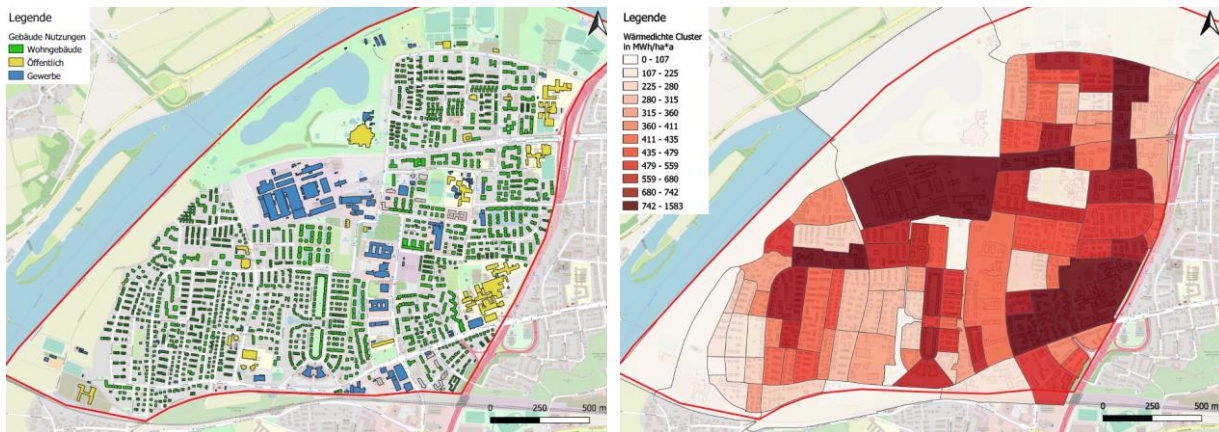


# Teil-Energienutzungsplan Regensburg West

## Abschlussbericht



Auftraggeber: Stadt Regensburg  
Neues Rathaus  
Minoritenweg 10  
93047 Regensburg

Erstellt: Team für Technik GmbH  
Büro München  
Zielstattstraße 11  
81379 München

Georg Häring  
Tel. 089. 89 14 61-27  
Mail: [haering@fftgmbh.de](mailto:haering@fftgmbh.de)

Simon Winkler  
Tel. 089. 89 14 61-48  
Mail: [winkler@fftgmbh.de](mailto:winkler@fftgmbh.de)

Fabian Speer  
Mail: [speer@fftgmbh.de](mailto:speer@fftgmbh.de)

Datum: 24. März 2022



## Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	4
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	V
TABELLENVERZEICHNIS	VI
1 AUSGANGSITUATION UND ZIELSETZUNG	7
2 BESTANDSAUFNAHME	8
2.1 GEBÄUDEBESTAND	8
2.2 CLUSTERUNG UNTERSUCHUNGSGEBIET	11
2.3 ENERGIEBEDARF REGENSBURG WEST	13
2.4 DARSTELLUNG DER ENERGIEINFRASTRUKTUR	16
3 ENERGIE- UND CO <sub>2</sub> -BILANZ	18
3.1 ENERGIEBILANZ	18
3.2 CO <sub>2</sub> -BILANZ	21
4 ZUKUNFTSSZENARIEN	22
4.1 DONAU-HEBEANLAGE INFINEON	26
4.2 ABWASSERAUFBEREITUNGSANLAGE INFINEON	27
5 MAßNAHMENKATALOG ABWÄRMENUTZUNG	29
5.1 WÄRMEVERBUND „WESTBAD“ – BESTAND – GRUNDLAGE NETZERWEITERUNG	30
5.2 BEMESSUNG NETZERWEITERUNG	31
5.3 INVESTITIONSBEDARF	32
5.3.1 GROBAUSLEGUNG KONZEPTVARIANTEN	32
5.3.2 INVESTITIONSBEDARF WÄRMEERZEUGUNG	37
5.3.3 INVESTITIONSBEDARF WÄRMEVERTEILUNG	39
5.4 JÄHRLICHE KOSTEN	41
5.4.1 KAPITALKOSTEN	41
5.4.2 WARTUNG UND INSTANDHALTUNG	42
5.4.3 ENERGIEKOSTEN	43
5.4.4 ZUSAMMENFASSUNG	44
5.5 WÄRMEMISCHPREISE	45
5.6 PRIMÄRENERGIEFAKTOR / CO <sub>2</sub> -EMISSIONEN	46
5.7 BERÜCKSICHTIGUNG FÖRDERUNGEN	47
5.8 FAZIT	48
6 HANDLUNGS- UND UMSETZUNGSKONZEPT	49
6.1 PFLICHTENHEFT	49
6.2 ZEITPLAN	50

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abgrenzung Untersuchungsgebiet.....	7
Abbildung 2: Betrachtete Gebäude 2014, zusätzlich betrachtete Gebäude 2021 .....	8
Abbildung 3: Baualtersklassen .....	9
Abbildung 4: Gebäudenutzung .....	10
Abbildung 5: Kategorisierung Wohngebäude .....	11
Abbildung 6: Aufteilung Cluster.....	12
Abbildung 7: Aufteilung Wärmebedarf auf Nutzungsarten .....	13
Abbildung 8: Karte Wärmebedarfsdichte aktuell .....	14
Abbildung 9: Wärmebelegungsichte eines fiktiven Wärmenetzes .....	15
Abbildung 10: Wärmenetze im Untersuchungsgebiet .....	16
Abbildung 11: KWK-Anlagen im Untersuchungsgebiet.....	17
Abbildung 12: Darstellung Endenergie + Primärenergie.....	20
Abbildung 13: Aufteilung Endenergie nach Energieträgern .....	20
Abbildung 14: CO <sub>2</sub> -Bilanz.....	21
Abbildung 15: Wärmebedarf Zukunftsszenarien .....	23
Abbildung 16: Strombedarf Zukunftsszenarien .....	23
Abbildung 17: Wärmedichte 2050 Referenzszenario.....	24
Abbildung 18: Potenzialanalyse Abwärmenutzung .....	25
Abbildung 19: Schema Kühlkreislauf Infineon, Brunnen – Donauhebeanlage (Darstellung: Infineon).....	26
Abbildung 20: Temperaturverlauf Kühlwasser Donauhebeanlage 2020 (Darstellung: Infineon).....	26
Abbildung 21: Verlauf Abwasser Haupttrassen .....	27
Abbildung 22: Einleitung Abwasser Infineon .....	28
Abbildung 23: Verworfenes Potenzialgebiet für die Umsetzung eines Low-Ex-Netzes zur Verteilung der Abwasserwärme.....	29
Abbildung 24: Trassenverlauf Wärmeverbund Westbad .....	30
Abbildung 25: geordnete Jahresdauerlinie Bestand .....	31
Abbildung 26: Geordnete Jahresdauerlinie Netzerweiterung .....	31
Abbildung 27: Beispiel Kanalwärmetauscher .....	32
Abbildung 28: Länge Kanalwärmetauscher .....	33
Abbildung 29: Hochtemperaturwärmepumpe mit Ammoniak/Wasser Lösung als Kühlmittel (AGO).....	34
Abbildung 30: Jahresdauerlinie Variante Netzerweiterung – Nutzung Abwasser – Wärmepumpe in Grundlast.....	35
Abbildung 31: Jahresdauerlinie Variante Netzerweiterung – Nutzung Abwasser – BHKW in Grundlast ....	35
Abbildung 32: Jahresdauerlinie Variante Netzerweiterung – ohne Nutzung Abwasser – Biomethan KWK flexibel .....	36
Abbildung 33: Jahresdauerlinie Variante Ohne Netzerweiterung – ohne Nutzung Abwasser – Biomethan KWK flexibel .....	37
Abbildung 34: Verlauf Haupttrasse Netzerweiterung .....	40
Abbildung 35: jährliche Kapitalkosten.....	42
Abbildung 36: jährliche Kosten für Wartung und Instandhaltung .....	43
Abbildung 37: jährliche Energiekosten .....	44
Abbildung 38: Summe jährlicher Kosten .....	45
Abbildung 39: Vergleich Wärmemischpreise.....	45
Abbildung 40: Primärenergiefaktoren Varianten .....	46
Abbildung 41: CO <sub>2</sub> -Emissionen Varianten .....	47
Abbildung 42: Wärmemischpreise mit berücksichtigter Förderung nach BEW .....	48

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Faktoren Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanzen .....	18
Tabelle 2: Energiebilanz.....	19
Tabelle 3: Bedarfsentwicklung bis 2050 .....	22
Tabelle 4: Wärmemengen Bestand Wärmeverbund Westbad.....	30
Tabelle 5: Wärmemengen Netzerweiterung .....	32
Tabelle 6: Auslegung BHKWs KWK Flexibel .....	36
Tabelle 7: Investitionen Wärmeerzeugung Bestand .....	38
Tabelle 8: Investitionen Wärmeerzeugung Netzerweiterung Nutzung Abwasser .....	38
Tabelle 9: Investitionen Wärmeerzeugung Netzerweiterung Biomethan KWK flexibel .....	39
Tabelle 10: Investitionen Wärmeerzeugung ohne Netzerweiterung Biomethan KWK flexibel.....	39
Tabelle 11: Verteilung Anschlussgrößen.....	40
Tabelle 12: Investitionen Wärmeverteilung.....	41

# 1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Die Stadt Regensburg bekennt sich durch ihr Leitbild „Energie und Klima“ ausdrücklich zu den Klimazielen des Pariser Klimaschutzabkommens der Vereinten Nationen. Alle klimapolitischen Aktivitäten der Stadt haben die Erfüllung dieser Ziele zum Vorsatz. Dabei setzt die Stadt Regensburg auf die Substitution fossiler Energieträger. Bis zum Jahr 2050 soll übergreifend in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr der Anteil an erneuerbaren Energien so weit gesteigert werden, dass die gesetzten CO<sub>2</sub>-Ziele erreicht werden. Um dies zu erreichen, braucht es eine Vielzahl von ganz unterschiedlichen Maßnahmen in allen Wirtschafts- und Lebensbereichen.

Bereits der Energienutzungsplan aus dem Jahr 2014 hat die Nutzung gewerblicher Abwärme als eine Möglichkeit zur CO<sub>2</sub>-Minderung thematisiert. Abwärme aus Industriebetrieben, die ansonsten ungenutzt in die Umgebung abgegeben würde, kann als Wärmequelle zur Heizung von umliegenden Gebäuden verwendet werden, wenn das Abwärmepotenzial zeitlich, räumlich, bezüglich der Leistung und bezüglich des Temperaturniveaus zu dem Wärmebedarf möglicher Versorgungsobjekte passt. Darüber hinaus müssen die Abwärmeströme technisch und wirtschaftlich sinnvoll auskoppelbar sein. Herauszufinden, ob diese Voraussetzungen bei der Nutzung der Abwärme aus dem Kühlwasser/Abwasser der Infineon AG gegeben sind, ist Ziel der nachfolgenden Untersuchungen.

Das Untersuchungsgebiet (vgl. Abbildung 1) wird im Norden und im Westen durch die Donau, im Osten durch die Autobahn A 93 sowie im Süden durch die Bahnlinie Regensburg-Nürnberg begrenzt.

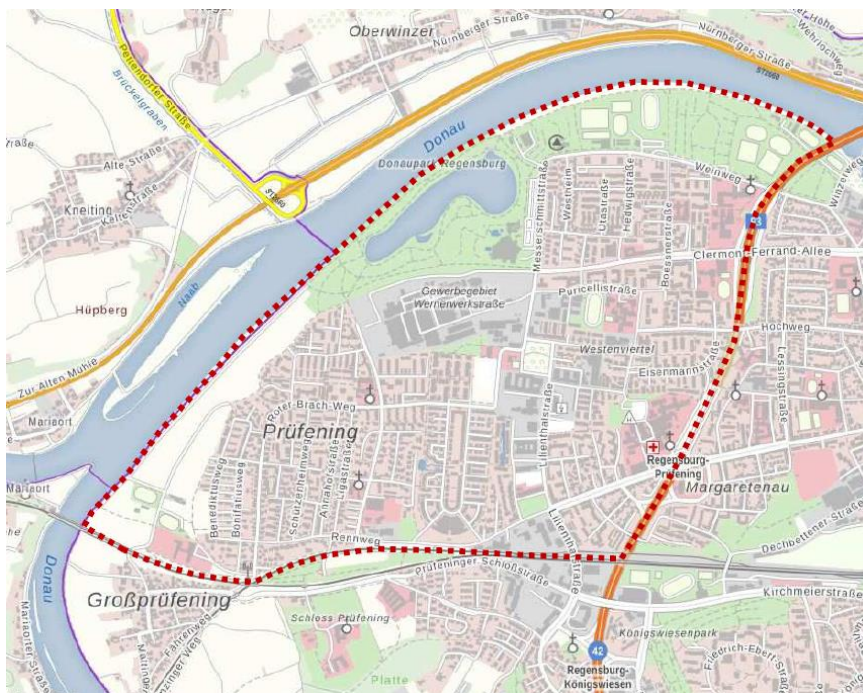


Abbildung 1: Abgrenzung Untersuchungsgebiet

## 2 Bestandsaufnahme

### 2.1 Gebäudebestand

Im Rahmen der Bestandsaufnahme werden relevante Gebäudedaten erfasst und im erstellten Geoinformationssystem (GIS) gebäudescharf erfasst.

Als Grundlage hierfür dient das im Rahmen des Energienutzungsplans 2014 erstellte Geoinformationssystem, ergänzt um aktuelle Daten aus dem amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS®) und Daten der Abteilung Statistik im Amt für Stadtentwicklung der Stadt Regensburg.

Insgesamt sind so im Untersuchungsgebiet ca. 2.620 Gebäude betrachtet worden. Im Vergleich zur Untersuchung aus dem Jahr 2014 kamen im Untersuchungsgebiet ca. 200 hinzu (vgl. Abbildung 2).

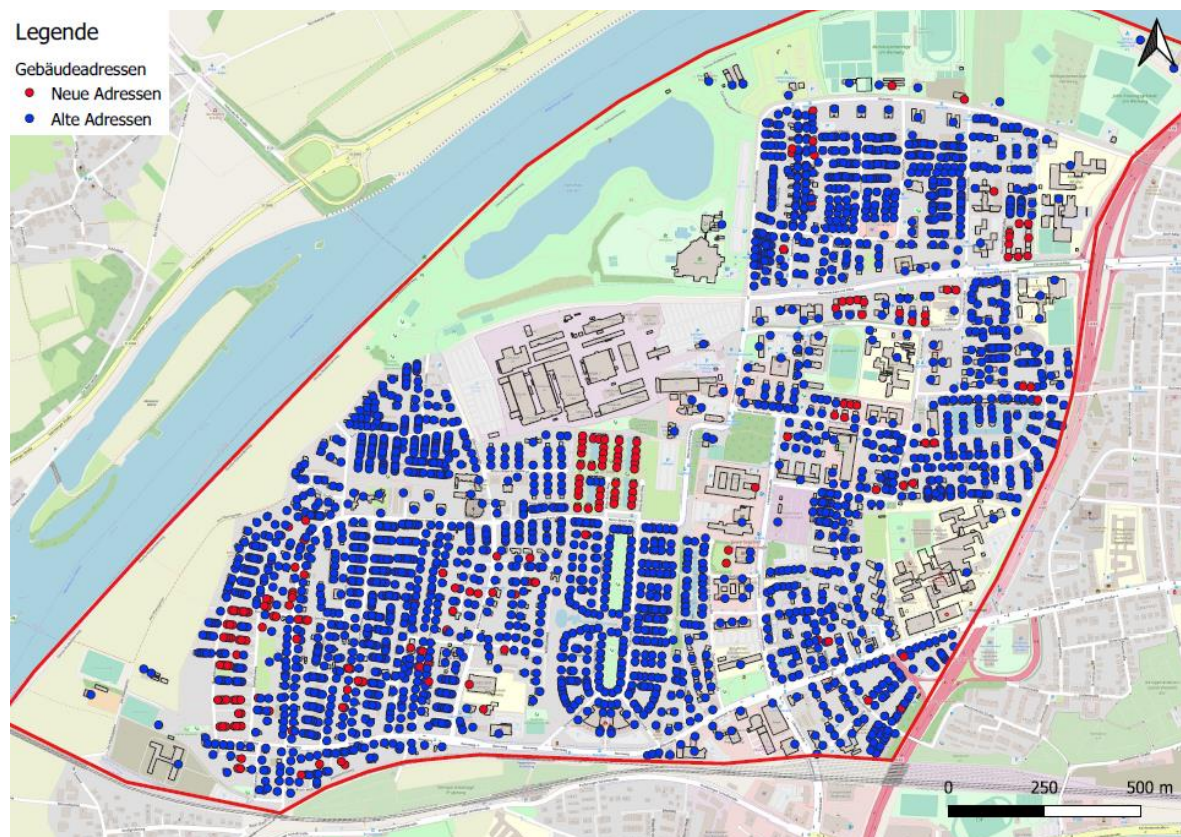


Abbildung 2: Betrachtete Gebäude 2014, zusätzlich betrachtete Gebäude 2021

Abbildung 3 stellt die Aufteilung der Gebäude in unterschiedliche Baualtersklassen dar. Ein Großteil der Gebäude stammt aus den 1970er Jahren (Norden und Westen). Ein weiterer Schwerpunkt liegt im Bereich der 2000er (Mitte).



Abbildung 3: Baualtersklassen



Wie die Gebäude genutzt werden, ist in Abbildung 4 dargestellt. Während im Westen und Osten des Untersuchungsgebietes hauptsächlich Wohnbebauung vorherrscht, befinden sich die meisten reinen Gewerbebauten in der Mitte des Untersuchungsgebietes.

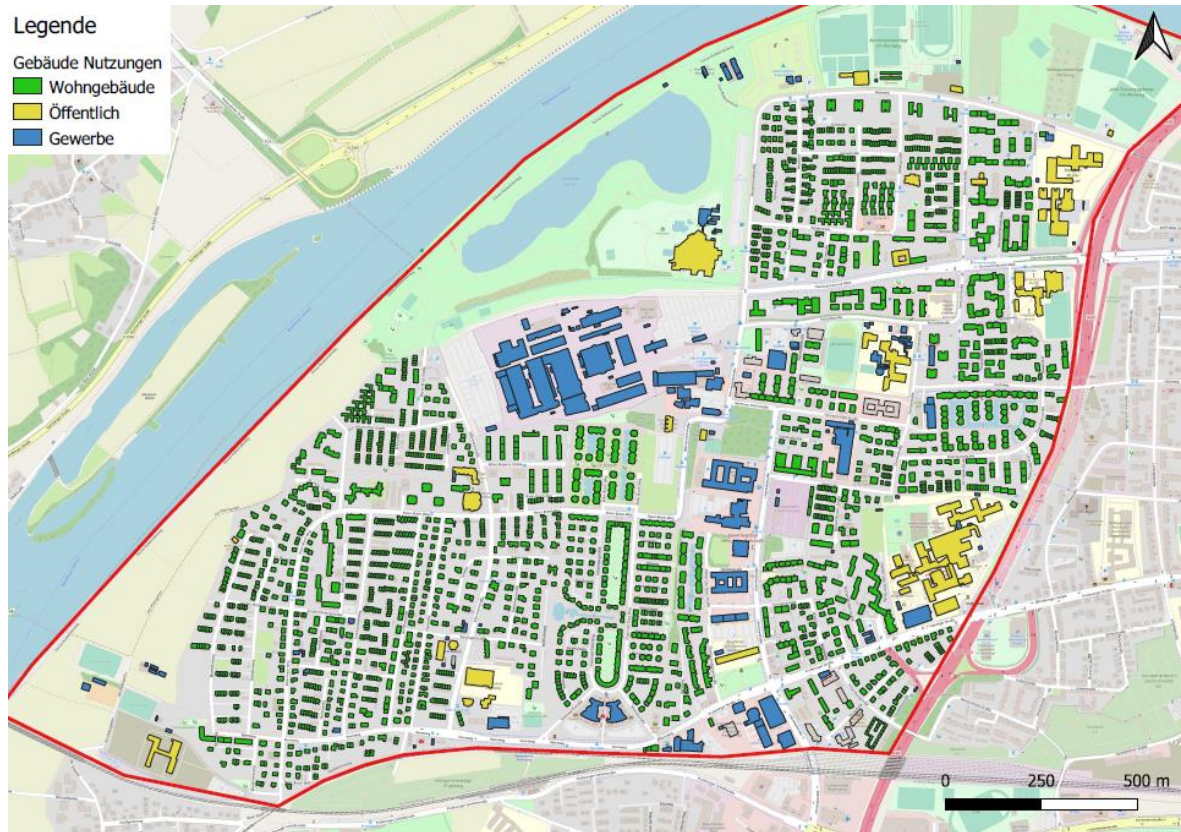


Abbildung 4: Gebäudenutzung

In Abbildung 5 erfolgt eine Aufteilung der Wohnbebauung in die Typen

- Einfamilienhaus (EFH), Doppelhaushälfte (DHH) und Reihenhäuser (RH)
- Mehrfamilienhäuser (MFH)
- Große Mehrfamilienhäuser (GMH), Geschosswohnungsbau

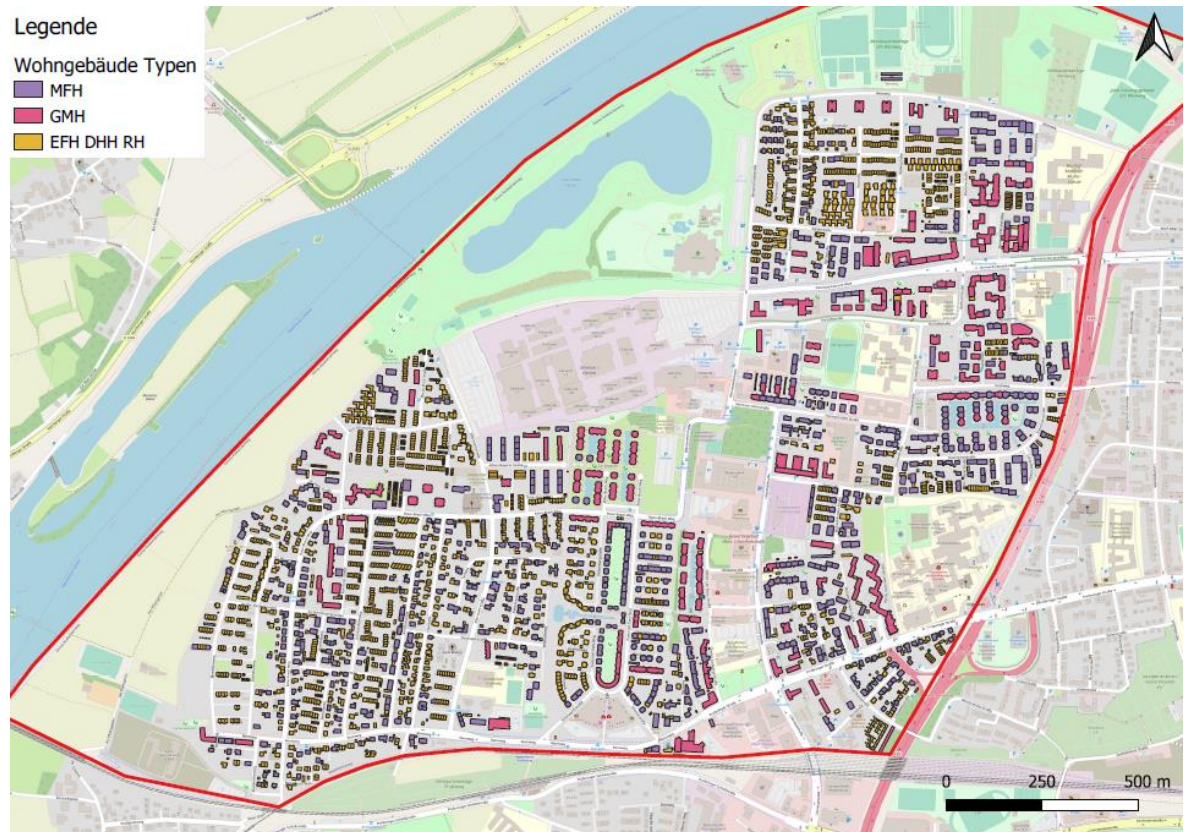


Abbildung 5: Kategorisierung Wohngebäude

## 2.2 Clusterung Untersuchungsgebiet

Um den Anforderungen an den Datenschutz gerecht zu werden und in Hinblick auf die Verwertbarkeit der gesammelten Daten bei der Konzeptentwicklung zu erleichtern erfolgt im Folgenden eine Aggregation der Gebäude in sinnvolle Gruppen mehrerer Gebäude (Cluster).

Hierfür bietet sich die von der Abteilung Statistik im Amt für Stadtentwicklung der Stadt Regensburg verwendete „kleinräumige Gebietsgliederung“ an. Diese ist für das Untersuchungsgebiet in Abbildung 6 mit eigener Nummerierung dargestellt.

Die kleinräumige Gebietsgliederung entspricht Gruppen ähnlicher Bebauung und ähnlichen Baualtern. Zudem ist die Fläche der einzelnen Cluster im Hinblick auf die Konzeptentwicklung sehr praktikabel.

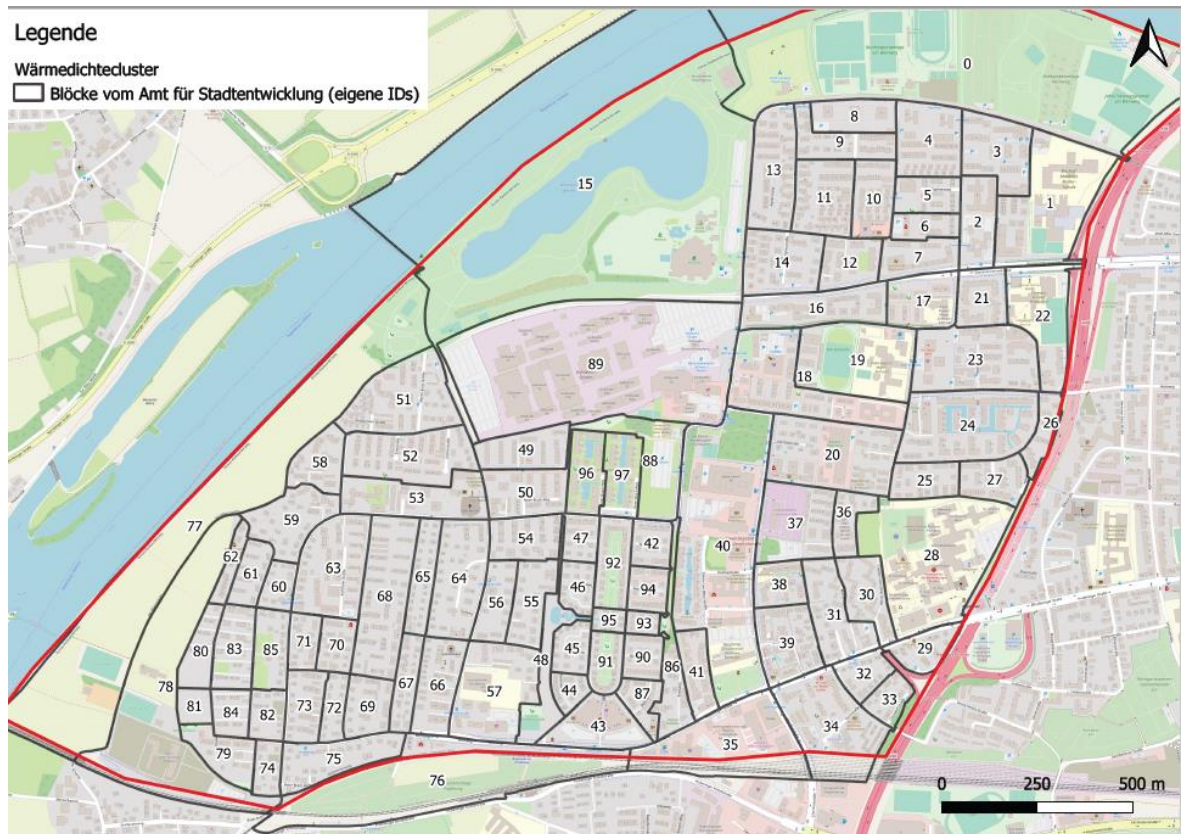


Abbildung 6: Aufteilung Cluster

### 2.3 Energiebedarf Regensburg West

Der Wärmebedarf im Untersuchungsgebiet wird in einem ersten Schritt gebäudescharf ermittelt.

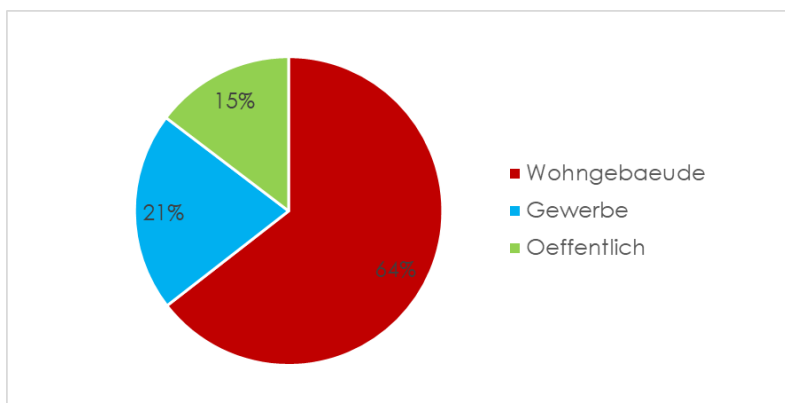
Im Rahmen der Erstellung des Energienutzungsplanes 2014 konnte für die mit Erdgas versorgten Gebäude auf gebäudescharfe Abrechnungen zurückgegriffen werden. Zwischenzeitlich geänderte Datenschutzbestimmungen lassen dies jedoch nicht mehr zu.

Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieses Energienutzungsplans der Wärmebedarf über die Bedarfskennzahlen der Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) ermittelt.

Zur Plausibilisierung der Ergebnisse wurde, aufgrund der damals verfügbaren hervorragenden Datengrundlage, der im Energienutzungsplan 2014 verwendete Wärmebedarf verwendet. Der dort über reale Verbrauchswerte ermittelte Wärmebedarf beträgt ca. 88% des über die Kennwerte ermittelten Wärmebedarfes. Entsprechend wurden die Ergebnisse der Wärmebedarfsermittlung über Kennwerte reduziert.

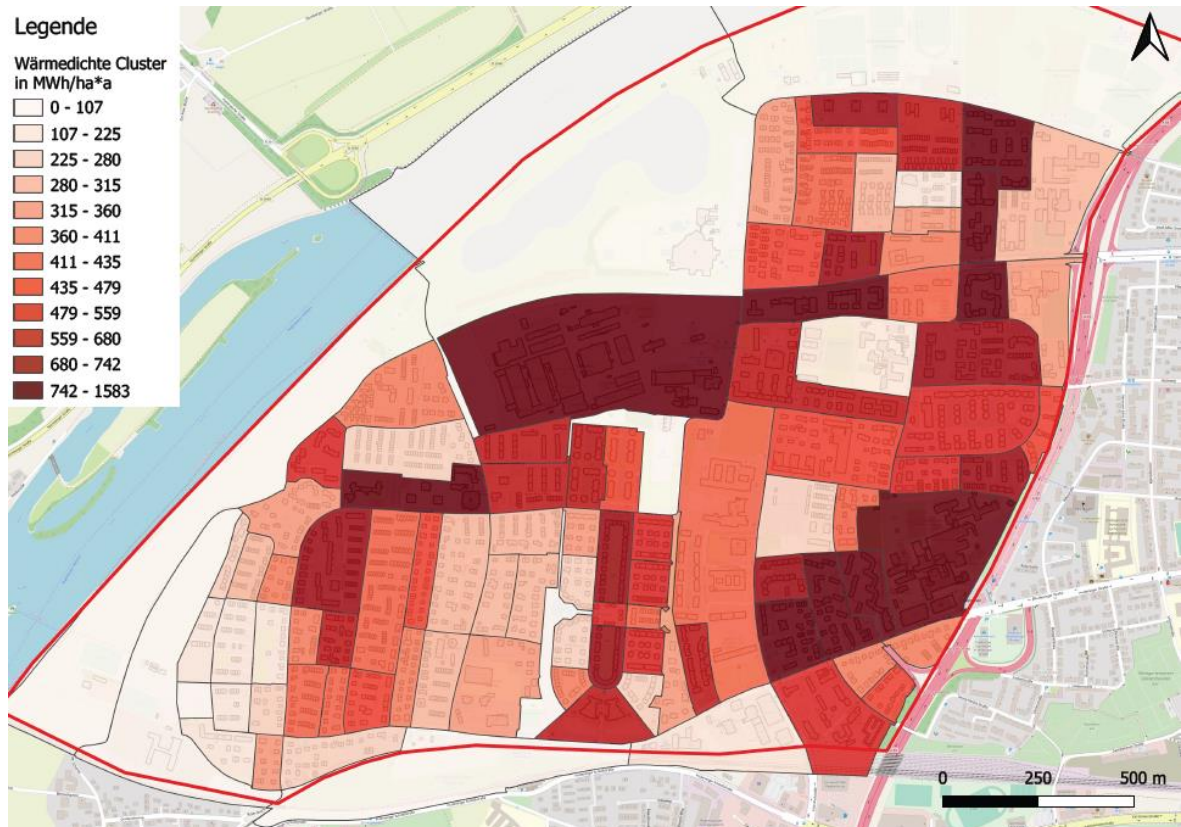
**Insgesamt ergibt sich für das Untersuchungsgebiet ein Wärmebedarf von 154.000 MWh/a.**

Die Aufteilung auf die unterschiedlichen Nutzungsarten ist in Abbildung 7 dargestellt.



**Abbildung 7: Aufteilung Wärmebedarf auf Nutzungsarten**

Die aktuelle Wärmebedarfsdichtekarte ist in Abbildung 8 dargestellt. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine netzgebundene Wärmeversorgung ab einer Wärmedichte von 500 MWh/(ha\*a) potenziell wirtschaftlich betrieben werden kann. Ca. 35 % der Cluster befinden sich über dieser Schwelle. Bezogen auf die Gebäudeanzahl liegen ca. 39% der Gebäude im Untersuchungsgebiet in einem Cluster über 500 MWh/(ha\*a).



**Abbildung 8: Karte Wärmebedarfsdichte aktuell**

Abbildung 11 stellt die Wärmebelegungsichte eines fiktiven Wärmenetzes dar. Das fiktive Netz stellt kein Gesamtnetz dar (von der Wärmeerzeugung bis zum Abnehmer), sondern es werden die einzelnen Gebäude einem Straßenzug zugeordnet. Die Wärmebelegungsichte entspricht dann jeweils der Länge einzelner Streckenabschnitte. Diese Darstellung stellt eine übersichtliche Möglichkeit dar, mögliche sinnvolle Vorranggebiete für eine netzgebundene Wärmeversorgung auszuweisen. Wärmebelegungsichten ab 3,75 MWh/(m\*a) haben Potenzial zur Umsetzung.

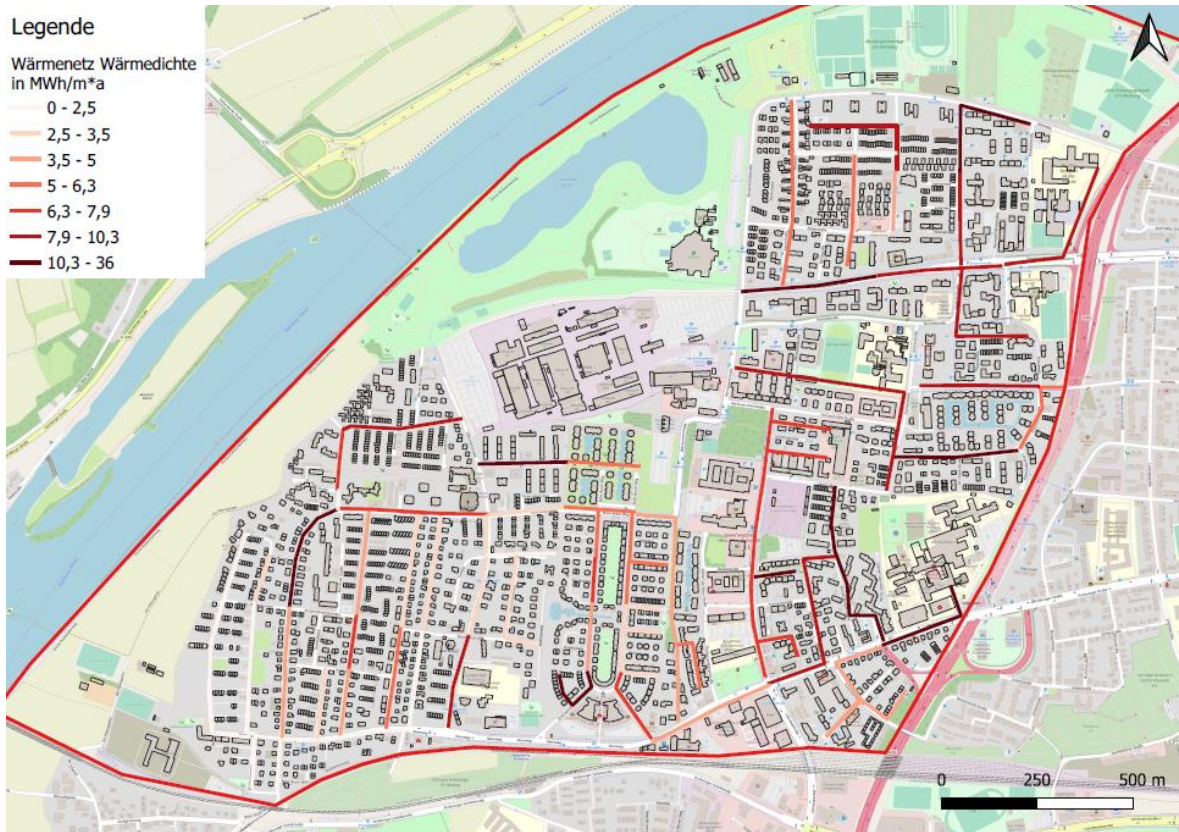


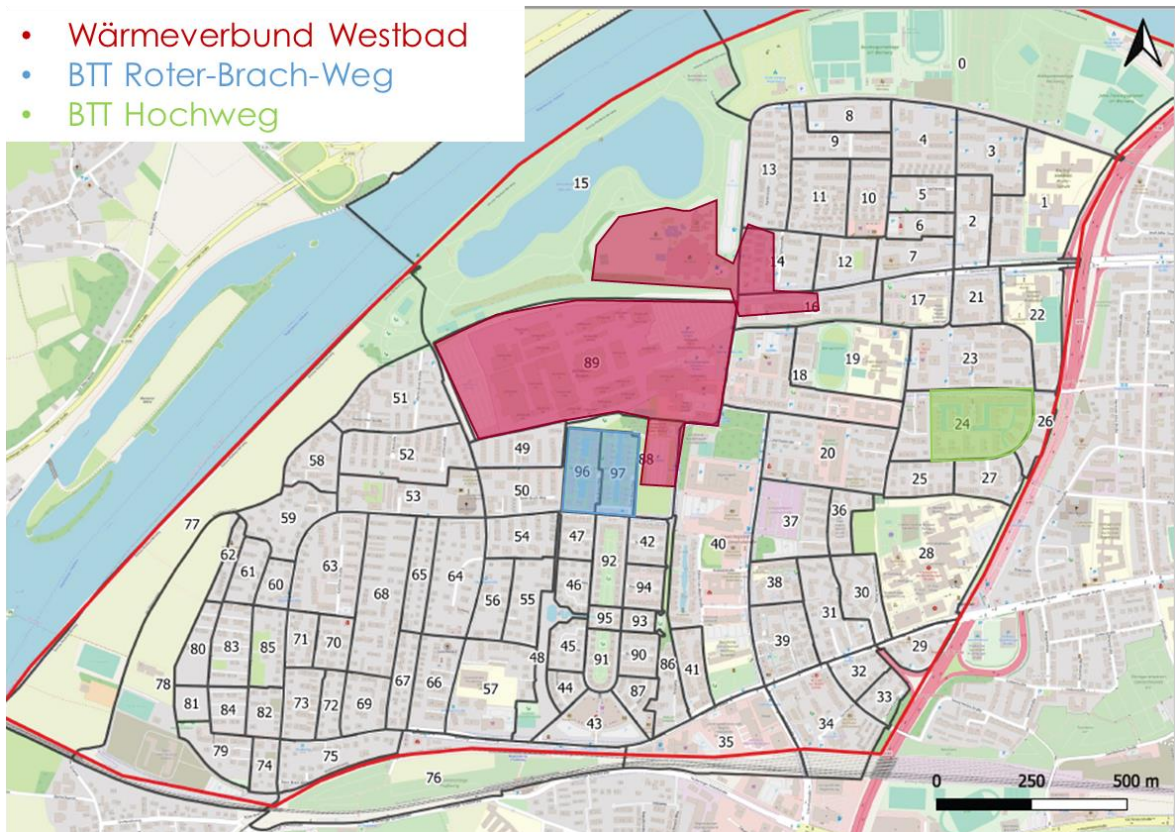
Abbildung 9: Wärmebelegungsichte eines fiktiven Wärmenetzes

## 2.4 Darstellung der Energieinfrastruktur

Das Untersuchungsgebiet ist vollständig mit Erdgas erschlossen.

Es wurden drei Wärmenetze umgesetzt. Das größte ist der in Kapitel 5.1 beschriebene Wärmeverbund Westbad.

- Wärmeverbund Westbad
- BTT Roter-Brach-Weg
- BTT Hochweg



**Abbildung 10: Wärmenetze im Untersuchungsgebiet**

Im Untersuchungsgebiet befinden sich 4 größere KWK-Anlagen. Standorte, sowie elektrische und thermische Leistungen sind in Abbildung 10 dargestellt.

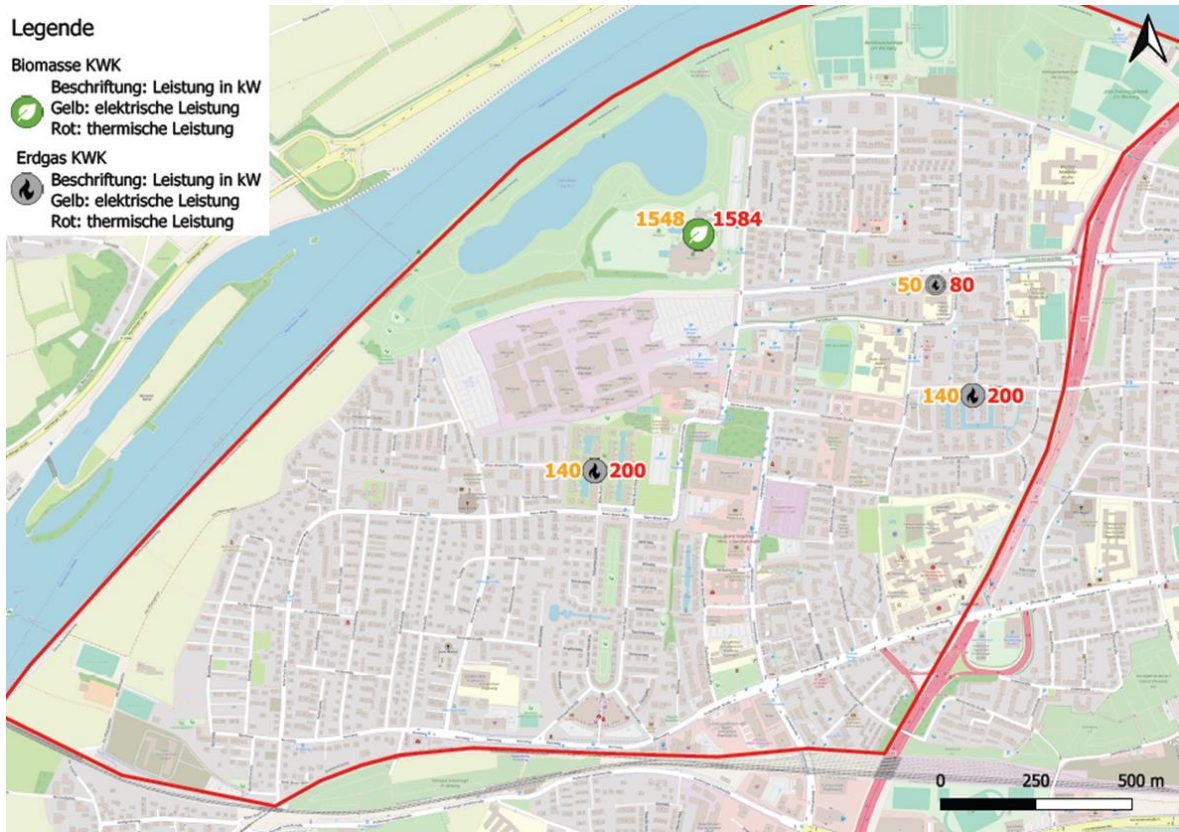


Abbildung 11: KWK-Anlagen im Untersuchungsgebiet



### 3 Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz

Im Folgenden werden die Endenergie-, Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz der Ist-Situation im Untersuchungsgebiet dargestellt.

Die für die Auswertung der Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen verwendeten Faktoren sind in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1: Faktoren Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen**

	CO <sub>2</sub> Faktoren	Primärenergie-	Quelle
	g-CO <sub>2</sub> Äq pro kWh	faktoren [-]	
<b>Strom</b>	378	1,8	GEG <sup>12</sup>
<b>Heizstrom</b>	378	1,8	GEG
<b>Heizöl EL</b>	310	1,1	GEG
<b>Erdgas</b>	240	1,1	GEG
<b>Fernwärme</b>	75	0,26	REWAG
<b>Holz</b>	20	0,2	GEG
<b>Umweltwärme</b>	0	0	GEG
<b>Sonnenkollektoren</b>	0	0	GEG

#### 3.1 Energiebilanz

Der Wärmebedarf des Gebietes beträgt, wie in Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** bereits beschrieben insgesamt 154.000 MWh/a. Davon entfallen ca. 99 GWh/a auf Wohngebäude, ca. 32 GWh/a auf Wirtschaftsgebäude und ca. 23 GWh/a auf Gebäude öffentlicher Hand.

Aufgrund der Datenverfügbarkeit wurde für die Betrachtung der Energieträgerverteilung die im Jahr 2013 ermittelte Verteilung der Energieträger im gesamten Regensburger Stadtbereich als Grundlage verwendet und Anpassungen aufgrund vorhandener Messwerte und statistischer Entwicklungen vorgenommen. Die Aufteilung nach Energieträgern erfolgt aufgeteilt in die Verbrauchsgruppen: Haushalte, Gebäude aus Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie (GHDI) und Gebäude der öffentlichen Hand (öH).

Die Abschätzung des Gesamtstrombedarfs ist über einen für die kreisfreie Stadt Regensburg spezifischen Flächenkennwert für den Strombedarf von 93,4 kWh/m<sup>2</sup>\*a ermittelt worden. Dafür ergibt sich für das Betrachtungsgebiet ein gesamter Strombedarf von ca. 113.500 MWh/a. Die Grundlage für diesen Wert ist das Mischpult des Energieatlas Bayern<sup>3</sup>. Zur weiteren Abschätzung der Aufteilung in die einzel-

---

<sup>1</sup> [https://www.geg-info.de/geg/anlage\\_04\\_geg\\_primaerenergiefaktoren.pdf](https://www.geg-info.de/geg/anlage_04_geg_primaerenergiefaktoren.pdf) (Stand 04.03.2022)

<sup>2</sup> [https://geg-info.de/geg/anlage\\_09\\_umrechnung\\_in\\_freibhausgasemissionen.htm](https://geg-info.de/geg/anlage_09_umrechnung_in_freibhausgasemissionen.htm) (Stand 04.03.2022)

<sup>3</sup> [https://www.karten.energieatlas.bayern.de/start/?lang=de&topic=energie\\_gesamt&bgLayer=at-ks&E=724911.10&N=5433712.37&zoom=8](https://www.karten.energieatlas.bayern.de/start/?lang=de&topic=energie_gesamt&bgLayer=at-ks&E=724911.10&N=5433712.37&zoom=8) (Stand 04.03.2022)

nen Verbrauchsgruppen wurden spezifische Werte aus den Angaben des Leitfadens Energienutzungsplan herangezogen. Das entspricht einem Wert von 36,4 kWh/m<sup>2</sup>\*a für Wohngebäude und einem Verbrauch von 52 kWh/m<sup>2</sup>\*a (büroähnliche Betriebe) für Gebäude der öffentlichen Hand<sup>4</sup>. Der verbleibende Rest (entspricht 314 kWh/m<sup>2</sup>\*a) wird der Verbrauchsgruppe GHDI zugeordnet.

**Tabelle 2: Energiebilanz**

Energie-träger	Endener-gie Haus-halte [MWh/a]	Endenergie GHDI [MWh/a]	Endenergie öH [MWh/a]	Primärenergie Haushalte [MWh/a]	Primär-energie GHDI [MWh/a]	Primär-energie öH [MWh/a]
<b>Strom</b>	<b>30.057</b>	<b>75.731</b>	<b>7.659</b>	<b>54.102</b>	<b>136.316</b>	<b>13.787</b>
<b>WÄRME</b>						
Heizstrom	1.854	0	0	3.337	0	0
Heizöl EL	10.703	0	0	11.773	0	0
Erdgas	78.684	19.832	22.578	86.553	21.815	24.836
Fern-wärme	3.443	12.239	0	895	3.182	0
Holz	3.503	58	0	701	12	0
Umwelt-wärme	711	0	0	0	0	0
Sonnen-kollekt-oren	441	0	0	0	0	0
Klärgas	0	0	0	0	0	0
<b>Summe Wärme</b>	<b>99.338</b>	<b>32.129</b>	<b>22.578</b>	<b>103.258</b>	<b>25.009</b>	<b>24.836</b>
<b>Summe Strom + Wärme</b>	<b>129.395</b>	<b>107.860</b>	<b>30.238</b>	<b>157.360</b>	<b>161.325</b>	<b>38.623</b>

---

<sup>4</sup> <https://www.energieatlas.bayern.de/kommunen/energienutzungsplan.html> (Stand 04.03.2022)

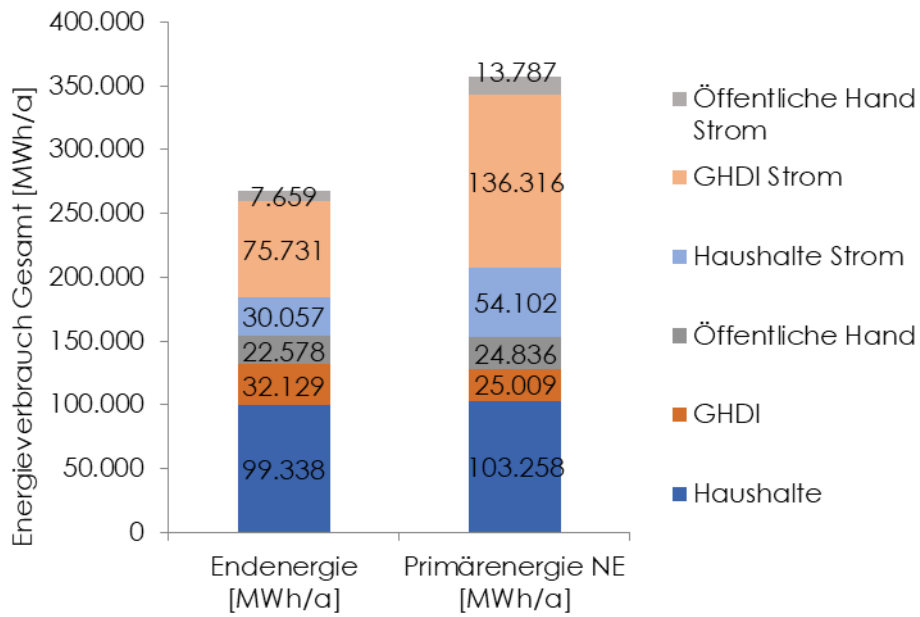


Abbildung 12: Darstellung Endenergie + Primärenergie

**Endenergiebedarf Wärme - Aufteilung nach Energieträgern**

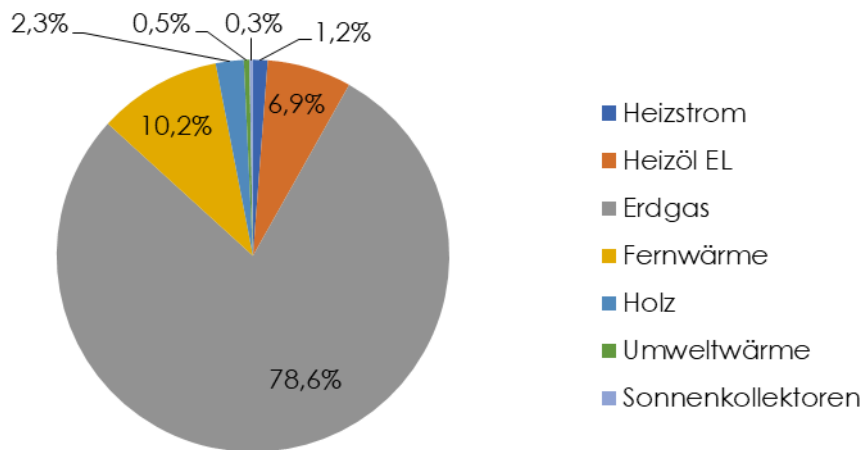


Abbildung 13: Aufteilung Endenergie nach Energieträgern

### 3.2 CO<sub>2</sub>-Bilanz

Aus den Ergebnissen der in Kapitel 3.1 dargestellten Energiebilanz und den in Tabelle 1 dargestellten CO<sub>2</sub>-Faktoren ergeben sich die in Abbildung 14 dargestellten Emissionen. Für die Wärmeversorgung werden in Summe ca. 35.000 t/a und für die Stromversorgung ca. 42.900 t/a CO<sub>2</sub>-Äquivalente emittiert.

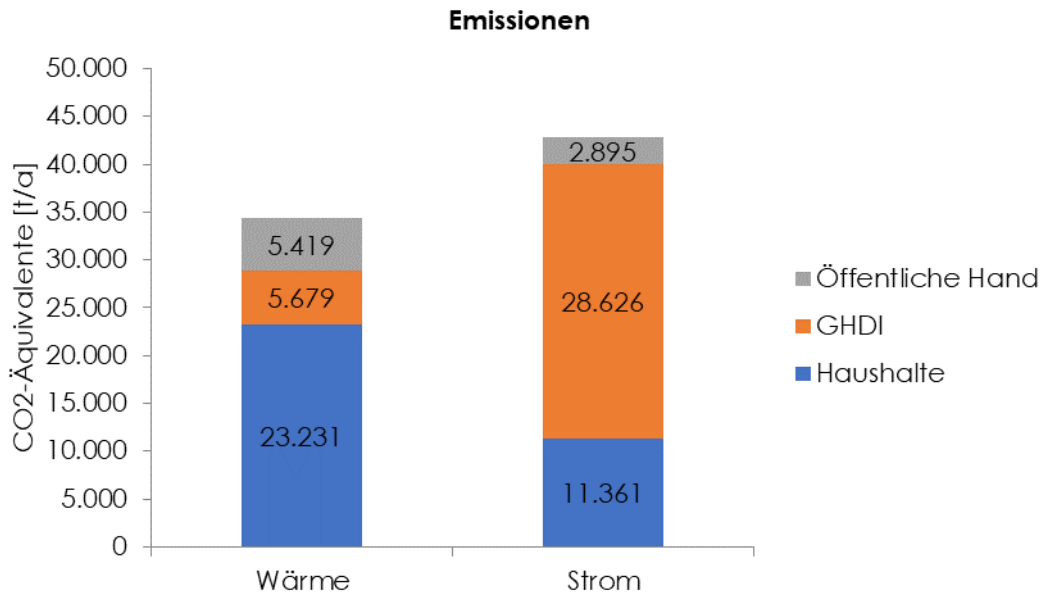


Abbildung 14: CO<sub>2</sub>-Bilanz

## 4 Zukunftsszenarien

Zur Abschätzung zukünftiger Verhältnisse werden zwei unterschiedliche Szenarien betrachtet. Ein Szenario (im folgenden Referenzszenario; RefSz) mit eher konservativen Annahmen und ein Szenario (im folgenden Klimaschutzszenario; KSSz), welches ambitionierte Klimaschutzmaßnahmen annimmt.

Für die Abschätzung der Wärmeeinsparung wurde für die Wohngebäude eine Quote von 0,8 % jährlich im Referenzszenario und eine Quote von 0,8 %, die bis 2030 auf 2,5 % ansteigt und auf dem Niveau bis 2050 bleibt im KSSz.

Bei Nichtwohngebäuden liegen die Quoten bei 1,2 % (RefSz) und 2,8 % (KSSz).

Die Abschätzung der Entwicklung des Strombedarfs orientiert sich am 2. Endbericht „Klimaschutzszenario 2050“ vom Öko-Institut e.V. und Fraunhofer ISI<sup>5</sup>. Hierbei wird die Stromentwicklung bis 2050 für das dort betrachtete „Aktuelle-Maßnahmen-Szenario“ (RefSz) und das „Klimaschutzszenario 80“ (KSSz) der verschiedenen Verbrauchsgruppen als Grundlage herangezogen.

**Tabelle 3: Bedarfsentwicklung bis 2050**

Energieentwicklung bis 2050 in %		Referenzszenario	Klimaschutzszenario
<b>Wärme</b>	Haushalte	- 21 %	- 47 %
	GHDl	- 30 %	- 56 %
	Öffentliche Hand	- 30 %	- 56 %
<b>Strom</b>	Haushalte	+ 53 %	+ 28 %
	GHDl	+ 0 %	- 17 %
	Öffentliche Hand	- 7 %	- 28 %

Aufgeteilt auf die Sektoren Wohnen, GHDl und öffentlich Hand ergeben sich die in Abbildung 15 dargestellten jährliche Wärmebedarfe bzw. Strombedarfe (Abbildung 16).

Die entsprechenden Wärmedichtekarten sind in Abbildung 17 und Abbildung 18 dargestellt.

---

<sup>5</sup> <https://www.oeko.de/oekodoc/2451/2015-608-de.pdf> (Stand 17.01.2022)

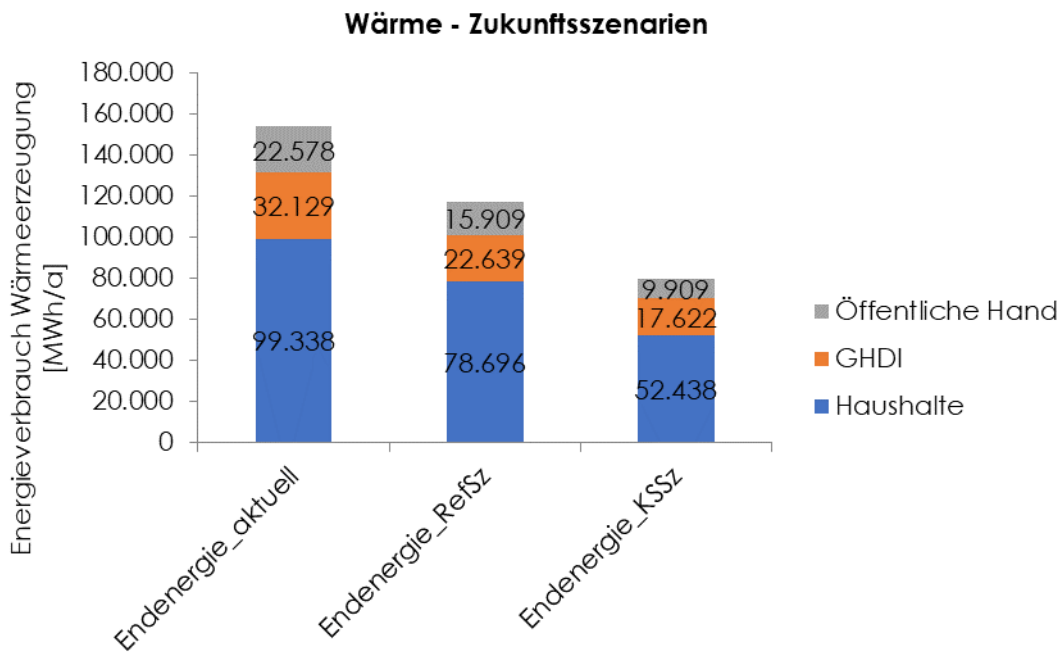


Abbildung 15: Wärmebedarf Zukunftsszenarien

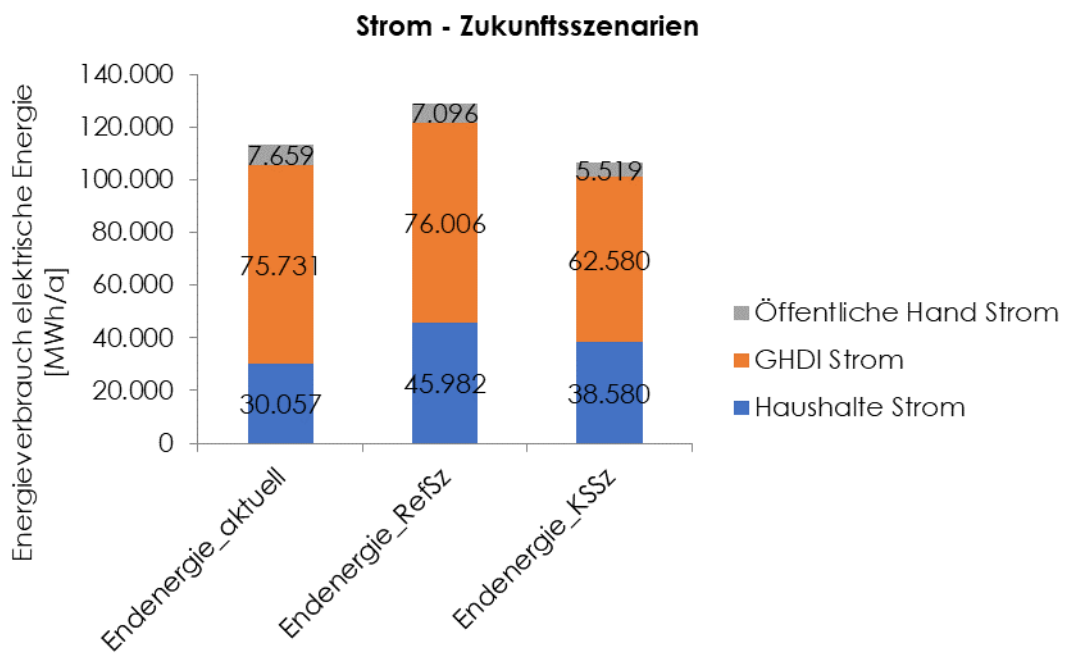


Abbildung 16: Strombedarf Zukunftsszenarien

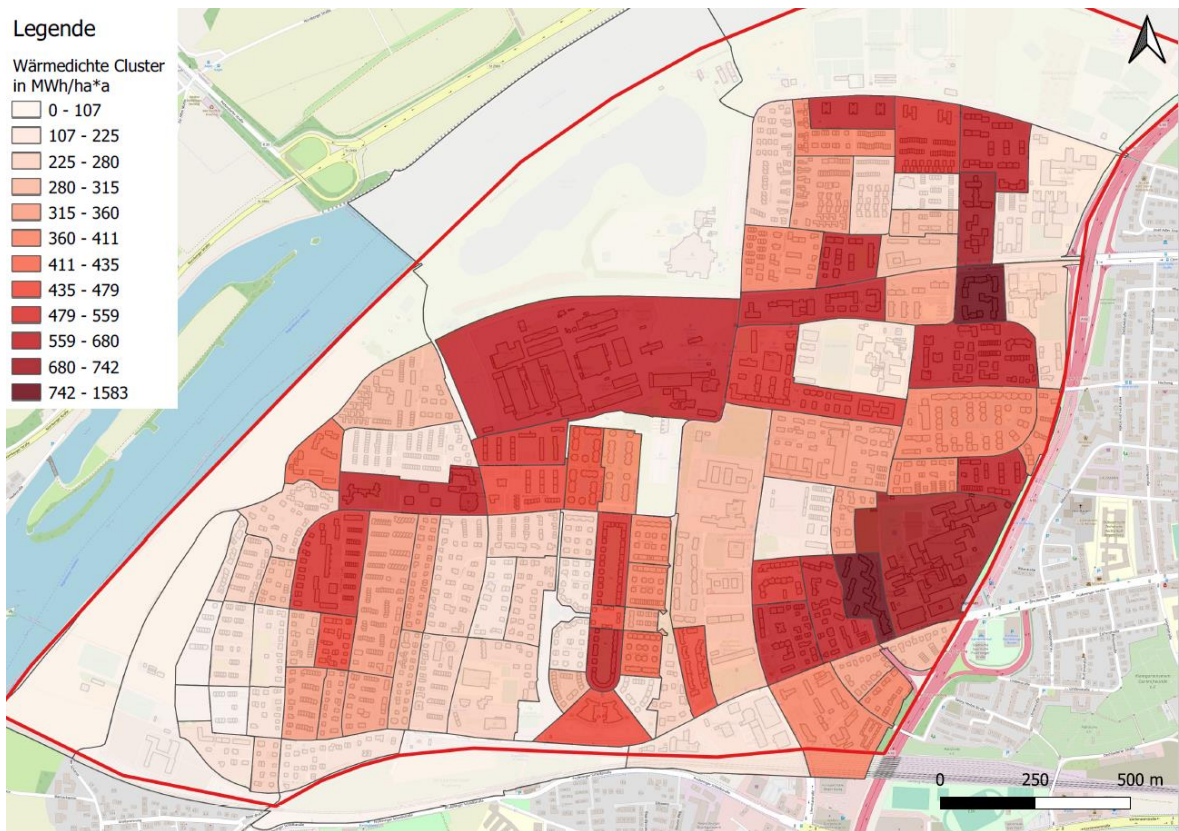
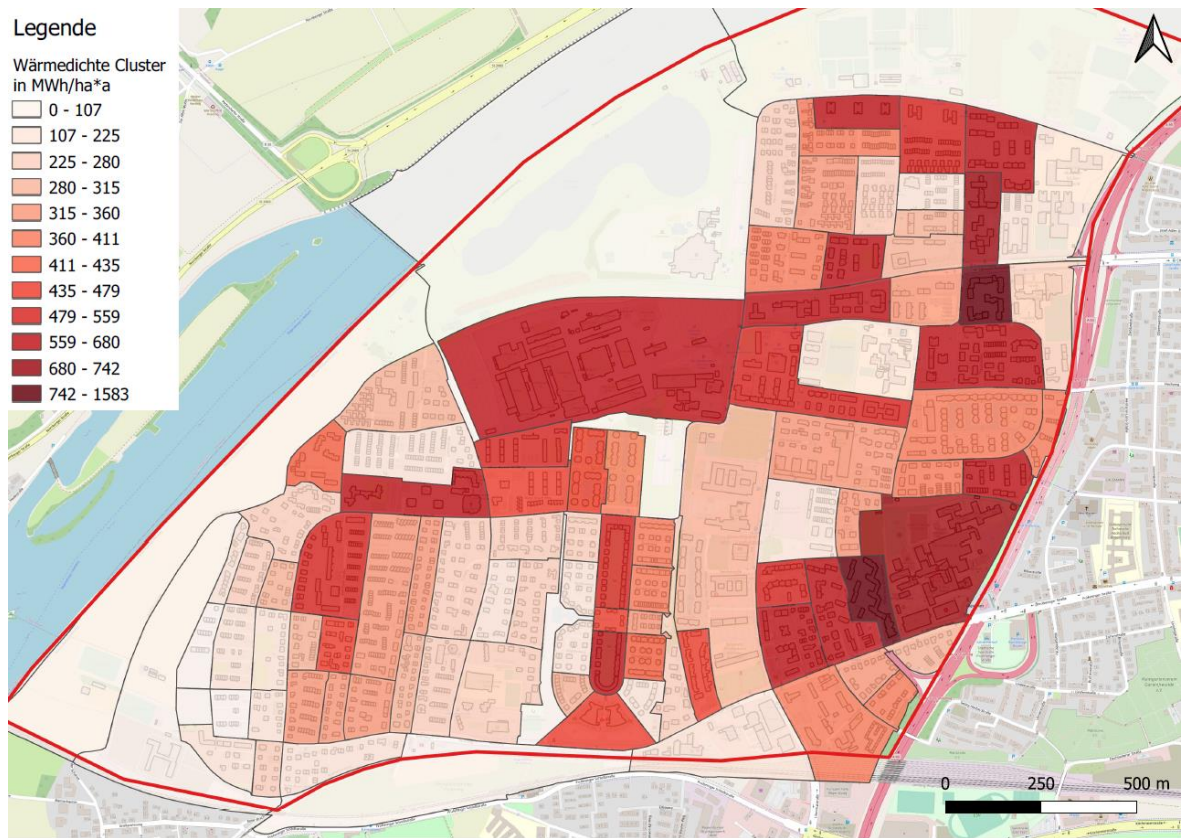


Abbildung 17: Wärmedichte 2050 Referenzszenario



**Abbildung 18: Potenzialanalyse Abwärmenutzung**



### 4.1 Donau-Hebeanlage Infineon

Im Untersuchungsgebiet liegt zentral das Firmengelände der Infineon AG. Die Produktionsprozesse dort benötigen Kühlwasser, welches aus drei Brunnen am Werksgelände gewonnen wird.

Dabei steigt die Temperatur des Kühlwassers in mehreren Stufen an (Abbildung 19) und wird zuletzt in die Donau geleitet. Die Maximaltemperatur des Kühlwassers liegt im Sommer bei 26°C, die Minimaltemperatur in den Wintermonaten bei 20°C (vgl. Abbildung 20).

Die Kühlwassermenge beläuft sich im Sommer auf max. 1.450 m³/h, in kälteren Jahreszeiten werden als untere Grenze noch 450 m³/h benötigt.

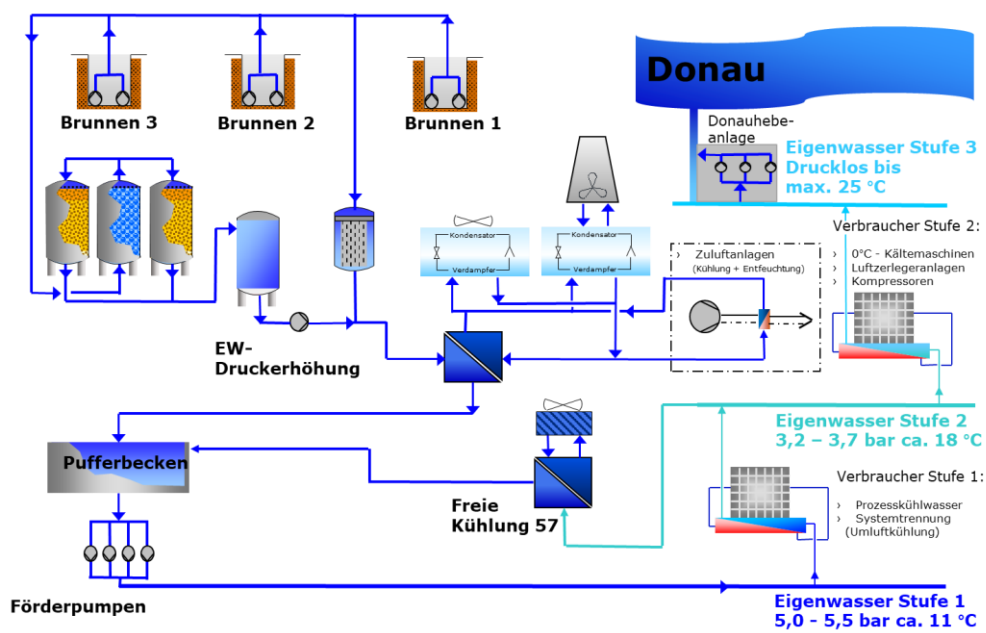


Abbildung 19: Schema Kühlkreislauf Infineon, Brunnen – Donauhebeanlage (Darstellung: Infineon)

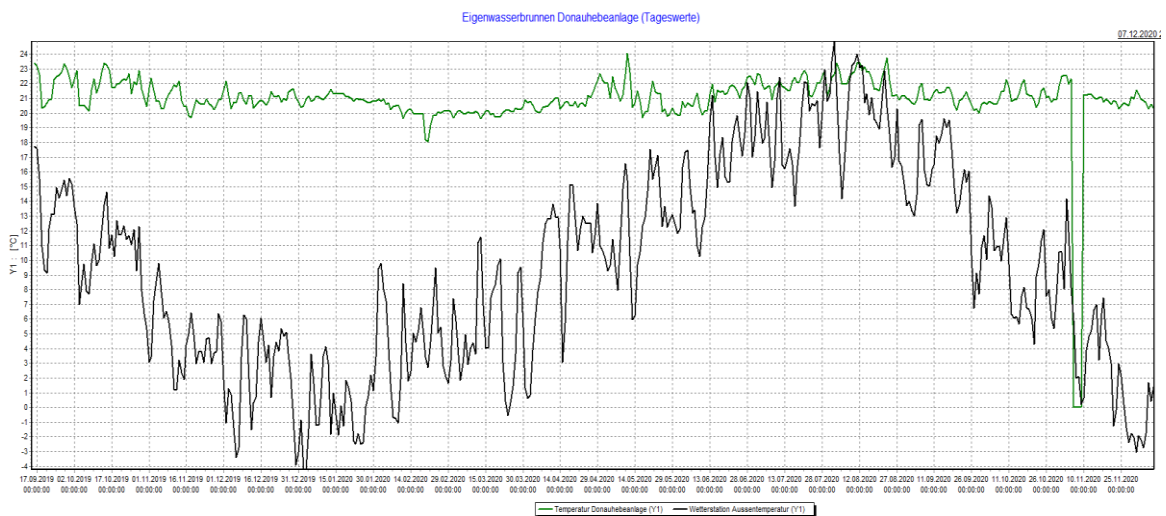


Abbildung 20: Temperaturverlauf Kühlwasser Donauhebeanlage 2020 (Darstellung: Infineon)

Zu Projektbeginn wäre somit in den Wintermonaten ein Potenzial zur Wärmenutzung von ca. 5.2 MW vorhanden gewesen, wenn das Temperaturniveau des in die Donau geleiteten Kühlwassers um 10 K abgesenkt wird. Jedoch wurden über das Jahr 2021 Pläne entwickelt und konkretisiert, dieses Abwärmepotenzial vollständig intern zu nutzen. Somit steht aus dem Grundwasser-Kühlkreislauf über die Donauhebeanlage kein gegenüber einer herkömmlichen Nutzung der Umweltwärme (z.B. Grundwasser) vorteilhafteres Potenzial zur Verfügung.

## 4.2 Abwasseraufbereitungsanlage Infineon

Als weitere Abwärmequelle steht auf dem Gelände der Infineon aufbereitetes Abwasser zur Verfügung, das über einen Sammelbehälter in die öffentliche Kanalisation geleitet wird.

Das Abwasser wird mit einer Temperatur von 25 °C in den Kanal eingeleitet.

Aktuell werden 120...130 m³/h in die Kanalisation geleitet. Mittelfristig, in den nächsten 5 Jahren, soll die Abwassermenge auf 160...170 m³/h erhöht werden. Langfristig, innerhalb der nächsten 10 Jahre, sollen ca. 200 m³/h eingeleitet werden.

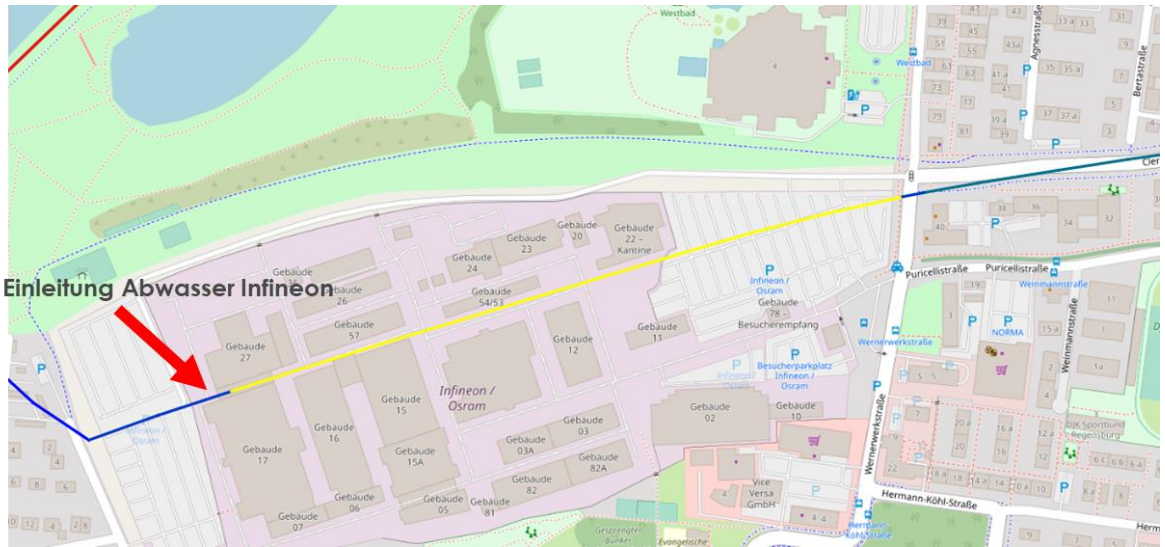
So ergeben sich folgende aus dem Abwasserstrom der Infineon nutzbaren Wärmeleistungen, wenn das Temperaturniveau um 10 K abgesenkt wird.

- Aktuell 1.400...1.510 kW
- Mittelfristig (5 Jahre) 1.860...1.980 kW
- Langfristig (10 Jahre) ca. 2.330 kW

Der öffentliche Abwasserkanal verläuft direkt unter dem Infineon Werksgelände und besitzt eine Durchlassbreite von 1.800 mm. Abbildung 21 stellt den Verlauf der Abwasser-Hauptkanäle im Untersuchungsgebiet dar. Die Position der zentralen Einleitung in den Kanal wird in Abbildung 22 dargestellt.



Abbildung 21: Verlauf Abwasser Haupttrassen



**Abbildung 22: Einleitung Abwasser Infineon**

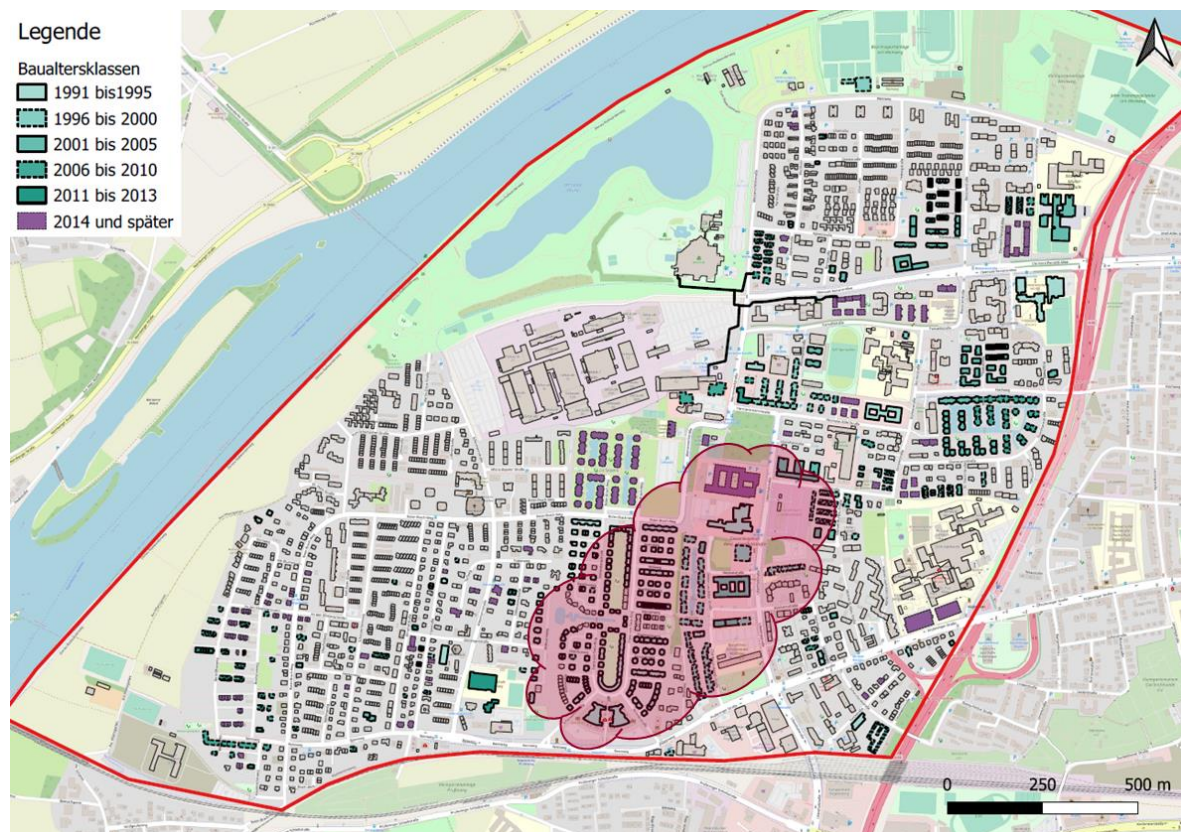
## 5 Maßnahmenkatalog Abwärmenutzung

Aufgrund des Verlaufs des Abwasserkanals und der bereits bestehenden Infrastruktur des Wärmeverbundes „Westbad“ bietet sich die Integration der Abwärme in den Wärmeverbund und eine Erweiterung des Wärmenetzes an.

In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden folgende Konzepte untersucht:

- Netzerweiterung - Nutzung Abwasser Infineon mittels Hochtemperaturwärmepumpe - Wärmepumpe in Grundlast
- Netzerweiterung - Nutzung Abwasser Infineon mittels Hochtemperaturwärmepumpe - BHKW in Grundlast
- Netzerweiterung – ohne Nutzung Abwasser – Biomethan KWK flexibel
- Ohne Netzerweiterung – ohne Nutzung Abwasser – Biomethan KWK flexibel

Eine Untersuchung der Abwärmenutzung unabhängig vom Wärmenetz wurde aufgrund der Entfernungen zum nutzbaren Abwasserkanal verworfen (Abbildung 23).



**Abbildung 23: Verworfenes Potenzialgebiet für die Umsetzung eines Low-Ex-Netzes zur Verteilung der Abwasserwärme**

## 5.1 Wärmeverbund „Westbad“ – Bestand – Grundlage Netzerweiterung

Das „das.Stadtwerk.Westbad“ wird durch eine Heizzentrale der REWAG mit Wärme versorgt. Diese wurde im Jahr 1992 errichtet und im Jahr 2008 umfangreich erneuert. Neben einem mit Biomethan betriebenen BHKW mit einer Wärmeleistung von 1,56 MW sind noch ein Gaskessel mit 6 MW, sowie drei ältere Gaskessel mit je 1,125 MW (direkt im Westbad) vorhanden.

Über eine ca. 850 m lange Wärmetrasse (vgl. Abbildung 24) werden aktuell 7 Anschlüsse mit Wärme versorgt. Insgesamt wird eine Wärmemenge von 15.679.000 kWh verteilt (vgl. Tabelle 4).

Das Wärmenetz wird auf einem Temperaturniveau von 90/70 °C betrieben.



Abbildung 24: Trassenverlauf Wärmeverbund Westbad

Tabelle 4: Wärmemengen Bestand Wärmeverbund Westbad.

Westbad	(2017)	7.522.000	kWh/a
Infineon	(2020)	4.714.000	kWh/a
Puricellstraße	(2020)	2.851.000	kWh/a
Wohnblöcke	(2020)	592.000	kWh/a
<b>Gesamt</b>		<b>15.679.000</b>	<b>kWh/a</b>

Aufbauend auf den zur Verfügung stehenden Verbrauchswerten und Verläufen wurde die in Abbildung 25 dargestellte geordnete Jahresdauerlinie entwickelt.

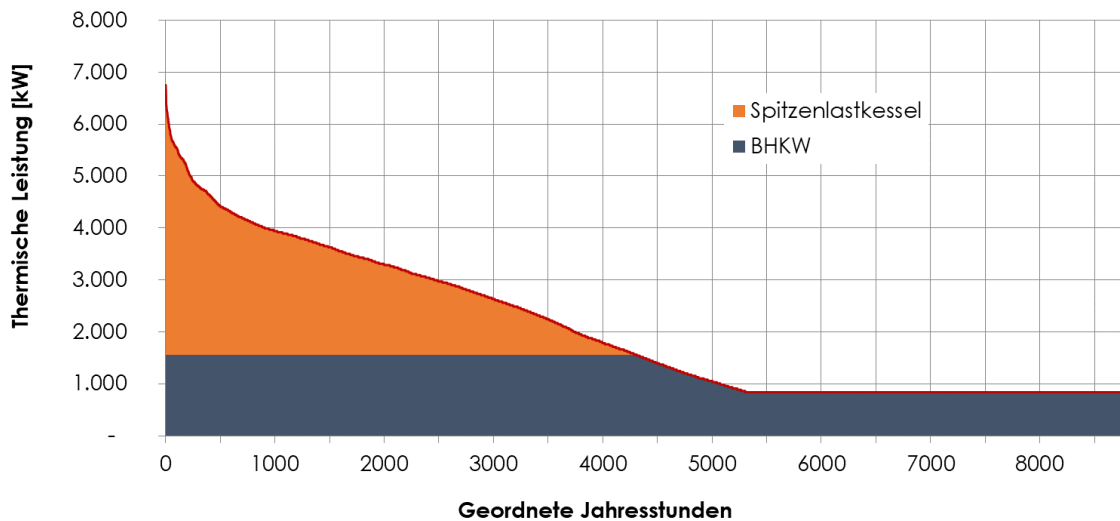


Abbildung 25: geordnete Jahresdauerlinie Bestand

## 5.2 Bemessung Netzerweiterung

Um den Umfang der möglichen Netzerweiterung zu berechnen, wurde der Wärmebedarf in der geordnete Jahresdauerlinie so weit erweitert, bis das maximale Potenzial der Wärmenutzung aus dem Abwasser der Infineon genutzt wird und gleichzeitig bei der Nutzung der bestehenden Wärmeerzeuger in der Heizzentrale nicht mehr als 10% der Wärmemenge über die Spitzenlastkessel bereitgestellt wird.

Das Temperaturniveau des Abwassers wird dabei mit einer Hochtemperaturwärmepumpe direkt auf das bestehende Temperaturniveau des Bestandsnetzes angehoben. Dabei kann von einer Jahresarbeitszahl der Wärmepumpenanlage von 2,9 ausgegangen werden. Wird die Wärmepumpe auf den langfristigen Abwasseranfall ausgelegt ergibt sich eine für die Wärmenutzung verfügbare Leistung von 3.130 kW.

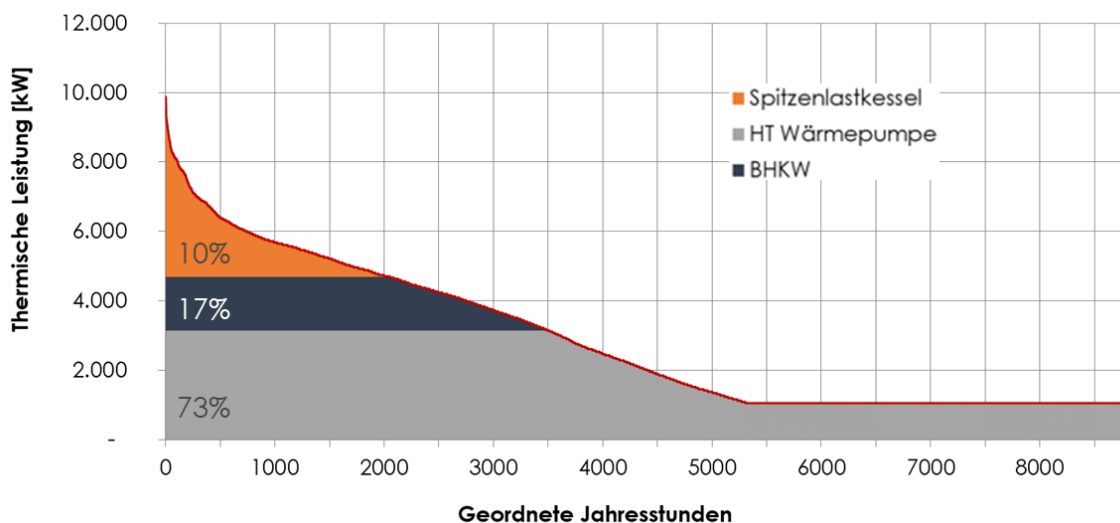


Abbildung 26: Geordnete Jahresdauerlinie Netzerweiterung

Durch die so betrachtete Netzerweiterung können zusätzlich 6.201 MWh/a über das Wärmenetz abgesetzt werden. Insgesamt erhöht sich die Wärmemenge im Netz um ca. 40%

**Tabelle 5: Wärmemengen Netzerweiterung**

Westbad	(2017)	7.522.000	kWh/a
Infineon	(2020)	4.714.000	kWh/a
Puricellstraße	(2020)	2.851.000	kWh/a
Wohnblöcke	(2020)	592.000	kWh/a
<b>Erweiterung</b>		<b>6.201.000</b>	<b>kWh/a</b>
<b>Gesamt</b>		<b>21.880.000</b>	<b>kWh/a</b>

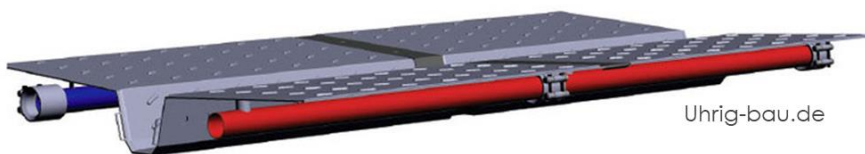
### 5.3 Investitionsbedarf

Im Folgenden wird der Investitionsbedarf zusammengefasst. Hierzu erfolgt in einem ersten Schritt die Grobauslegung der notwendigen Komponenten. Anschließend werden die Investitionskosten der einzelnen Konzepte aufgeführt. Um in Kapitel 5.4 und 5.5 mit dem Bestand vergleichbare Wärmemischpreise zu berechnen, erfolgt je Konzept eine Aufstellung sämtlicher Investitionen, auch die eigentlich schon im Bestand getätigten. Da aber auch der Bestand als eigene Konzeptvariante aufgeführt wird, lassen sich die zusätzlichen Investitionen übersichtlich darstellen. Sämtliche angegebene Kosten sind Nettokosten.

#### 5.3.1 Grobauslegung Konzeptvarianten

##### **Nutzung Abwasser Infineon**

Die Betrachtung der Nutzung eines zentralen Wärmetauschers zur Abwärmenutzung auf dem Gelände der Infineon wurde von den Auftraggebern ausgeschlossen. Aus diesem Grund wird im Folgenden ausschließlich der Einbau eines Kanalwärmetauschers (vgl. Abbildung 27) betrachtet.



Uhrig-bau.de

**Abbildung 27: Beispiel Kanalwärmetauscher**

Der Kanalwärmetauscher soll auf eine Entzugsleistung von 2.330 kW ausgelegt werden. Zur Grobauslegung wird von einer WT-Übertragungsleistung von 3 kW/m<sup>2</sup> ausgegangen. Hieraus ergibt sich eine notwendige Wärmetauscher-Oberfläche von 775 m<sup>2</sup>.

Ausgehend von einer spezifischen Oberfläche eines entsprechenden Wärmetauschers für einen Kanal mit einer Durchlassbreite von 1.800 mm von 1,2 m<sup>2</sup>/m wird ein Wärmetauscher mit einer Länge von insgesamt 650 m benötigt.

Wie in Abbildung 28 dargestellt entsprechen die 650 m Kanal ziemlich genau der Länge des Kanals zwischen der Einleitung des Infineon-Abwasserstroms bis zur Wernerwerkstraße.



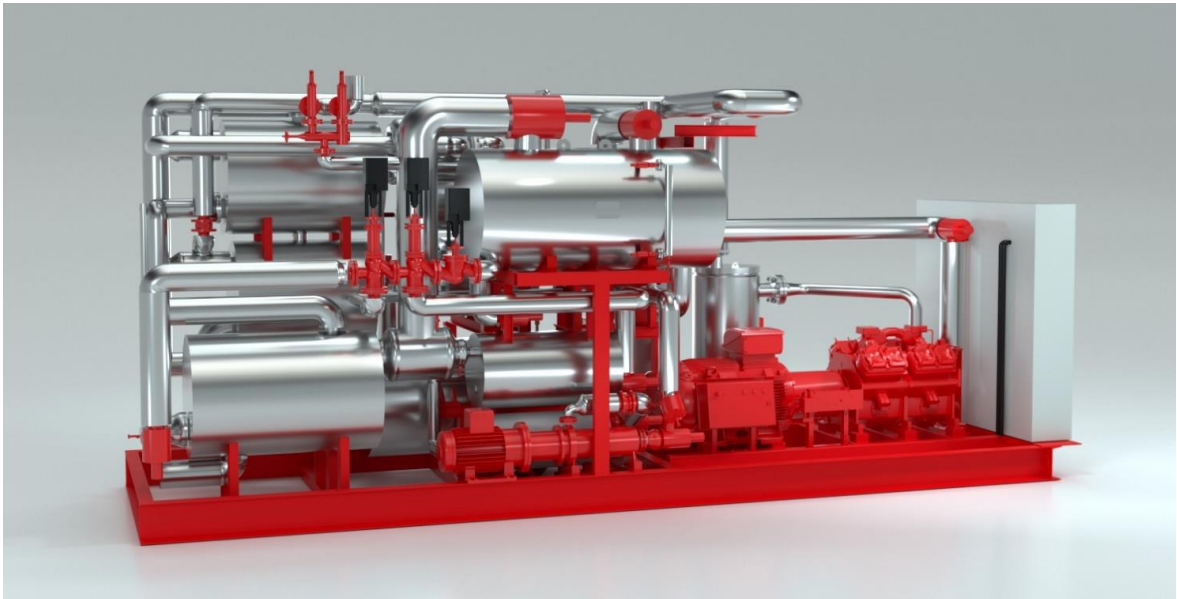
**Abbildung 28: Länge Kanalwärmetauscher**

Beträgt der Trockenwetterdurchfluss vor der Einleitung des Infineon-Abwassers in den Kanal  $86 \text{ m}^3/\text{h}$  und die Minimaltemperatur des Abwassers  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ , ergibt sich am Ende des Wärmetauschers bei einer Infineon-Abwassermenge von  $200 \text{ m}^3/\text{h}$  eine Abwassertemperatur von ca.  $13,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Beträgt die Infineon-Abwassermenge  $125 \text{ m}^3/\text{h}$  stellt sich bei dem Entzug von  $2.330 \text{ kW}$  am Ende des Wärmetauschers eine Temperatur von ca.  $8,9 \text{ }^\circ\text{C}$  ein.

Für die Investition in den Kanalwärmetauscher wurde ein spezifischer Preis von  $900 \text{ €/kW}$  angesetzt.

Zur Hebung des Temperaturniveaus des Abwassers auf die Temperaturen des Wärmenetzes könnte eine Hochtemperaturwärmepumpe mit natürlichem Kältemittel  $\text{CO}_2$  (z.B. Thermeco2 von Engierefrigeration) oder Ammoniak/Wasser Lösung (Calora von AGO) eingesetzt werden.





**Abbildung 29: Hochtemperaturwärmepumpe mit Ammoniak/Wasser Lösung als Kühlmittel (AGO)**

Für den hier notwendigen Temperaturhub (Quelle 20/10, Wärmenetz 90/70) erreichen solche Wärmepumpen Leistungszahlen von ca. 2,9.

In Kombination mit den Wärmeerzeugern des Bestands sind prinzipiell zwei Varianten möglich, die Wärmeerzeugung über die Wärmepumpe einzusetzen. Entweder kann die Wärmepumpe zur Grundlastabdeckung verwendet werden, oder die Grundlast wird über das BHKW abgedeckt (vgl. Abbildung 30 und Abbildung 31).

Wird die Wärmepumpe zur Grundlastabdeckung verwendet, wird im Jahresverlauf mehr Umweltwärme genutzt. Wird das BHKW zur Grundlastabdeckung genutzt, wird eine größere Menge Strom erzeugt. Welche Variante insgesamt vorteilhafter ist, soll der Vergleich dieser Möglichkeiten zeigen.

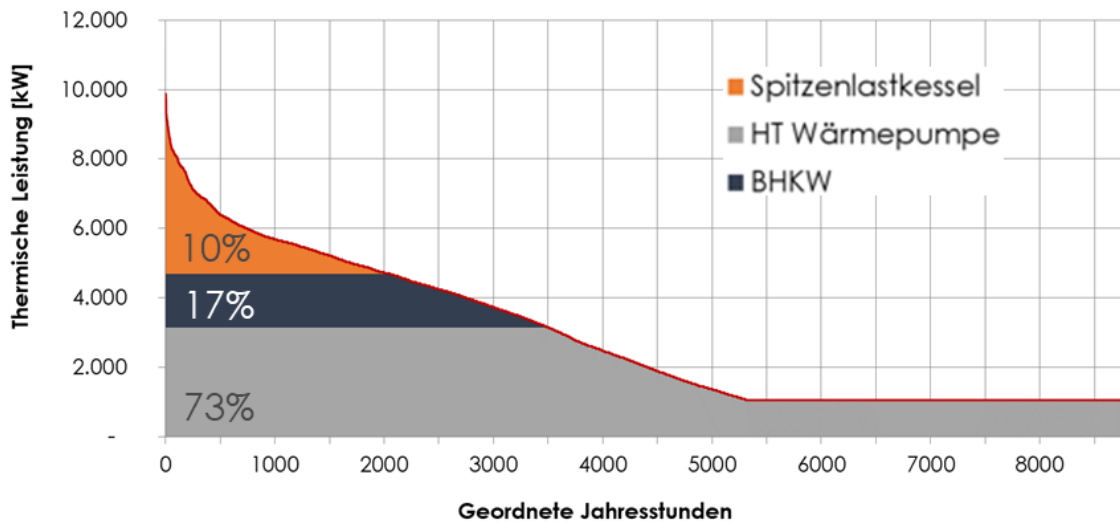


Abbildung 30: Jahresdauerlinie Variante Netzerweiterung – Nutzung Abwasser – Wärmepumpe in Grundlast

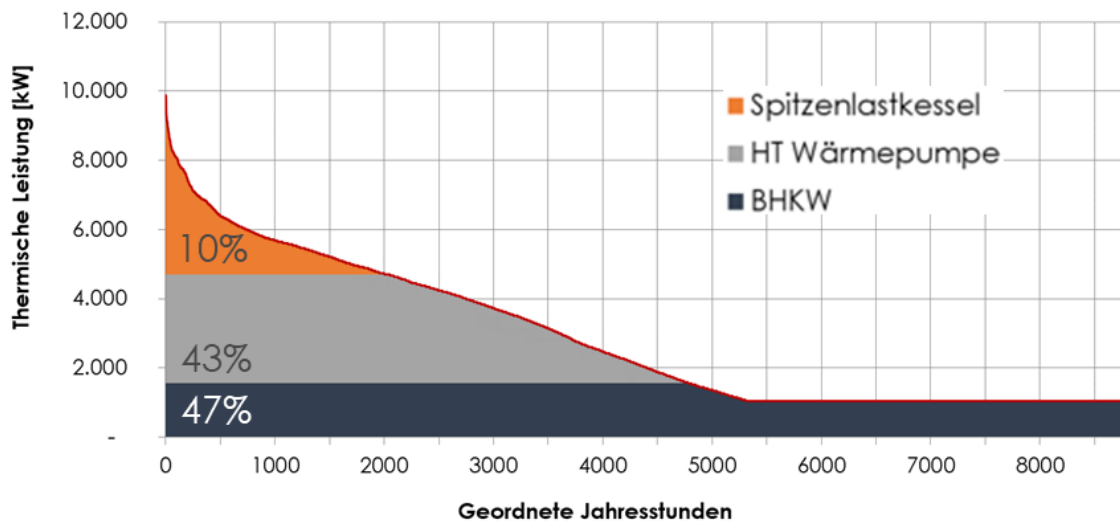


Abbildung 31: Jahresdauerlinie Variante Netzerweiterung – Nutzung Abwasser – BHKW in Grundlast

### Biomethan KWK flexibel

Ziel der Varianten Biomethan KWK flexibel ist es, eine Wärmeerzeugung nach den Anforderungen des EEG2021 optimierte Wärmeerzeugung abzubilden.

Der Einsatz von Biomethan ermöglicht es, Vergütungen für den erzeugten Strom nach dem Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG) in Anspruch zu nehmen. Zusätzlich zu den Erlösen über die Direktvermarktung, wird der aus Biomethan erzeugte Strom für 3.942 Vbh/a der KWK-Anlage mit

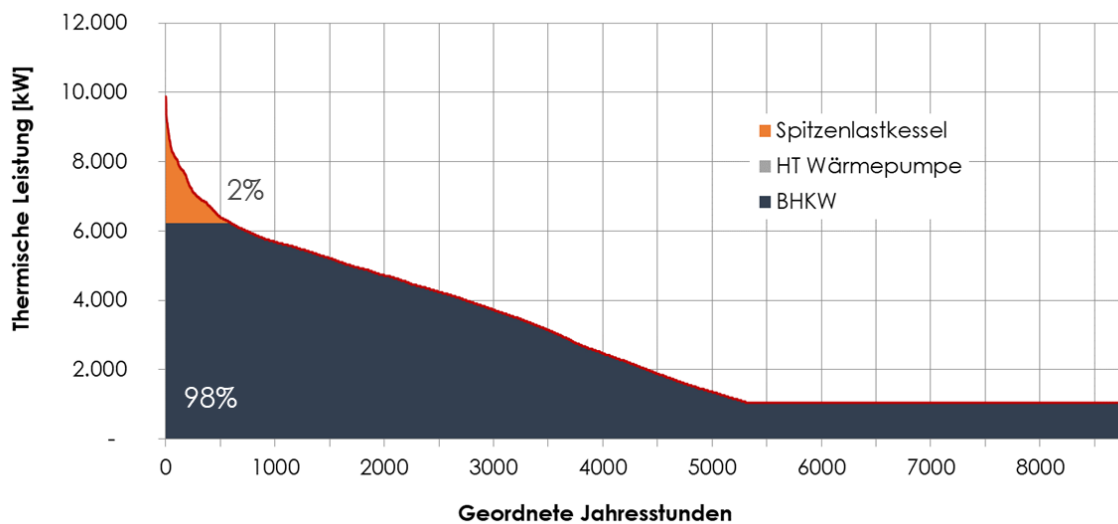
derzeit voraussichtlich ca. 15 ct/kWh über das EEG vergütet. Darüber hinaus hat man Anspruch auf den sogenannten Flex-Zuschlag in Höhe von 65 € pro installierter kW elektrischer Leistung.

Um diese 3.942 Vbh zu erreichen, ist die in Tabelle 6 dargestellte Wärmeenerzeugung notwendig. Es ergeben sich die in Abbildung 32 und Abbildung 33 dargestellten Jahresdauerlinien.

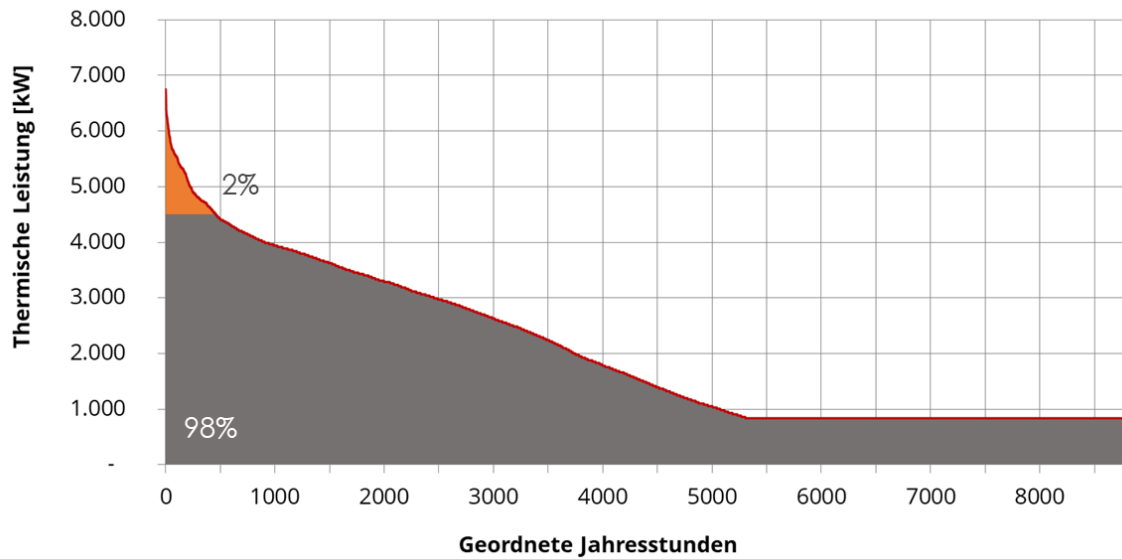
**Tabelle 6: Auslegung BHKWs KWK Flexibel**

		Netzerweiterung	Ohne Netzerweiterung
<b>BHKW 1</b>	[kWth]	1.560	1.560
<b>BHKW 2</b>	[kWth]	2.340	2.940
<b>BHKW 3</b>	[kWth]	2.340	
<b>BHKW Gesamt</b>	[kWth]	6.240	4.560
<b>Anteil an Wärmeenerzeugung</b>		98	98
<b>Erzeugte Strommenge</b>	[MWhel]	22.900	16.500
<b>Wärmespeicher</b>	m³	175	175

Für den flexiblen Betrieb der BHKWs ist eine Vergrößerung des Wärmespeichervolumens notwendig. So ist bei diesen Varianten eine strommarktgeführte Fahrweise möglich.



**Abbildung 32: Jahresdauerlinie Variante Netzerweiterung – ohne Nutzung Abwasser – Biomethan KWK flexibel**



**Abbildung 33: Jahresdauerlinie Variante Ohne Netzerweiterung – ohne Nutzung Abwasser – Biomethan KWK flexibel**

### 5.3.2 Investitionsbedarf Wärmeerzeugung

Tabelle 7 bis Tabelle 10 enthalten die Investitionskosten der untersuchten Erzeugungsvarianten.

Die Investitionskosten wurden auf Basis von Herstellerangeboten, Kosten von abgerechneten Bauvorhaben, Literaturwerten und eigenen Kostenschätzungen bestimmt.

Die Baunebenkosten wurden mit 20 % der Investitionssumme veranschlagt.

Der Kostenpunkt Zentrale umfasst sämtliche in einer Heizzentrale verbaute Komponenten inkl. Hydraulik, Pumpen und MSR.

**Tabelle 7: Investitionen Wärmeerzeugung Bestand**

	Investition [€]	Abschreibungszeitraum [a]	Wartung / Instandhaltung [%]
<b>BHKW</b>	<b>851.000</b>	15	8
<b>Spitzenlast</b>	<b>201.000</b>	20/16	3/12
<b>Wärmespeicher</b>	<b>29.000</b>	20	2,5
<b>Zentrale</b>	<b>517.000</b>	25/20/15	2/2,5/12
<b>Gebäude</b>	-	40	2
<b>Baunebenkosten</b>	<b>319.000</b>	40	-
<b>Summe</b>	<b>1.917.000</b>		

**Tabelle 8: Investitionen Wärmeerzeugung Netzerweiterung Nutzung Abwasser**

	Investition [€]	Abschreibungszeitraum [a]	Wartung / Instandhaltung [%]
<b>Abwassernutzung</b>	<b>5.876.000</b>		
Rinne	2.097.000	40	2
Wärmepumpe	2.100.000	20	2
Anbindungen/Anlagentechnik	1.679.000	20	2,5
<b>BHKW</b>	<b>851.000</b>	15	8
<b>Spitzenlast</b>	<b>201.000</b>	20/16	3/12
<b>Wärmespeicher</b>	<b>29.000</b>	20	2,5
<b>Zentrale</b>	<b>588.000</b>	25/20/15	2/2,5/12
<b>Gebäude</b>	<b>250.000</b>	40	2
<b>Baunebenkosten</b>	<b>1.559.000</b>	40	-
<b>Summe</b>	<b>9.103.000</b>		

**Tabelle 9: Investitionen Wärmeerzeugung Netzerweiterung Biomethan KWK flexibel**

	Investition [€]	Abschreibungszeitraum [a]	Wartung / Instandhaltung [%]
<b>BHKW</b>	<b>3.386.000</b>	15	8
<b>Spitzenlast</b>	<b>201.000</b>	20/16	3/12
<b>Wärmespeicher</b>	<b>112.000</b>	20	2,5
<b>Zentrale</b>	<b>588.000</b>	25/20/15	2/2,5/12
<b>Gebäude</b>	<b>250.000</b>	40	2
<b>Baunebenkosten</b>	<b>907.000</b>	40	-
<b>Summe</b>	<b>5.194.000</b>		

**Tabelle 10: Investitionen Wärmeerzeugung ohne Netzerweiterung Biomethan KWK flexibel**

	Investition [€]	Abschreibungszeitraum [a]	Wartung / Instandhaltung [%]
<b>BHKW</b>	<b>1.756.000</b>	15	8
<b>Spitzenlast</b>	<b>201.000</b>	20/16	3/12
<b>Wärmespeicher</b>	<b>112.000</b>	20	2,5
<b>Zentrale</b>	<b>517.000</b>	25/20/15	2/2,5/12
<b>Gebäude</b>	<b>250.000</b>	40	2
<b>Baunebenkosten</b>	<b>567.000</b>	40	-
<b>Summe</b>	<b>3.152.000</b>		

### 5.3.3 Investitionsbedarf Wärmeverteilung

Zur Ermittlung des Investitionsbedarfes in die Netzerweiterung wird eine Erweiterung nach Westen entlang der Clermont-Ferrand-Allee untersucht. Um das zur Verfügung stehende zusätzliche Wärmebudget aus der Nutzung der Abwärme des Infineon Abwassers von 6.201 MWh/a zu verteilen wurden bis hin zu den Ankerkunden der Bischof-Manfred-Müller-Schule und der Clermont-Ferrand Mittelschule Gebäude entlang der Clermont-Ferrand-Allee angeschlossen.

Die Länge der Haupttrasse der Netzerweiterung (vgl. Abbildung 34) beträgt ca. 1.200 m. Entlang dieser Trasse werden 28 zusätzliche Abnehmer angeschlossen. Für die Grobauslegung des Netzes wurden hierfür reale Gebäude angeschlossen. Die Leistungsgrößen der Anschlüsse verteilt sich wie folgt (Tabelle 11):

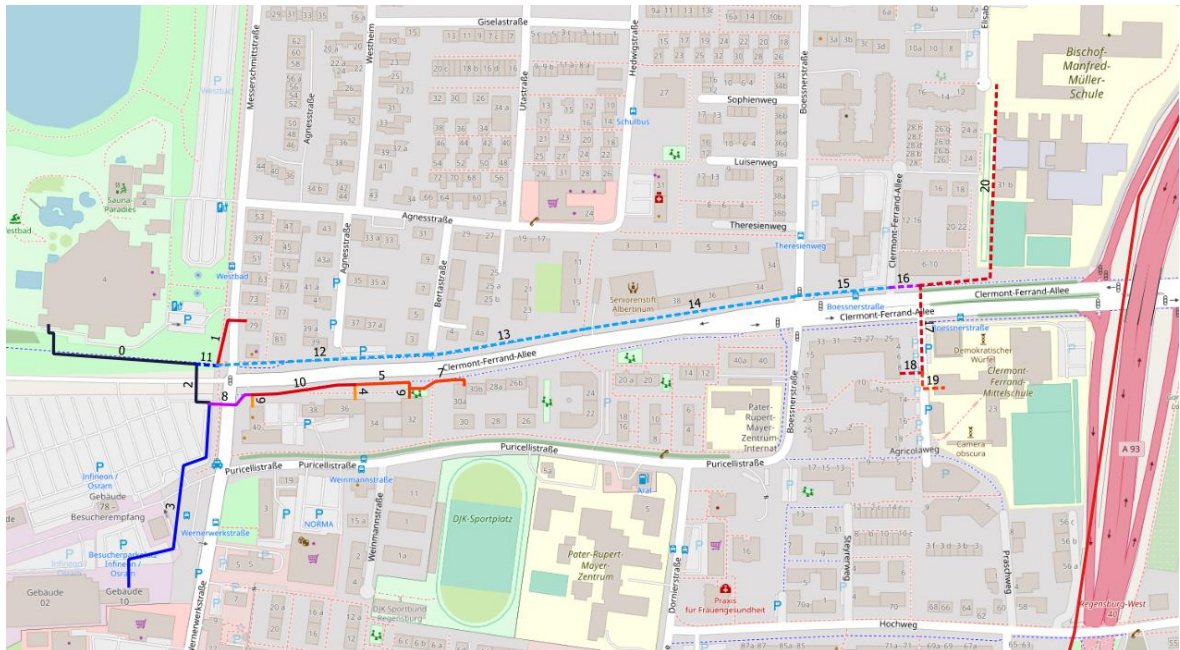


Abbildung 34: Verlauf Haupttrasse Netzerweiterung

Tabelle 11: Verteilung Anschlussgrößen

	Anzahl Anschlüsse
Kleiner 15 kW	8
Zwischen 15 und 150 kW	13
Größer 150 kW	7

Die sich ergebenden Investitionskosten in die Wärmeverteilung sind in Tabelle 12 dargestellt.

**Tabelle 12: Investitionen Wärmeverteilung**

	Investition [€]		Abschreibungs- zeitraum [a]	Wartung / Instandhaltung [%]
	Bestand	Erweiterung inkl. Bestand		
<b>Trasse inkl. Anschlussleitungen</b>	1.116.000	2.558.000	40	1
<b>Anschlüsse / Übergabestationen</b>	513.000	1.009.000	20	5
<b>Summe</b>	<b>1.629.000</b>	<b>3.567.000</b>		

## 5.4 Jährliche Kosten

Aus den Ergebnissen der vorausgegangenen Arbeitsschritte werden in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 die Jahresgesamtkosten für die einzelnen Varianten ermittelt, um anschließend in Kapitel 5.5 die Wärmemischpreise der untersuchten Varianten berechnen zu können.

### 5.4.1 Kapitalkosten

Die kapitalgebundenen Kosten ergeben sich aus den Investitionskosten der jeweiligen Varianten in Verbindung mit dem Kalkulationszins (Ansatz: 2%) und dem jeweiligen Abschreibungszeitraum, angelehnt an die VDI-Richtlinie 2067. Die angesetzten Abschreibungszeiträume sind in den Tabellen zu den Investitionskosten dargestellt.

Es ergeben sich die in Abbildung 35 dargestellten Kapitalkosten.



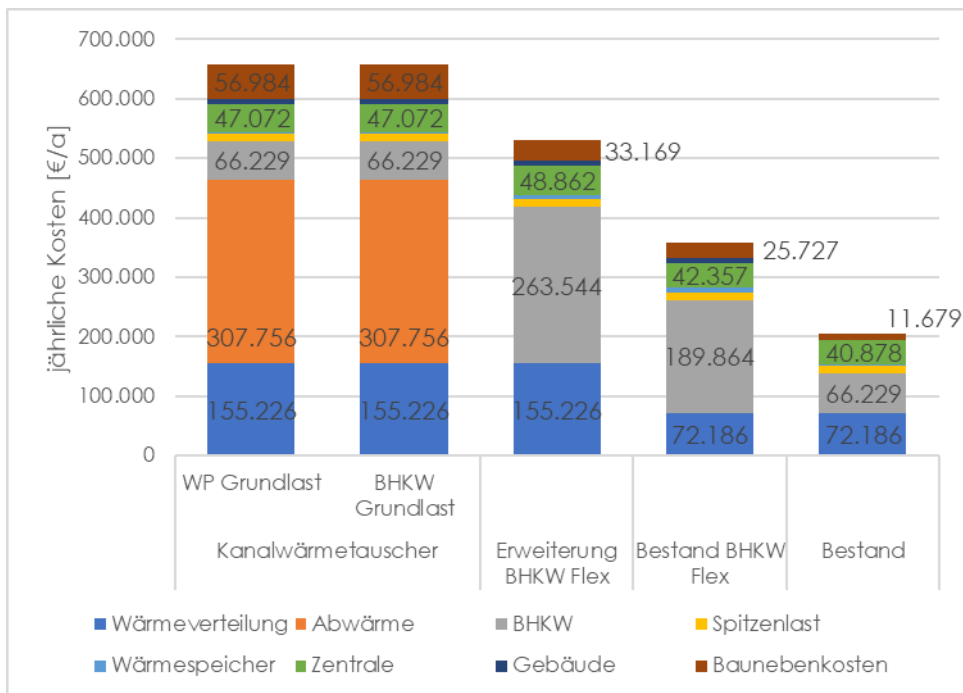


Abbildung 35: jährliche Kapitalkosten

#### 5.4.2 Wartung und Instandhaltung

Die betriebsgebundenen Kosten (Abbildung 36) bestehen im Wesentlichen aus Wartungs- und Instandsetzungskosten für die einzelnen Komponenten. Sie werden in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 nach Komponenten mit 2-12 % der Investitionskosten pro Jahr angesetzt. Die entsprechenden angewandten Ansätze nach Komponenten sind in den Tabellen zu den Investitionskosten dargestellt.

Im Gegensatz zu den Kapitalkosten sind hier bei der Variante mit Netzerweiterung und flexiblem BHKW-Betrieb die Kosten am höchsten. Dies liegt an der hohen installierten Leistung der wartungsintensiven BHKWs.

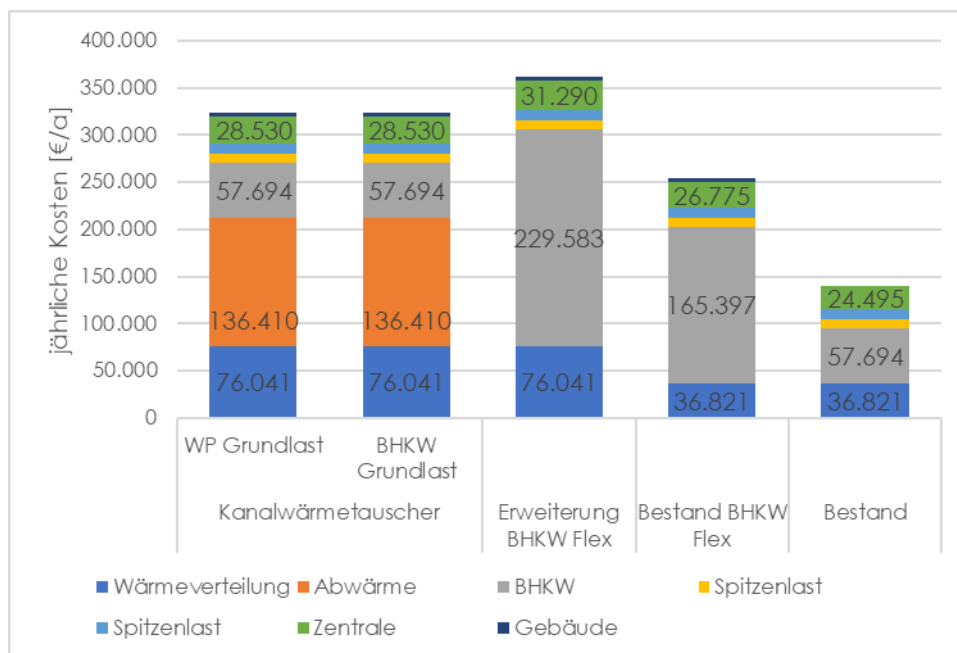


Abbildung 36: jährliche Kosten für Wartung und Instandhaltung

### 5.4.3 Energiekosten

Verbrauchsgebundene Kosten entstehen im Wesentlichen durch die Energiebezugskosten. Den Kosten für den Energiebezug können Erlöse durch die Stromerzeugung gutgeschrieben werden.

Für Biomethan wird entsprechend der aktuellen Preislage für langfristige Lieferverträge ein Bezugspreis von 80 €/MWh angenommen.

Wird über die KWK-Anlagen flexibel Strom erzeugt (alle Varianten außer „Abwärmenutzung BHKW Grundlast“ und „Bestand“) werden die Einnahmen aus der EEG-Vergütung (15 ct/kWh), Stromvermarktung (2 ct/kWh) und Flexzuschlag (65 €/kWh) gutgeschrieben. In den Varianten „Abwärmenutzung WP Grundlast“ und „Bestand“ werden die Kriterien für einen flexiblen Betrieb nach EEG2021 nicht erfüllt. In diesem Fall wird von einer Vergütung nach dem bisher angewandten EEG in Höhe von 15 ct/kWh (Annahme) ausgegangen, ohne Flexzuschlag und Mehreinnahmen auf dem Strommarkt.

Als Strompreis für den Betrieb der Wärmepumpen wird ein Strompreis von 0,17 €/kWh angesetzt.

Es ergeben sich für die untersuchten Varianten die in Abbildung 37 dargestellten Energiekosten.

Im Vergleich zum Bestand sind die Energiekosten sämtlicher Varianten günstiger. Durch den Stromverkauf besitzen die „Biomethan KWK Flex“ Varianten die geringsten Energiekosten.

Der Vergleich der unterschiedlichen Betriebsweisen zeigt, dass unter den getroffenen Annahmen der Wärmepumpenbetrieb in Grundlast wirtschaftlich sinnvoller ist.

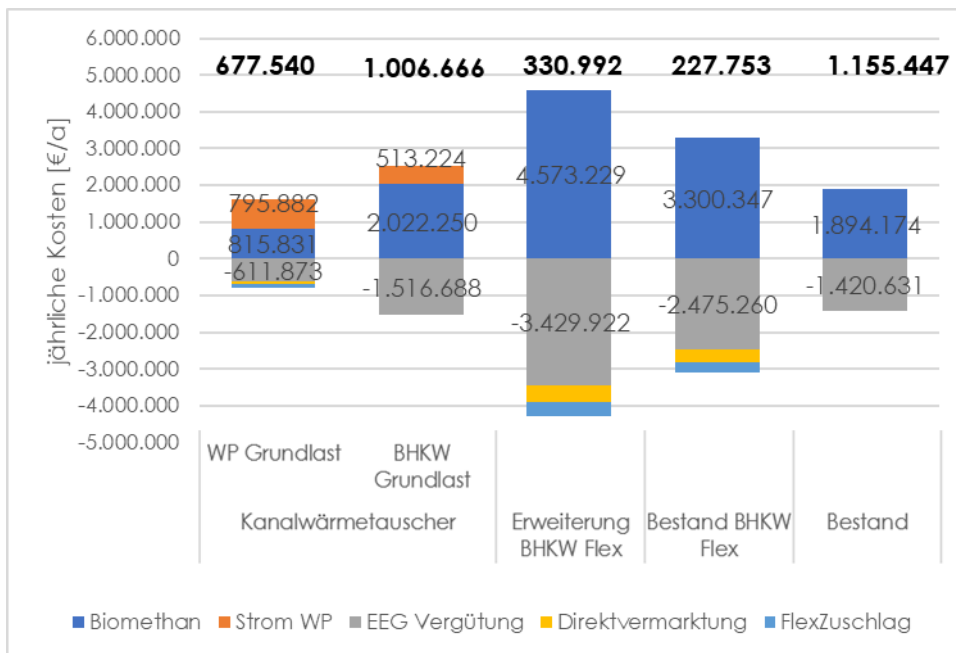


Abbildung 37: jährliche Energiekosten

#### 5.4.4 Zusammenfassung

In Abbildung 38 erfolgt die Zusammenfassung der jährlichen Kosten.

Der Vergleich der unterschiedlichen Betriebsweisen zeigt, dass unter den getroffenen Annahmen der Wärmepumpenbetrieb in Grundlast, aufgrund der geringeren Energiekosten wirtschaftlich sinnvoller ist.

Durch die hohen erzeugten Strommengen bei den Varianten Biomethan BHKW Flex und der damit verbundenen Vergütung besitzen diese Varianten die geringsten jährlichen Gesamtkosten.

Ein Vergleich zwischen den Varianten mit Netzerweiterung und ohne kann erst über die Berechnung der Wärmemischpreise erfolgen.

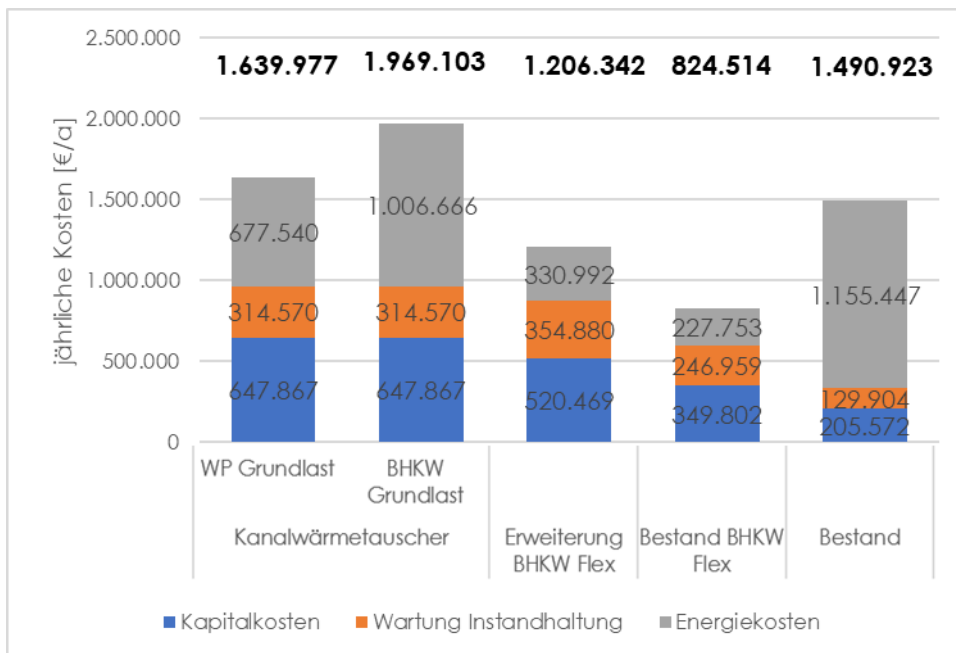


Abbildung 38: Summe jährlicher Kosten

### 5.5 Wärmemischpreise

Die Wärmemischpreise entsprechen dem spezifischen Wärmepreis je kWh Nutzwärme der einzelnen Versorgungsvarianten. In Abbildung 39 werden diese, ohne Förderungen, dargestellt (netto).

Insgesamt lassen sich alle Varianten wirtschaftlich sinnvoll umsetzen.

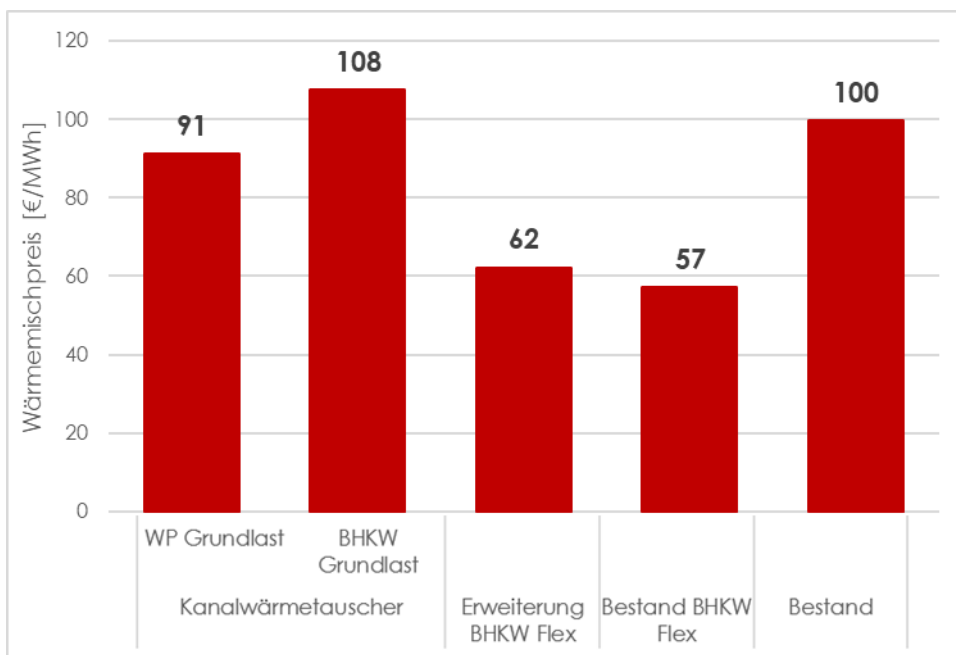
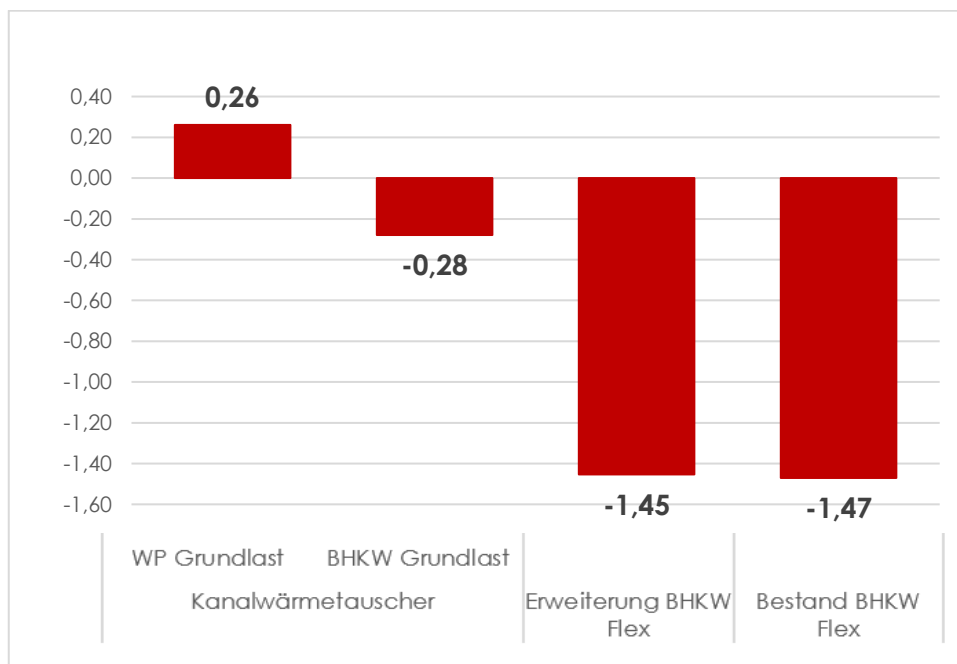


Abbildung 39: Vergleich Wärmemischpreise

## 5.6 Primärenergiefaktor / CO<sub>2</sub>-Emissionen

Das Ergebnis der rechnerisch bestimmten Primärenergiefaktoren der untersuchten Varianten ist in Abbildung 40 dargestellt.

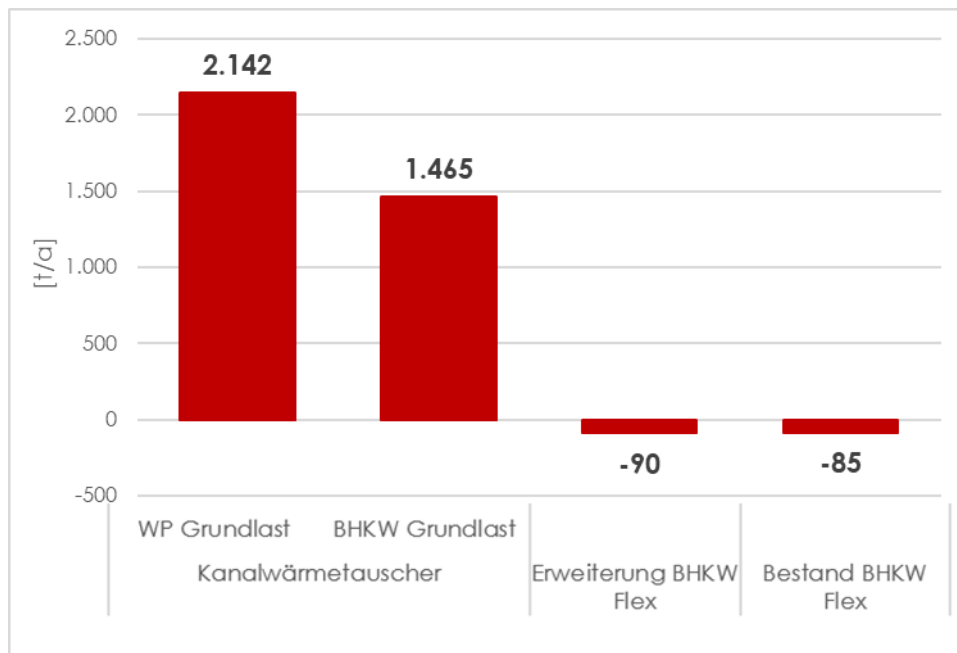


**Abbildung 40: Primärenergiefaktoren Varianten**

Die mit den Varianten verbundenen jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen sind in Abbildung 41 abgebildet.

Hierfür wurden folgende CO<sub>2</sub>-Faktoren verwendet:

- Wärme aus Abwasser: 0 t/MWh
- Strombezug: 0,378 t/MWh
- Biomethanbezug: 0,148 t/MWh
- Erzeugter Strom: -0,378 t/MWh



**Abbildung 41: CO<sub>2</sub>-Emissionen Varianten**

Es ist anzumerken, dass die Varianten unter den aktuellen Rahmenbedingungen berechnet wurden. Vor dem Hintergrund einer treibhausgasneutralen Stromerzeugung bis 2045 werden sich zukünftig die Primärenergiefaktoren und Emissionsfaktor des Strombezugs deutlich verbessern, wodurch sich die Ergebnisse der Wärmepumpensysteme verbessern werden. Im Gegenzug werden sich die Gutschriften durch den eingespeisten Strom verringern, so dass sich die Faktoren für KWK-Anlagen verschlechtern werden. Es ist davon auszugehen, dass Wärmepumpensysteme nach 20 bis 30 Jahren in Summe bereits weniger CO<sub>2</sub> emittiert haben werden als KWK-Anlagen.

## 5.7 Berücksichtigung Förderungen

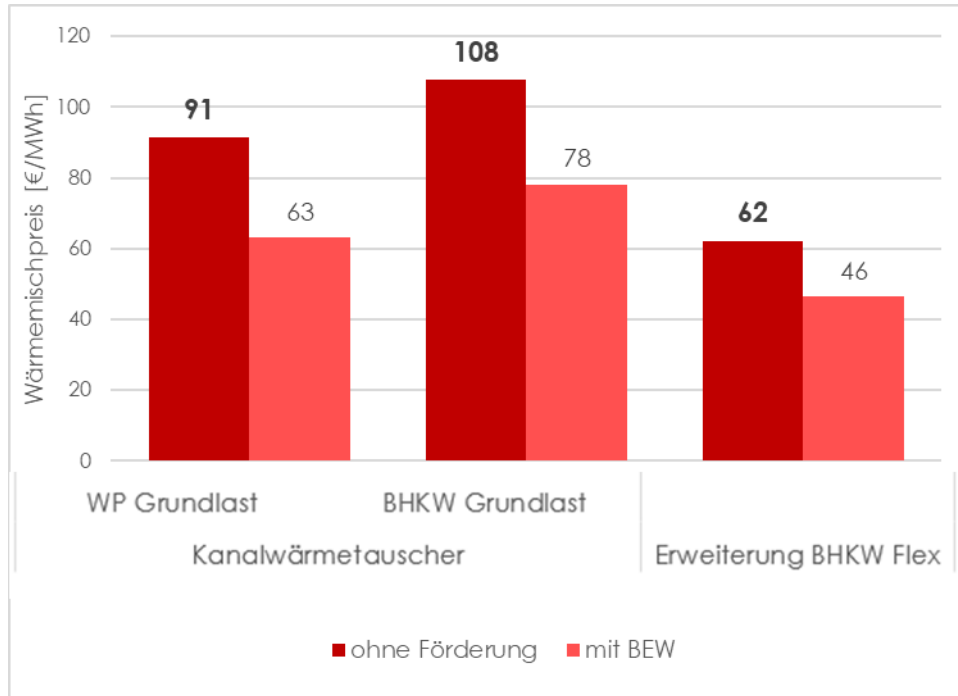
Im Rahmen dieser Untersuchung wird eine Förderung über die „Bundesförderung effiziente Wärmenetze“ (BEW) angenommen. Am 16. Juli 2021 hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) den ersten Entwurf der Förderrichtlinie vorgelegt. Die BEW sollte ursprünglich bereits im Januar 2022 in Kraft treten.

Die dargestellten Förderungen beziehen sich auf den aktuellen Stand des Entwurfes. Ein Zeitplan, wann die BEW in Kraft tritt, ist bislang nicht öffentlich bekannt. Mit der Umsetzung ist jedoch nach aktuellem Stand zu rechnen.

Das BEW beinhaltet eine Investitionskostenförderung in Höhe von 40%. Als förderfähige Kosten können nach aktuellem Stand alle in dieser Betrachtung berücksichtigten Investitionen, außer in gasbetriebene KWK angesetzt werden.

Zusätzlich zur Investitionsförderung wird der Betrieb von Wärmepumpen über die sogenannte Betriebsprämie gefördert. Hierbei wird für die ersten 10 Jahre jede über Wärmepumpen erzeugte kWh Wärme zusätzlich vergütet.

Betrachtet über einen Zeitraum von 20 Jahren ergeben sich so die in Abbildung 42 dargestellten Wärmemischpreise.



**Abbildung 42: Wärmemischpreise mit berücksichtigter Förderung nach BEW**

## 5.8 Fazit

Mit der Wärme des Infineon-Abwassers ist eine wirtschaftliche Erweiterung des Wärmenetzes und eine Verringerung der Wärmemischpreise im Vergleich zum Bestand möglich.

Im nächsten Schritt wäre eine detaillierte Untersuchung des Abwasserkanals in Zusammenarbeit mit Wärmetauscher-Herstellern notwendig (z.B. Uhrig).

Unter den aktuellen Bedingungen werden die geringsten Wärmemischpreise beim flexiblen BHKW-Betrieb erreicht. Diese Varianten besitzen auch die aktuell rechnerisch geringsten Emissions- bzw. Primärenergie Faktoren.

Eine absehbare Änderung der Förderlandschaft kann dazu führen, dass für die Abwärmenutzung vergleichbare Wärmemischpreise zu den flexiblen BHKW erreicht werden.

Die Abwärmenutzung ist im Zuge der Dekarbonisierung der Wärmeherzeugung die ökologisch sinnvollere Variante.

Letztlich ist die Abwärmenutzung jedoch stark abhängig von dem auf dem Infineon-Gelände anfallenden Abwasser. Nutzt Infineon die Wärme im Abwasser bereits auf dem Werksgelände selbst, sinkt das Potenzial. Entsprechend hoch ist das bei der Umsetzung dieser Variante verbundene Risiko. Ggf. kann es über entsprechende Vereinbarungen mit Infineon minimiert werden.

## 6 Handlungs- und Umsetzungskonzept

### 6.1 Pflichtenheft

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

Nr.	Kriterium	Bemerkungen
<b>1</b>	<b>Projektkontext</b>	
1.1	Bezeichnung	Erweiterung Wärmeverbund Westbad
1.2	Bedarfsauslösende Gründe	Leitbild „Energie und Klima“ der Stadt Regensburg
1.3	Finanzrahmen	Kostenvergleich mehrerer Versorgungskonzepte gemäß Kapitel 5.3
1.4	Zeitraumen	Erreichung der Ziele des Leitbildes bis 2050
1.5	Vision	Wärme- und Stromversorgung aus 100 % Erneuerbarer Energie bis 2030
1.6	Strategische Ziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Substitution fossiler Energieträger. Bis zum Jahr 2050</li> <li>- Übergreifend in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr</li> <li>- Steigerung Anteil an erneuerbaren Energien gemäß Leitbild</li> </ul>
1.7	Wesentliche Beteiligte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stadt Regensburg</li> <li>- REWAG, Regensburger Energie- und Wasserversorgung AG &amp; Co KG</li> <li>- Infineon Technologies A</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	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine bzw. geringe Beeinträchtigung der Nutzung des Untersuchungsgebietes</li> <li>- Ortsbild soll erhalten bleiben</li> <li>- Flächenverbrauch soll gering gehalten werden</li> <li>- Lokale Emissionen sollen gering gehalten werden</li> </ul>
2.3	Ökonomische Ziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärmegestehungskosten vergleichbar mit Wärmeversorgung durch konventionelle KWK</li> <li>- Kostendeckende Versorgung</li> </ul>
2.4	Ökologische Ziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Möglichst niedrige CO<sub>2</sub>-Emissionen</li> <li>- Möglichst geringer Primärenergieeinsatz</li> </ul>
<b>3</b>	<b>Rahmenbedingungen</b>	



- |     |                                  |   |   |
|-----|----------------------------------|---|---|
| 3.1 | Struktur Untersuchungsgebiet     | - | Vgl. Kapitel 2  |
| 3.2 | Bedarf Untersuchungsgebiet       | - | Aktuell vgl. Kapitel 2.3 und 3.1a<br>Zukünftig vgl. Kapitel 4 |
| 3.3 | Berücksichtigung Bestandsanlagen | - | Heizzentrale Westbad  |

---

#### 4 Anforderungen

- |     |          |   |  |
|-----|----------|---|--|
| 4.1 | Funktion | - | Optimales Zusammenspiel Erzeuger, um Anteil EE möglichst zu maximieren<br>Effiziente netzgebundene Wärmeverteilung   |
| 4.2 | Technik  | - | Versorgungsprogramm vgl. Kapitel 5.2   |
| 4.3 | Betrieb  | - | Umsetzung einer übergeordneten Regelung<br>Berücksichtigung der Schaffung von Eingriffsmöglichkeiten zur Steuerung einzelner Komponenten<br>Möglichkeit zum Monitoring der Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung und Wärmeübergabe |
- 

## 6.2 Zeitplan

Soll die Nutzung der Abwärme aus dem Infineon-Abwasser forciert werden, muss in einem ersten Schritt gemeinsam mit einem Hersteller für Abwasser Wärmetauscher Systeme (z.B. Uhrig oder Huber) und der Regensburger Stadtentwässerung die Eignung des Abwassers bzw. des Abwasserkanals tiefergehend untersucht werden. Hierfür wird inklusive eines Monitorings des Abwasserstromes ein Zeitrahmen von 1,5 Jahren veranschlagt. Für die anschließende Umsetzung der Abwassernutzung muss mit weiteren 3 Jahren gerechnet werden.

Ebenfalls muss für die Umsetzung der Variante Biomethan KWK Flex mit Netzerweiterung mit einer Umsetzungsdauer von 3 Jahren gerechnet werden, da für die zusätzliche zu installierende KWK-Leistung eine größere Heizzentrale benötigt wird.