet auf Entnahmeleistungen von bis zu 1.200 kW und entnehmbaren Wärmemengen von 3.450 MWh/a geschätzt.

<sup>8</sup> GEO4 Gesellschaft für geotechnik und Geophysik mbH (2017) Pumpversuch und Funktionstest Brunnenanlage am Altenwohnheim Fasänenstraße 20 85591 Vaterstetten. Juli 2017.

Insgesamt wird davon ausgegangen, dass über das gesamte Untersuchungsgebiet dem Grundwasser eine Wärmemenge von 15.000 MWh entnommen werden kann.

### **Abwasser**

Die Temperatur von Abwasser ist in der meisten Zeit des Jahres höher als die Temperatur von Grundwasser. Da somit ein geringerer Temperaturhub auf die Vorlauftemperatur des Heizungssystems nötig ist, ergeben sich durch die Nutzung von Abwasser als Wärmequelle bessere Leistungszahlen der Wärmepumpe.

Der in Vaterstetten vorhandene Abwasser-Sammelkanal verläuft entlang der Dorfstraße. Im April 2016 wurden über 16 Tage Temperatur- und Volumenstrommessungen im Sammelkanal durchgeführt. Dabei lag die Temperatur des Abwassers zwischen 12 und 15 °C. An vergleichbaren Messtellen sinkt im Winter auf bis zu 9 °C ab und steigt im Sommer auf bis zu 19,5 °C an. Der Volumenstrom im vermessenen Abschnitt liegt während des Messzeitraumes zwischen 20 und 120 l/s. Der niedrigste Tagesmittelwert im Betrachtungszeitraum beträgt ca. 64 l/s.

Aus Gründen der technischen Realisierbarkeit und der Wirtschaftlichkeit ist für den Volumenstrom des Abwassers ein Mindestdurchsatz von 15 l/s im Tagesmittel bei Trockenwetter erforderlich. Dieser ist im betrachteten Kanalabschnitt gewährleistet.

Die mögliche Temperaturabsenkung des Abwassers ist abhängig vom Temperaturniveau des Abwassers und den Vorgaben der Kläranlagenbetreiber. Eine Absenkung der Grundwassertemperatur unter 10 °C bzw. eine Absenkung des Temperaturniveaus um mehr 0,5 K kann zu einer Verschlechterung des nachfolgenden Klärprozesses führen und muss daher mit dem Kläranlagenbetrieb abgestimmt werden. Hierdurch wird die potenziell zu entnehmende Wärmemenge eingeschränkt.

Das Potenzial der entnehmbaren Wärmeleistung aus dem Abwasserkanal beträgt im Maximalfall (Volumenstrom: 79 l/s, Temperaturabsenkung: 2 K) ca. 660 kW. Im Minimalfall (Volumenstrom: 32 l/s, Temperaturabsenkung 0,5 K) ca. 70 kW.

## 3 Grob-Konzeptplanung

Ziel der Grobkonzeptplanung ist es die Grundlagen für die Feinkonzeptplanung zu schaffen. Hierzu werden aufbauend auf den ermittelten Bedarf für 2030 (Kapitel 2.1) und der bestehenden Versorgungsstruktur (Kapitel 2.2) unterschiedliche Konzepte der Wärmeverteilung und der Wärmeerzeugung entwickelt und miteinander verglichen

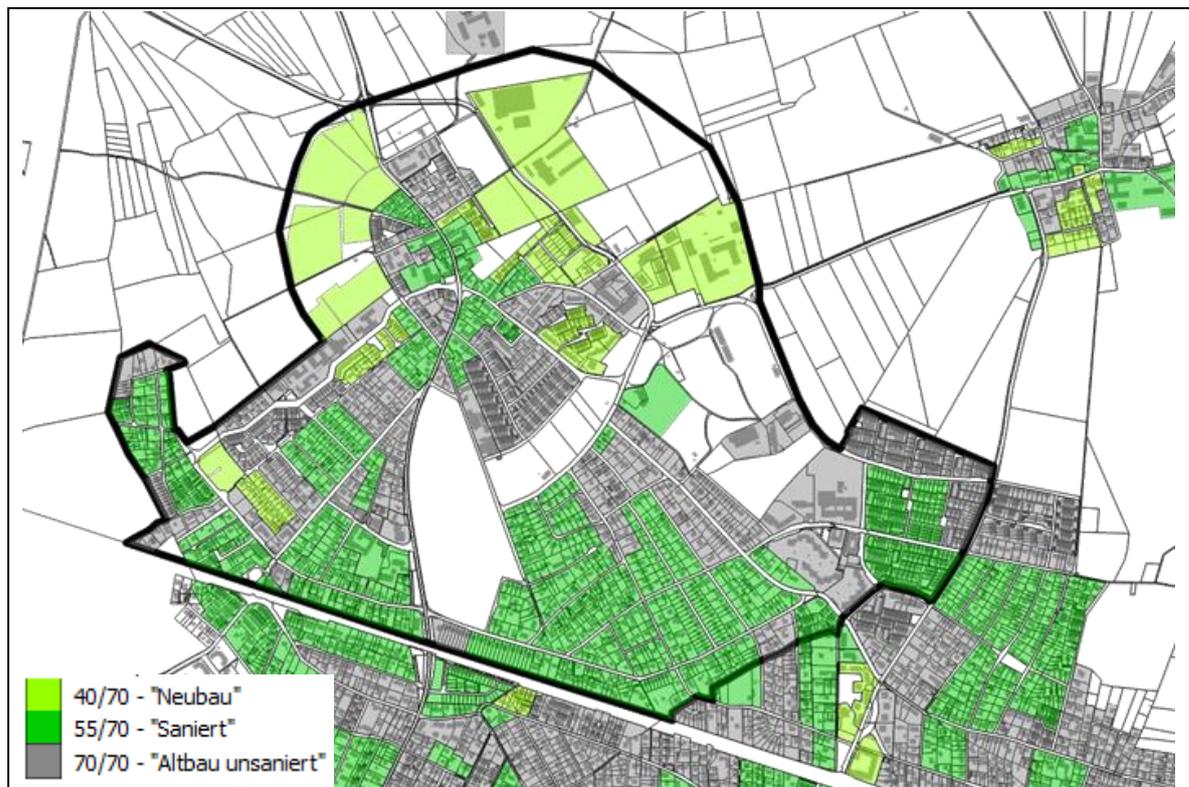
Hierzu wird in einem ersten Schritt der bisherige und zukünftige Energiebedarf bezogen auf die Fläche des Untersuchungsgebietes ermittelt. Darauf aufbauend wird der aktuelle und geplante Bestand der Versorgungsstruktur abgebildet. Als Ergebnis werden unterschiedliche Potenzialgebiete ermittelt die das Entwickeln und Bewerten von möglichen Erzeugungs- und Versorgungskonzepten ermöglichen.

### 3.1 Verteilung

Grundlage für die Entwicklung der Netzvarianten ist der Sanierungsstand der einzelnen Siedlungseinheiten im Untersuchungsgebiet. Abhängig vom Sanierungsstand werden unterschiedliche vorherrschende Vorlauftemperaturen für die Heizungswärme (HW) angenommen. Der Sanierungsstand wird über das mittlere Baualter der Gebäude in den Siedlungseinheiten bestimmt. Wurde das Gebäude nach 1990 errichtet wird es als „Neubau“ kategorisiert, ist das Gebäude älter als 45 Jahre (Baujahr vor 1972) wird davon ausgegangen, dass dieses saniert wurde. Gebäude die zwischen 1972 und 1990 errichtet wurden werden im folgendem als „Altbau“ bezeichnet. Tabelle 2 fasst die Kriterien der Einordnung des Sanierungsstandes und die damit verbunden vorherrschenden Vorlauftemperaturen zusammen. Die Einstufung der einzelnen Siedlungsgebiete für das Jahr 2017 ist in [Abbildung 13](#) dargestellt. Aufgrund der angelegten Kriterien ergibt sich für das Jahr 2030, dass nahezu alle Siedlungseinheiten als „Saniert“ eingestuft werden.

**Tabelle 2: Einstufung Sanierungsstand / Zuordnung Vorlauftemperaturen**

Sanierungsstand	Neubau	Altbau	Saniert
<b>Baujahr</b>	> 1990	1972...1990	< 1972
<b>Vorlauf Heizungswärme (HW)</b>	40	55	70
<b>Vorlauf Warmwasser (WW)</b>	70	70	70



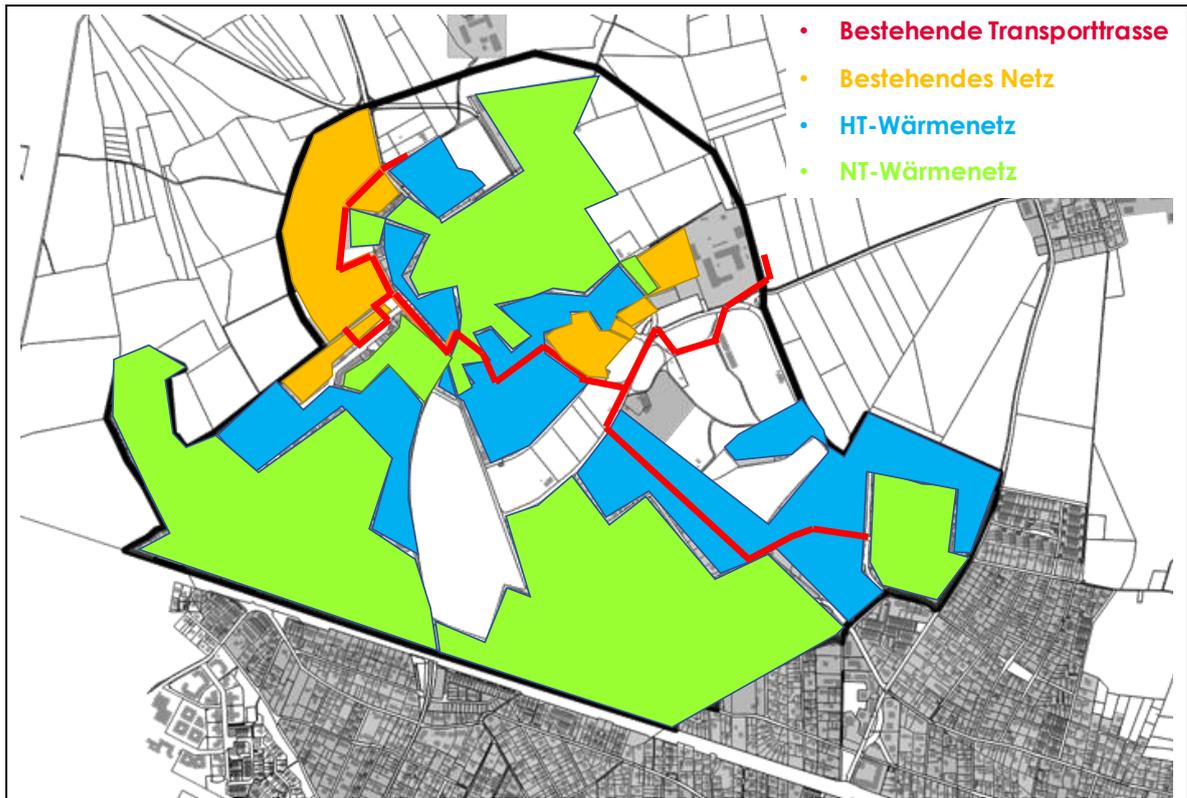
**Abbildung 13: Vorherrschende Vorlauftemperaturen HW/WW 2017**

Die Höhe der HW-Vorlauftemperaturen von Neubauten ist auf die Annahme zurückzuführen, dass seit 1990 vorwiegend Flächenheizungen, wie beispielsweise Fußbodenheizungen, eingesetzt werden. Bei sanierten Gebäuden wird angenommen, dass durch die Sanierung der Heizwärmebedarf und der benötigte Leistungsbedarf zum Heizen gesenkt wurde. Gleichzeitig bleibt die bereits installierte Heizfläche bestehen, wodurch das Temperaturniveau der Heizungswärme gesenkt werden kann.

Die niedrigen HW Vorlauftemperaturen in Siedlungsgebieten die als „Neubau“ oder „Saniert“ eingestuft werden bieten das Potenzial innovative Wärmenetze umzusetzen, die neben der Reduktion von Wärmeverlusten einen effizienten Betrieb erneuerbarer Wärmeerzeuger wie solarthermische Anlagen und Umweltwärmepumpen im Wärmenetz ermöglichen.

Im folgendem werden Wärmenetze mit HW-Vorlauftemperaturen über 70 °C als Hochtemperatur-Wärmenetze (HT-Wärmenetze) und Wärmenetze mit HW-Vorlauftemperaturen unter 70 °C als Niedertemperatur-Wärmenetze (NT-Wärmenetze) bezeichnet.

In Abbildung 14 wurden die in Abbildung 13 dargestellten nach vorherrschenden Vorlauftemperaturen kategorisierten einzelnen Siedlungsgebiete zu größeren Gebieten zusammengefasst, in denen entweder bereits ein Wärmenetz betrieben, hauptsächlich hohe oder niedrige HW-Vorlauftemperaturen vorherrschen.



**Abbildung 14: Kategorisierung Untersuchungsgebiet nach potenziellen Netztemperaturen**

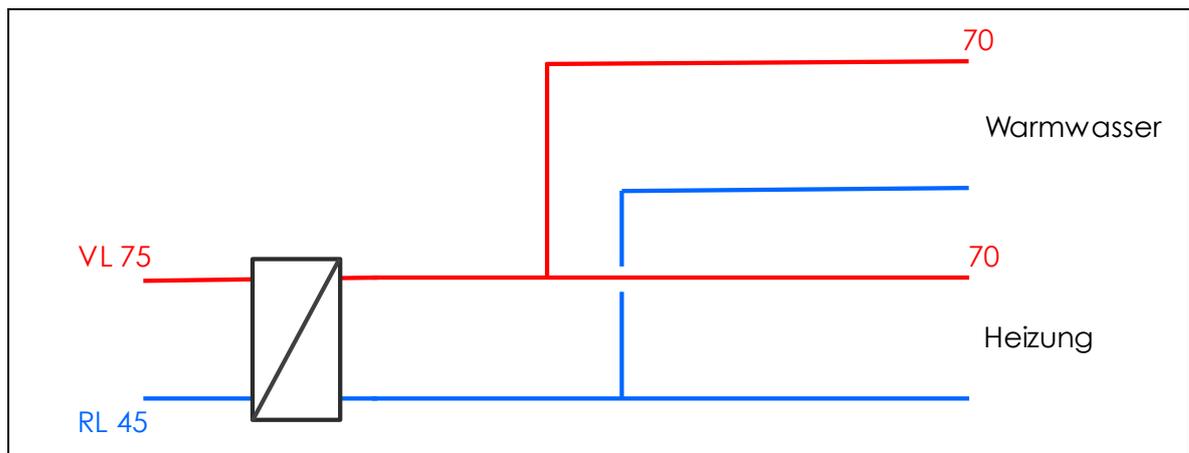
Auf die dargestellten Flächen bezogen werden 8 % der Siedlungsfläche im Untersuchungsgebiet bereits mit dem bestehenden Netz abgedeckt, für den Betrieb eines NT-Wärmenetzes sind 61 % der Siedlungsfläche geeignet.

Die bestehenden Wärmenetze werden aktuell als HT-Wärmenetze betrieben. Dies schließt nicht aus, dass diese Netze zukünftig als NT-Wärmenetze betrieben werden können. Vor allem die Wärmenetze im Nord-Westen bieten aufgrund der dort eingesetzten Heizsystem das Potenzial als NT-Wärmenetz betrieben zu werden.

Als innovative Netzvarianten werden im Folgendem ein „3-Leiter-Netz“ und ein „2-Leiter-Niedertemperaturnetz“ untersucht. Diese Netzvarianten werden einem Hochtemperatur Wärmenetz gegenübergestellt, das mit einer Vorlauftemperatur von 75 °C betrieben wird.

### 3.1.1 2-Leiter-Hochtemperaturnetz

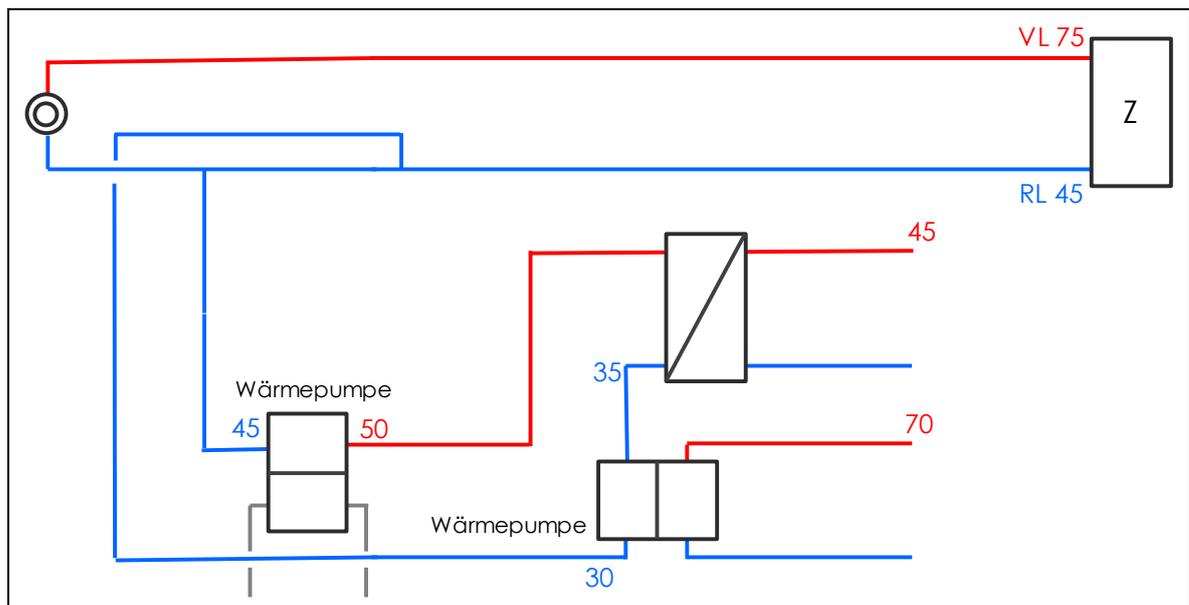
Abbildung 15 stellt den Gebäudeanschluss für ein 2-Leiter-Hochtemperaturnetz dar. Vorteil des Systems sind die geringen Investitionskosten. Bei den innovativen Netzvarianten muss zusätzlich entweder in einen zusätzlichen Leitungsstrang oder in eine aufwändigere Übergabestation investiert werden. Die im Vergleich hohen Netztemperaturen führen zu vergleichsweise hohen Netzverlusten. Durch das hohe Temperaturniveau können Wärmepumpen nur mit relativ niedrigen Jahreszahlen und solarthermische Anlagen nur mit relativ niedrigen spezifischen Wärmeertrag betrieben werden.



**Abbildung 15:** Schematische Darstellung 2-Leiter-Hochtemperaturnetz

### 3.1.2 2-Leiter-Niedertemperaturnetz

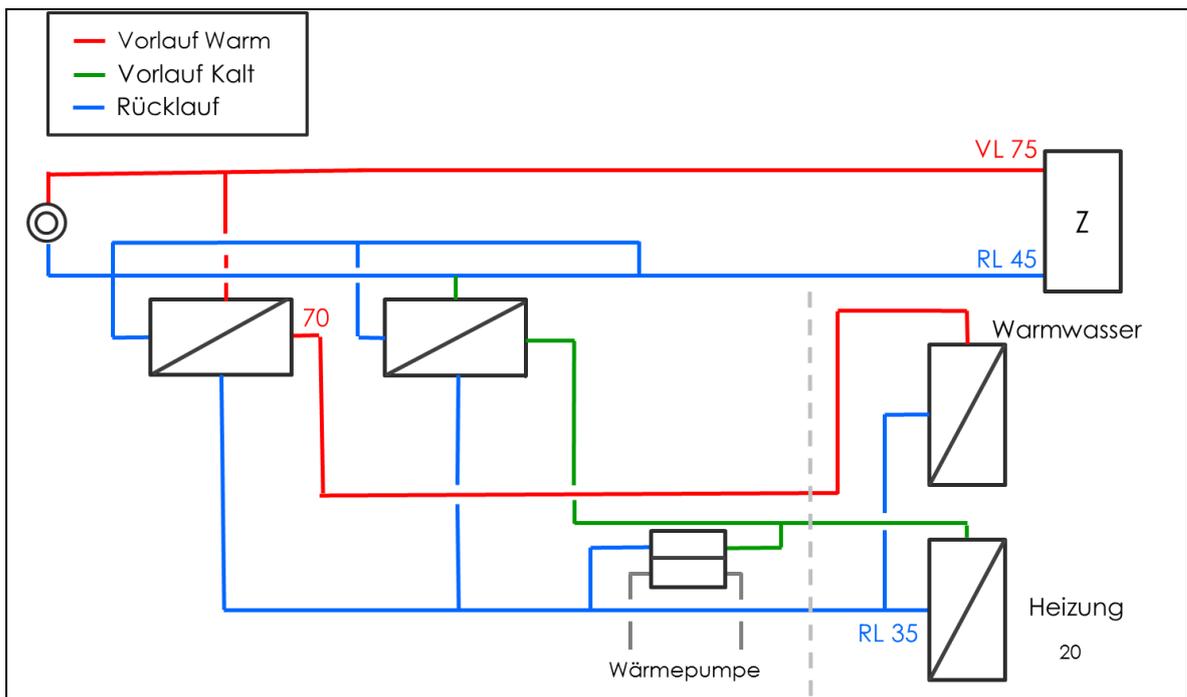
Das 2-Leiter-Niedertemperaturnetz nutzt den Rücklauf des vorgelagerten 2-Leiter-Hochtemperaturnetzes als Vorlauf. Über dezentrale Wärmepumpen wird das Temperaturniveau des Vorlaufes angehoben. Zur Brauchwasserbereitstellung wird in den jeweiligen Übergabestationen mittels einer Wärmepumpe das Temperaturniveau des Vorlaufes angehoben. Als Wärmequelle hierfür dient der Rücklauf des Wärmenetzes. Abbildung 16 stellt die Auskopplung des Niedertemperaturnetzes aus dem übergeordneten Hochtemperaturnetz sowie den Gebäudeanschluss bei 2-Leiter-Niedertemperaturnetzen dar.



**Abbildung 16:** Schematische Darstellung 2-Leiter-Niedertemperaturnetz

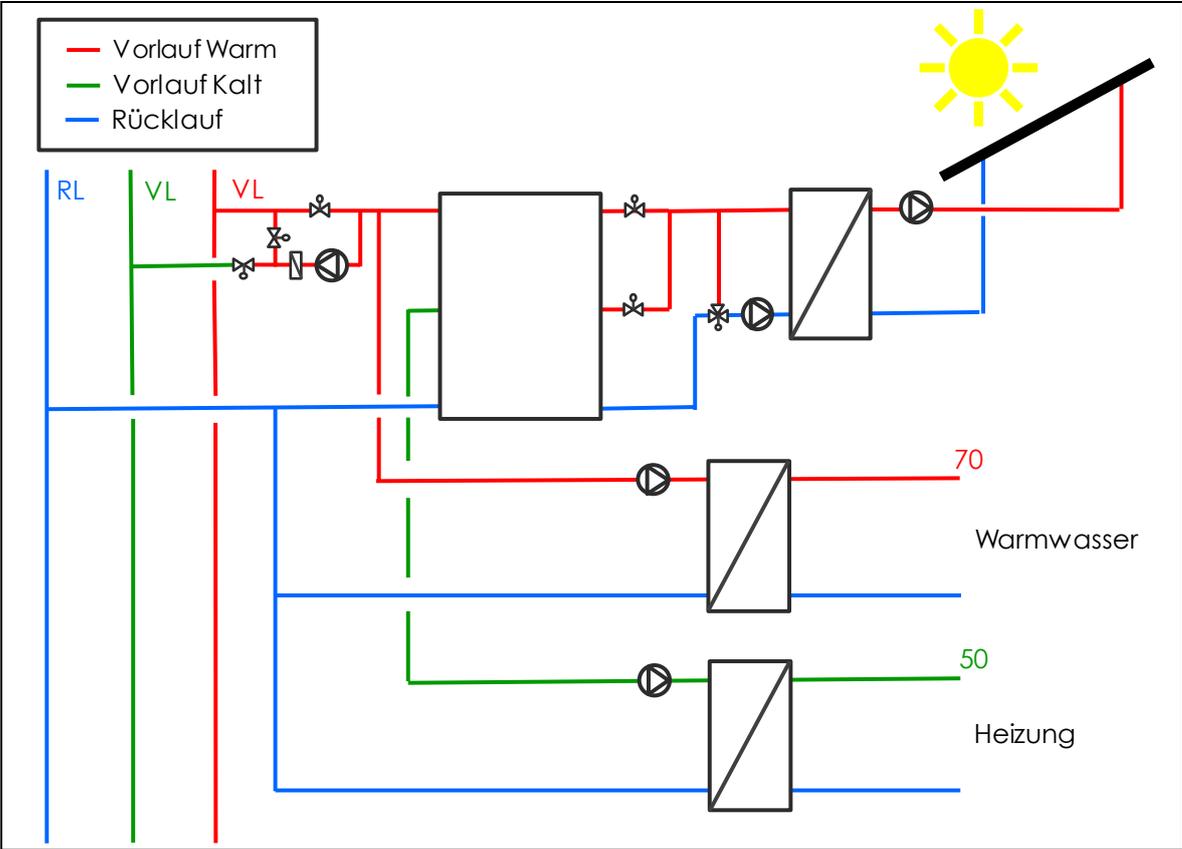
### 3.1.3 3-Leiter-Netz

Das 3-Leiter-Netz verfügt über einen zusätzlichen Leitungsstrang dessen Temperaturniveau sich auf dem der Gebäudebeheizung befindet. Dadurch muss eine geringere Wärmemenge auf die für das Warmwasser notwendige Temperatur erwärmt werden. Wie in [Abbildung 17](#) dargestellt wird bei dieser Netzvariante die Wärme des WW-Vorlaufes aus dem Vorlauf und die Wärme des HW-Vorlaufes aus dem Rücklauf des übergeordneten 2-Leiter-Hochtemperaturnetzes entkoppelt. Wärmepumpen können im Heizfall auf niedrigem Temperaturniveau zwischen Rücklauf und HW-Vorlauf betrieben werden (vgl. [Abbildung 17](#)).



**Abbildung 17:** Schematische Darstellung 3-Leiter-Netz mit dezentraler Wärmepumpe

Solarthermische Anlagen können je nach verfügbarem Temperaturniveau in den WW-Vorlauf, oder den HW-Vorlauf einspeisen. [Abbildung 18](#) stellt exemplarisch eine Möglichkeit wie eine dezentrale Solaranlage bei vorrangiger Eigennutzung in ein 3-Leiter-Netz eingebunden werden kann schematisch dar.



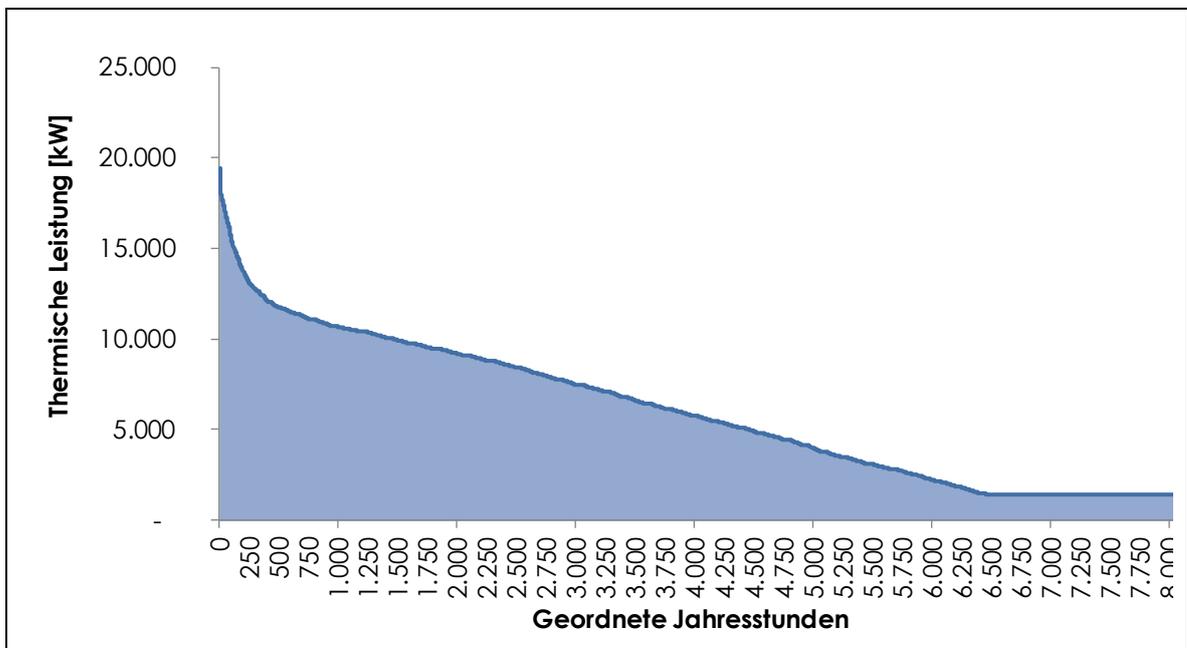
**Abbildung 18:** Schematische Darstellung dezentraler solarthermischer Anlage in 3-Leiter-Netz

### 3.2 Konzepte Zentrale Wärmeversorgung

Grundlage für die Konzeptentwicklung der Wärmeversorgung sind die in Kapitel 2.1 definierten Energiebedarfe sowie die in Kapitel 2.3 analysierten Potenziale der unterschiedlichen Energieressourcen. Um den über das Wärmenetz abzudeckenden Wärmebedarf zu ermitteln, wird im Rahmen der Konzeptentwicklung angenommen, dass 70 % des Wärmebedarfes 2030 über das Wärmenetz abgedeckt werden. Somit ergibt sich ohne die Berücksichtigung des Wärmebedarfes zur Deckung von Wärmeverlusten der Wärmeverteilung ein zu deckender Wärmebedarf von **43.287 MWh/a**.

Die Auslegung der einzelnen Wärmeerzeuger erfolgt über die in Abbildung 19 dargestellte geordnete Jahresdauerlinie. Hier wird bereits ein Leistungsbedarf durch Verluste in der Wärmeverteilung von 700 kW berücksichtigt, der pauschal für alle Verteilungsvarianten gleich angesetzt wird. So ergibt sich ein insgesamt durch die Wärmeerzeugung zu deckender Wärmebedarf von 49.420 MWh/a.

Weiter wird ein Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,7 angenommen.



**Abbildung 19: Geordnete Jahresdauerlinie der zentralen Wärmeversorgung**

Im Rahmen der Grob-Konzeptplanung wurden die fünf in Tabelle 3 dargestellten Wärmeerzeugungskonzepte entwickelt und miteinander verglichen.

Sämtliche Erzeugungsvarianten setzen sich aus folgenden einzelnen Wärmeerzeugungskomponenten zusammen:

- **Solarthermie:**  
Dezentrale Großanlagen + Freiflächenanlage
- **Biogas:**  
Bestehende Biogasanlage unter Berücksichtigung des Potenzials für 2030
- **KWK Erdgas:**  
Mit Erdgasbetriebene Blockheizkraftwerke
- **KWK Biomasse:**  
Mit Holz-Hackschnitzeln befeuertes Heizkraftwerk (ORC)
- **Wärmepumpe:**  
Nutzung von Umweltwärme (Grundwasser)
- **Spitzenlast Erdgas:**  
Mit Erdgas betriebene Spitzenlastkessel, die auch als Backup für den Ausfall eines Wärmeerzeugers dienen.

Der Anteil des Beitrags der Wärmeerzeugung aus Biomasse, KWK Erdgas, und der Spitzenlast Erdgas wird in den einzelnen Erzeugungsvarianten nicht variiert. Variiert wird lediglich der Beitrag aus der Solarthermie und der Beitrag der Wärmepumpen. Der Beitrag der Biomasse KWK ergibt sich aus dem jeweiligen noch zu deckenden Wärmebedarf.

Um die bereits bestehende konventionelle Wärmeerzeugungsanlagen in das Konzept zu integrieren wurde der Zielwert des Anteils an erneuerbaren Energien an der Wärmeerzeugung auf 75 % festgelegt. Dem verwendeten Erdgas wird ein erneuerbarer Anteil von 10 % zugerechnet. So ergibt sich in den folgenden Darstellungen ein Anteil von 27,5 % an der Wärmeerzeugung durch die konventionelle Energieressource Erdgas.

**Tabelle 3: Im Grobkonzept untersuchte Erzeugungsvarianten<sup>9</sup>**

	Biomasse	Solar	Wärmepumpe	Solar+WP	Biomasse min
<b>Solarthermie</b>	0...5 %	20 %	10 %	15 %	20 %
<b>Biogas</b>	4.550 MWh				
<b>KWK Erdgas</b>	22 %				
<b>Biomasse KWK</b>	58 %	38 %	23 %	18 %	13 %
<b>Wärmepumpe</b>	2.500 MWh	7.500 MWh	15.000 MWh	15.000 MWh	15.000 MWh
<b>Spitzenlast Erdgas</b>	6 %				

Nach ersten Abschätzungen der Wärmegestehungskosten der oben aufgeführten Varianten wurden aufgrund der insgesamt geringen Unterschiede zwischen den einzelnen Konzepten die folgenden Untersuchungen auf die Varianten **Biomasse**, **Wärmepumpe**, und **Biomasse Min** be-

<sup>9</sup> Rot markierte Varianten wurden für das Feinkonzept ausgewählt (siehe Kapitel

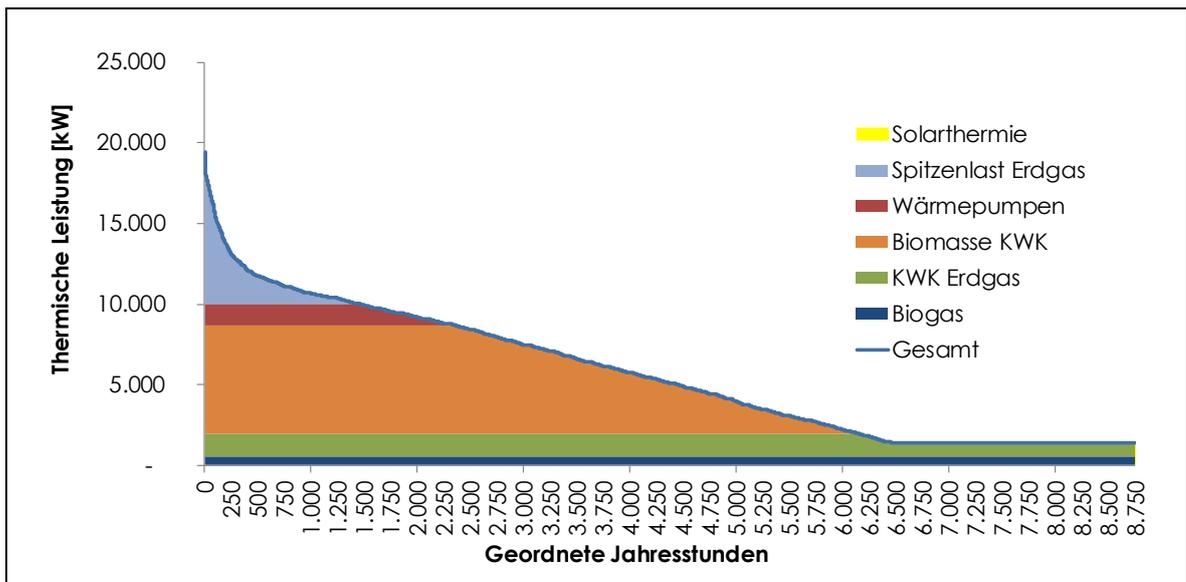
schränkt. Diese Varianten weisen zueinander die größten Unterschiede auf. Dabei steht die Variante „Biomasse“ beispielhaft für eine konventionelle Wärmeversorgung mittels erneuerbaren Energien. Variante „Wärmepumpe“ steht exemplarisch für eine möglichst breite Nutzung der zur Verfügung stehenden Energieressourcen, wohingegen die Motivation bei der Konzeptionierung der Variante „Biomasse Min“ ist, den Anteil der Wärmeerzeugung aus Biomasse KWK aufgrund der geringen Biomassepotenziale im Landkreis möglichst gering zu halten.

Im Rahmen der Vorstellung des Grobkonzepts erfolgt vor allem die Vorstellung der Anteile der unterschiedlichen Ressourcen an den einzelnen Konzepten. Die detailliertere Festlegung der einzelnen Wärmeerzeuger erfolgt im Feinkonzept (vgl. Kapitel 4.1).

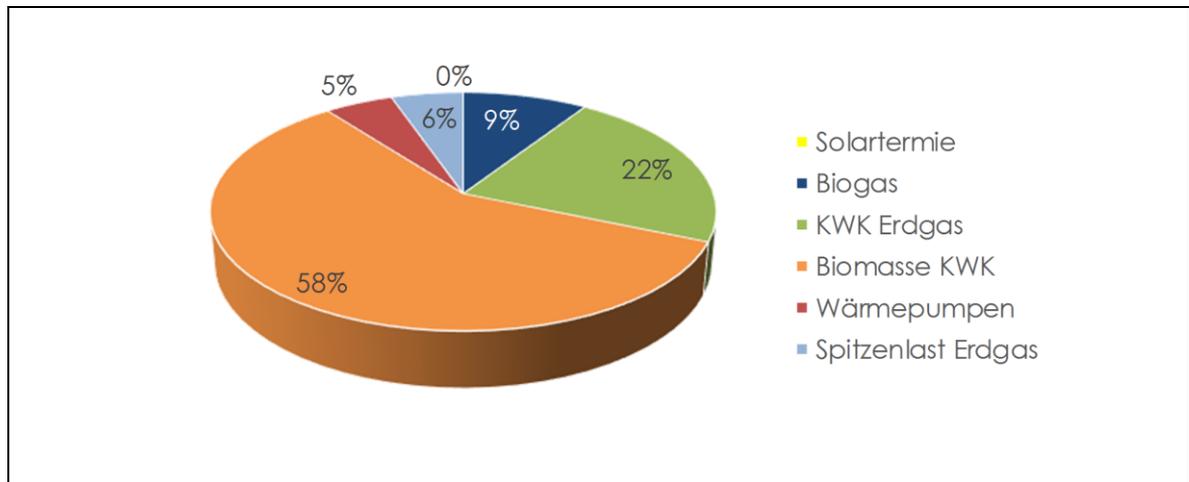
### 3.2.1 Variante Biomasse

Variante Biomasse zeichnet sich durch den hohen Anteil der Wärmeerzeugung über Biomasse KWK aus. Der Beitrag der Wärmepumpen stammt aus einer Wärmepumpenanlage die den bestehenden Grundwasserbrunnen des Altenheims nutzt. Abbildung 20 stellt die geordnete Jahresdauerlinie der Variante Biomasse dar.

Die Anteile der unterschiedlichen Anteile der Wärmeerzeuger an der Wärmeerzeugung sind in Abbildung 21 dargestellt.



**Abbildung 20: Geordnete Jahresdauerlinie Variante Biomasse**



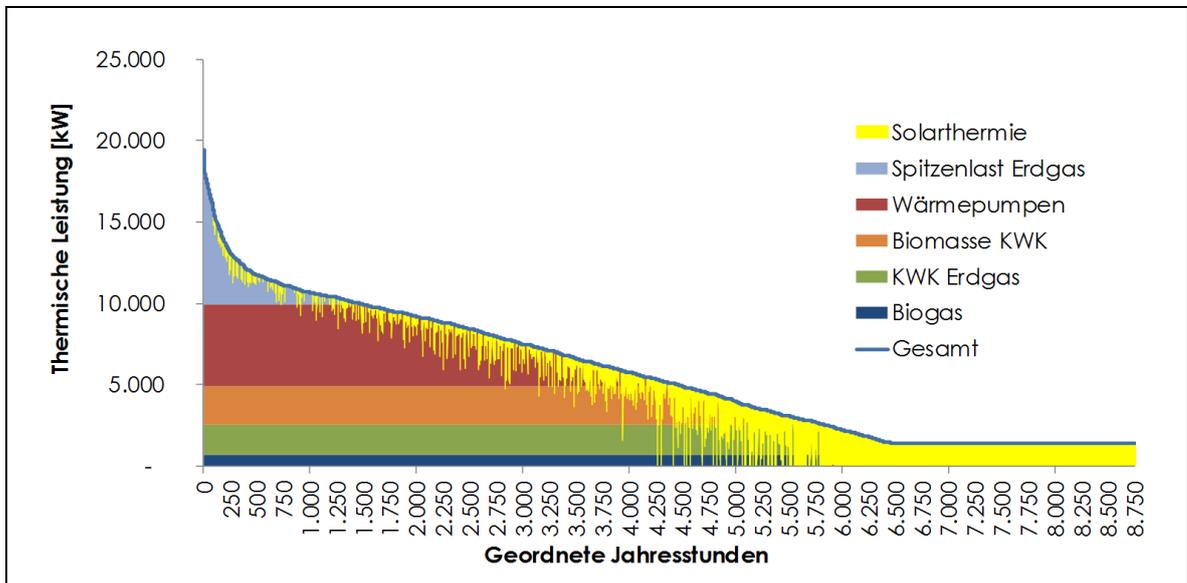
**Abbildung 21: Anteile Wärmeerzeugung Variante Biomasse**

Um den Anteil der Wärmemenge aus Biomasse KWK zu erzeugen ist eine Holz- Hackschnitzelmenge von ca. 9.600 t/a notwendig. Das entspricht einer Energiemenge von ca. 38.400 MWh/a. Somit reicht das in Kapitel 2.3 beschriebene zur Verfügung stehende Potenzial an holzartiger Biomasse im Landkreis Ebersberg vorhandene Potenzial nicht aus um den Bedarf der Variante Biomasse zu decken.

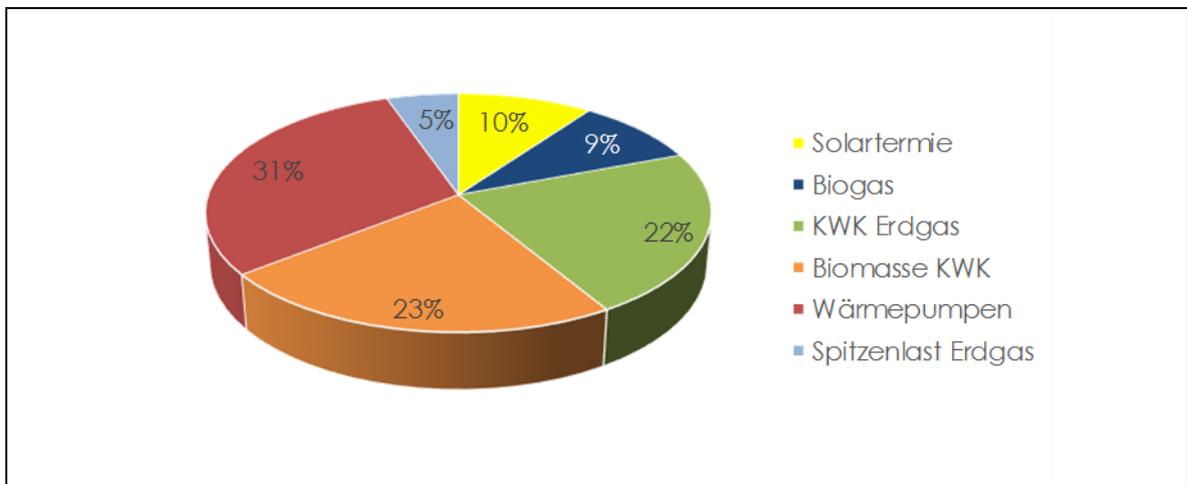
### 3.2.2 Variante Wärmepumpe

Das Erzeugungskonzept „Wärmepumpe“ schöpft das in Kapitel 2.3 ermittelte Potenzial der Nutzung der Umweltwärme aus dem Grundwasser mittels Wärmepumpen voll aus. Weiter wird ein im Vergleich zur Variante „Biomasse Min“ ein mittlerer solarer Deckungsgrad angestrebt. Die geordnete Jahresdauerlinie der Variante „Wärmepumpe“ stellt sich wie in Abbildung 22 wiedergegeben dar.

Die Anteile der unterschiedlichen Anteile der Wärmeerzeuger an der Wärmeerzeugung sind in Abbildung 23 dargestellt.



**Abbildung 22: Geordnete Jahresdauerlinie Variante Wärmepumpe**



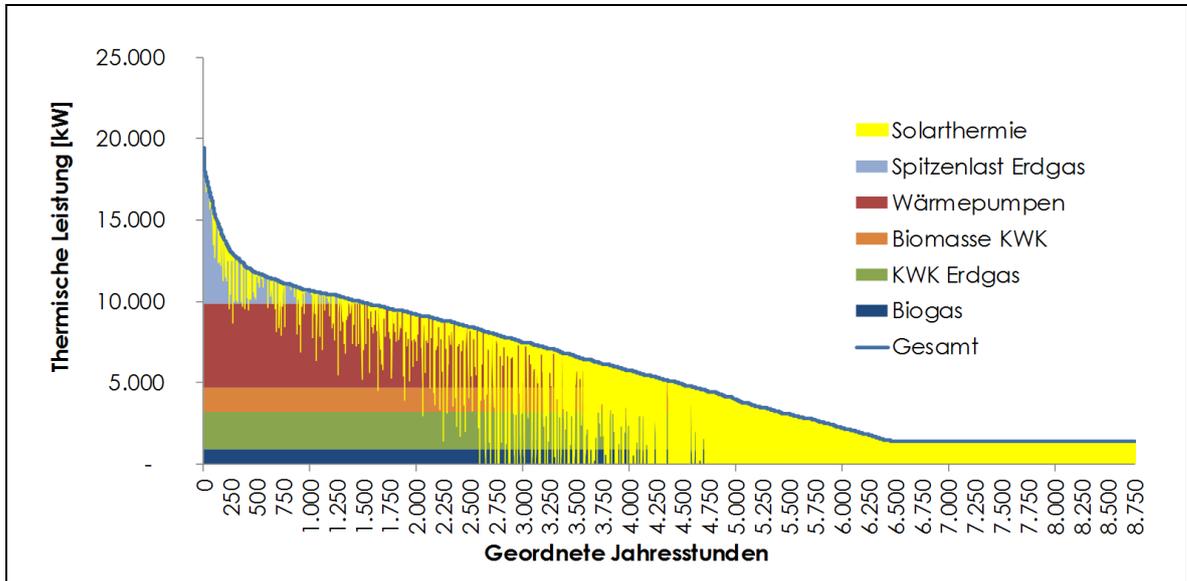
**Abbildung 23: Anteile Wärmeerzeugung Variante Wärmepumpe**

Zur Wärmebereitstellung aus Biomasse KWK wird eine Hackschnitzelmenge von ca. 3.800 t/a bzw. 15.100 MWh/a benötigt.

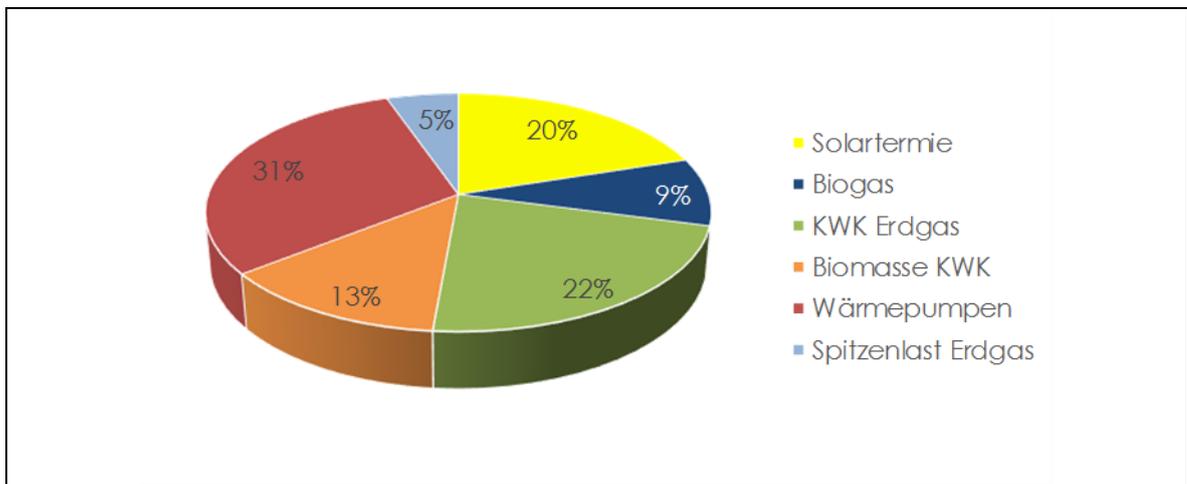
### 3.2.3 Variante Biomasse min

Durch die Erhöhung des solaren Deckungsbeitrages auf 20 % kann bei gleichzeitiger vollen Ausschöpfung des Potenzials der Nutzung der Umweltwärme aus dem Grundwasser mittels Wärmepumpen der Anteil der Komponente „Biomasse KWK“ auf 13 % verringert werden. [Abbildung 24](#) gibt die Geordnete Jahresdauerlinie der Variante „Biomasse min“ wieder.

Die Anteile der unterschiedlichen Wärmeerzeuger an der Wärmeerzeugung sind in [Abbildung 25](#) dargestellt.



**Abbildung 24: Geordnete Jahresdauerlinie Variante Biomasse min**



**Abbildung 25: Anteile Wärmeerzeugung Variante Biomasse min**

Zur Wärmebereitstellung aus Biomasse KWK wird eine Hackschnitzelmenge von 2.100 t/a bzw. 8.500 MWh/a benötigt.

### 3.3 Wärmegestehungskosten – Vorbewertung der Wirtschaftlichkeit

Um eine Vorbewertung der Wirtschaftlichkeit der untersuchten Erzeugungs- und Verteilungskonzepte zu ermöglichen wurden im Rahmen des Grobkonzeptes die Wärmegestehungskosten grob abgeschätzt. Die Ergebnisse fließen unter anderem in die in Kapitel 3.5 dargestellte Nutzwertanalyse mit ein.

Da im Zusammenhang mit dem Feinkonzept eine deutlich detailliertere Berechnung der Wärmegestehungskosten der Varianten erfolgt, wird im Grobkonzept auf die Darstellung der Wärmegestehungskosten verzichtet und auf Kapitel 4.4 verwiesen.

### 3.4 Strombilanz

Zur Bewertung der unterschiedlichen Versorgungskonzepte wird im Folgendem eine Strombilanz erstellt. Aus dieser geht hervor welchen Beitrag die Wärmeversorgungskonzepte zur Deckung des Strombedarfs 2030 leisten und durch welche Maßnahmen das Ziel der Deckung des Strombedarfes über 100 % erneuerbaren Strom gedeckt werden kann.

Auch die Stromerzeugung aus konventioneller KWK wird im Rahmen der vorliegenden Strombilanz als erneuerbar definiert.

Im Zuge der Wärmeerzeugung werden durch die Wärmeerzeugungskomponenten Biogas, KWK Erdgas und Biomasse KWK-Strom erzeugt. Die Stromerzeugung an den Holz-Hackschnitzel Heizkraftwerken erfolgt in allen Varianten über ORC-Technologie.

Folgende Tabelle 4 stellt die installierten elektrischen Leistungen, die je nach Variante erzeugten Wärmemengen, den Strombedarf für die Wärmeerzeugung mittels Wärmepumpe für die unterschiedlichen Wärmeverteilungskonzepte dar. In Summe werden letztlich die zur Verfügung stehenden Strommengen für die Deckung des Strombedarfes des Untersuchungsgebietes dargestellt.

Die jährlich produzierten Strommengen der Erzeugungskomponenten Biogas und KWK Erdgas sind für alle Erzeugungsvarianten gleich (vgl. Tabelle 3). Die installierten el. Leistungen variieren jedoch entsprechend der im Rahmen des Feinkonzeptes ausgeführten Auslegung der Wärmeerzeuger (vgl. Kapitel 4.1).

**Tabelle 4: Zur Verfügung stehende Strommengen aus der Wärmeerzeugung**

			Biomasse	Wärmepumpe	Biomasse Min
Erzeugung	Biogas	el. Leistung [kW]	520	670	850
		el. Arbeit [MWh/a]	4.380	4.380	4.380
	KWK Erdgas	el. Leistung [kW]	1.190	1.560	1.915
		el. Arbeit [MWh/a]	9.300	9.300	9.300
	Biomasse KWK	el. Leistung [kW]	1.350	460	300
		el. Arbeit [MWh/a]	5.760	2.270	1.280
Bedarf	HT-Wärmenetz	el. Arbeit [MWh/a]	-930	-5.340	-5.340
	NT-Wärmenetz	el. Arbeit [MWh/a]	-690	-3.980	-3.980
Summe	HT-Wärmenetz	el. Arbeit [MWh/a]	<b>18.520</b>	<b>10.640</b>	<b>9.650</b>
	NT-Wärmenetz	el. Arbeit [MWh/a]	<b>18.750</b>	<b>12.000</b>	<b>11.000</b>

Allein durch die Kraft-Wärme-Kopplung bei der Wärmeerzeugung wird somit der für das Jahr 2030 definierte Strombedarf von 21.560 MWh/a zu den in Tabelle 5 dargestellten Anteilen gedeckt.

**Tabelle 5: Deckungsbeitrag der Wärmeerzeugung an der Deckung des Strombedarfes**

	Biomasse	Wärmepumpe	Biomasse Min
<b>HT-Wärmenetz</b>	86 %	49 %	45 %
<b>NT-Wärmenetz</b>	87 %	56 %	51 %

Im Untersuchungsgebiet werden aktuell (2015) 1.750 MWh/a Strom über dachgebundene Photovoltaik erzeugt. Tabelle 6 stellt dar um welchen Faktor die Stromerzeugung aus Photovoltaik erhöht werden müsste, um das den Strombedarf inklusive der Stromerzeugung mittels KWK allein über Photovoltaik zu 100% zu decken.

**Tabelle 6: Notwendiger Ausbau der Photovoltaik**

	Biomasse	Wärmepumpe	Biomasse Min
<b>HT-Wärmenetz</b>	1,7	6,2	6,8
<b>NT-Wärmenetz</b>	1,6	5,5	6,0

Laut Meilensteinplan des Landkreises Ebersberg<sup>10</sup> soll, um die Ziele des Landkreises Ebersberg bis 2030 zu erfüllen, bis 2030 die Stromerzeugung mittels Photovoltaik um den Faktor 4,6 erhöht werden. Für das Untersuchungsgebiet bedeutet dies eine Erhöhung der Produktion im Untersuchungsgebiet von aktuell 1.750 MWh/a (2015) auf ca. 8.050 MWh/a im Jahr 2030. Bei einem spezifischen Stromertrag von 950 kWh/kW<sub>P</sub> entspricht das einer installierten Leistung von ca. 8.470 kW<sub>P</sub>. Zusammen mit dem Strom aus der Wärmeerzeugung ergeben sich in diesem Fall die in Tabelle 7 dargestellten Deckungsgrade.

**Tabelle 7: Stromerzeugung unter Berücksichtigung der Meilensteinziele PV**

	Biomasse	Wärmepumpe	Biomasse Min
<b>HT-Wärmenetz</b>	123 %	87 %	82 %
<b>NT-Wärmenetz</b>	124 %	93 %	88 %

Um den Nutzen der Verwendung von Niedertemperaturnetzen bei einer Wärmeerzeugung mit hohen Anteilen an durch Wärmepumpen erzeugter Wärme darzustellen werden in folgender Tabelle 8 die Kosten für die durch den höheren Strombedarf höhere zusätzlich zu installierende Leistung an PV und der zusätzliche Flächenbedarf dargestellt. Der Berechnung liegt ein Preis von 1.500 €/kW<sub>P</sub> bzw. ein spezifischer Flächenbedarf von 0,15 kW<sub>P</sub>/m<sup>2</sup> zugrunde.

<sup>10</sup> ENERGIEAGENTUR LANDKREIS EBERSBERG (2017) Meilensteinplan zur Energiewende. 13. Sitzung des ULV-Ausschusses, 21.06.2017.

**Tabelle 8: Einfluss des Netztyps auf die notwendige zusätzliche Stromerzeugung aus PV**

	Biomasse	Wärmepumpe	Biomasse Min
<b>Zusätzliche Leistung</b>	240 kW <sub>P</sub>	1.420 kW <sub>P</sub>	1.420 kW <sub>P</sub>
<b>Zusätzliche Investition</b>	400.000 €	2.100.000 €	2.100.000 €
<b>Zusätzlicher Flächenbedarf</b>	0,16 ha	0,95 ha	0,95 ha

### 3.5 Nutzwertanalyse

Um die konzeptionierten Varianten der Wärmeversorgung und der Wärmeverteilung über monetäre Gesichtspunkte hinaus miteinander vergleichen zu können, wird im Folgenden eine Nutzwertanalyse durchgeführt.

Innerhalb der Nutzwertanalyse wird zwischen den Zielbereichen Ökonomie, Ökologie und Organisation unterschieden. Dabei wird das Ergebnis des ökonomischen Nutzens höher gewichtet als der ökologische und der organisatorische Nutzen. Weiter wird der Nutzen unterschiedlicher Aspekte innerhalb der einzelnen Zielbereiche bewertet und entsprechend gewichtet. Die bewerteten Aspekte und deren Gewichtung sind in Tabelle 9 dargestellt.

**Tabelle 9: Vorgehensweise Nutzwertanalyse**

Zielbereich	Wichtung
<b>Ökonomie</b>	<b>40%</b>
Wärmegestehungskosten	70%
Abhängigkeit Energiepreise	30%
<b>Ökologie</b>	<b>30%</b>
CO <sub>2</sub> -Emissionen/Primärenergieeinsatz	50%
Flächenverbrauch	20%
lokale Emissionen	30%
<b>Organisation</b>	<b>30%</b>
Akzeptanz	20%
Logistik	20%
Betriebsaufwand	20%
Flexibilität	20%
Außenwirkung	20%

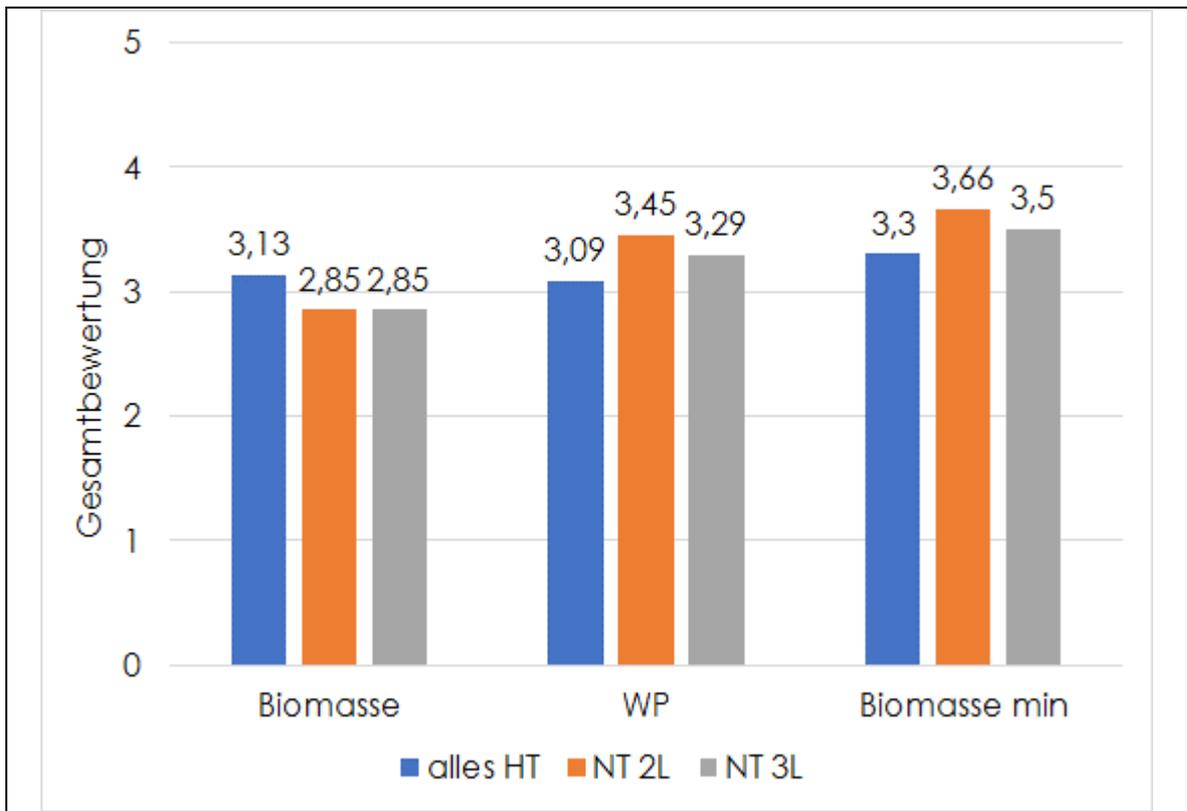
Die Bewertung erfolgt über die Vergabe von Punkten. Es werden zwischen 1 und 5 Punkte verteilt, wobei eine hohe Zahl eine gute Bewertung und eine niedrige Zahl eine schlechte Bewertung

tung bedeutet. Über die vergebenen Punkte und den entsprechenden Gewichtungen ergibt sich letztlich eine Gesamtbewertung auf deren Basis die unterschiedlichen Varianten miteinander verglichen werden können. Tabelle 10 stellt die Bewertung der untersuchten Varianten und das Ergebnis der Nutzwertanalyse dar.

**Tabelle 10: Nutzwertanalyse**

Zielbereich	2-Leiter-Hochtemperaturnetz			2-Leiter-Niedertemperaturnetz			3-Leiter-Netz		
	Biomasse	WP	Biomasse min	Biomasse	WP	Biomasse min	Biomasse	WP	Biomasse min
<b>Ökonomie</b>									
Wärmegestehungskosten	4	3	3	3	3	3	3	2	2
Abhängigkeit Energiepreise	3	2	3	3	3	4	3	3	4
<b>Ökologie</b>									
CO <sub>2</sub> -Emissionen/ Primärenergieeinsatz	3	4	4	3	5	5	3	5	5
Flächenverbrauch	4	2	1	4	2	1	4	2	1
lokale Emissionen	2	3	4	2	4	5	2	4	5
<b>Organisation</b>									
Akzeptanz	2	3	3	2	3	3	2	3	3
Logistik	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Betriebsaufwand	2	3	3	2	3	3	2	3	3
Flexibilität	4	4	4	3	3	3	3	5	5
Außenwirkung	3	4	4	4	5	5	4	5	5
<b>Gesamtbewertung</b>	<b>3,13</b>	<b>3,09</b>	<b>3,30</b>	<b>2,85</b>	<b>3,45</b>	<b>3,66</b>	<b>2,85</b>	<b>3,29</b>	<b>3,50</b>

Abbildung 26 stellt das Ergebnis der Nutzwertanalyse grafisch dar. Insgesamt besitzt die Wärmeerzeugungsvariante „Biomasse min“ bei gleichzeitiger Nutzung des 2-Leiter-Niedertemperaturnetzes den größten Nutzen. Im Rahmen der Analyse schneidet die Variante Biomasse zwar im Zielbereich Ökonomie am besten ab. Durch niedrigere Bewertungen in den Bereichen Ökologie und Organisation wird jedoch die niedrigste Punktzahl erreicht.

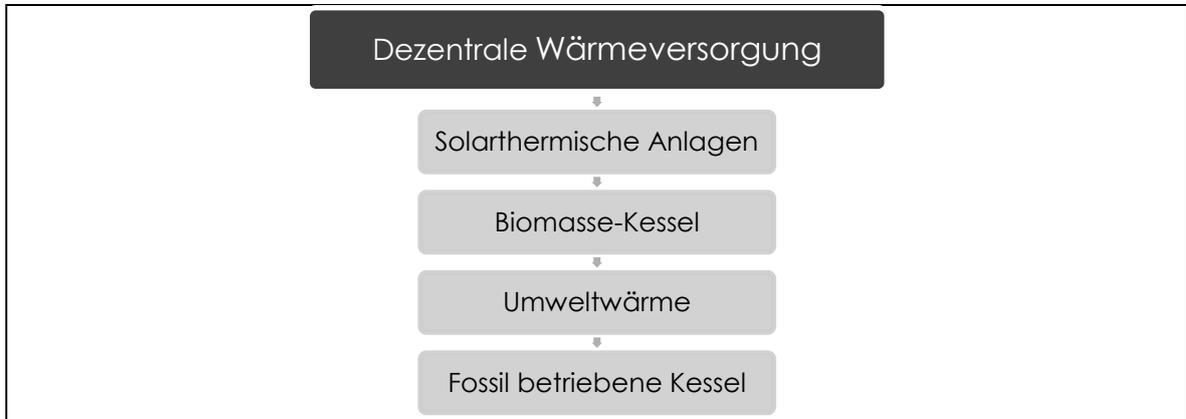


**Abbildung 26: Ergebnis Nutzwertanalyse**

### 3.6 Erzeugungsvarianten Dezentral

Werden Gebäude nicht an die zentrale Wärmeversorgung angeschlossen und über individuelle dezentrale Wärmeerzeuger versorgt, müssen, um die gesteckten Ziele zu erreichen, auch hier entsprechend auf Erneuerbare Energien basierende Systeme eingesetzt werden.

Abbildung 27 stellt hierfür eine Priorisierung der für eine individuelle Gebäudeversorgung geeigneten Energieressourcen, geordnet nach den jeweiligen Primärenergiefaktoren dar.



**Abbildung 27:** Priorisierung der Energieressourcen für eine dezentrale Versorgung

Solarthermische Anlagen können zur Warmwasserbereitung und zur Heizungsunterstützung eingesetzt werden. Entsprechende Systeme sind Stand der Technik und werden serienmäßig verbaut. Durch die saisonale Schwankung der Verfügbarkeit der Wärmequelle Sonne und deren zeitlichen Diskrepanz zwischen Anfall und größtem Wärmebedarf ist meist eine Kombination mit einem zusätzlichen Wärmeerzeuger notwendig.

Für die Nutzung von fester Biomasse in Festbrennstoffkesseln steht eine Vielzahl von Technologien zur Verfügung die vom einfachen Kaminofen bis zu vollautomatischen Hackschnitzel- und Pelletöfen reicht.

Prinzipiell besteht auch die Möglichkeit in konventionellen Heizkesseln Biomasse in Form von Bio-Erdgas oder Pflanzenöl zu nutzen.

Zur Nutzung der Umweltwärme ist eine Temperaturerhöhung über Stromeinsatz mittels Wärmepumpe notwendig. Entsprechende Anlagen sind gut für die Nutzung mit oberflächennaher Geothermie und Luft als Wärmequelle geeignet. Unter Umständen können individuelle Wärmeverteilungsanlagen mit geringeren Vorlauftemperaturen arbeiten als bei einer zentralen Versorgung. Wodurch wiederum höhere Jahresarbeitszahlen der Wärmepumpen erreicht werden können.

Um einen Vergleich der verschiedenen Erneuerbaren dezentralen Systeme für die Eignung bei unterschiedlichen Wärmeabnehmern (Einfamilienwohnhaus (EFH) und Mehrfamilienwohnhaus (MFH)) darzustellen wird Tabelle 11 ein entsprechender Vergleich durchgeführt. Zusätzlich wird die Fähigkeit der einzelnen Wärmeerzeuger auch einen eventuell vorhandenen Kältebedarf zu decken bewertet.

**Tabelle 11: Eignung dezentraler auf Erneuerbaren Energien beruhenden Wärmeerzeugern**

	EFH unsaniert	EFH saniert	EFH Neubau	MFH unsaniert	MFH saniert	MFH Neubau	Kältebedarf
<b>Wärmepumpe Luft / Wasser</b>	-	+	++	-	-	+	+
<b>Wärmepumpe Sole / Wasser</b>	0	+	++	-	0	++	+
<b>Pelletkessel</b>	++	++	0	++	++	++	
<b>Erdgas+Solarthermie</b>	0	0	+	0	+	+	

- ungeeignet
- 0 prinzipiell geeignet
- + gut geeignet
- ++ sehr gut geeignet

Die Nutzung der Umweltwärme über Wärmepumpen ist besonders vorteilhaft, wenn niedrige Vorlauftemperaturen erzeugt werden müssen. Dies ist vor allem bei Neubauten der Fall.

Pelletkessel, als Beispiel für ein automatisch beschickbares System zur Nutzung von fester Biomasse, eignen sich auch dafür das Ziel der Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien bei Objekten mit hohen Wärmebedarfen und hohen Vorlauftemperaturen umzusetzen.

Durch die Unterstützung von konventionellen solarthermischen Anlagen kann bei üblichen Systemen mit Heizungsunterstützung, je nach Wärmebedarf ca. 30 % des gesamten Bedarfes über Solarthermie abgedeckt werden. Mit entsprechenden Systemen kann das angestrebte Ziel der Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien nicht erreicht werden.

### **Kostenvergleich dezentral (konventionell) zentral**

Der Vergleich zwischen dezentraler und zentraler Wärmeversorgung über Fernwärme erfolgt häufig lediglich über einen Vergleich der Brennstoffkosten bei dezentraler Erzeugung mit dem Wärmearbeitspreis der Fernwärmeversorgung. Dies wird den Gesamtkosten beider Varianten nicht gerecht und führt zu einer Bewertung zu Ungunsten der zentralen Wärmeversorgung.

Um die Gesamtkosten konventioneller dezentraler Erzeugungsvarianten mit zentralen Wärmeversorgungen zu vergleichen, erfolgt im Folgenden ein Vergleich der beiden Systeme. Hierfür werden angelehnt an die VDI 2067 jährliche Gesamtkosten und Wärmemischpreise berechnet, die einen objektiven Vergleich der beiden Wärmeversorgungskonzepte ermöglichen.

Dabei werden folgende Szenarien untersucht:

- Sanierung Heizungsanlage: Kesseltausch (Gas → Gas)
- Sanierung Heizungsanlage: Kesseltausch (Öl → Öl)
- Sanierung Heizungsanlage: Kesseltausch (Öl → Gas)
- Grundlegende Sanierung Heizungsanlage: Kesseltausch (Gas → Gas) + Solarthermie
- Heizungsanlage Neubau: Gas + Solarthermie
- Umstellung auf Fernwärme

Beim Vergleich der Gesamtkosten wird von den in Tabelle 12 dargestellten Randbedingungen ausgegangen. Sämtliche Preisangaben in diesem Vergleich verstehen sich als Nettopreise. Das Ergebnis des Kostenvergleiches ist in Tabelle 14 dargestellt.

**Tabelle 12: Kennzahlen Kostenvergleich dezentral**

<b>Heizlast</b>	10 kW
<b>Wärmebedarf Gesamt</b>	22.000 kWh
<b>Wärmebedarf Brauchwasser</b>	2.000 kWh
<b>Wärmebedarf Heizung</b>	20.000 kWh
<b>Heizölkosten</b>	5,04 €/kW
<b>Grundpreis Gas</b>	103 €/a
<b>Gaskosten</b>	4,48 ct/kWh
<b>Grundpreis Fernwärme</b>	450 €/a
<b>Arbeitspreis Fernwärme</b>	69 €/MWh
<b>Kalkulatorischer Zinssatz</b>	6,9 ct/kWh
<b>Jahresnutzungsgrad Ölkessel</b>	0,88
<b>Jahresnutzungsgrad Gaskessel</b>	0,9
<b>Wärmebedarf Neubau</b>	60 % vom Wärmebedarf
<b>Deckungsgrad Solaranlage</b>	12 %

Die innerhalb der einzelnen Varianten berücksichtigten Kapitalkosten sind ebenfalls in Tabelle 14 dargestellt. Dabei wird von den in Tabelle 13 dargestellten Nutzungsdauern der betrachteten Anlagenkomponenten und einem kalkulatorischen Zinssatz von 2 % ausgegangen.

**Tabelle 13: Nutzungsdauern Kostenvergleich dezentral**

	<b>Nutzungsdauer</b>
<b>Kessel</b>	15 Jahre
<b>Solarthermieanlage</b>	15 Jahre
<b>Pufferspeicher</b>	20 Jahre
<b>Gasanschluss</b>	30 Jahre
<b>Hausanschluss</b>	30 Jahre
<b>Übergabestation</b>	20 Jahre

Der in Tabelle 14 durchgeführte Kostenvergleich zeigt, dass wenn eine Sanierung des Heizkessels durchgeführt werden soll, eine Umstellung auf Fernwärme zu den mit Abstand geringeren Gesamtkosten führt.

Vor allem bei Neubauten mit deutlich geringeren Wärmebedarfen fallen die im Vergleich zum Fernwärmeanschluss deutlich höheren Investitionskosten stark ins Gewicht.

Die sich ergebenden Kosten sind jedoch im höchsten Maße gebäudespezifisch und hängen beispielsweise davon ab in welchem Zustand sich eventuell vorhandene Abgasanlagen befinden.

**Tabelle 14: Kostenvergleich dezentral zentral**

		Kesseltausch				Grundlegende Sanierung	Neubau	Fernwärme
		(Gas→Gas)	(Öl→Öl)	(Öl→Gas)				
<b>Investitionskosten</b>								
Kessel	€	15.000	15.000	15.000	15.000	12.500		
Solarthermieanlage	€				12.000	10.000		
Pufferspeicher	€				2.000	2.000		
Gasanschluss	€			3.000		3.000		
Hausanschluss	€						4.750	
Übergabestation	€						3.250	
<b>Kapitalgebundene Kosten</b>								
	€/a	<b>1.167</b>	<b>1.167</b>	<b>1.301</b>	<b>2.224</b>	<b>2.007</b>	<b>411</b>	
<b>Wartungs- und Instandhaltungskosten</b>								
Kessel	€/a	300	300	300	300	250	0	
Abgasanlage (Kaminkehrer)	€/a	100	100	100	100	100	0	
<b>Summe</b>	<b>€/a</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>350</b>	<b>0</b>	
<b>Betriebsgebundene Kosten</b>								
Brennstoffbedarf ohne Solar	kWh/a	24.444	25.000	24.444	24.444	14.667	22.000	
Einsparung Solaranlage	kWh/a				-2.933	-1.760		
Grundpreis Erdgas		103		103	103	103		
Energiekosten Erdgas	€/a	1.094		1.094	963	578		
Kosten Öl	€/a		1.261					
Grundpreis Fernwärme	€/a						450	
Energiekosten Fernwärme	€/a						1.518	
<b>Summe</b>	<b>€/a</b>	<b>1.198</b>	<b>1.364</b>	<b>1.198</b>	<b>1.066</b>	<b>681</b>	<b>2.071</b>	
<b>Gesamtkosten</b>	<b>€/a</b>	<b>2.765</b>	<b>2.931</b>	<b>2.899</b>	<b>3.690</b>	<b>3.038</b>	<b>2.482</b>	
<b>Wärmemischpreis</b>	<b>€/MWh</b>	<b>126</b>	<b>133</b>	<b>132</b>	<b>168</b>	<b>230</b>	<b>113</b>	

## 4 Feinkonzept

Im Rahmen des Feinkonzeptes werden die im Grobkonzept konzipierten Varianten weiter detailliert und über eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bewertet. Hierfür erfolgt eine technische Grobdimensionierung der Varianten, wobei innerhalb der Netzvarianten Haupttrassen vordimensioniert werden.

### 4.1 Erzeugung

Eine Vorstellung der Varianten der Wärmeerzeugung erfolgte bereits im Grobkonzept (vgl. Kapitel 3.2.1 bis Kapitel 3.2.3). In den folgenden Kapiteln erfolgt die Vorstellung der Grobauslegung den einzelnen Wärmeerzeuger in den jeweiligen Varianten. Weiter wird die Positionierung der einzelnen Wärmeerzeuger im Untersuchungsgebiet grob vorgeschlagen.

Als potenzieller Standort für das in sämtlichen Erzeugungsvarianten genutzte Biomasseheizkraftwerk wird der ca. 1 km vom Ortstrand entfernte Bereich Süd-Östlich der Raststätte Vaterstetten West vorgeschlagen. Dieser Standort wird ebenfalls als potenzieller Standort für die Solarthermie-Freiflächenanlage der Varianten „Wärmepumpe“ und „Biomasse min“ vorgeschlagen.

Zusätzlich haben sämtliche Erzeugungsvarianten gemeinsam, dass die bestehende Heizzentrale an der Johann-Sebastian-Bach-Straße und die Wärmeauskopplung aus der Biogasanlage genutzt wird.

Zur Ermittlung der benötigten Solarthermie-Kollektorfläche wird von einem spezifischen jährlichen Kollektorertrag der dezentralen Großanlagen und der Freiflächenanlage von 400 kWh/m<sup>2</sup> ausgegangen.

#### 4.1.1 Variante Biomasse

Tabelle 15 fasst die benötigten Leistungsgrößen der einzelnen Wärmeerzeuger für das Wärmeerzeugungskonzept „Biomasse“ zusammen.

**Tabelle 15: Installierte Leistungen Variante Biomasse**

<b>Solarthermie</b>	Kollektorfläche [Hektar <sub>Netto</sub> ]	0
<b>Biogas (Netzeinspeisung)</b>		520
<b>KWK Erdgas</b>		1.400
<b>Biomasse KWK</b>	Installierte thermische Leistung [kW]	6.770
<b>Wärmepumpe</b>		1.320
<b>Spitzenlast Erdgas</b>		20.000

Neben der bestehenden Heizzentrale an der Johann-Sebastian Bach-Straße und der Biogasanlage ist für die Variante Biomasse ein Heizzentralenstandort (KWK Erdgas + Spitzenlast Erdgas) im Osten des Untersuchungsgebietes, beispielsweise im Bereich des Gymnasiums, vorgesehen. Ein potenzieller Standort für eine Wärmepumpenanlage samt Erdgas-Spitzenlastkessel befindet sich am bestehenden Grundwasserbrunnen des Altenheims. Dieser Standort bietet sich ebenfalls als

BHKW-Standort an. Durch die unmittelbare räumliche Nähe zur Wärmepumpenanlage ist es möglich den im BHKW erzeugten Strom direkt zur Wärmeerzeugung mit der Wärmepumpe zu nutzen und so die Kosten für den Strombedarf der Wärmepumpe zu verringern. Standorte der jeweiligen Wärmeerzeuger sind in Abbildung 28 skizziert.



**Abbildung 28: Standorte Wärmeerzeugungsanlagen Variante Biomasse**

#### 4.1.2 Variante Wärmepumpe

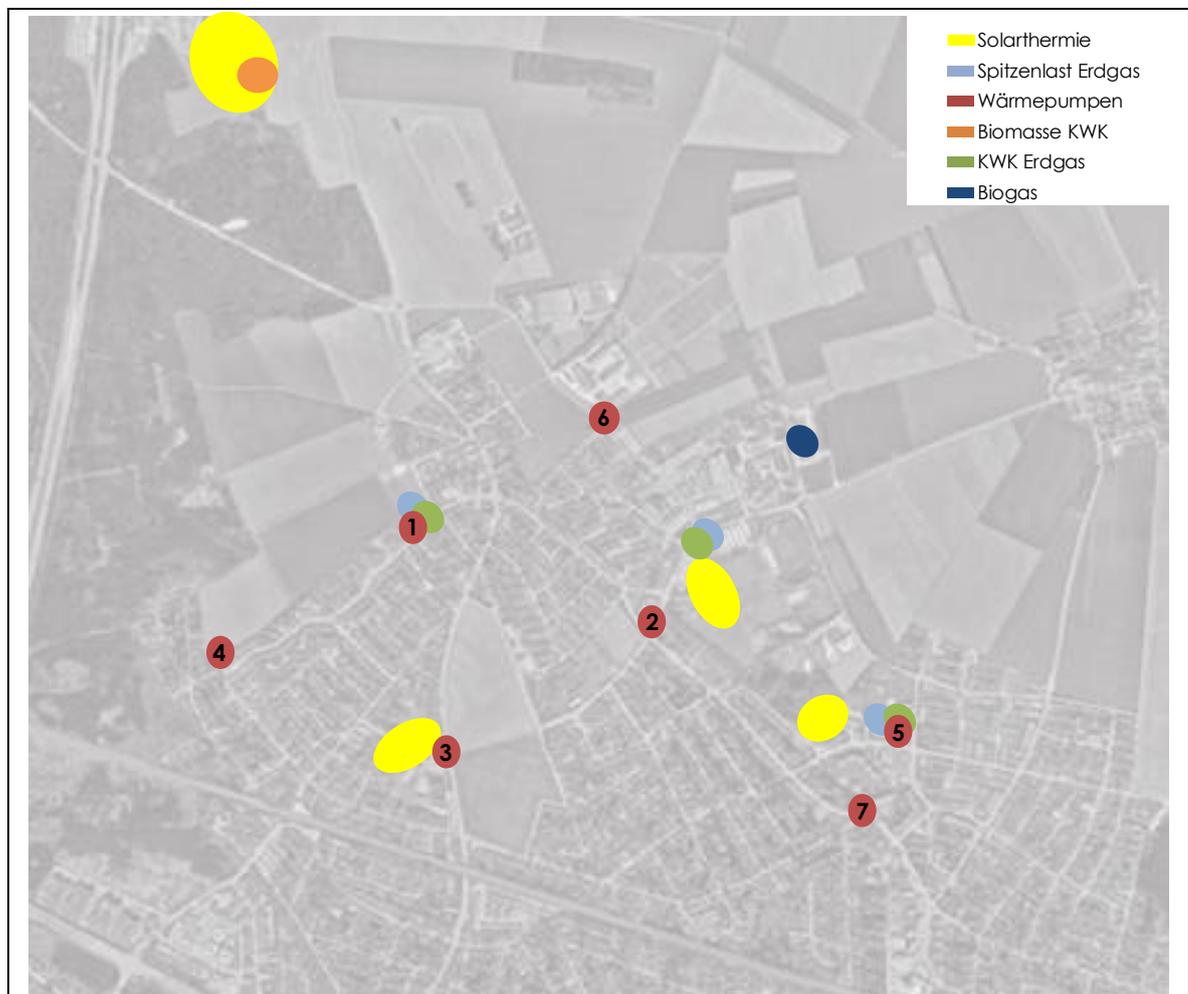
Die benötigten Leistungsgrößen der einzelnen Wärmeerzeuger für das Wärmeerzeugungskonzept „Wärmepumpe“ sind in Tabelle 16 zusammengefasst.

Durch die Berücksichtigung des solaren Ertrages steigen, wie in Tabelle 16 dargestellt, entsprechend die notwendigen installierten thermischen Leistungen der Komponenten „Biogas“ und „KWK Erdgas“ im Vergleich zur Variante „Biomasse“.

**Tabelle 16: Installierte Leistungen Variante Wärmepumpe**

<b>Solarthermie</b>	Kollektorfläche [Hektar <sub>Netto</sub> ]	1,2
<b>Biogas (Netzeinspeisung)</b>		700
<b>KWK Erdgas</b>		1.840
<b>Biomasse KWK</b>	Installierte thermische Leistung [kW]	2.300
<b>Wärmepumpe</b>		5.650
<b>Spitzenlast Erdgas</b>		20.000

Die Lage der einzelnen Wärmeerzeuger ist in Abbildung 29 dargestellt.



**Abbildung 29: Standorte Wärmeerzeugungsanlagen Variante Wärmepumpe**

Ziel der Erzeugungsvariante „Wärmepumpe“ ist die maximale Ausschöpfung des Potenzials der Wärmequelle Grundwasser. Um dies zu erreichen müssen mehrere Wärmepumpenanlagen über das gesamte Untersuchungsgebiet mit möglichst großen Abständen zueinander verteilt werden (vgl. [Abbildung 29](#)).

Die Auslegung der in dieser Variante berücksichtigten Wärmepumpenanlagen ist in [Tabelle 17](#) aufgeführt. Zusätzlich sind in [Tabelle 17](#) die je nach Netzart berücksichtigten Jahresarbeitszahlen (JAZ) der der jeweiligen Wärmepumpen dargestellt. Als maximales Potenzial pro Brunnen wird das des in Kapitel 2.3 beschriebenen Potenzial des bestehenden Grundwasserbrunnens des Altenheims angesetzt, das jedoch nicht bei jeder Wärmepumpenanlage ausgeschöpft wird.

Grundsätzlich ist für jede Brunnenanlage die wasserrechtliche Erlaubnis zu beantragen und die entnehmbare Wassermenge über Pumpversuche nachzuweisen.

**Tabelle 17: Wärmepumpenanlagen Variante „Wärmepumpe“ und „Biomasse min“**

Nr.		Thermische Leistung [kW]	Wärmemenge [MWh/a]	JAZ NT	JAZ HT
1	Altenheim	1.200	3.186	3,6	2,7
2	Verkehrsübungsplatz	1.200	3.186	3,6	2,7
3	Gemeindeverwaltung	650	1.726	3,9	2,9
4	Schwalbenstraße	650	1.726	3,9	2,9
5	Gymnasium	650	1.726	3,9	2,9
6	Neubaugebiet NO	650	1.726	3,9	2,9
7	Trafohaus	650	1.726	3,9	2,9

Zusätzlich zu der in Variante „Biomasse“ bereits berücksichtigten Heizzentrale im Bereich des Gymnasiums (KWK Erdgas + Spitzenlast Erdgas), die um die Wärmepumpenanlage 5 ergänzt wurde, ist bei Variante „Wärmepumpe“ die Integration eines BHKWs in der Heizzentrale am Altenheim sinnvoll.

Der in Variante „Wärmepumpe“ vorgesehene Anteil der Wärmeerzeugung aus Solarthermie stammt größtenteils aus der Freiflächenanlage am Standort des Biomasseheizkraftwerks. Ergänzt wird die Wärmeerzeugung aus Solarthermie durch dezentrale Großanlagen. Beispielhaft sind in [Abbildung 29](#) Anlagen auf den Dächern der neuen Mittelschule (185 m<sup>2</sup><sub>Netto</sub>, der Gemeindeverwaltung (310 m<sup>2</sup><sub>Netto</sub>) und der Neubebauung im Bereich der alten Mittelschule dargestellt (750 m<sup>2</sup><sub>Netto</sub>).

Die in [Tabelle 16](#) genannte Nettokollektorfläche bezieht sich auf sämtliche in das Netz einspeisende Solaranlagen. Die Größe der Freiflächenanlage ergibt sich somit aus der Differenz der benötigten Gesamtfläche und der Summe der Flächen der dezentralen Großanlagen. Damit ergibt sich für die Freiflächenanlage eine benötigte Netto-Kollektorfläche von ca. 1,1 ha. Ausgehend von einem Verhältnis von Bruttokollektorfläche zu Nettokollektorfläche von 2:1 ergibt sich somit für die Variante „Wärmepumpe“ ein Flächenbedarf von 2,2 ha für die Freiflächenanlage.

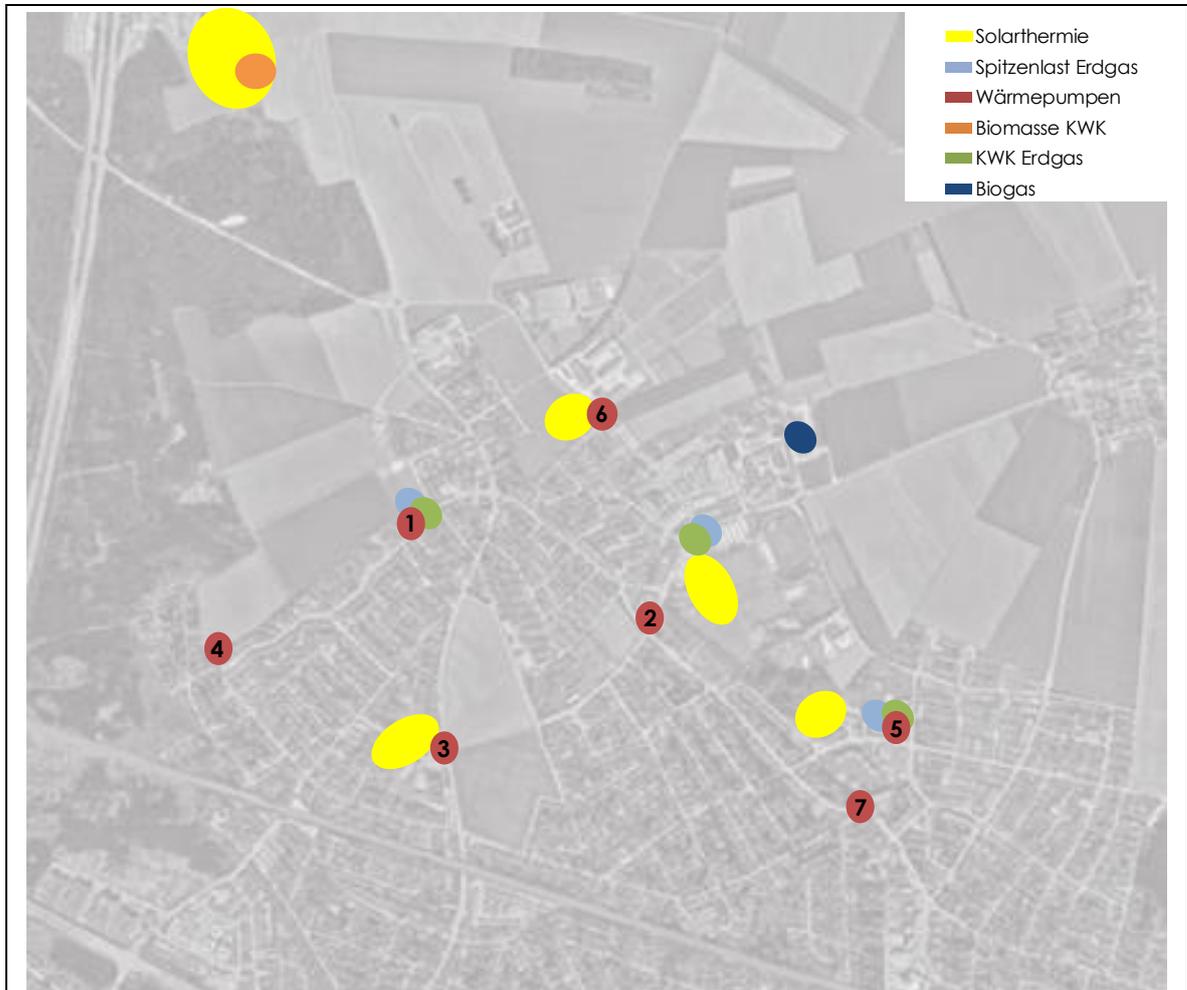
### 4.1.3 Variante Biomasse min

Die einzelnen Wärmeerzeuger für das Wärmeerzeugungskonzept „Biomasse min“ fasst Tabelle 18 zusammen.

**Tabelle 18: installierte Leistungen Variante Biomasse min**

<b>Solarthermie</b>	Kollektorfläche [Hektar <sub>Netto</sub> ]	2,5
<b>Biogas (Netzeinspeisung)</b>		890
<b>KWK Erdgas</b>		2.250
<b>Biomasse KWK</b>	Installierte thermische Leistung [kW]	1.480
<b>Wärmepumpe</b>		5.650
<b>Spitzenlast Erdgas</b>		20.000

Standorte der Wärmeerzeuger sind in Abbildung 30 dargestellt.



**Abbildung 30: Standorte Wärmeerzeugungsanlagen Variante Biomasse min**

Die Standorte und Auslegungen der Wärmepumpen der Variante „Biomasse min“ entsprechen der Variante „Wärmepumpe“. Auch die Standorte der Komponenten KWK Erdgas und Spitzenlast Erdgas entsprechen Variante „Wärmepumpe“.

Der Anteil der Wärmeerzeugung aus Solarthermie erfolgt ebenfalls größtenteils über die Freiflächenanlage. Die Auslegung der Freiflächenanlage erfolgt analog Variante „Wärmepumpe“. Es wird jedoch von einer insgesamt größeren zur Verfügung stehenden Fläche durch dezentrale Großanlagen ausgegangen. Dabei soll beispielhaft durch die Nutzung von zusätzlichen Flächen auf den Dächern des Gymnasiums ( $535 \text{ m}^2_{\text{Netto}}$ ), der Turnhalle der Grundschule ( $250 \text{ m}^2_{\text{Netto}}$ ) und auf den Dächern des Baugebietes NW ( $660 \text{ m}^2_{\text{Netto}}$ ) das gesamte Potenzial von  $2.700 \text{ m}^2_{\text{Netto}}$  ausgenutzt werden. Somit beträgt die notwendige Netto-Fläche der Freiflächenanlage ca. 2,2 ha. Bei einem Verhältnis von Bruttokollektorfläche zu Nettokollektorfläche von 2:1 ergibt sich somit für die Variante „Biomasse min“ ein Flächenbedarf von 4,4 ha für die Freiflächenanlage.

## 4.2 Verteilung

Bei der Konzeptionierung der Wärmeverteilung wird zwischen Haupttrassen bzw. Transportleitungen und Anschlussleitungen unterschieden.

Im Rahmen des Feinkonzepts erfolgt eine technische Grobdimensionierung der Haupttrassen. Die Länge und die Dimensionierung der Anschlussleistungen wird dagegen pauschal abgeschätzt.

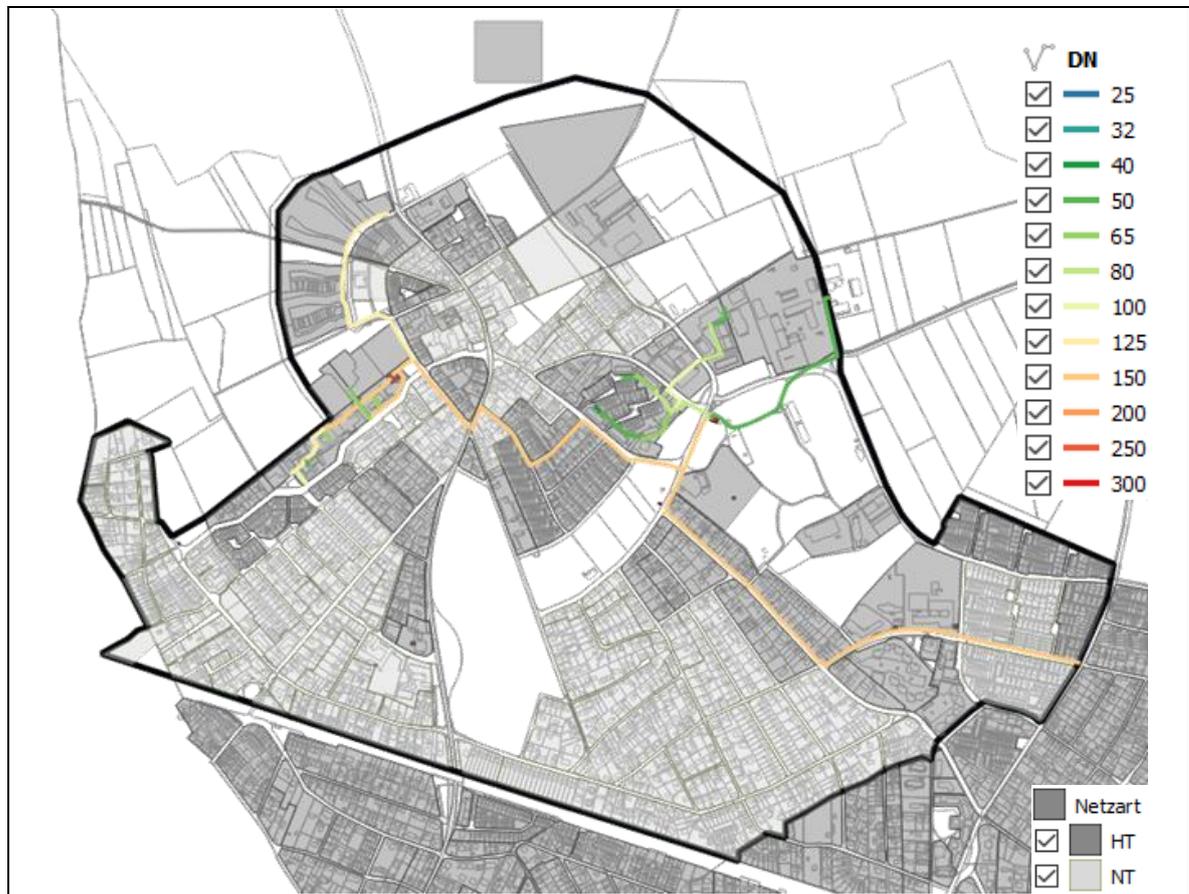
Aufbauend auf der Auslegung der Haupt- und der Abschätzung der Verteiltrassen erfolgt eine Abschätzung der Wärmeverluste. Weiter fließen die Ergebnisse in die Wirtschaftlichkeitsberechnung mit ein.

### 4.2.1 Vordimensionierung Haupttrassen

Die Haupttrassen werden aufbauend auf den in Kapitel 4.1 dargestellten potenziellen Standorten der Wärmeerzeugungsanlagen, deren Leistungen und den bereits bestehenden Transporttrassen ausgelegt. Zur Ermittlung der durch die Haupttrasse zu übertragenden Leistung werden die im Wärmekataster festgeschriebenen Leistungsbedarfe für das Jahr 2030 „Standard+Nachverdichtung“ verwendet und für jedes Siedlungsgebiet eine Anschlussquote von 70 % angenommen.

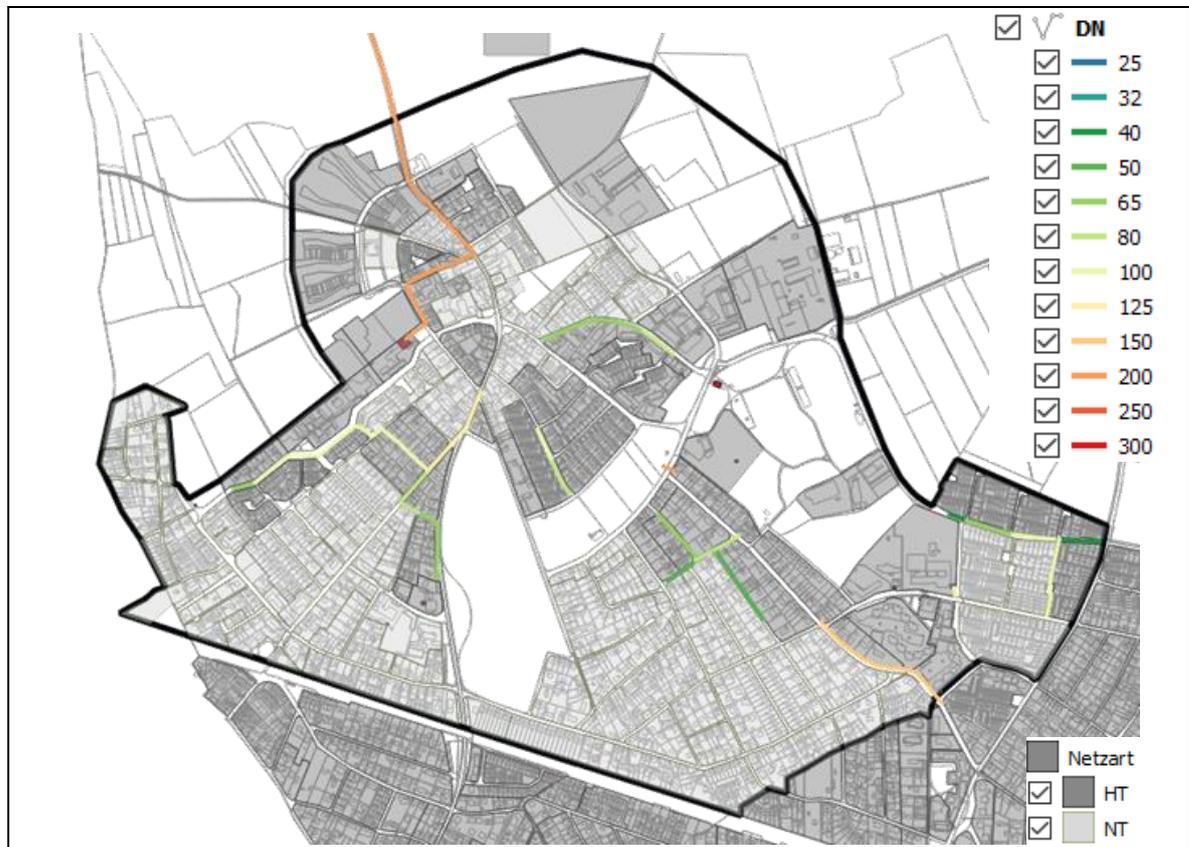
Zusätzlich erfolgt, wie in Kapitel 3.1 eine Unterscheidung der Siedlungsgebiete in NT-Bereiche, HT-Bereiche sowie Bestandsgebiete (vgl. [Abbildung 14](#)).

Die Länge und Dimensionierung der in [Tabelle 19](#) aufgeführten Bestandsleitung stammt aus den zur Verfügung gestellten Planungsunterlagen. Netzverlauf und Dimensionierung der Bestandsleitungen ist in [Abbildung 31](#) dargestellt.



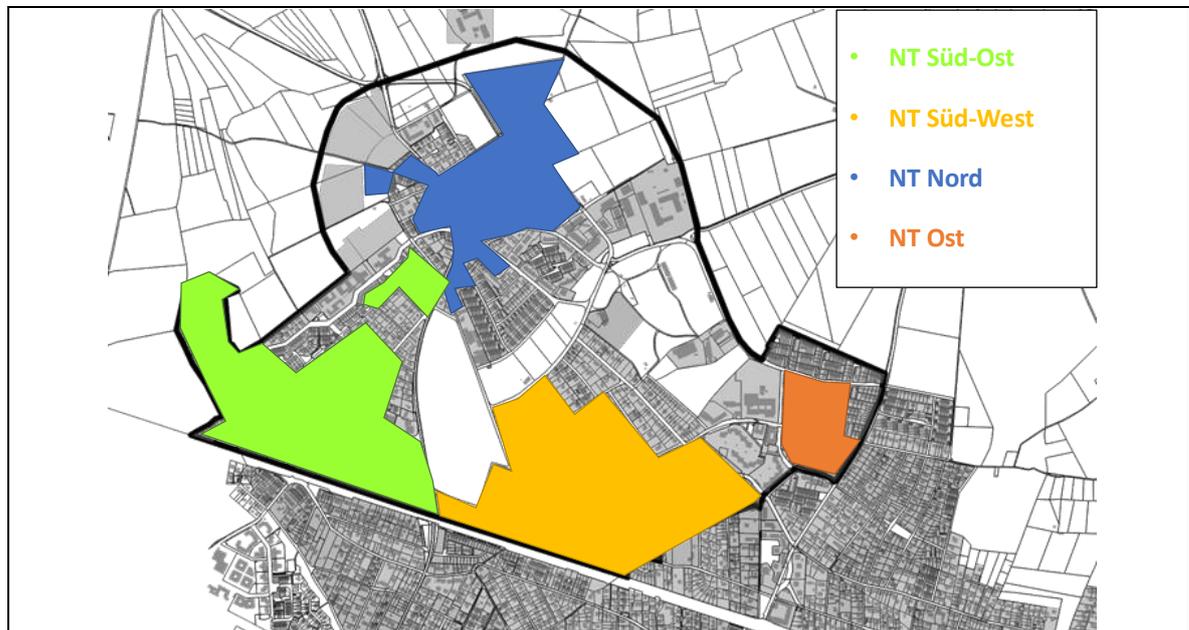
**Abbildung 31: Dimensionierung Netz Bestand**

Werden Niedertemperaturnetze (NT 2-Leiter, NT 3-Leiter) eingesetzt, werden die als HT-Bereiche definierten Siedlungsgebiete über ein 2-Leiter-Hochtemperaturnetz („HT 2-Leiter (bei NT)“) versorgt. Für die Auslegung dieses Netzes wird von einer Spreizung von 30 K ausgegangen. Abbildung 32 zeigt den Netzverlauf und die Dimensionierung der neuen zusätzlich zu verlegenden 2-Leiter-Hochtemperaturtrasse.



**Abbildung 32:** Dimensionierung 2-Leiter-Hochtemperaturnetz neu bei Niedertemperaturnetzen

Die Niedertemperaturbereiche werden, der hydraulischen Trennung der HT und NT-Netze geschuldet, nochmals in vier Bereiche eingeteilt. Die Aufteilung und Benennung der Netze ist in [Abbildung 33](#) dargestellt.

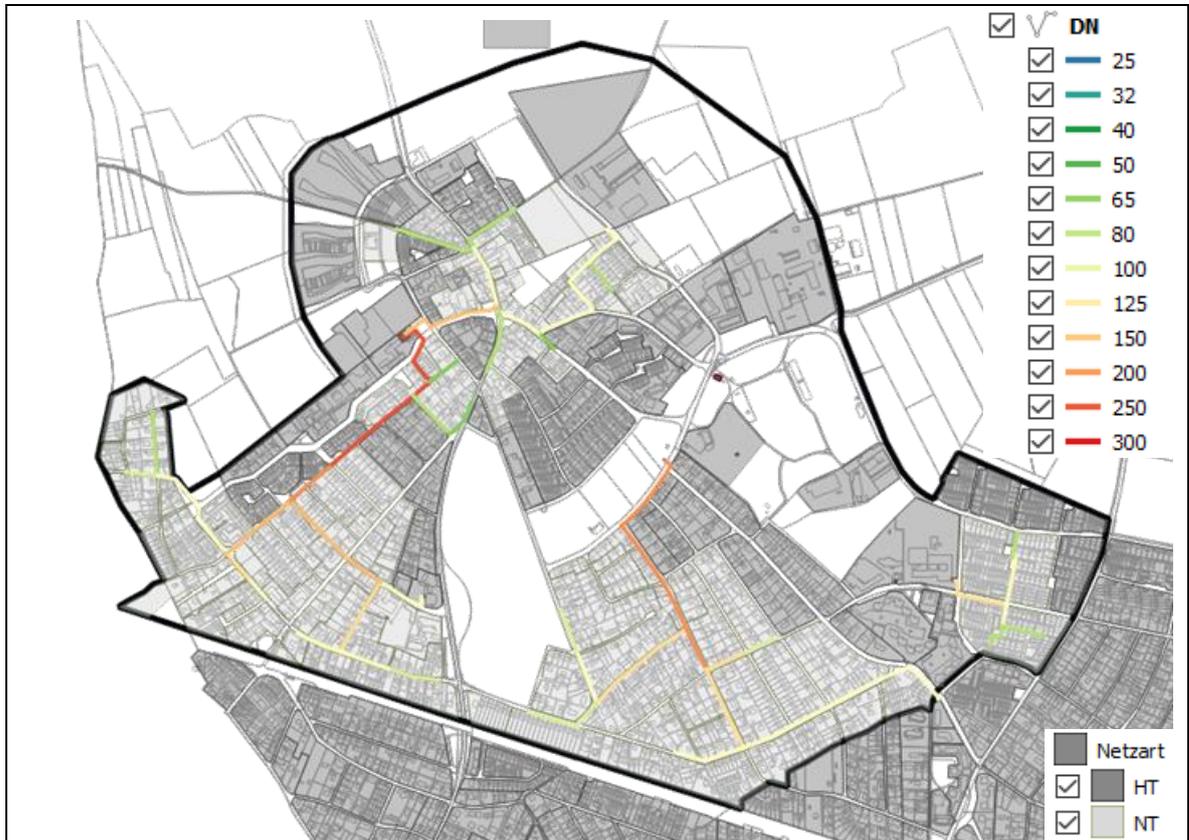


**Abbildung 33: Definition Niedertemperaturgebiete**

Die hydraulische Trennung des Netzgebietes „NT Süd-Ost“ erfolgt wie die des Netzgebietes „NT Nord“ am Standort der Grundwasserwärmepumpenanlage am Altenheim

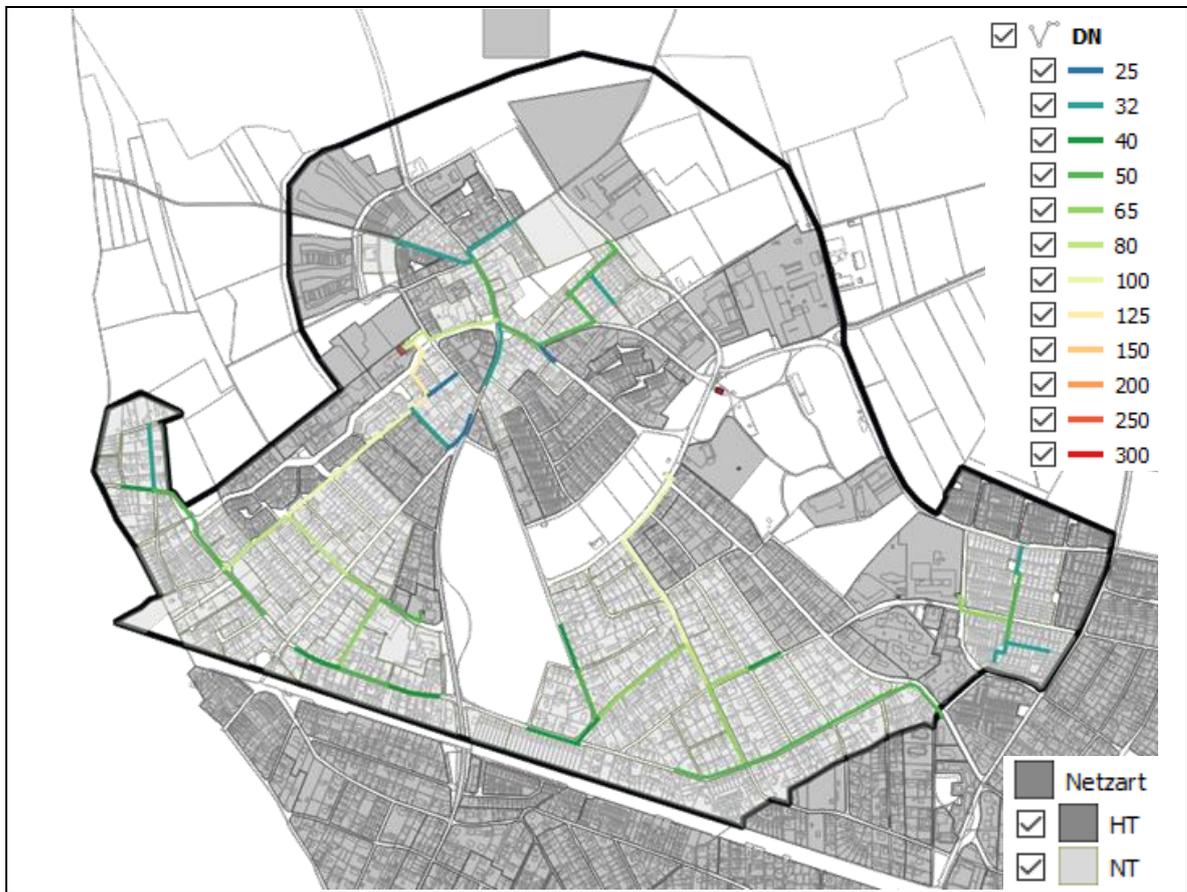
. Für das Netzgebiet „NT Südwest“ ist die hydraulische Trennung am Standort der Grundwasserwärmepumpenanlage am Verkehrsübungsplatz vorgesehen. An der Grundwasserwärmepumpenanlage am Gymnasium wird das Netz „NT Ost“ hydraulisch vom Hochtemperaturnetz getrennt.

Das 2-Leiter-Niedertemperaturnetz wird für eine Spreizung von 20 K ausgelegt. -die Dimensionierung dieses Netzes ist in Abbildung 34 dargestellt.



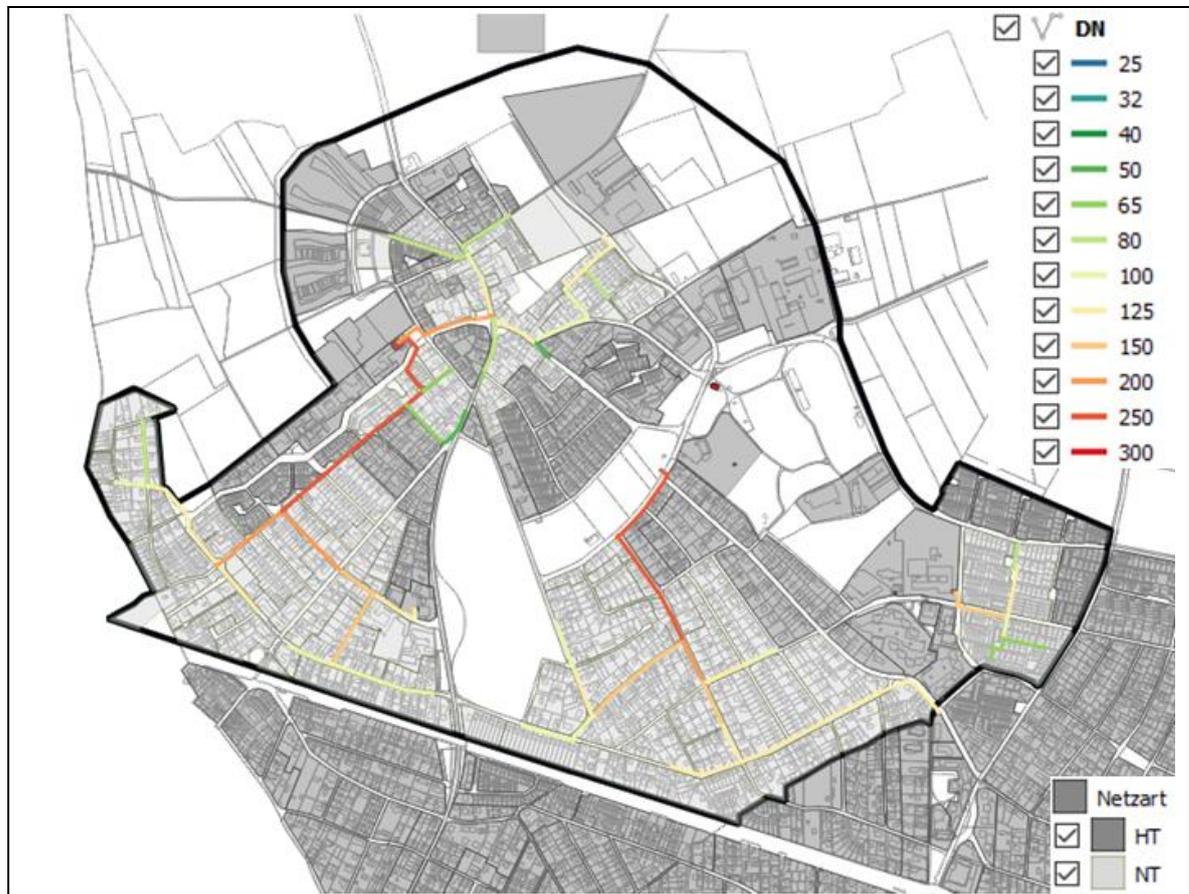
**Abbildung 34: Dimensionierung 2-Leiter-Niedertemperaturnetz**

Beim 3-Leiter-Niedertemperaturnetz werden der warme Vorlauf, der kalte Vorlauf und der gemeinsame Rücklauf jeweils separat dimensioniert. Zur Dimensionierung des warmen Vorlaufes wird von einer Spreizung von 35 K ausgegangen. Da über 3-Leitersysteme auch Wärmeabnehmer mit einem Heizungswärmebedarf auf hohem Temperaturniveau abgedeckt können, wird bei der Ermittlung der zu übertragenden Leistung angenommen, dass 25 % der Anschlüsse ihre Wärme vollständig über den Warmen Vorlauf beziehen. Weiter wird angenommen, dass bei den restlichen 75 % der Anschlussnehmer 5 % der benötigten Wärmeleistung für die Brauchwassererwärmung benötigt werden. So ergeben sich die in [Abbildung 35](#) dargestellten Dimensionierungen des warmen Vorlaufes des 3-Leiter-Niedertemperaturnetzes.



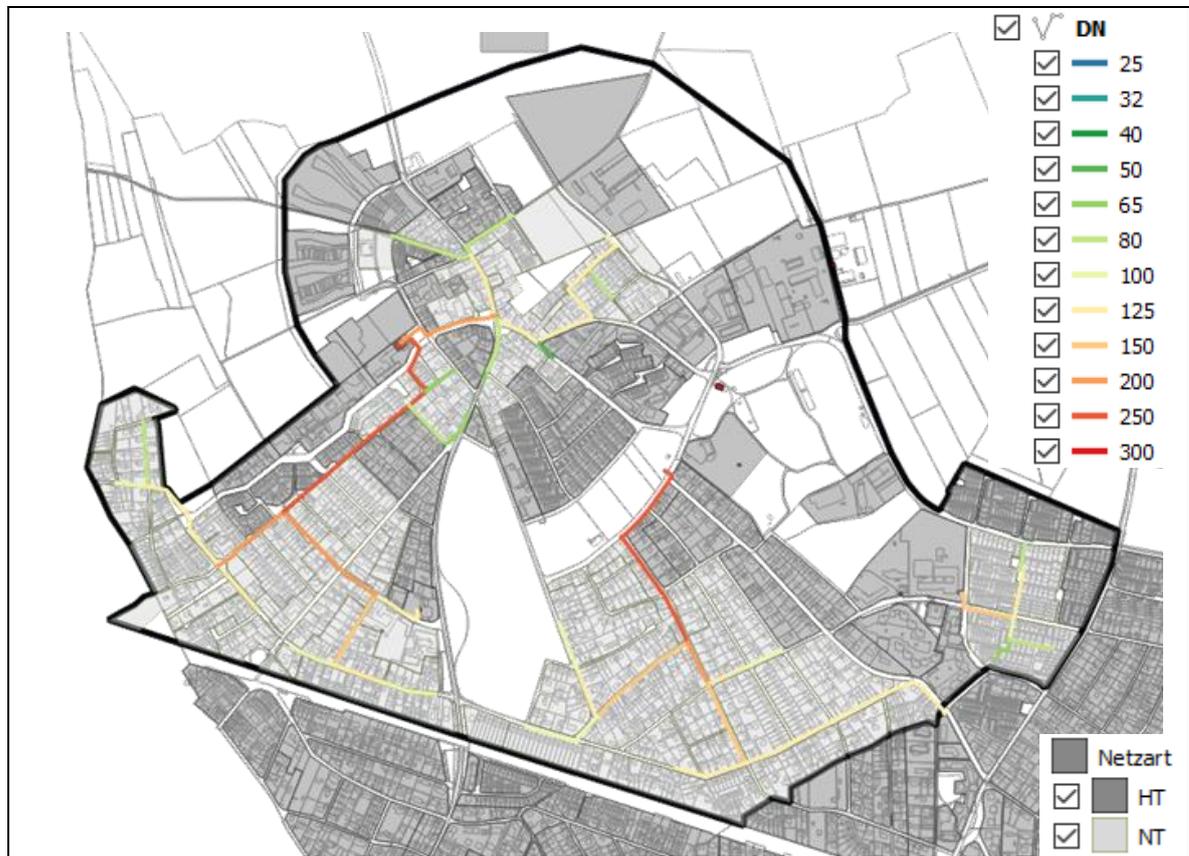
**Abbildung 35: Dimensionierung warmer Vorlauf 3-Leiter-Niedertemperaturnetz**

Der kalte Vorlauf überträgt die übrige Wärmeleistung und wird für eine Spreizung von 10 K ausgelegt. Die entsprechende Dimensionierung des kalten Vorlaufes ist in [Abbildung 36](#) dargestellt.



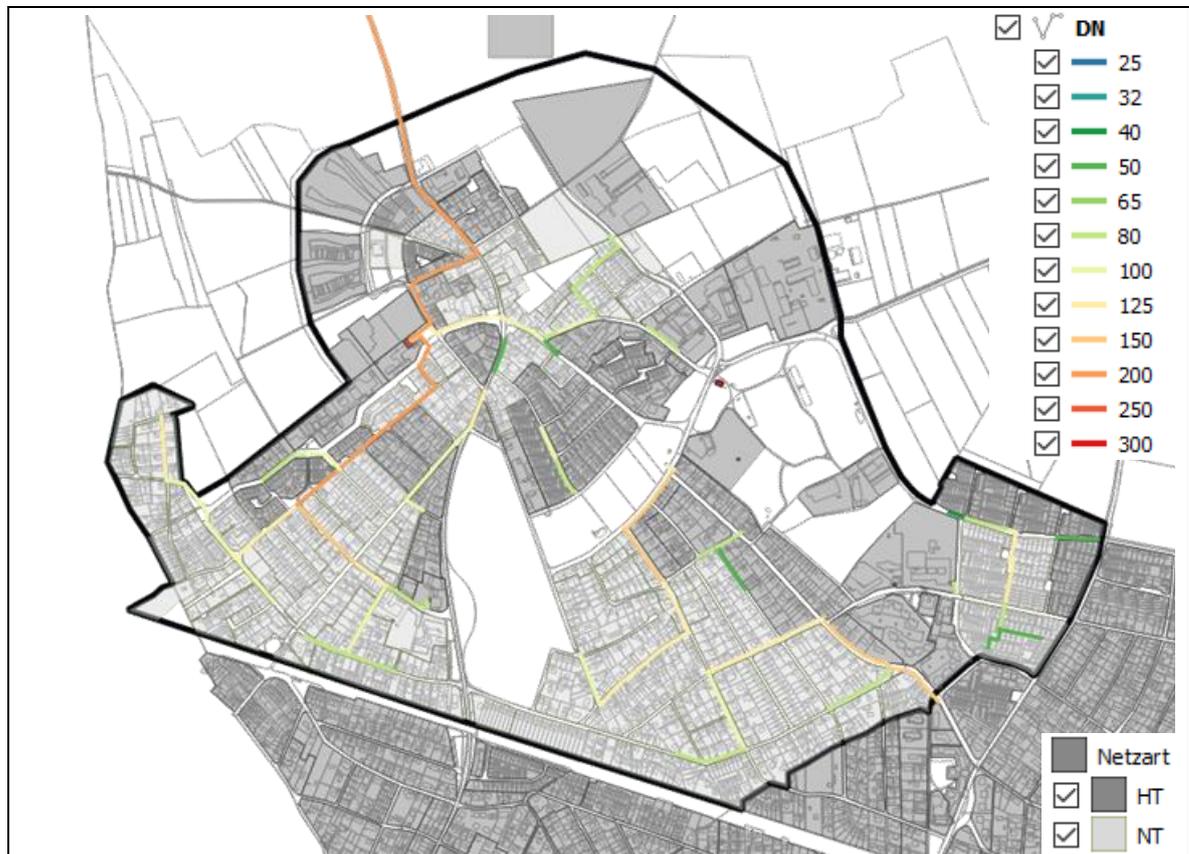
**Abbildung 36:** Dimensionierung kalter Vorlauf 3-Leiter-Niedertemperaturnetz

Der gemeinsame Rücklauf wird über die Summe der maximalen Volumenströme in den beiden Vorläufen ausgelegt. Die entsprechend ausgelegten Leitungsdimensionierungen stellt [Abbildung 37](#) dar.



**Abbildung 37: Dimensionierung gemeinsamer Rücklauf 3-Leiter-Niedertemperaturnetz**

Wird über das gesamte Untersuchungsgebiet die Netzvariante „2-Leiter-Hochtemperaturnetz“ verwendet, ist der Verlauf und die Dimensionierung der zusätzlich zum Bestand umzusetzenden Wärmetrasse in [Abbildung 38](#) dargestellt.



**Abbildung 38:** Dimensionierung 2-Leiter-Hochtemperaturnetz neu bei 2-Leiter Hochtemperaturnetz

Tabelle 19 fasst die Grobdimensionierung der Haupttrassen zusammen. Dargestellt werden für jede Netzvariante die Gesamtlängen der einzelnen Leitungen aufgeteilt auf die jeweiligen Nenndurchmesser.

**Tabelle 19: Dimensionierung Haupttrassen**

DN	Bestand	HT 2-Leiter (bei NT)	NT 2-Leiter	NT 3-Leiter		Alles HT	
	VL+RL	VL+RL	VL+RL	VL-Warm	VL-Kalt	RL	VL+RL
	Leitungslänge [m]						
<b>25</b>	0	0	0	250	0	0	0
<b>32</b>	0	0	0	1.062	0	0	0
<b>40</b>	0	291	0	838	0	0	87
<b>50</b>	465	586	465	2.651	120	36	1.074
<b>65</b>	2.251	1.530	2.251	819	569	420	3.452
<b>80</b>	1.191	925	1.191	742	623	856	3.422
<b>100</b>	4.920	1.807	4.920	923	1.456	902	3.496
<b>125</b>	2.095	512	2.095	173	2.259	2.697	3.466
<b>150</b>	1.518	736	1.518	0	593	568	1.853
<b>200</b>	1.522	3.104	1.522	0	742	883	4.330
<b>250</b>	985	0	985	0	1.095	1.095	0
<b>300</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>10.229</b>	<b>9.490</b>	<b>14.947</b>	<b>22.371</b>		<b>21.181</b>	

#### 4.2.2 Anschlussleitungen

Die Anschlussleitungen stellen die Verbindung zwischen den Haupttrassen und den Gebäuden in der die Wärmeübergabe stattfindet dar. Zur Abschätzung der Länge der Anschlussleitungen wird von einer auf die Fläche bezogenen Trassenlänge von 140,2 m/ha ausgegangen. Für die in Abbildung 14 dargestellten Gebiete ergeben sich so die in Tabelle 20 dargestellten Trassenlängen.

**Tabelle 20: Abschätzung Trassenlänge Anschlussleitungen**

	Angesetzte Fläche [ha]	Trassenlänge [m]
<b>Bestehendes Netz</b>	21,1	2.960
<b>HT-Wärmenetz neu</b>	42,3	5.930
<b>NT-Wärmenetz</b>	85,9	12.050
<b>Summe</b>	<b>149,3</b>	<b>20.940</b>

#### 4.2.3 Wärmeverluste

Bei der Abschätzung der durch die Wärmeverteilung entstehenden Wärmeverluste wird von der Verwendung von Kunststoff-Mantelrohren (KMR) mit einer einfach verstärkten Dämmung ausgegangen.

Die Abschätzung der Verlustleistung erfolgt jeweils getrennt für die Anschlussleitungen und Haupttrassen. Dabei wurde für die jeweiligen Netzvarianten pauschal die vorherrschenden Nenndurchmesser und die in Kapitel 3.1 beschriebenen Temperaturen der einzelnen Netzstränge berücksichtigt.

Das Ergebnis der Abschätzung, jeweils für das gesamte Untersuchungsgebiet, ist in Tabelle 21 dargestellt. Bei der Berechnung der Verlustleistung von Variante „3-Leiter-Netz“ wurde berücksichtigt, dass der warme Vorlauf nur während der Heizperiode betrieben wird. Die in Tabelle 21 dargestellte Verlustleistung dieser Netzvariante stellt daher die über ein Jahr entstehende durchschnittliche Verlustleistung dar.

**Tabelle 21: Wärmeverluste der untersuchten Netzvarianten**

	Verlustleistung [kW]	Wärmeverluste [MWh/a]
<b>2-Leiter-Hochtemperaturnetz</b>	625	5.470
<b>2-Leiter-Niedertemperturnetz</b>	510	4.465
<b>3-Leiter-Netz</b>	641*	5.620

\*durchschnittliche Leistung

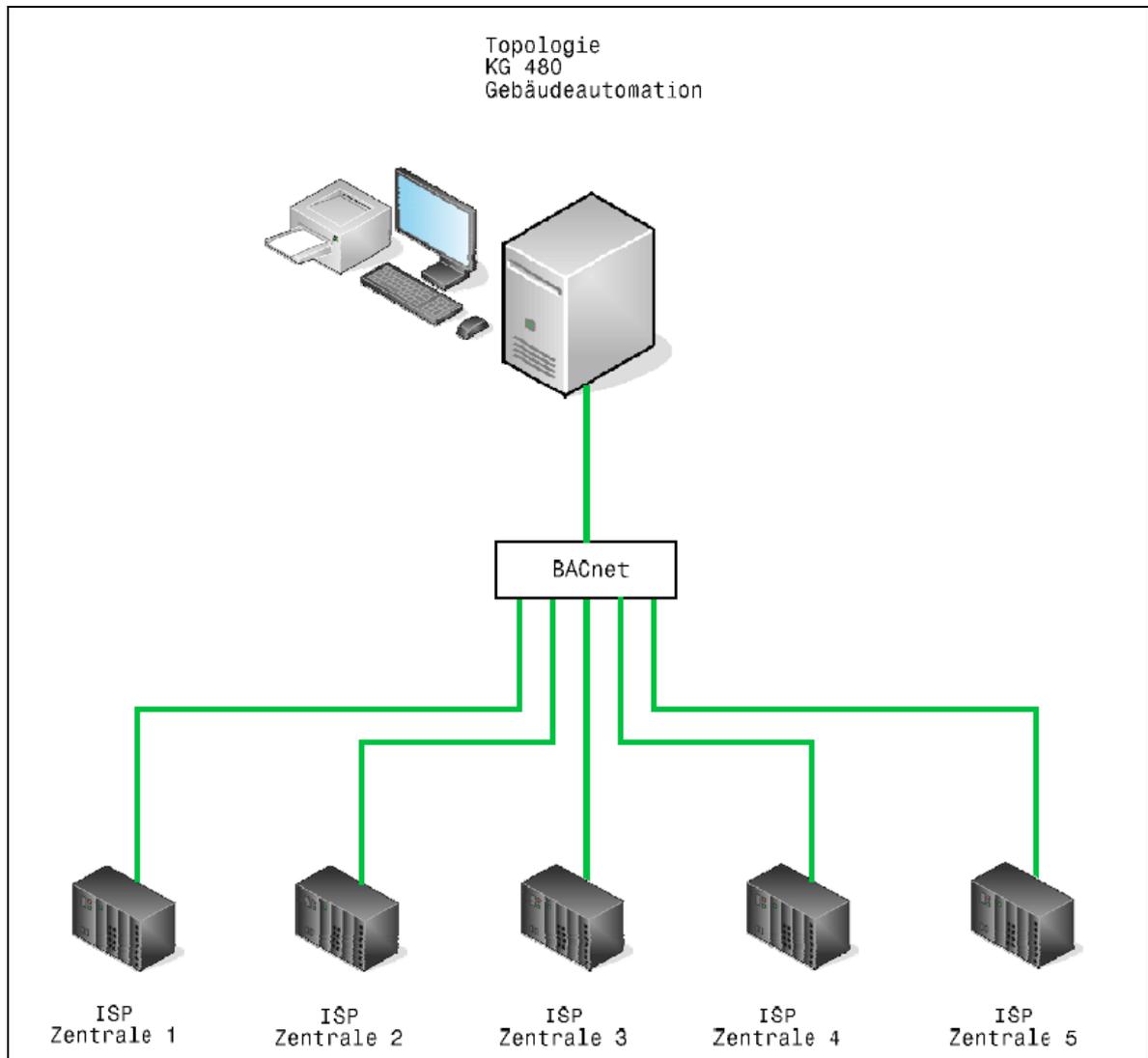
Durch das niedrige Temperaturniveau in den Niedertemperatur-Netzbereichen entstehen bei Variante „2-Leiter-Niedertemperturnetz“ die niedrigsten Wärmeverluste. Bei Variante „3-Leiter-Netz“ entstehen durch den zusätzlichen Leitungsstrang zusätzliche Verluste, so dass sich bei dieser Variante die Verlustleistung, auch bei nichtbetrieb des warmen Vorlaufes außerhalb der Heizperiode in der Größenordnung der Variante „2-Leiter-Hochtemperaturnetz“ befindet.

### 4.3 Regelungsstrategie

Die Regelung und das Zusammenspiel der einzelnen Erzeuger ist ein essentieller Bestandteil für die Funktionalität der Fernwärmeversorgung. Eine übergeordnete Regelung muss das Management der einzelnen Erzeugungsanlagen übernehmen, damit z.B. verhindert wird, dass das konventionell betriebene BHKW in Betrieb ist, während ausreichend solarthermische Erträge erzielt werden könnten. Hauptaufgabe der übergeordneten Regelung ist es daher die Erzeugerreihenfolge festzulegen. Dies kann bspw. über Bereitschaftssignale (Erzeuger kann Wärme liefern) von den einzelnen Zentralen an die übergeordnete Leittechnik, sowie von Freigaben (Erzeuger soll Wärme liefern) von der Leittechnik an die einzelnen Erzeuger erfolgen. Eine mögliche Topologie ist in Abbildung 39 dargestellt. Ebenfalls muss über die zentrale Leittechnik der geförderte Volumenstrom der einzelnen Netzpumpen geregelt werden, sodass diese sich nicht gegenseitig beeinflussen. Prinzipiell sollte immer nur eine Pumpe je hydraulisch getrennten Netz differenzdruckgeregelt betrieben werden. Andere Pumpen, deren Erzeuger in Vollast betrieben werden, werden konstant betrieben.

Dazu ist es zwingend erforderlich parallel zum Netz ein Datenkabel mit zu verlegen, um so eine sichere Kommunikation zwischen der Leittechnik und den einzelnen Erzeugern zu gewährleisten.

Speziell bei den Netzen mit niedrigen Rücklauftemperaturen sollten auch die Übergabestationen überwacht werden, um Fehlfunktionen der Stationen zu erkennen.



**Abbildung 39: Beispielhafte Topologie der Leittechnik**

#### 4.4 Wirtschaftliche Bewertung

Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die untersuchten Varianten über die Ermittlung der jeweiligen Kapitalwerte und Wärmegestehungskosten miteinander verglichen. Hierfür werden die Kosten für Investition und Betrieb der Wärmeverteilung und Wärmeerzeugung ermittelt. Weiter werden die mit den Varianten einhergehenden Energiekosten sowie auf der Einnahmenseite die getroffenen Ansätze bezüglich Wärmeverkauf und Investitionszuschüsse bzw. Anschlusskosten betrachtet.

Sämtliche im Folgenden genannte Kostenangaben verstehen sich als Nettopreise. In den Kapiteln 4.4.1 bis 4.4.6 beziehen sich die Kosten auf den aktuellen Preisstand (2018).

#### 4.4.1 Wärmeverteilung

In Tabelle 22 werden die angesetzten Investitionskosten für den Bestand und den Ausbau der Wärmeverteilung sowie die jährlichen Kosten für Wartung und Betrieb zusammengefasst.

Zahlen über die Investitionen in den Bestand stammen aus den vom Kommunalunternehmen zur Verfügung gestellten aktuellen Kostenverfolgung der Projekte „Heizwerk am Sportzentrum“ und „Fernwärmeausbau“.

**Tabelle 22: Investitions-, Wartungs- und Instandhaltungskosten Wärmeverteilung (Preisniveau 2018)**

	<b>2-Leiter- Hochtemperaturnetz</b>	<b>2-Leiter- Niedertemperaturnetz</b>	<b>3-Leiter-Netz</b>
<b>Bestand</b>		2.121.000 €	
<b>Ausbau</b>	16.487.000 €	20.640.000 €	25.474.000 €
<b>Wartung und Instandhaltung</b>	331.000 €/a	358.000 €/a	383.000 €/a

Die als „Ausbau“ bezeichneten Investitionen in das Wärmenetz umfassen die Investitionen in die in Kapitel 4.2.1 vordimensionierten Haupttrassen sowie die Anschlussleitungen (vgl. Kapitel 4.2.2).

Der Kostenansatz für die Ermittlung der Investitionskosten betreffend der Haupttrassen basiert auf Richtpreisen für Kunststoffmantelrohre des jeweiligen Nenndurchmessers und beinhaltet pauschalisiert Preise für Dehnungsbögen, Armaturen, Isolierung, Zugangsschächte etc. Die Investitionskosten beinhalten zusätzlich Tiefbaukosten in 530 €/m<sup>3</sup> bis einschließlich DN 80 bzw. 689 €/m<sup>3</sup> ab DN 100. Die sich dabei durchschnittlich ergebenden spezifischen Investitionen pro Trassenmeter sind je nach Netzart in Tabelle 23 dargestellt.

**Tabelle 23: Durchschnittliche spezifische Investitionskosten der Haupttrassen je Netzart**

<b>Haupttrasse</b>	<b>Spezifische Investitionskosten [€/m<sub>Trasse</sub>]</b>
<b>2-Leiter-Hochtemperaturnetz</b>	665
<b>2-Leiter-Niedertemperturnetz</b>	911
<b>3-Leiter-Netz</b>	1.174

Die Investitionen in Anschlussleitungen werden über die in Tabelle 24 dargestellten spezifischen Investitionen pro Trassenmeter berechnet.

**Tabelle 24: Spezifische Investitionskosten Anschlussleitungen**

<b>Anschlussleitungen</b>	<b>Spezifische Investitionskosten [€/m<sub>Trasse</sub>]</b>
<b>2-Leiter-Hochtemperaturnetz</b>	650...800
<b>2-Leiter-Niedertemperturnetz</b>	
<b>3-Leiter-Netz</b>	1.000

In sämtlichen Netzvarianten ist eine Investition in eine übergeordnete Steuerung in Höhe von 100.000 € berücksichtigt.

Die Investitionen in die als Niedertemperturnetz bezeichneten Varianten (2-Leiter-Niedertemperturnetz und 3-Leiternetz) beinhalten eine Investition in vier Anlagen zur hydraulischen Trennung des Niedertemperturnetzes vom übergeordneten Hochtemperaturnetz (4 Stück a 64.000 €).

Der gesamten Investition in die Wärmeverteilung wird eine Förderung von 60 €/m<sub>Trasse</sub> abgezogen (KfW-Programm Erneuerbare Energien "Premium", Programmnummer 271/281).

Für Wartungs- und Instandhaltungskosten der Wärmetrassen werden 0,5 % der Investitionen pro Jahr angesetzt. Für Wartung und Instandhaltung der hydraulischen Trennung werden 2,5 % der Investitionen aufgewendet.

Die Wartungs- und Instandhaltungskosten der Wärmeverteilung beinhalten zusätzlich Kosten für Betriebsführung und sonstige Gemeinkosten in Höhe von 230.000 €/a.

#### 4.4.2 Wärmeübergabe

Um die Höhe der Investition in Übergabestationen abzuschätzen erfolgt, wie in Tabelle 25 dargestellt eine Kategorisierung der Anschlussnehmer nach deren Anschlussleistung.

**Tabelle 25: Kategorisierung Anschlussnehmer**

<b>Kategorie</b>	<b>Leistung</b>	<b>Anteil Gesamtleistung</b>	<b>Anteil Anschlüsse</b>	<b>Anzahl Anschlüsse</b>
<b>A</b>	Bis 15 kW	54 %	86 %	1.269
<b>B</b>	16 bis 150 kW	31 %	13 %	191
<b>C</b>	Ab 151 kW	15 %	1 %	10

Je nach Netzart an die die Anschlussnehmer angeschlossen werden ergeben sich für die jeweilige Kategorie die in Tabelle 26 dargestellten Investitionskosten pro Übergabestation.

**Tabelle 26: Investitionskosten pro Übergabestation**

Kategorie	2-Leiter-Hochtemperaturnetz	2-Leiter-Niedertemperaturnetz	3-Leiter-Netz
<b>A</b>	5.000 €	7.500 €	6.000 €
<b>B</b>	7.500 €	10.000 €	8.500 €
<b>C</b>	12.500 €	15.000 €	13.500 €

Unter der Annahme, dass 75 % der Anschlüsse mit 1.800 €/Übergabestation gefördert werden (KfW-Programm Erneuerbare Energien "Premium", Programmnummer 271/281), ergeben sich die in Tabelle 27 dargestellten Investitionskosten.

**Tabelle 27: Investitionskosten Übergabestationen**

	2-Leiter-Hochtemperaturnetz	2-Leiter-Niedertemperaturnetz	3-Leiter-Netz
<b>Investition</b>	5.638.000 €	7.788.000 €	6.514.000 €
<b>Wartung und Instandhaltung</b>	75.000 €/a	97.000 €/a	84.000 €/a

Die in Tabelle 27 dargestellten Kosten für Wartung und Instandhaltung entsprechen 1 % der Investitionen in die Übergabestationen.

#### 4.4.3 Wärmeerzeugung

Die gesamten Investitionskosten der in Kapitel 3.2 und 4.1 beschriebenen Varianten der Wärmeerzeugung sind in Tabelle 28 zusammengefasst. Ergänzt wird Tabelle 28 um für die jeweiligen Erzeugungsvarianten angesetzten jährlichen Kosten für Wartung, Instandhaltung und Betrieb. Die dargestellten jährlichen Kosten beinhalten keine Energiepreise für die Wärmeerzeugung. Diese werden in Kapitel 4.4.4 vorgestellt.

**Tabelle 28: Kosten Wärmeerzeugung**

Investitionen	Erzeugungsvariante		
	Biomasse	Wärmepumpe	Biomasse min
<b>Solarthermie*</b>	0 €	4.136.000 €	7.846.000 €
Förderung	0 €	-1.353.000 €	-2.585.000 €
<b>Biomasse KWK*</b>	7.585.000 €	3.702.000 €	2.395.000 €
Förderung	-271.000 €	-92.000 €	-60.000 €
<b>Wärmepumpe*</b>	621.000 €	3.407.000 €	3.407.000 €
Förderung	-50.000 €	-350.000 €	-350.000 €
<b>Konventionell (KWK+Spitzenlast)**</b>	3.339.000 €	4.107.000 €	4.264.000 €
<b>Summe inkl. Förderung***</b>	<b>11.332.000 €</b>	<b>13.808.000 €</b>	<b>15.169.000 €</b>
<b>Wartung Instandhaltung Betrieb ohne Energiekosten</b>	<b>253.000 €/a</b>	<b>332.000€/a</b>	<b>365.000 €/a</b>

\* ohne Förderung

\*\* inklusive Bestand

\*\*\* inklusive Bestand und Netzpumpen

### Solarthermie

Zur Ermittlung der Investitionen in die thermischen Solaranlagen wurde bezüglich der Investition in die Kollektorfläche ein spezifischer Preis pro Nettokollektorfläche von 250 €/m<sup>2</sup> angenommen. Sowohl in Variante „Wärmepumpe“, als auch in Variante „Biomasse min“ ist ein 2.000 m<sup>3</sup> großer Wärmespeicher vorgesehen, dessen Investition mit einem spezifischen Preis von 200 €/m<sup>3</sup> berechnet wurde. Weiter wurden Kosten für Anlagentechnik und Wärmetauscher, MSR Technik, Gebäude/Umzäunung etc. sowie Planung und Genehmigung berücksichtigt.

Insgesamt ergeben sich so spezifische Gesamtinvestitionen bezogen auf die Nettokollektorfläche von 335 €/m<sup>2</sup> in Variante „Wärmepumpe“ und 318 €/m<sup>2</sup> für Variante „Biomasse min“.

Der Investition in die Solarthermieanlagen wird eine Förderung nach dem KfW-Programm „Erneuerbare Energien Premium 271“ gutgeschrieben.

Im Rahmen der Ermittlung der Investitionskosten der thermischen Solaranlagen wird nicht zwischen Freiflächenanlagen und dezentralen Großanlagen unterschieden.

### **Biomasse KWK**

Die Ermittlung der Investitionskosten der Wärmeerzeugungskomponente „Biomasse KWK“ erfolgt analog dem Leitfaden Feste Biobrennstoffe der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)<sup>11</sup>.

Für Kessel inkl. Montage, Beschickung, Entaschung, Luft-Rauchgassystem und Rauchgasreinigung wird bei Variante „Biomasse“ von spezifischen Kosten von 300 €/kW<sub>th</sub> ausgegangen. Bei den Varianten „Wärmepumpe“ und „Biomasse min“ von 400 €/kW<sub>th</sub>. Die spezifischen Kosten für das ORC-Modul in Variante „Biomasse“ beträgt 1.500 €/kW<sub>el</sub>. In den Varianten „Wärmepumpe“ und „Biomasse min“ jeweils 2.300 €/kW<sub>el</sub>.

Weiter wurden Investitionen in Wärmespeicher, Bautechnik, Elektro- und Leittechnik der Energieerzeugung sowie Nebenkosten für Planung Gutachten etc. berücksichtigt.

Der Investition in die Biomasseanlage wird eine Förderung nach dem KfW-Programm „Erneuerbare Energien Premium 271“ gutgeschrieben.

### **Wärmepumpe**

Den Investitionskosten in Wärmepumpenanlagen liegen entsprechende Richtpreise von Herstellern zugrunde. Weiter wurden Kosten für die Umsetzung der benötigten Grundwasserbrunnen, Anlagentechnik/Wärmetauscher, Bautechnik sowie Planung und Genehmigung berücksichtigt.

Der Investition in die Wärmepumpenanlagen wird ebenfalls eine Förderung nach dem KfW-Programm „Erneuerbare Energien Premium 271“ gutgeschrieben.

### **Erdgas KWK / Erdgas Spitzenlast**

Für die Investitionen in Erdgas BHKWs wurden die Richtpreise der ASUE<sup>12</sup> verwendet. Investitionskosten in Erdgas-Spitzenlastkessel stammen aus Richtpreisangaben von Herstellern. Darüber hinaus wurden Kosten für weitere Anlagentechnik/Wärmetauscher, MSR-Technik, Bautechnik sowie Planung und Genehmigung berücksichtigt.

Die dargestellten Investitionen in KWK Erdgas und Spitzenlast Erdgas beinhalten die vom Kommunalunternehmen zur Verfügung gestellten aktuellen Kostenverfolgung des Projektes „Heizwerk am Sportzentrum“.

#### 4.4.4 Energiekosten

Unter den Energiekosten der Wärmeerzeugung werden die Kosten zusammengefasst die direkt mit der Wärmeerzeugung zusammenhängen. Sie ergeben sich für die einzelnen Varianten je nach dem jeweiligen Bedarf an Hackschnitzeln für die Biomasse KWK-Anlage, dem Strombedarf für die Wärmeerzeugung mittels Wärmepumpen, den Erdgasbedarf für die konventionelle Wärmeerzeugung in den BHKWs und Spitzenlastkesseln sowie dem Preis für die zugekaufte Wärme aus der Biogasanlage. Sämtliche getroffenen Annahmen sind Tabelle 29 dargestellt.

<sup>11</sup> FACHAGENTUR FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V.: (FNR) (Hrsg.) (2014) Leitfaden Feste Biobrennstoffe. Gülzow: FNR

<sup>12</sup> ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR SPARSAMEN UND UMWELTFREUNDLICHEN ENERGIEVERBRAUCH e.V. ASUE (Hrsg.) (2014) BHKW-Kenndaten 2014. Berlin: ASUE

**Tabelle 29: Annahmen Energiekosten**

<b>Strom</b>	Arbeit	18 ct/kWh
	Leistung	13 €/kW
<b>Erdgas</b>	Arbeit	36 €/MWh
	Leistung	8 €/kW
<b>Hackschnitzel</b>	Arbeit	30 €/MWh
<b>Biogaswärme</b>	Arbeit	50 €/MWh

Die Einnahmen aus der Stromerzeugung der KWK-Anlagen werden den Energiekosten der Wärmeerzeugung abgezogen. Zur Ermittlung der Höhe der Einnahmen wurde ein durchschnittlicher Börsenstrompreis von 3,3 ct/kWh sowie eine Vergütung nach dem aktuell geltenden Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) angesetzt. Auch die Erstattung der Energiesteuer bei Erdgas-KWK wird berücksichtigt.

Insgesamt ergeben sich so, um den in Kapitel 3.2 beschriebenen Wärmebedarf zu decken, die in Tabelle 30 dargestellten Energiekosten der Wärmeerzeugung. Dabei wird wiederum zwischen den Energiekosten, die mit der Nutzung der beschriebenen Netzvarianten und den damit einhergehen unterschiedlichen Strombedarf der Wärmeerzeugung durch Wärmepumpen unterschieden.

**Tabelle 30: Energiekosten der Wärmeerzeugung**

	<b>Biomasse</b>	<b>Wärmepumpe</b>	<b>Biomasse min</b>
<b>2-Leiter-Hochtemperaturnetz</b>	41,3 €/MWh	48,1 €/MWh	44,0 €/MWh
<b>2-Leiter Niedertempertaturnetz</b>	40,3 €/MWh	42,4 €/MWh	38,9 €/MWh
<b>3-Leiter-Netz</b>			

Weiter fallen im Zuge der Wärmeverteilung Energiekosten für die Wärmeverteilung an. Diese setzen sich aus den bei der Verteilung der Wärme entstehenden Wärmeverlusten und den für die Vereitlung notwendigen Strombedarf zusammen. Die Kosten bzgl. Wärmeverluste berechnen sich aus den in Tabelle 21 dargestellten Wärmeverlusten und den Energiekosten der Wärmeerzeugung (vgl. Tabelle 31).

**Tabelle 31: Energiekosten durch Wärmeverluste**

	<b>Biomasse</b>	<b>Wärmepumpe</b>	<b>Biomasse min</b>
<b>2-Leiter-Hochtemperaturnetz</b>	226.000 €/a	263.000 €/a	241.000 €/a
<b>2-Leiter Niedertempertaturnetz</b>	180.000 €/a	189.000 €/a	174.000 €/a
<b>3-Leiter-Netz</b>	226.000 €/a	238.000 €/a	219.000 €/a

Die Kosten des Strombedarfes zur Verteilung der Wärme werden in Tabelle 32 zusammengefasst.

**Tabelle 32: Energiekosten durch Strombedarf bei der Wärmeverteilung**

<b>Stromkosten Verteilung</b>	
<b>2-Leiter-Hochtemperaturnetz</b>	41.000 €/a
<b>2-Leiter-Niedertemperaturnetz</b>	54.000 €/a
<b>3-Leiter-Netz</b>	84.000 €/a

Bei Netzvariante 2-Leiter-Niedertemperaturnetz wird um das Brauchwasser auf das benötigte Temperaturniveau zu heben eine Strommenge von 373 MWh/a benötigt. Entsprechend müssen hierfür bei dieser Variante zusätzlich ca. 67.000 €/a aufgewendet werden.

#### 4.4.5 Investitionszuschüsse und Anschlusskosten

In die Berechnung der Wirtschaftlichkeit der untersuchten Varianten fließen einmalige Einnahmen durch von den Wärmekunden zu leistende Investitionszuschüsse und Anschlusskosten mit ein.

Die Höhe dieser Zuschüsse wird im Rahmen der Untersuchung pauschal für alle Anschlüsse auf insgesamt 8.840 €/Anschluss angesetzt. Dieser Wert entspricht den aktuellen Zuschüssen des Kommunalunternehmens und repräsentiert einen Anschluss im Gebäudebestand mit einer Anschlussleistung unter 30 kW.

#### 4.4.6 Wärmeverkauf

Die Einnahmen aus dem Wärmeverkauf werden mit einem repräsentativen Wärmearbeitspreis von 69 €/MWh für die im Jahr 2030 bezogene Wärme berechnet.

Als weiteren, leistungsbezogenen Bestandteil der Wärmeerzeugung werden die Grundpreise der Gemeindewerke Vaterstetten für das Jahr 2018 herangezogen. Der Grundpreis bis zu inkl. 10 kW beträgt 455,44 €/a. Für jedes weitere kW über 10 kW beträgt der Preis 45,54 €/a.

Die Berechnung der Einnahmen über die Leistungspreise erfolgt anhand der in Tabelle 25 durchgeführten Kategorisierung der Anschlussnehmer.

So ergeben sich für den Endausbau insgesamt Einnahmen durch den Wärmeverkauf in Höhe von 3.884.000 €/a (Preisbasis 2018).

#### 4.4.7 Kapitalwerte

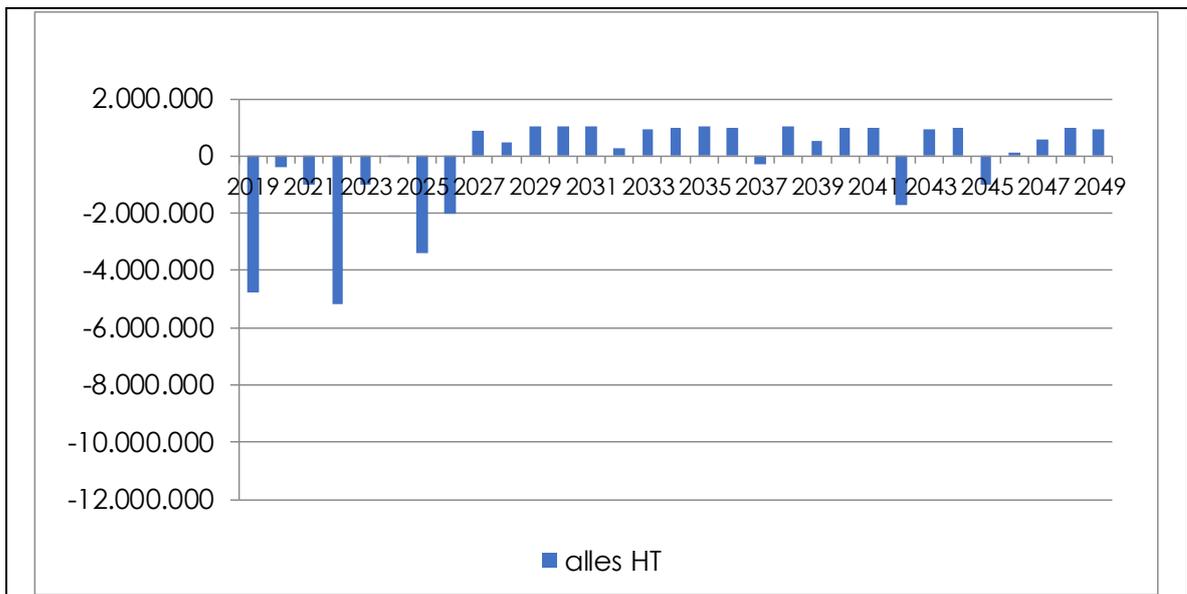
Um die Wirtschaftlichkeit der einzelnen entwickelten Konzeptvarianten miteinander zu vergleichen erfolgt im Folgenden die Ermittlung der Kapitalwerte der Variante nach einem Zeitraum von 30 Jahren.

Hierfür werden die jeweiligen Kapitalwerte über den Betrachtungszeitraum dynamisch berechnet. Der Zeitpunkt der Investitionen in die Erzeugungs- bzw. Verteilungskomponenten (vgl. Kapitel 4.4.1 bis 4.4.3) erfolgt dabei nach dem in Kapitel 5.2 vorgestellten Zeitplan. Nach Ablauf der Nutzungsdauer der Kostengruppen der einzelnen Komponenten werden entsprechende Ersatzinvestitionen berücksichtigt.

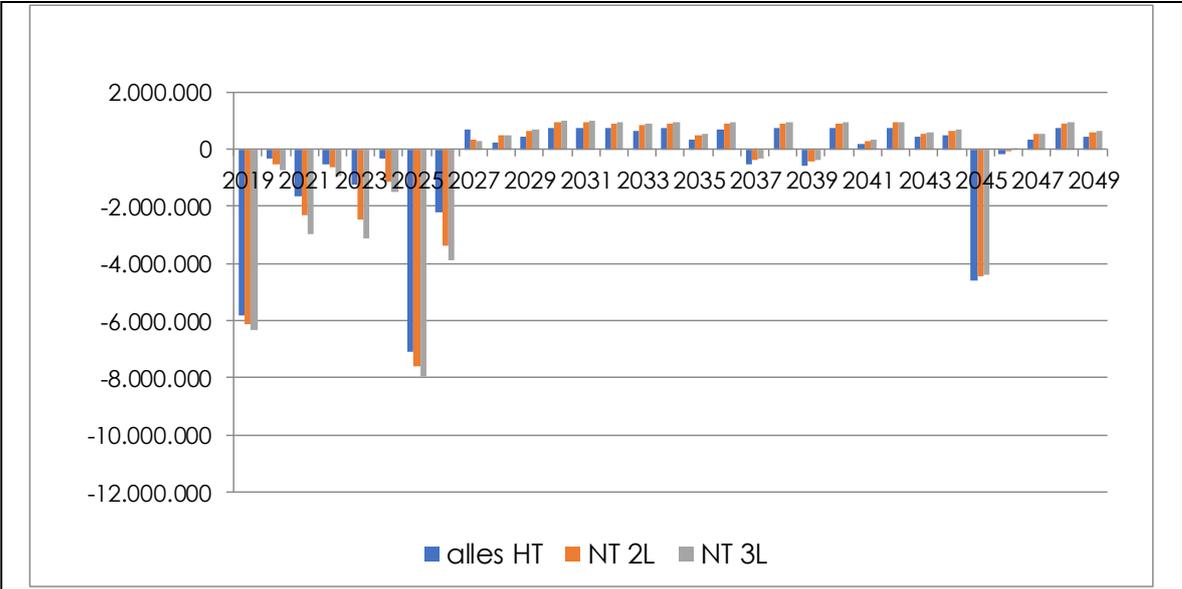
Auch die Energie-, Wartungs-, Instandhaltungs- sowie Betriebskosten steigen entsprechend dem sich aus dem Umsetzungsplan ergebenden Ausbaustand, ebenso wie die Einnahmen aus dem Wärmeverkauf.

Für jedes Jahr werden so Gesamteinnahmen ermittelt, die sich aus den einmaligen Kosten (Investitionen) und den laufenden Kosten bzw. Einnahmen (z.B. Energiekosten oder Wärmeverkauf) berechnen. Für die so ermittelten Gesamteinnahmen erfolgt die Ermittlung des Barwertes über eine Diskontierung. In Abbildung 40 bis Abbildung 42 werden die jährlichen Gesamtkosten der einzelnen Varianten dargestellt.

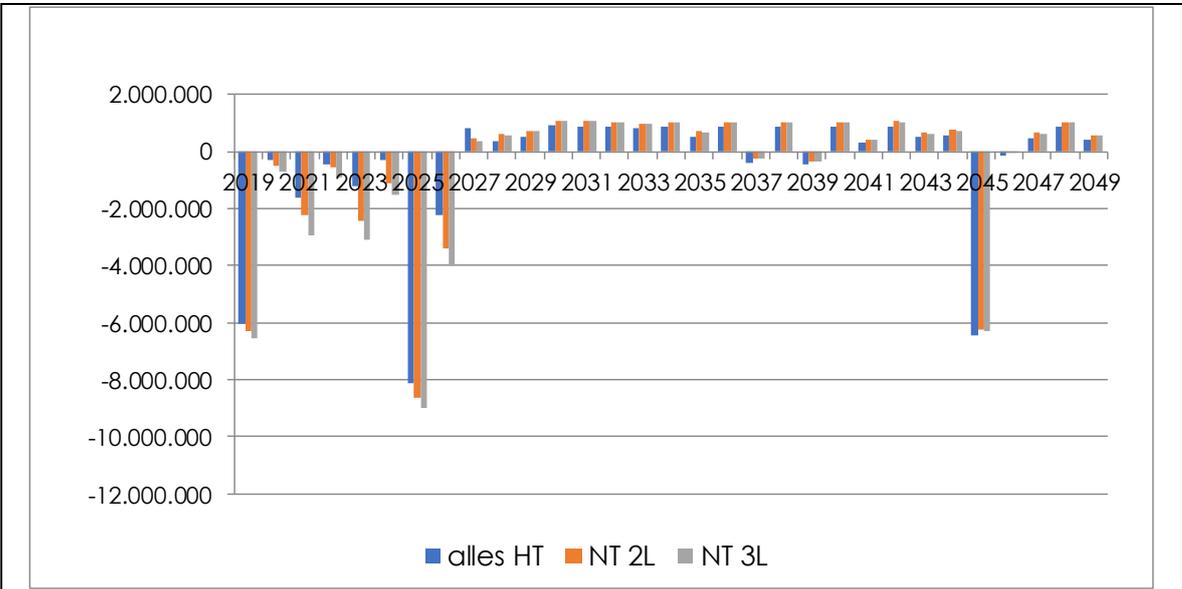
Dabei wird in Abbildung 40 auf die Darstellung der Netzvarianten „2-Leiter-Nietertemperaturnetz“ und „3-Leiter-Netz“ verzichtet, da bei der Wärmeerzeugungsvariante „Biomasse“ der energetische Nutzen dieser Varianten aufgrund des niedrigen Anteils von Wärmeerzeugung aus Wärmepumpen und Solarthermie gering ist.



**Abbildung 40:** Jährliche Gesamteinnahmen, abgezinst (Zinssatz 3%) Variante „Biomasse“



**Abbildung 41:** Jährliche Gesamteinnahmen, abgezinst (Zinssatz 3 %) Variante „Wärmepumpe“



**Abbildung 42:** Jährliche Gesamteinnahmen, abgezinst (Zinssatz 3 %) Variante „Biomasse min“

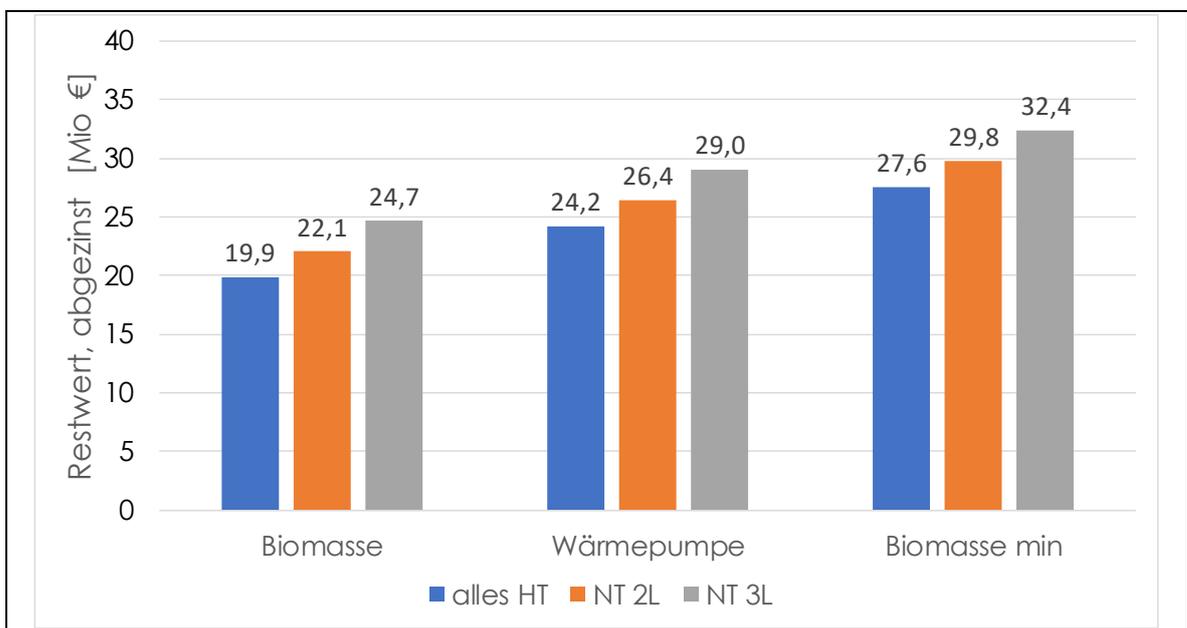
Weiter wird der Restwert der Investitionen ermittelt. Hierfür erfolgt eine lineare Abschreibung der jeweiligen Investition über die Nutzungsdauer der entsprechenden Kostengruppen.

Der Kapitalwert berechnet sich letztendlich aus der Summe der kumulierten jährlichen abgezinsten Gesamteinnahmen und dem Restwert der Investitionen zum Ende des Betrachtungszeitraumes.

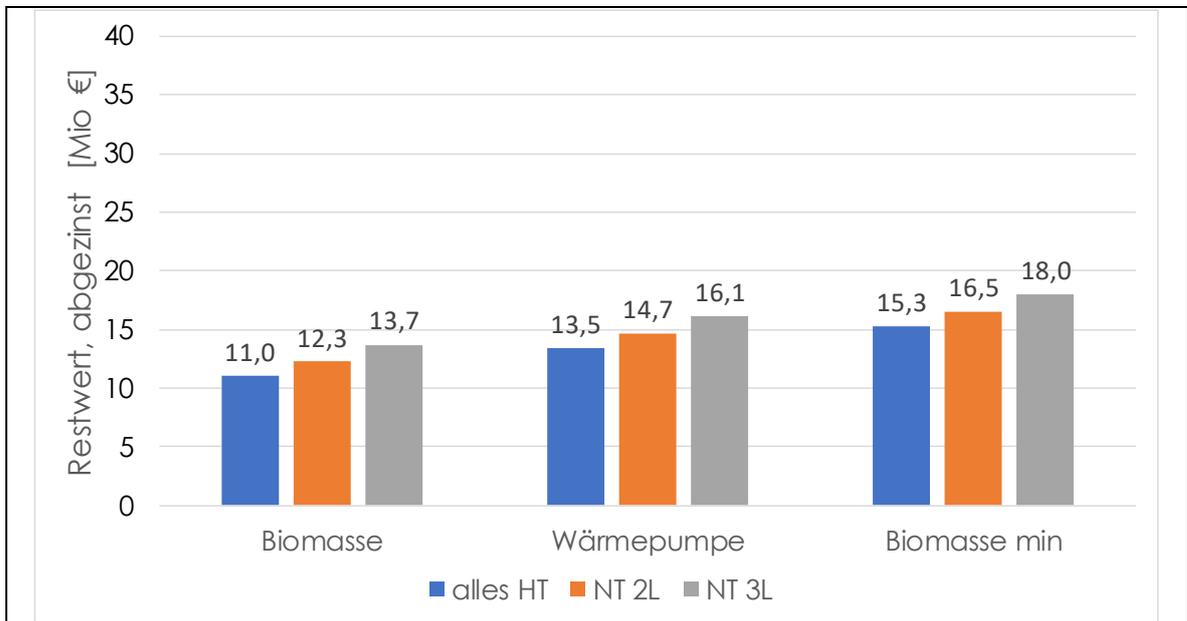
Bezüglich der Energiekosten und des Wärmepreises wird eine jährliche Steigerung von 2,5 % betrachtet. Bei allen anderen Kostenpunkten wird eine Inflationsrate in Höhe von 2 % berücksichtigt.

Die Ermittlung des Barwertes der Gesamtkosten erfolgt, um dessen Einfluss darzustellen, für einen Zinssatz von 1 % und für einen Zinssatz von 3 %.

Die abgezinsten Restwerte werden in [Abbildung 43](#) und [Abbildung 44](#) dargestellt.

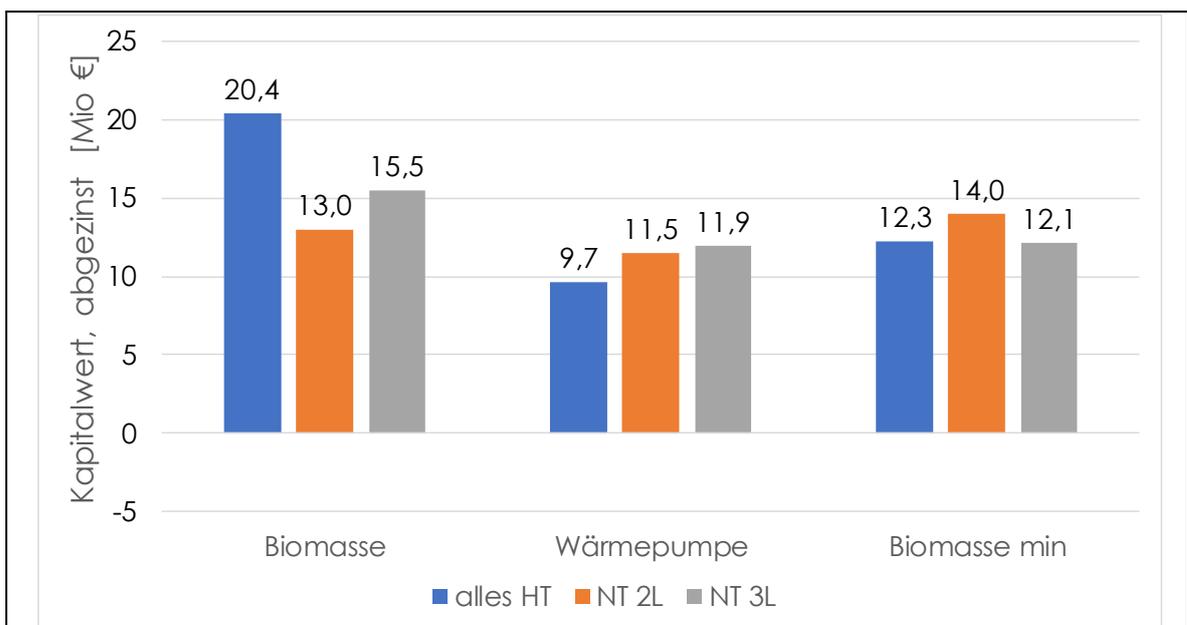


**Abbildung 43: Restwerte der Varianten bei Zinssatz 1 %, abgezinst**

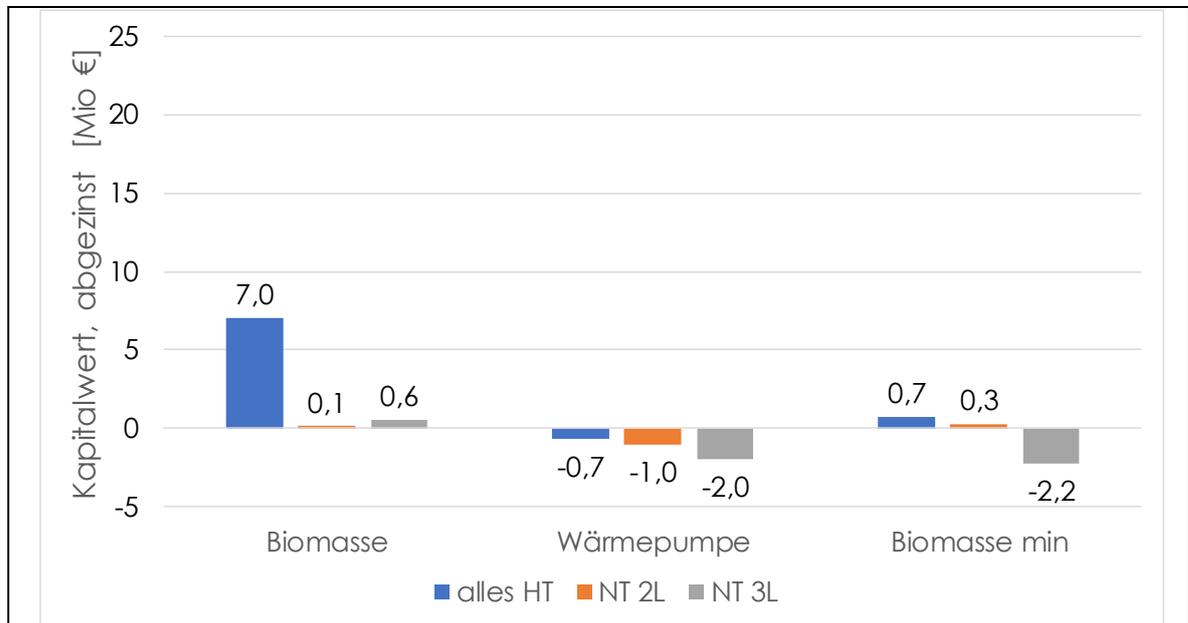


**Abbildung 44: Restwerte der Varianten bei Zinssatz 3 %, abgezinst**

Abbildung 45 und [Abbildung 46](#) stellt das Ergebnis der Kapitalwerte der betrachteten Varianten für jeweils unterschiedlich Zinssätze dar. Für einen kalkulatorischen Zinssatz von 1 % ergeben sich für alle 9 untersuchten Varianten positive Kapitalwerte. Liegt der Zinssatz bei 3 % werden bei der Erzeugungsvariante „Wärmepumpe“ bei sämtlichen Netzarten und bei Variante „Biomasse min“ (3-Leiter-Netz) negative Kapitalwerte erreicht.



**Abbildung 45: Kapitalwerte der Varianten bei Zinssatz 1 %, abgezinst**



**Abbildung 46: Kapitalwerte der Varianten bei Zinssatz 3 %, abgezinst**

Generell wird der höchste Kapitalwert bei Variante Biomasse mit 2-Leiter-Hochtemperaturnetz erreicht. Beim Vergleich der Varianten Wärmepumpe zu Biomasse min schneidet allgemein die Variante mit dem höheren Anteil der Wärmeerzeugung aus Solarthermie (Biomasse min) besser ab.

#### 4.4.8 Wärmegestehungskosten

Die Darstellung der Wärmegestehungskosten ermöglicht die Darstellung des zur Kostendeckung notwendigen Wärmepreises. Im Folgenden werden die Wärmegestehungskosten aufbauend auf der in Kapitel 4.4.7 durchgeführten dynamischen Berechnung der Kapitalwerte ermittelt.

Hierfür werden die Barwerte sämtlicher über dem Betrachtungszeitraum anfallende Kosten der Wärmeerzeugung summiert und durch die gesamte über dem Betrachtungszeitraum verkaufte Wärmemenge dividiert.

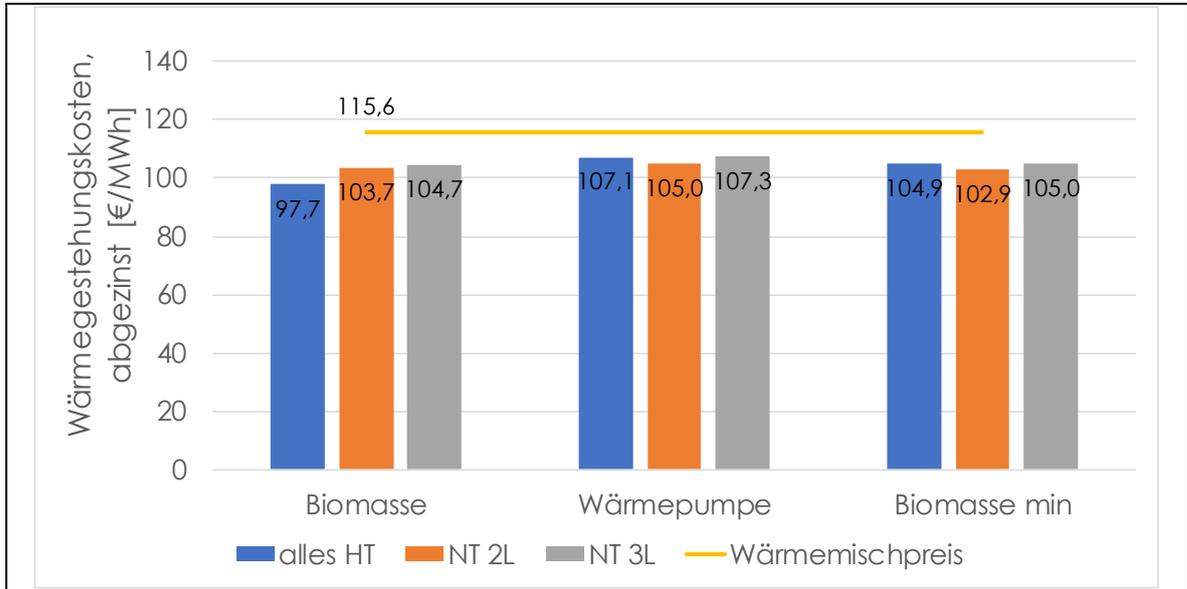
Durch die dynamische Betrachtung der Wärmegestehungskosten ist es auch notwendig die gegenüberstehenden Einnahmen dynamisch zu betrachten und auf den Barwert zu beziehen. In den nachfolgenden Darstellungen werden daher die ermittelten Wärmegestehungskosten mit einem Wärmemischpreis verglichen der den Quotienten aus sämtlichen abgezinsten laufenden Einnahmen (Arbeits- und Grundpreis) und der verkauften Wärmemenge dargestellt.

Das Ergebnis der Berechnung der Wärmegestehungskosten und der Berechnung des Wärmemischpreises unter den in Kapitel 4.4.1 bis 4.4.6 dargestellten Annahmen für einen kalkulatorischen Zinssatz von 1 % ist in [Abbildung 47](#) dargestellt. [Abbildung 48](#) stellt die Wärmegestehungskosten der untersuchten Varianten für einen kalkulatorischen Zinssatz von 3 % dar.

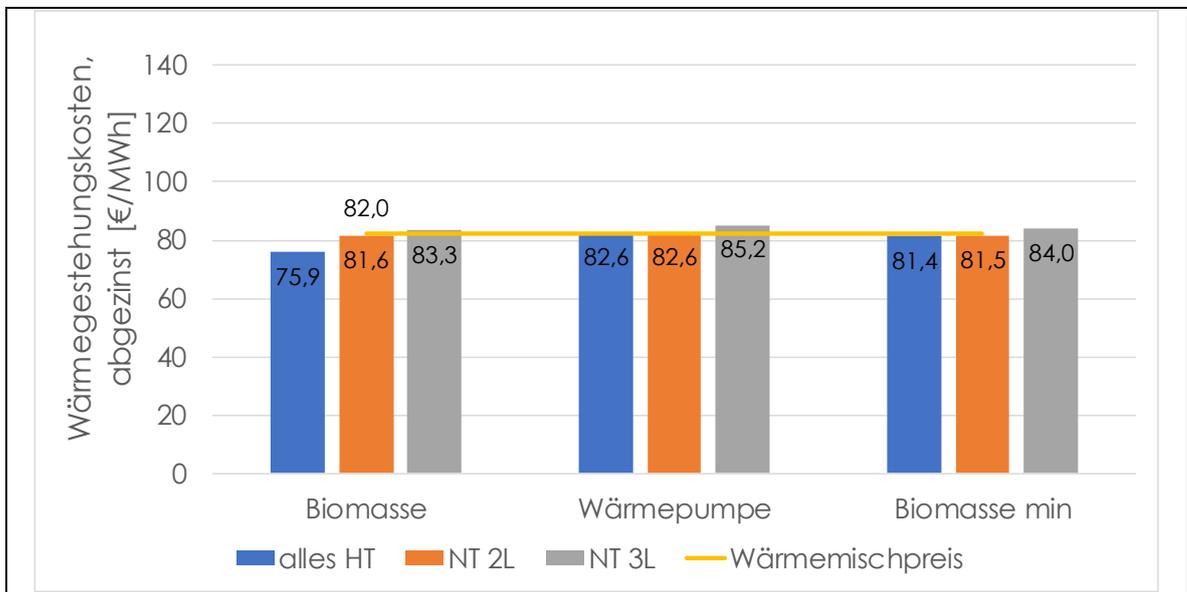
Der Vergleich zeigt, dass unter den im Untersuchungsgebiet gegebenen Voraussetzungen bei Wärmeerzeugungskonzepten mit hohem Anteil an Erneuerbaren Energien die Wärmegestehungskosten über übliche Wärmepreise gedeckt werden kann.

Für den Fall des niedrigen Zinssatzes werden die Wärmegestehungskosten deutlich über die in Kapitel 4.4.6 angenommenen üblichen Wärmepreise gedeckt.

Bei einem Zinssatz von 3 % deckt der angenommene Wärmemischpreis die Wärmegestehungskosten in den Varianten „Biomasse“ und „Biomasse min“, jeweils in den Netzvarianten „2-Leiter-Hochtemperaturnetz“ und „2-Leiter-Niedertemperaturnetz“.



**Abbildung 47: Wärmegestehungskosten bei Zinssatz 1 %, abgezinst**



**Abbildung 48: Wärmegestehungskosten bei Zinssatz 3 %, abgezinst**

## 4.5 CO<sub>2</sub>-Emissionen / Vermiedene CO<sub>2</sub>-Kosten

Die Berechnung von CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für die verschiedenen Varianten der Versorgungskonzepte bietet eine weitere Möglichkeit die untersuchten Varianten miteinander zu vergleichen.

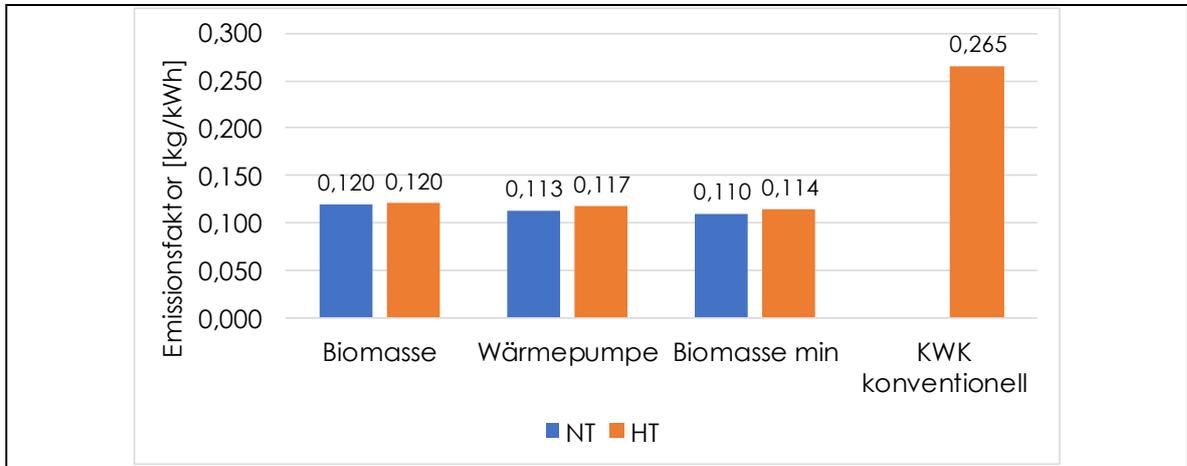
Zur Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren wird von den in Tabelle 33 dargestellten Emissionsfaktoren der einzelnen Energieträger ausgegangen. Dabei werden für die Zuordnung der mit der Brennstoffnutzung verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen in den KWK-Anlagen auf die Koppelprodukte Wärme und Strom die jeweiligen Emissionen proportional im Verhältnis der erzeugten Kilowattstunden an Wärme und Strom aufgeteilt.

Die in Tabelle 33 dargestellten Emissionsfaktoren für Strom ergeben sich aus den in Kapitel 3.4 beschriebenen Strombilanzen der einzelnen Versorgungskonzepte, wenn der jeweils zusätzlich zu deckende Strombedarf (Ziel 100 % Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien) über Photovoltaik gedeckt wird und sind daher als Emissionsfaktoren für den „Strommix Vaterstetten“ zu sehen. Diese Emissionsfaktoren für Strom werden zur Berechnung der Emissionen der Wärmeerzeugung durch die Wärmepumpen verwendet.

**Tabelle 33: Kennzahlen zur Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren**

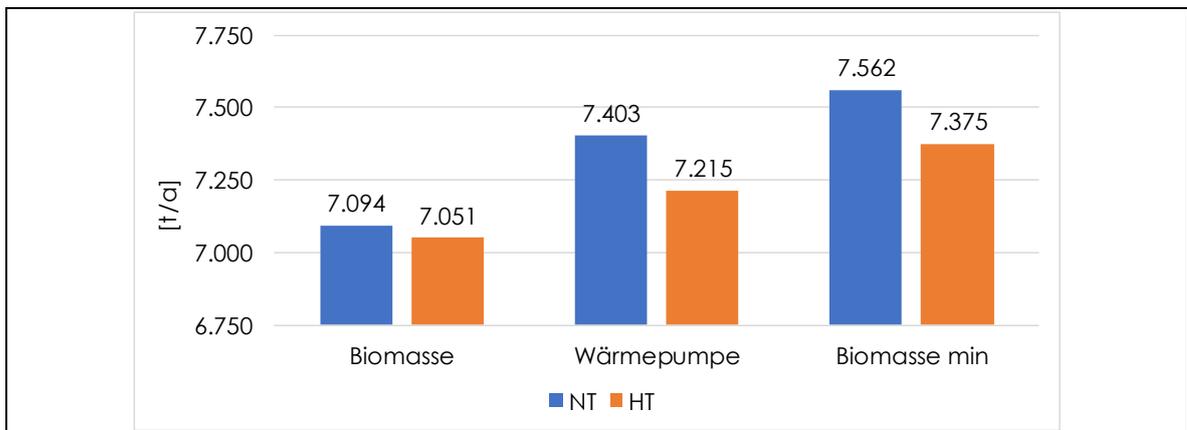
<b>Solarthermie</b>	0,0255 kg/kWh		
<b>Biomasse Hackschnitzel</b>	0,23 kg/kg		
<b>Erdgas</b>	2,42 kg/m <sup>3</sup>		
<b>Biogas Wärme</b>	0,188 kg/kWh		
<b>Biogas Strom</b>	0,29 kg/kWh		
<b>Photovoltaik Strom</b>	0,0557 kg/kWh		
	<b>Biomasse</b>	<b>Wärmepumpe</b>	<b>Biomasse min</b>
<b>Strom Hochtemperaturnetz</b>	0,191 kg/kWh	0,165 kg/kWh	0,164 kg/kWh
<b>Strom Niedertemperaturnetz</b>	0,193 kg/kWh	0,174 kg/kWh	0,173 kg/kWh

In Abbildung 49 sind die Ergebnisse der Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren dargestellt. Zum Vergleich und zur Berechnung von vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden zusätzlich CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnet die vollständig auf die Nutzung von Erdgas, mit einem Anteil von 80% der Wärmeerzeugung aus KWK einhergehen.



**Abbildung 49: CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren**

Abbildung 50 stellt die mit den untersuchten Versorgungskonzepten einhergehenden jährlichen Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Emissionen, verglichen mit einer auf konventioneller Kraft-Wärme-Kopplung basierenden Wärmeversorgung dar.



**Abbildung 50: Jährlich eingesparte CO<sub>2</sub>-Emissionen**

Um die durch die verringerten Emissionen vermiedenen CO<sub>2</sub>-Kosten abzuschätzen erfolgt [Tabelle 34](#) die Darstellung der vermiedenen CO<sub>2</sub>-Kosten für den Fall eines CO<sub>2</sub>-Preises von 20 €/t und 40 €/t.

**Tabelle 34: Vermiedene CO<sub>2</sub>-Kosten**

	<b>Kosten CO<sub>2</sub></b>	<b>Biomasse</b>	<b>Wärmepumpe</b>	<b>Biomasse min</b>
<b>Hochtemperaturnetz</b>	20 €/t	141.026 €/a	144.304 €/a	147.495 €/a
<b>Niedertemperaturnetz</b>		141.884 €/a	148068 €/a	151246 €/a
<b>Hochtemperaturnetz</b>	40 €/t	282.053 €/a	288.607 €/a	294.990 €/a
<b>Niedertemperaturnetz</b>		283.768 €/a	296.137 €/a	302.492 €/a

## 5 Umsetzungskonzept

### 5.1 Pflichtenheft

Das nachfolgend dargestellte Pflichtenheft dient als Eingangsdefinition für die anstehenden Umsetzungen. Es werden die Bedürfnisse, Ziele und Anforderungen des Bedarfsträgers (Gemeinde Vaterstetten) zusammengestellt. Es dient als Grundlage für die weitere Umsetzung des Umbaus der Energieversorgung und ist an die DIN18205 „Bedarfsplanung im Bauwesen“ angelehnt.

Nr.	Kriterium	Bemerkungen
<b>1</b>	<b>Projektkontext</b>	
1.1	Bezeichnung	Energieversorgung Vaterstetten
1.2	Bedarfsauslösende Gründe	Meilensteinplan zur Energiewende
1.3	Finanzrahmen	Kostenvergleich mehrerer Versorgungskonzepte gemäß Kapitel 4.4
1.4	Zeitraumen	Erreichung der Ziele des Meilensteinplans bis 2030
1.5	Vision	Wärme- und Stromversorgung aus 100 % Erneuerbarer Energie bis 2030
1.6	Strategische Ziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Umsetzung einer zentralen Wärmeversorgung für das gesamte Untersuchungsgebiet über 75 % Erneuerbare Energie bis 2030</li> <li>- Bilanzielle Stromversorgung zu 100 % aus erneuerbaren Energien bis 2030</li> </ul>
1.7	Wesentliche Beteiligte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gemeindeverwaltung Vaterstetten</li> <li>- Kommunalunternehmen Vaterstetten</li> <li>- Bürgerenergiegenossenschaft 3E Eigene Erneuerbare Energie eG Vaterstetten/Zorneding</li> <li>- Arbeitskreis Energiewende Vaterstetten</li> <li>- Immobilienbesitzer im Untersuchungsgebiet</li> </ul>
<b>2</b>	<b>Projektziele</b>	
2.1	Sicherstellung der Funktionalität und Qualität	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sicherstellung der Wärmelieferung</li> <li>- Sicherstellung der Lieferung des benötigten Leistungsbedarfs</li> <li>- Sicherstellung der vereinbarten Vorlauftemperaturen</li> </ul>

- |  |   |
|--|---|
| 2.2 Soziokulturelle und gestalterische Ziele | - Keine bzw. geringe Beeinträchtigung der Nutzung des Untersuchungsgebietes       |
|  | - Ortsbild soll erhalten bleiben  |
|  | - Flächenverbrauch soll gering gehalten werden                                    |
|  | - Lokale Emissionen sollen gering gehalten werden                                 |
| 2.3 Ökonomische Ziele                        | - Wärmegestehungskosten vergleichbar mit Wärmeversorgung durch konventionelle KWK |
|  | - Kostendeckende Versorgung   |
| 2.4 Ökologische Ziele                        | - Möglichst niedrige CO <sub>2</sub> -Emissionen                                  |
|  | - Möglichst geringer Primärenergieeinsatz   |

---

### 3 Rahmenbedingungen

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 3.1 Struktur Untersuchungsgebiet     | - Fläche des Untersuchungsgebiets: ca. 150 ha                 |
|                                      | - Großteil Bestandsgebäude Baujahr 1958 bis 1978              |
|                                      | - Hauptsächlich Einfamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser      |
|                                      | - Anteil Geschößwohnungsbau relativ gering                    |
|                                      | - Aktuelle Wärmebedarfsdichte im allgemeinen > 300 MWh/(ha a) |
| 3.2 Bedarf Untersuchungsgebiet       | - Wärme aktuell: ca. 80.000 MWhth/a                           |
|                                      | - Wärme 2030: ca. 63.000 MWhth/a                              |
|                                      | - Strom aktuell: ca. 20.730 MWhel/a                           |
|                                      | - Strom 2030: ca. 21.560 MWhel/a                              |
| 3.3 Berücksichtigung Bestandsanlagen | - Heizwerk Johann-Sebastian-Bach-Straße                       |
|                                      | - Biogasanlage Böhm   |
|                                      | - Wärmenetz Baldhammer Straße                                 |
|                                      | - Wärmenetz Vaterstetten NW                                   |

---

### 4 Anforderungen

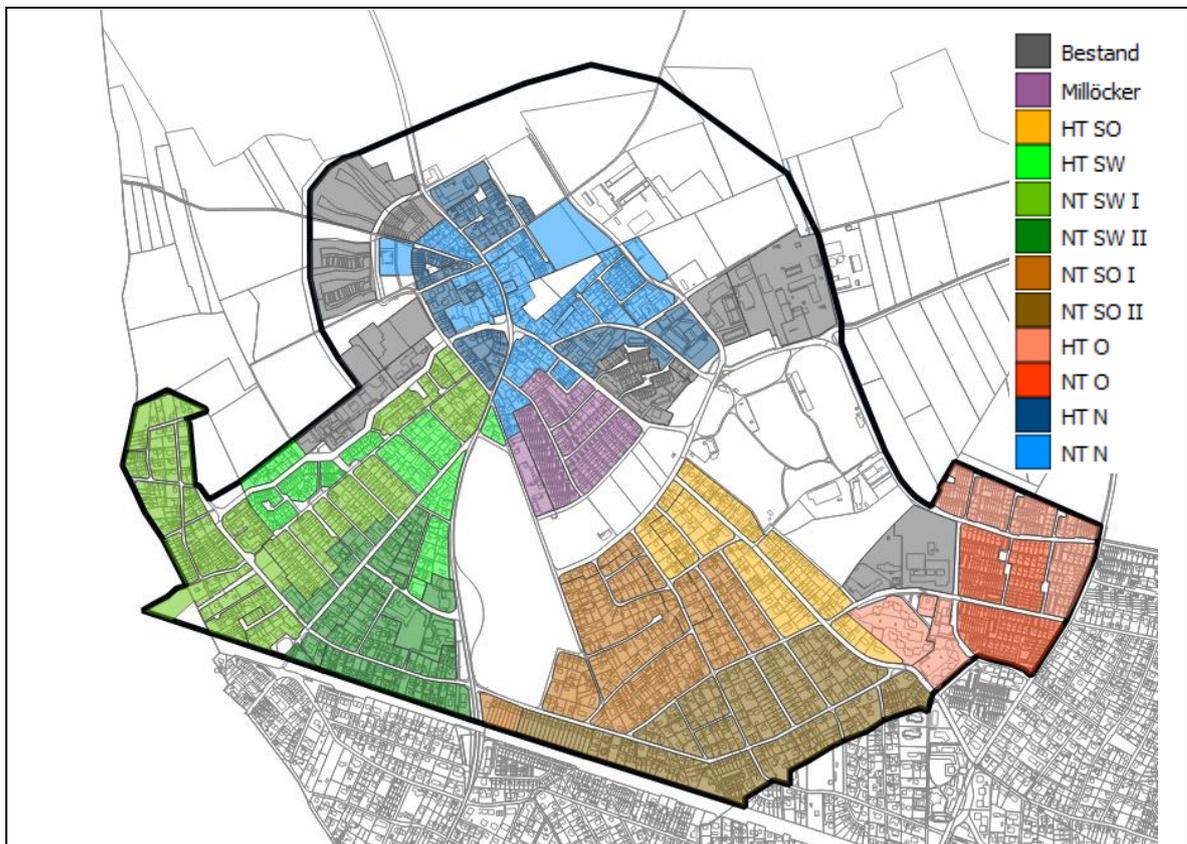
- |              |  |
|--------------|--|
| 4.1 Funktion | - Optimales Zusammenspiel Erzeuger um Anteil EE möglichst hoch (vgl. Kapitel 3.2 und 4.1)        |
|              | - Effiziente Netzgebundene Wärmeverteilung (vgl. Kapitel 3.1 und 4.2)                            |
|              | - Gewährleistung Einbindung dezentraler Solarthermie und Geothermie (vgl. Kapitel 3.2 und 4.1)   |
| 4.2 Technik  | - Versorgungsprogramm vgl. Kapitel 4   |
|              | - Möglichst geringe Rücklauftemperaturen and den Übergabestationen                               |
|              | - Einsatz eines druckstabilen Rohleitungssystem wie Kunststoffmantelrohre (KMR)                  |
| 4.3 Betrieb  | - Umsetzung einer übergeordneten Regelung vgl. Kapitel 4.3                                       |
|              | - Berücksichtigung der Schaffung von Eingriffsmöglichkeiten zur Steuerung einzelner Komponenten. |
|              | - Möglichkeit zum Monitoring der Wärmeerzeugung,   |
-

## 5.2 Zeitplan

Als Meilensteinzeitplan der Umsetzung des Wärmeversorgungskonzeptes ist in [Abbildung 52](#) der Umsetzungszeitplan getrennt nach Wärmeerzeugung und Netzausbau dargestellt. Dabei ist jeweils der Anfang der dargestellten Zeiträume als Beginn der Planung der Komponente und das Ende des Zeitraums als die fertige Umsetzung nach vollständiger Inbetriebnahme zu verstehen.

Um den Zeitplan der Umsetzung der Wärmeverteilung aufzustellen wurden die die einzelnen im Untersuchungsgebiet zu versorgenden Gebiete entsprechend [Abbildung 51](#) nochmals feiner aufgelöst. Die höhere Auflösung ermöglicht es den Netzausbau über den Betrachtungszeitraum so zu verteilen, dass die mit dem Ausbau verbundene Belastung der Anwohner möglichst gleichmäßig verteilt wird. So ergeben sich die in [Abbildung 53](#) dargestellten Ausbauphasen für den Netzausbau.

Der Zeitplan für die Ausführung des Netzausbaus ist für alle betrachteten Netzvarianten gleich.



**Abbildung 51: Bezeichnung Netzgebiete Umsetzungszeitplan**

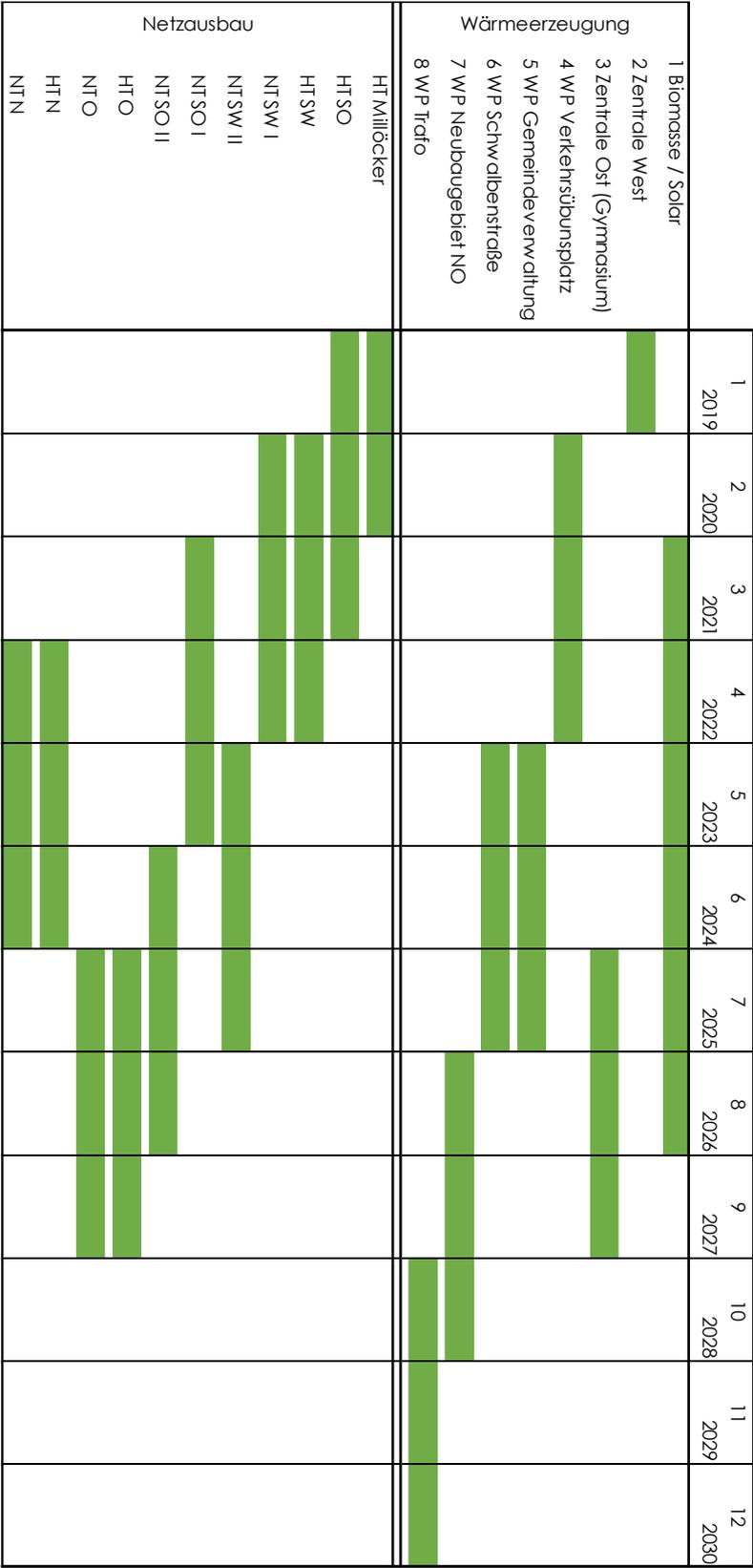
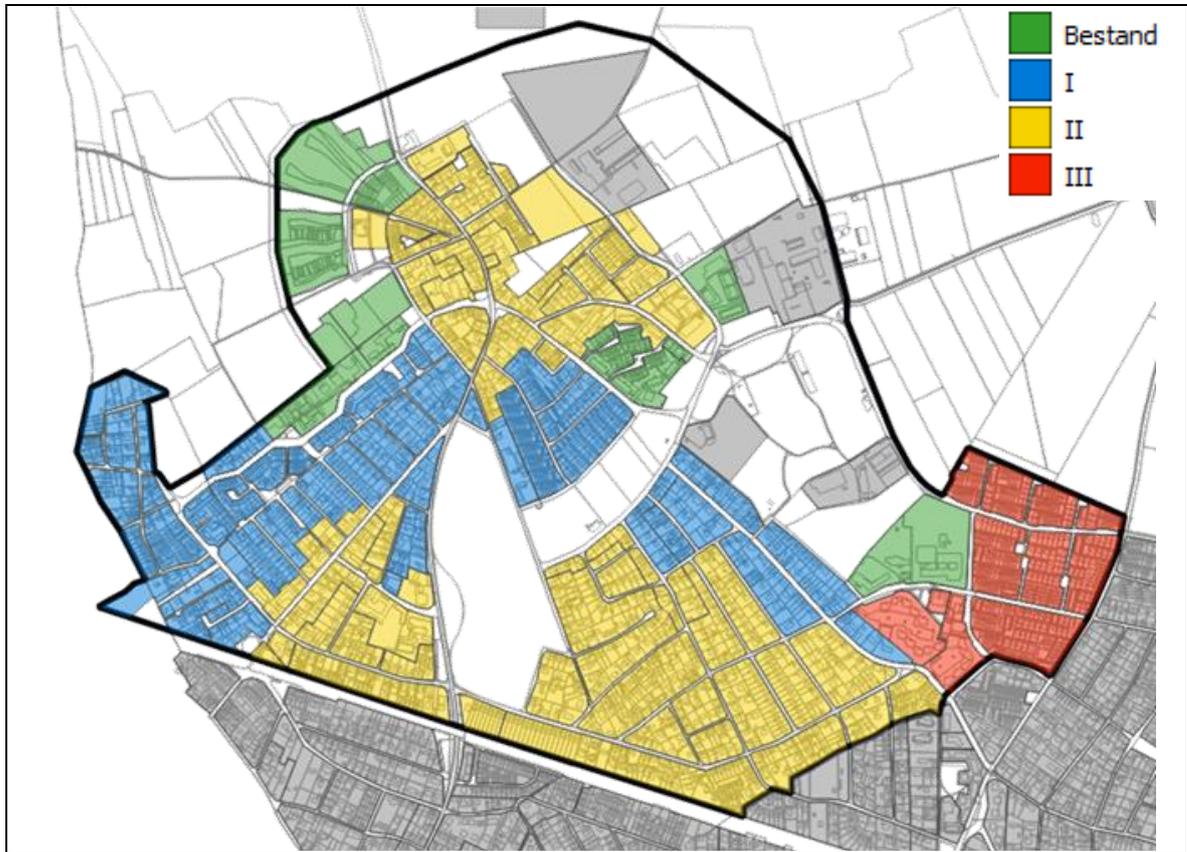


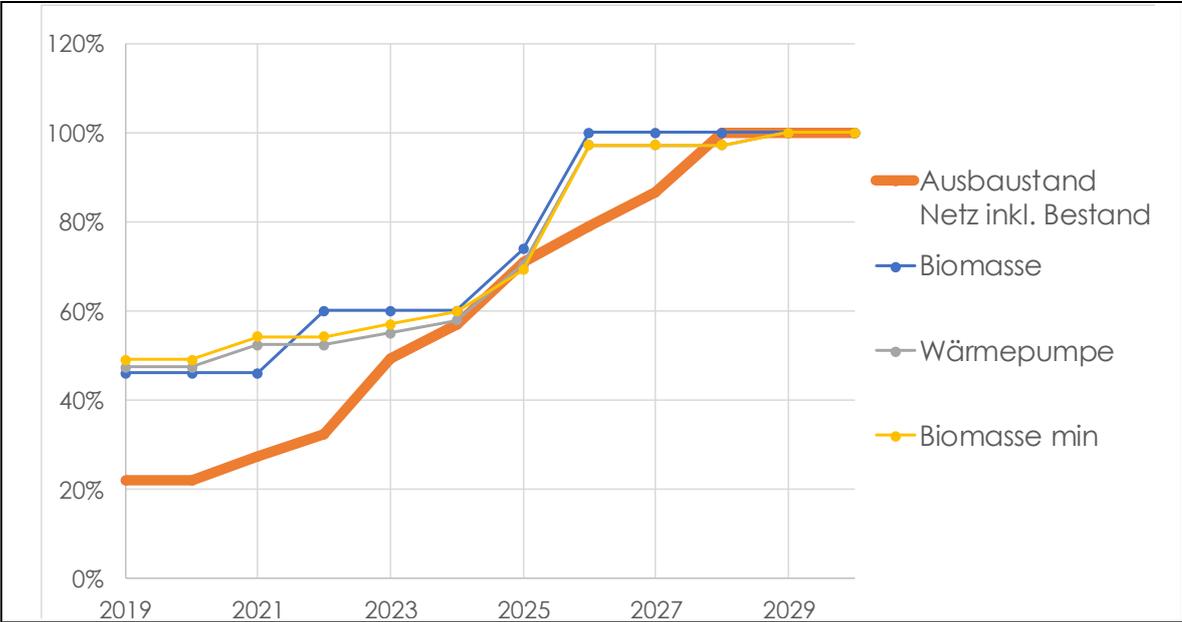
Abbildung 52: Umsetzungszeitplan



**Abbildung 53: Ausbauphasen Netzausbau**

Aufbauend auf dem Stand des Ausbaus der Wärmeverteilung erfolgt die Terminierung des Ausbaus der Wärmeerzeugung. Die Wärmeerzeugungskonzepte entsprechen den in Kapitel 3.2 bzw. 4.1 beschriebenen Konzepten. Der Zeitplan lässt sich auf alle entwickelten Konzepte übertragen. Variante „Biomasse“ besteht dabei lediglich aus den Komponenten „1“, „2“ und „3“.

Beim Ausbau der Wärmeverteilung muss sichergestellt sein, dass zu jedem Zeitpunkt der Leistungsbedarf des Wärmenetzes gedeckt ist. Hierzu ist in [Abbildung 54](#) dargestellt, inwiefern der mit dem zum jeweiligen Zeitpunkt verbundene Leistungsbedarf über die installierte Erzeugungsleistung (ohne Solarthermie) gedeckt wird.



**Abbildung 54: Sicherstellung Leistungsversorgung**

