

# Versorgungskonzept

Energiekonzept für die Kooperative Baulandentwicklung –  
Rommerskirchen „Baugebietsentwicklung B477/Gill“



Bearbeitung durch:

Gertec GmbH Ingenieurgesellschaft  
Martin-Kremmer-Str. 12  
45327 Essen  
Telefon: +49 [0]201 24 564-0

Auftraggeber:

NRW.URBAN Kommunale Entwicklung als Treuhänderin der Gemeinde Rommerskirchen  
Fritz-Vomfelde Straße 10  
40547 Düsseldorf  
0211 54238319  
[Michael-Harms@nrw-urban.de](mailto:Michael-Harms@nrw-urban.de)

Dieser Bericht darf nur unverkürzt vervielfältigt werden. Eine Veröffentlichung, auch auszugsweise, bedarf der Genehmigung durch die Verfasser.



# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	6
1 Ausgangslage	7
2 Bedarfsanalyse	10
2.1 Wärme	10
2.2 Strom	12
3 Versorgungsoptionen	14
3.1 Begriffserläuterungen in der Wärmeverteilung und Erzeugung	14
3.2 Techniken in der Wärmeerzeugung	15
4 Potenzialanalyse	18
4.1 Solare Potenziale	18
4.2 Geothermische Potenziale	23
4.3 Biogas	24
4.4 Industrielle Abwärme	25
5 Bewertung und Vorauswahl	26
6 Beschreibung der Versorgungsvarianten	27
7 Variantenvergleich	32
7.1 Rahmenparameter	32
7.2 Vergleich Energie- und Umweltbilanz	33
7.3 Wirtschaftlichkeitsvergleich	37
7.4 Empfehlung	39
Anhang	42

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Stdb. Entwurf (Stand 18.11.2022)	9
Abbildung 2	Wärmebedarf nach Gebäudestandard	11
Abbildung 3	Verteilung elektrische Energie bei 75% der Ladungen im Quartier	13
Abbildung 4	Solerer Ertrag in Abhängigkeit der Anlagenausrichtung (Quelle: Verbund AG)	19
Abbildung 5	Solarer Deckungsgrad am Beispiel EFH	21
Abbildung 6	Geothermische Energiequellen	23
Abbildung 7	Wärmeleitfähigkeit in der Umgebung Rommerskirchen	24
Abbildung 8	Biogasproduzenten in der Umgebung (Quelle: LANUV NRW)	25
Abbildung 9	Bewertung möglicher Versorgungsvarianten (Stand 07.03.2023)	26
Abbildung 10	Beispielbild Kaltes Nahwärmenetz	29
Abbildung 11	Wärmenetz und Anbindung Heizzentrale	30
Abbildung 12	Mögliche Geothermie-Erdsonden-Verteilung	31
Abbildung 13	Absolute und spez. Emissionen nach GEG 2020	34
Abbildung 15	Kapital-, Betriebs- und Verbrauchskosten inkl. Förderung	37

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Gebäudekennwerte Wärme (KfW 40 Standard)	11
Tabelle 2	Strombedarf an Abhängigkeit der Personenzahl, in Anlehnung an (CO2online, 2021)	12
Tabelle 3	Kennwerte E-Mobilität	12
Tabelle 4	Übersicht der Versorgungsoptionen	16
*Mittelwert für MFH	Tabelle 5 Flächenverfügbarkeit Gebäudetypen	19
Tabelle 6	Gerundete PV-Kennwerte	20
Tabelle 7	Leistungen Luft-Wasser Wärmepumpen	27
Tabelle 8	Verwendete CO <sub>2</sub> e-Faktoren und PEF	32
Tabelle 9	Prognostizierte Emissionsfaktoren nach der Studie dena, prognos und nach dem NECP	32

## Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BGF	Bruttogrundfläche
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
COP	Coefficient of performance
CO <sub>2e</sub>	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
DHH	Doppelhaushälfte
DIN	Deutsches Institut für Normung
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
EWK	Erdwärmekollektoren
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GW	Grundwasser
GWP	Global Warming Potential
HA	Hausanschluss
Hi	Heizwert
Hs	Brennwert
HZ	Heizzentrale
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kW <sub>th</sub>	Kilowatt thermisch
kW <sub>el</sub>	Kilowatt elektrisch
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MFH	Mehrfamilienhaus
NECP	Nationaler Energie- und Klimaplan
NGF	Nettogrundfläche
PEF	Primärenergiefaktor
PV	Photovoltaik
ST	Solarthermie
STA	Solarthermische Anlage
stdb.	städtebaulich
THG	Treibhausgas
TWW	Trinkwarmwasser
VRK	Vakuumröhrenkollektor
WE	Wohneinheiten
WP	Wärmepumpe

# 1 Ausgangslage

Für die Erschließung des B-Plangebietes RO 53 „Giller Höfe“ in Rommerskirchen ist das Wärmeversorgungskonzept zur Versorgung der 247 vorgesehenen Wohneinheiten festzulegen. Als Entscheidungshilfe wurde diese Machbarkeitsstudie erstellt. Das Ergebnis ist eine Handlungsempfehlung, welche unter den Aspekten der Nachhaltigkeit, Effizienz, technischen Umsetzbarkeit, Wirtschaftlichkeit und möglichen Förderoptionen, die geeignetste Wärmeversorgungsvariante darstellt.

## Zielsetzungen

Die effiziente und klimaschonende Versorgung von Baugebieten mit Energie leistet einen erheblichen Beitrag zur Einhaltung von Klimaschutzzielen. Hierbei dürfen allerdings Aspekte wie die Betriebssicherheit und auch die Akzeptanz nicht außen vorgelassen werden. Aus unserer Sicht besteht der Anspruch, eine zukunftsfähige Energiekonzeption unter Berücksichtigung der Aspekte

- Reduzierung des Energiebedarfs,
- Optimierung der Energieversorgung und
- Optimierung des Einsatzes erneuerbarer Energien

zu erstellen, die dauerhaft niedrige Energiekosten bei gleichzeitig hoher Betriebs- und Planungssicherheit für den Nutzer garantiert und bei der die klimapolitischen Ziele der Stadt Rommerskirchen berücksichtigt werden.

Nach Abstimmung mit den Projektteilnehmenden der Stadt Rommerskirchen soll angesichts der klimapolitischen Herausforderungen eine bilanzielle und auf das Jahr gerechnete Treibhausgasneutralität für das Quartier erzielt werden. Demnach erfolgt eine Bilanzierung der Energiebedarfe und -erzeugungen innerhalb der Bilanzgrenze „Baugebiet Giller Höfe“. So werden bedarfsseitig die Energiemengen für Heizwärme, Trinkwarmwasser (TWW), Haushaltsstrom und E-Mobilität zusammengefasst und erzeugerseitig den Erträgen aus erneuerbaren Energiequellen bilanziell gegenübergestellt. Eine bilanzielle Treibhausgasneutralität erfordert Netto-Null-Emissionen der im Kyoto-Protokoll definierten Treibhausgase.

## Vorgehensweise

Die Energie- und Umweltbilanz des neu zu entwickelnden Neubaugebietes wird zum einen durch den baulichen Standard der Gebäude und zum anderen durch die Systeme zur Versorgung mit Heizenergie, Warmwasser und Strom bestimmt. Im Rahmen der Konzepterstellung werden daher folgende Punkte betrachtet:

- Die zukünftig zu erwartenden Energiebedarfe für Raumwärme, Warmwasser, Haushaltsstrom als auch für die Elektromobilität.
- Die Verfügbarkeit und Integration eines möglichst hohen Anteils erneuerbarer Energien sowie ggf. die Nutzung weiterer endogener Potenziale (sich im Quartier befindend und/oder geografisch naheliegend).
- Die Erfordernisse an die technische Konzeption sowie die Realisierung der Energieversorgung, die aus der zeitlichen Umsetzung der geplanten Bebauung resultieren.
- Die Auswirkungen für die späteren Investor\*innen und Nutzer\*innen, sowohl aus ökologischer und finanzieller Hinsicht.

## Betrachtungsgebiet

Der Entwicklung des Baugebiets „Giller Höfe“, welches sich im südlichen Teil der Stadt Rommerskirchen ansiedeln soll, liegt ein städtebaulicher (stdb.) Entwurf zugrunde. Der darin dargestellte Geltungsbereich obliegt dem Flächeneigentum der Stadt Rommerskirchen, welche auch entscheidungstragend ist, und umfasst eine Fläche von rund 65.000 m<sup>2</sup>. Davon entfallen ca. 6.000 m<sup>2</sup> auf öffentliche Grünflächen, ca. 170 m<sup>2</sup> auf geteilt private Erschließungsflächen und ca. 9.500 m<sup>2</sup> auf Verkehrsflächen. Die übrige Fläche soll der Wohnbebauung dienen und v. a. jungen Familien die Möglichkeit bieten, Eigentumsgrundstücke zu erwerben. Für das Baugebiet sind 81 Grundstücksflächen vorgesehen, auf die sich die Gebäudetypen Einfamilienhaus (EFH), Doppelhaushälfte (DHH), Reihenhaus (RHH) und Mehrfamilienhaus (MFH) verteilen. In Summe können dem stdb. Entwurf 10 EFH, 18 DHH, 28 RHH und 23 MFH zugeordnet werden. Für die Möglichkeit der Platzierung einer Heizzentrale zur zentralen Wärmeversorgung des Gebiets ist im Nord-Osten des Baugebiets eine zweckmäßige Fläche vorhanden. Am nördlichen und östlichen Rand des Plangebiets sind Gemeinschafts-Tiefgaragen unter den Grundstücken vorgesehen. Eine Besonderheit des Baugebiets sind Komplexe aus Reihen- und Mehrfamilienhäusern, die um einen „Innenhof“ geplant sind: die sogenannten „Höfe“. Zwischen den Gebäuden der Höfe sind Gemeinschaftsflächen vorgesehen. Die Dachausrichtungen der Gebäude in Süd bzw. Ost-West stellen eine gute Grundlage für die solare Energieerzeugung dar, wodurch der Grundstein für eine bilanzielle Treibhausgasneutralität gelegt werden kann. Die Möglichkeit der Kombination von Photovoltaik und Dachbegrünung trägt nicht nur zur optischen Aufwertung der Dächer, sondern auch zu einer passiven Abkühlung der Gebäude in den Sommermonaten bei.



Abbildung 1 Stdb. Entwurf (Stand 03.11.2023)

## 2 Bedarfsanalyse

Ein entscheidender Hebel bei der Realisierung eines klimaneutralen Quartiers liegt in der Vermeidung bzw. Verminderung von Energiebedarfen. Dabei stehen die Energieeinsparung und die Effizienzsteigerung im Mittelpunkt der Betrachtung. Somit sind bereits bei der Bedarfsermittlung hohe und höchste Energiestandards vorauszusetzen.

Der Energiebedarf des Quartiers leitet sich im Wesentlichen von den Gebäudetypen, der Nutzung und den benötigten zu beheizenden Flächen ab. Diese und weitere Informationen werden zum einem dem städtebaulichen Entwurf als auch den Gesprächsprotokollen aus Besprechungsterminen mit der Stadt Rommerskirchen entnommen. Im Zuge der Bedarfsanalyse sind die Energieformen Wärme, Strom – inklusive Elektromobilität - und ggf. Kälte zu berücksichtigen.

### 2.1 Wärme

Die spezifischen Bedarfskennwerte für die Gebäudestandards KfW 55 oder KfW 40 sind aus dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) und den Förderrichtlinien der KfW nicht einfach abzuleiten. Der zulässige Primärenergiebedarf ist dort in Bezug auf das sogenannte Referenzgebäude definiert.

Die Primärenergieanforderungen sind gem. GEG über eine in weiten Bereichen gestaltbare Kombination von Hüllflächenqualität, Lüftung, PV-Eigenerzeugung und Wärmeerzeugung zu erfüllen. Bei gleichem Standard kann die an das Gebäude zu liefernde Nettoheizwärme (QH) sehr unterschiedlich ausfallen. Nur bei den KfW-Standards ist auch die bessere Hüllflächenqualität (als  $H'T$  = mittlerer Transmissionswärmeverlust) ein zusätzliches Kriterium. KfW 40 erfordert eine um 45 % bessere Hüllfläche als das Referenzgebäude.

Auf Basis der Wohngebäudetypologie der IWU, die zusätzlich eine Differenzierung zwischen den Gebäudetypen und Effizienzstandards ermöglicht und Simulationen im Programm SOLAR COMPUTER werden spez. Bedarfskennwerte für den Heizwärmebedarf ermittelt. Nach den Angaben aus der IWU sind je Gebäudetyp einheitliche Werte zugrunde gelegt, die sich an der vorgesehenen Bauweise, d. h. der Kompaktheit der Gebäude orientieren. Der Flächenbezug des spez. Bedarfskennwertes ist dabei die Wohnfläche und nicht die größere Energiebezugsfläche AN des GEG. Dem veranschlagten Heizwärmebedarf ist der Bedarf für Trinkwarmwasser (TWW) hinzuzurechnen, um den Gesamtwärmebedarf abzubilden.

Um die Auswirkungen unterschiedlicher Gebäudeeffizienzstandards auf den Wärmebedarf des Quartiers zu verdeutlichen, sind in nachfolgender Darstellung die zu erwartenden Bedarfe, die sich aus der Hüllflächenqualität und Anlagentechnik nach KfW- Standard 55, 40 und einem Standard nach Passivhaus ergeben, abgebildet. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass der KfW- Standard 55 seit Frühjahr 2022 nicht mehr förderfähig ist und dass dieser Standard die zukünftige Mindestanforderung nach (neuem) GEG darstellt.

Anhand des bisherigen Planungsstandes stellen sich die Energiebedarfe (Wärmebedarfe) wie folgt dar:

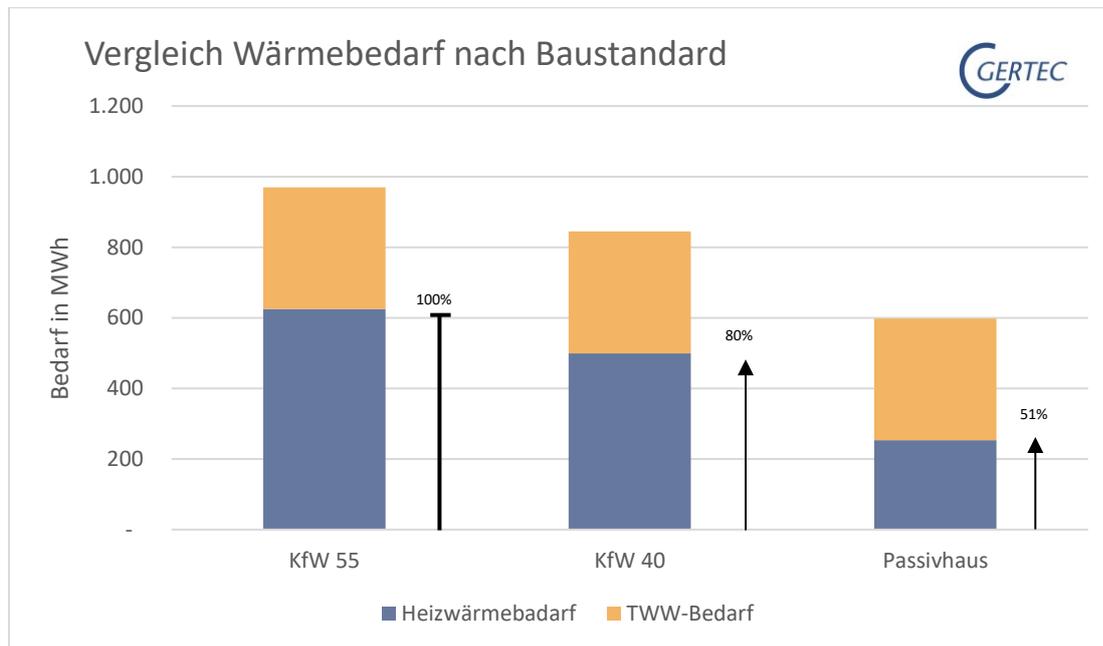


Abbildung 2 Wärmebedarf nach Gebäudestandard

Die Grafik verdeutlicht den direkten Einfluss des Gebäude- bzw. Dämmstandards auf den Heizwärmebedarf. In Folge einer verbesserten Dämmung und dem Einsatz einer Wärmerückgewinnung nimmt der Einfluss des TWW bezogen auf den Gesamtwärmebedarf zu. Demnach können bereits mit dem KfW 40 Standard bis zu 20 % an Heizwärme ggü. dem zukünftig gesetzlichen Mindeststandard eingespart werden. Nach Absprache mit den Projektteilnehmenden der Stadt Rommerskirchen, soll für weitere Berechnungen der KfW 40 Standard zugrunde gelegt werden. Der Wärmebedarf für Raumheizung und Warmwasserbereitung summiert sich für den gewählten Standard auf rund 845 MWh/a bei einer aufsummierten Wohnfläche von ca. 21.000 m<sup>2</sup>. Davon entfallen ca. 345 MWh auf den Trinkwarmwasserbedarf. Die bereitzustellende Heizleistung beläuft sich auf ca. 770 kW. Im Zuge der Auswertung des stdb. Entwurfs konnten verschiedenen Gebäudetypen ermittelt werden, deren Gebäudekennwerte in der nachfolgenden Tabelle dargestellt sind.

Gebäudetypen	Anzahl	Wohnfläche m <sup>2</sup>	Heizwärme kWh/a	TWW kWh/a	Wärme gesamt kWh/a	Heizlast inkl. TWW kW
EFH	10	180	4.863	2.371	7.234	6,6
RHH	28	180	4.863	3.557	8.420	7,7
DHH	18	145	3.838	1.778	5.616	5,1
MFH	3	547	14.385	7.113	21.498	19,6
Summe	81	21.017	499.456	345.117	844573	769,2

Tabelle 1 Gebäudekennwerte Wärme (KfW 40 Standard)

## 2.2 Strom

Mit Blick auf den Bedarf an elektrischer Energie ist, neben dem Ladestrom für Elektrofahrzeuge, vor allem der Haushaltsstrom zu nennen und zu bewerten. Hier wird der Bedarf personenbezogen und unter Hinzunahme des Stromspiegels für Deutschland aus dem Jahr 2021/2022 ermittelt. Die Daten des Stromspiegels werden von der Beratungsgesellschaft CO<sub>2</sub>online herausgegeben, welche vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit gefördert wird. Der Stromspiegel gibt grobe Richtwerte für den Bedarf an elektrischer Energie in Abhängigkeit der Personenzahl eines Haushalts und einer Verbrauchsklasse an. Des Weiteren wird zwischen dem Gebäudetyp Haus und dem Typ Wohnung unterschieden. Für die Bedarfsermittlung wurde für das Quartier eine mittlere Verbrauchsklasse (Klasse C) ausgewählt. Die zu erwartenden Bedarfe der Kategorie Haushaltsstrom stellen sich in Anlehnung der Daten von CO<sub>2</sub>online wie folgt dar.

Personenzahl/ Typ	Haus [kWh/a]	Wohnung [kWh/a]
1	≤ 2.000	≤ 1.200
2	≤ 2.800	≤ 1.800
3	≤ 3.400	≤ 2.200
4	≤ 3.700	≤ 2.500

Tabelle 2 Strombedarf an Abhängigkeit der Personenzahl, in Anlehnung an (CO<sub>2</sub>online, 2021)

Wie auch bei der Ermittlung des TWW-Bedarfs hat die Personenzahl in jeder Wohneinheit einen entscheidenden Einfluss auf den Gesamtstrombedarf eines Gebäudes. Anders als beim Wärmebedarf sind Effizienzpotenziale nicht in spezifischen Ausführungsstandards festgeschrieben, die sich untereinander auf Quartiersebene vergleichen ließen. Wenn gleich sämtliche elektrische Verbraucher europaweiten Effizienzkriterien unterliegen, ist die Nutzung und damit der Stromverbrauch völlig individuell. Das Ziel einer Energieeffizienzsteigerung kann daher bei der Ermittlung des Strombedarfes auf Quartiersebenen nicht hinreichend abgebildet werden. Der Strombedarf für die Anwendungen „Licht & Kraft“ – also für Haushaltsstrom – summiert sich für die angesetzte Anzahl an Personen auf ca. 560 MWh/a.

Darüber hinaus ist mit einem stark ansteigenden Strombedarf für das Laden von Elektrofahrzeugen zu rechnen. Hier ist die Prognose der Bedarfsentwicklung wesentlich schwieriger, da auf keine belastbaren Erfahrungswerte zurückgegriffen werden kann. Nachfolgende Tabelle gibt einen ersten Überblick über die Kennwerte zur E-Mobilität im Quartier.

Gebäudetyp	Anzahl E-Fahrzeuge [ - ]	Anzahl Ladepunkte [ - ]	Strombedarf [kWh/a]
EFH	1	1	3.038
DHH	1	1	3.038
MFH	6	2	18.232
Summe	201	165	610.785

Tabelle 3 Kennwerte E-Mobilität

Es wird vereinfacht davon ausgegangen, dass mittelfristig jede Wohneinheit ein Elektro-Fahrzeug besitzt. Wird jedem E-Fahrzeug eine durchschnittliche Fahrstrecke von ca. 29 km/Tag zugrunde gelegt (Mittelwert aus Studie „Mobilität in Deutschland“ des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (2021)) und ein spez. Energiebedarf von ca. 19 kWh/100 km hinzugerechnet, so beläuft sich

der Strombedarf der E-Mobilität auf ca. 909 MWh/a. Dies ist die bereitzustellende Energie, insofern die Fahrzeuge ausschließlich im Quartier beladen werden. Werden nur drei Viertel der Ladevorgänge im Quartier getätigt und ein Viertel auswärts, im Sinne einer Beladung der Fahrzeuge außerhalb des Quartiers (Arbeitsstelle, öffentliche Ladepunkte etc.), so verringert sich der Bedarf an Ladestrom auf ca. 681 MWh/a. In Summe erhöht sich der Strombedarf demnach auf rund 1.223 MWh/a bei einer Ladenutzung von 75 % (25 % der Ladungen auswärts) im Quartier. Das nachstehende Diagramm verdeutlicht noch einmal den deutlichen Einfluss der E-Mobilität auf den Gesamtstrombedarf im Quartier.

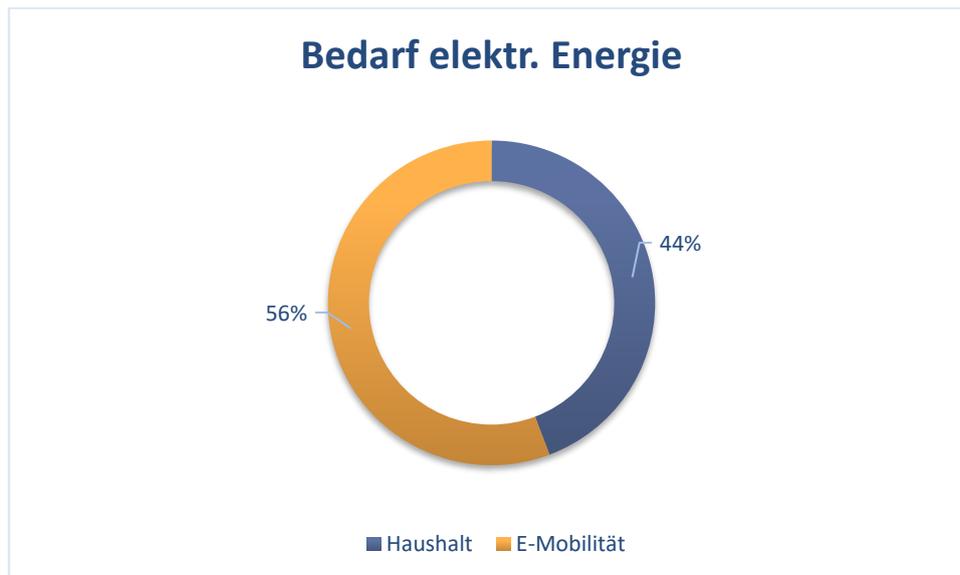


Abbildung 3 Verteilung elektrische Energie bei 75% der Ladungen im Quartier

Die benötigte Ladeleistung der E-Mobilität nimmt einen besonderen Stellenwert in der Bereitstellung von elektrischer Leistung ein. Unter der Annahme, dass jedes EFH, jedes RHH und jede DHH mindestens einen Stellplatz aufweist und mit einem Ladepunkt ausgestattet werden kann, beläuft sich die Anzahl an Ladepunkten auf den privaten Grundstücken auf 81. Wird in einem MFH jede dritte Wohnung mit einem Ladepunkt hinzugerechnet, erhöht sich die Anzahl auf insgesamt 124 im gesamten Quartier. Wird nun jedem Ladepunkt eine Ladeleistung von 11 kW zugeschrieben, ergibt dies eine maximale Gesamtleistung von 1.364 kW. Demnach ist ein Last- und Lademanagement zur Glättung von Lastspitzen und Umverteilung von Bedarfen essenziell. Mit dem Anschluss einer steigenden Anzahl an Ladepunkten sinkt die Gleichzeitigkeit, also die Häufigkeit einer gleichzeitigen Ladung von Fahrzeugen. Auf Basis einer Untersuchung des Bordersteps Instituts mit dem Titel „Elektromobilität in Stadtquartieren. Abschätzung von Flexibilitätspotentialen mit intelligenter Ladeinfrastruktur in einem Beispielquartier“ aus dem Jahr 2019 kann bei ca. 160 Ladepunkten im Quartier ein Gleichzeitigkeitsfaktor von ca. 0,23 angesetzt werden. Demnach wird die Last so verteilt, dass nur ca. 20 % der angesetzten Leistung zum gleichen Zeitpunkt benötigt wird, wodurch sich der tatsächliche Leistungsbedarf auf ca. 273 kW reduziert.

## 3 Versorgungsoptionen

### 3.1 Begriffserläuterungen in der Wärmeverteilung und Erzeugung

#### Kalte Nahwärme

Ein kaltes Nahwärmenetz wird aufgrund der geringen Netztemperatur ( $< 10\text{ °C}$ ) als kalt bezeichnet. Der Vorteil dieses Netztyps sind die ausbleibenden Netzverluste, da sich die Temperatur des Mediums im Netz nahezu auf dem gleichen Niveau wie dem Erdreich befindet und dadurch kein thermischer Übergang an das Erdreich erfolgt. Häufig wird das Netz der kalten Nahwärme mit einer Sole gespeist, welche sich aus Wasser, Salz und einem Frostschutzmittel zusammensetzt. Ein zusätzlicher Nutzen der kalten Nahwärme besteht darin, dass das Netz günstiger ausfällt, da keine Dämmung der Rohrleitungen notwendig ist und eine passive Kühlung der Gebäude über eine Umkehrung des Wärmepumpenprozesses stattfinden kann.

#### Nahwärmenetz

Das Temperaturniveau in einem Nahwärmenetz liegt typischerweise bei  $>70\text{ °C}$  und wird in Kombination mit Aggregaten hoher Vorlauftemperaturen verwendet (z. B. BHKW oder Holzkessel). In Neubaugebieten, welche Gebäude mit hohen Energieeffizienzstandards aufweisen, ist eine Temperatur von  $>70\text{ °C}$  oftmals nicht mehr notwendig. Flächenheizsysteme sind für geringere Temperaturen ausgelegt. Zusätzlich bietet die Netzdimensionierung auf Basis einer geringeren Temperatur eine Technologieoffenheit für die Zukunft. Entsprechend wird das Nahwärmenetz hierbei auf eine Temperatur von  $< 50\text{ °C}$  ausgelegt. Man spricht dabei auch von einem Low-Ex-Netz.

#### Gaskessel

Gaskesselanlagen nutzen einen gasförmigen Energieträger in Form von Erdgas, Biomethan oder zukünftig auch erneuerbare Gase zur Wärmeerzeugung. Der Wirkungsgrad eines Gaskessels beläuft sich auf  $>90\%$ . Bei einer dezentralen (im eigenen Hauskeller) oder zentralen (in einer Heizzentrale) Installation ist der Gaskessel als sehr platzsparend und vergleichsweise kostengünstig einzustufen. Versorgt wird der Gaskessel zumeist über das örtliche Erdgasnetz.

#### Blockheizkraftwerk (BHKW)

BHKW's arbeiten nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsprinzip d. h., dass sowohl Wärme als auch mechanische Energie durch den Einsatz eines flüssigen oder gasförmigen Brennstoffes erzeugt wird. Das Herzstück des BHKW's bildet ein Kolbenmotor oder eine Gasturbine. Über die verbrennungsbedingte mechanische Drehbewegung wird mithilfe eines Generators elektrische Energie erzeugt und die dabei entstehende thermische Energie (Abwärme) wird über einen Wärmetauscher an den Heizkreislauf weitergegeben. BHKW's können sowohl zur zentralen als auch zur dezentralen Wärmeerzeugung genutzt werden.

#### Holzfeuerung

Holzfeuerungen können verschiedene Varianten des Brennstoffes Holz zur Wärmeerzeugung nutzen. Am weitverbreitetsten sind Pelletkessel oder Holzhackschnitzelanlagen. Im Gegensatz zu gasförmigen Brennstoffen, welche leitungsgebunden zur Anlage transportiert werden können, ist für Holz ein Bevorratungslager notwendig. Hinzu kommen weitere technische Einrichtungen wie z. B. eine

automatische Beschickung des Kessels und eine Abgasreinigung, wodurch der Platzbedarf wesentlich größer ausfällt.

### Wärmepumpe

Wärmepumpen (WP) nutzen Umgebungswärme und elektrische Energie, um die Temperatur des zu nutzenden Mediums von einem niedrigeren Niveau auf ein höheres Niveau anzuheben. Die Wärmepumpe nutzt Umweltenergie, die in der Luft, im Grundwasser oder im Erdreich gespeichert ist. Diese Umweltenergie wird von der Wärmepumpe aufgenommen und an ein schnell siedendes Kältemittel in der WP übergeben. Das danach dampfförmige Kältemittel wird über einen Verdichter komprimiert, sodass die Temperatur des Kältemittels steigt und über einen Wärmetauscher zur Warmwasserbereitung oder zum Heizen an den Verbraucher übergeben wird. Wie effizient eine WP ist, hängt wesentlich vom benötigten Temperaturniveau ab. Mit steigender Vorlauftemperatur steigt der Stromeinsatz für die WP bzw. für den Verdichter. Wärmepumpen sind in der Lage, bei einem moderaten Temperaturniveau ein Vielfaches der eingesetzten Energie in Wärmeenergie umzuwandeln. Beim Betrieb fallen keinen direkten Emissionen an, da keine Verbrennung stattfindet. Wärmepumpen sind sehr platzsparend und können daher zur dezentralen als auch zentralen Wärmebereitstellung genutzt werden. Die Erschließung geothermischer Energiequellen ist hingegen verhältnismäßig flächen- und kostenintensiv.

### Solarthermie

Solarthermischen Anlagen (STA) nutzen die thermische Energie der Sonne zur Erzeugung von Wärme. STA sind in verschiedenen Ausführungen vertreten, unter denen Flachkollektoren und Vakuumröhrenkollektoren weit verbreitet sind. Beide Arten nehmen die thermische Energie der Sonne über einen Absorber, in dem eine Trägerflüssigkeit zirkuliert, auf. Die erwärmte Flüssigkeit wird über einen Wärmetauscher an den Wasserkreislauf z. B. des Hauses oder eines Nahwärmenetzes zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung weitergegeben. Solarthermische Anlagen benötigen keinen Brennstoff oder direkte elektrische Energie, jedoch sind sie stark von den Einstrahlungsverhältnissen und somit vom Standort und der Jahreszeit abhängig.

## 3.2 Techniken in der Wärmeerzeugung

Die folgende Matrix gibt zunächst einen Überblick über mögliche Techniken der Wärmeerzeugung mit den Einsatzbereichen (zentral/dezentral) sowie ihren Vor- und Nachteilen. Die Eignung für das Neubaugebiet ist unterschiedlich einzuschätzen. Die Auswahl angepasster Lösungen wird im weiteren Verlauf des Konzeptes eingehender behandelt.

Wärmeerzeugung durch	Einsatzbereich	Vorteile	Nachteile
Holzackschnitzel	zentrale Versorgung	niedrige Brennstoffkosten; keine Kopplung an den Ölpreis; regionale Verfügbarkeit der Brennstoffe; niedrige CO <sub>2</sub> Emissionen; Grund- und Spitzenlastfähig	aufwändige Anlagentechnik; hoher Betriebsaufwand; hoher Platzbedarf für Kessel und Brennstofflager; hohes Transportaufkommen v. a. in kalten Wintermonaten

Wärmeerzeugung durch	Einsatzbereich	Vorteile	Nachteile
Holzpellet	zentrale und dezentrale Versorgung	mäßige Brennstoffkosten; keine Kopplung an den Ölpreis; (über-)regionale Verfügbarkeit; hoher Automatisierungsgrad; geringerer Betriebsaufwand mäßiger Platzbedarf; geringe CO <sub>2</sub> Emissionen; Grund- und Spitzenlastfähig	aufwändige Anlagentechnik; mäßiger Platzbedarf für Kessel und Brennstofflager; mittleres Transportaufkommen
KWK mit fossilem Erdgas	zentrale Versorgung	hohe Effizienz; niedrige CO <sub>2</sub> Emissionen bei einer Stromgutschrift gegen den fossilen BRD-Mix (GEG 2020); geringer/mittlerer Platzbedarf	Abhängigkeit von Energie Importen und Brennstoffpreisen; BHKW nur für die Grundlast, Spitzenlast über Gaskessel; Wartungsaufwand; steigende CO <sub>2</sub> -Kosten
KWK mit Biomethan (virtuelles Biogas, stofflich Erdgas)	zentrale Versorgung	Stromvergütung gem. KWK-G oder EEG (Stand 2021) je nach Qualität und Leistungsklasse; hohe Effizienz; geringere CO <sub>2</sub> Emissionen ggü. Erdgas; geringer/mittlerer Platzbedarf	mittlere CO <sub>2</sub> -Äquivalent Emissionen (Methan + Lachgas fallen bei der Erzeugung an); BHKW nur für die Grundlast, Spitzenlast über Gaskessel; Wartungsaufwand
Luft/Wasser Wärmepumpe	dezentrale Versorgung	geringer Betriebsaufwand; mäßiger Platzbedarf geringe; CO <sub>2</sub> Emissionen; Grund und Spitzenlast; Gute Kombinierbarkeit mit PV	Temperaturniveau der Wärmeabgabe <50 °C, besser <40 °C; Je nach Dämmstandard Geräuschemissionen
geothermische Wärmepumpe	zentrale/ dezentrale Versorgung	geringer Betriebsaufwand; mäßiger Platzbedarf (WP); geringe CO <sub>2</sub> Emissionen; Grund und Spitzenlast; Kühlung im Sommer möglich; Keine direkten Emissionen (Geräusche/ CO <sub>2</sub> /...)	Temperaturniveau der Wärmeabgabe <50 °C, besser <40 °C; flächen- & kostenintensive Quellenerschließung; geologische Eignung nicht immer gegeben
kalte Nahwärme: - Erdsonde - Erdkollektor	WP je Haus  zentrale Versorgung über ein kaltes Nahwärmenetz	wie geoth. WP; Nahwärmenetz ohne Isolierung; keine Netzverluste; Kühlung im Sommer möglich	Temperaturniveau der Wärmeabgabe <50 °C, besser <40 °C; flächen- & kostenintensive Quellenerschließung; geologische Eignung nicht immer gegeben
Solarthermie	zentrale/ dezentrale Versorgung	minimale CO <sub>2</sub> Emissionen; gute Kombinierbarkeit mit anderen Energie Quellen; geringer Betriebsaufwand	vorwiegend für Warmwasser und zur Heizungsunterstützung
Erdgaskessel	zentrale/ dezentrale Versorgung	geringer Platzbedarf gute Kombinierbarkeit	hohe CO <sub>2</sub> Emissionen fossiler Energieträger; Abhängigkeit von Energie-Importen; steigende CO <sub>2</sub> Kosten

Tabelle 4 Übersicht der Versorgungsoptionen

Theoretisch ist es möglich, die Wärme für jedes Gebäude dezentral durch eine der Versorgungstechniken bereitzustellen. Jedoch blieben bei einer dezentralen Wärmeversorgung (sowohl ökologische wie auch wirtschaftliche) Effizienzpotenziale ungenutzt, die eine zentrale Nahwärmeversorgung ausschöpfen kann. Sollte die Wahl z. B. auf den Energieträger Holz fallen, ergibt sich bei einer zentralen Versorgung der Vorteil, dass die Brennstofflagerung und -anlieferung bei einer Heizzentrale logistisch leichter zu handhaben ist als bei einer dezentralen Versorgung. Auch die Vorgaben bezüglich des Lärm- und Emissionsschutzes lassen sich mit einer zentralen Versorgung leichter einhalten. Da das gesamte Gebiet neu errichtet wird, können Nahwärmeleitungen zur Verteilung der Wärmeenergie im Vorhinein gut eingeplant werden.

Bei Errichtung eines Neubaugebietes bietet sich außerdem die Möglichkeit, Wärme auf einem niedrigen Temperaturniveau einzusetzen, um u. a. hohe Netzverluste zu vermeiden. Der spezifische Wärmebedarf ist durch den guten Effizienzstandard der Gebäudehülle (KfW 40) ausreichend gering und auch das Verteilsystem und die Wärmeübergabe in den Gebäuden können durch eine Installation von Flächenheizungen optimal auf das niedrige Temperaturniveau ausgelegt werden.

## 4 Potenzialanalyse

Eine THG-neutrale Energieversorgung ist ein wesentlicher Baustein für die Entwicklung eines nachhaltigen und klimaneutralen Wohnquartiers. Im Mittelpunkt stehen dabei lokal und regional verfügbare erneuerbare Energiequellen. Allen voran ist dabei die Solarenergie zu nennen, die in Form von Photovoltaikanlagen und/oder als Solarthermieanlagen verpflichtend in die Energieversorgung des Quartiers eingebunden werden sollte. Die Potenziale entstehen dabei im Wesentlichen durch Dach- und Fassadenflächen der zu errichtenden Gebäude. Hier ist eine größtmögliche Flächenausnutzung anzustreben. Die Photovoltaik ist dabei der zentrale Baustein für eine klimaneutrale Stromversorgung, da diese hinsichtlich ihrer vergleichsweise niedrigen Investitionskosten je kWp und der einfachen Umsetzung einen bedeutenden Vorteil gegenüber bspw. Kleinwindanlagen bietet.

Mit Blick auf die Wärmeversorgung wurden folgende Potenziale untersucht:

- Solare Potenziale zur dezentralen Versorgung (Photovoltaik und Solarthermie) sind vorhanden und wurden nachfolgend genauer untersucht.
- Abwärmepotenziale aus Industrie- oder Kläranlagen konnten in der Umgebung des Baugebiets identifiziert werden, wurden jedoch in Abstimmung mit dem Auftraggeber nicht weiter betrachtet.
- Geothermische Potenziale im Quartier oder in direkter Nachbarschaft sind vorhanden. Erftverband bittet darum, die Entwässerungsflächen nicht zu nutzen. Vorhandene Freiflächen sind sonst nutzbar für Erdwärmesonden (100 m oder 200m Bohrtiefe).
- Fließgewässer weisen am Standort kein ausreichendes Potenzial auf.
- Eine potenzielle Anbindung des Baugebiets an das Erdgasnetz wird lt. Stadt Rommerskirchen vsl. nicht erfolgen.
- Biogasproduzenten sind in der Umgebung vorhanden, sodass ein Potenzial ermittelt werden konnte. Dies wird aufgrund der großen Distanzen allerdings nicht weiter betrachtet.
- Bergbauliche Grubenwasser- oder Grubengasförderungen sind in der Region nicht vorzufinden.
- Produktionsstandorte für Wasserstoff sind in der näheren Umgebung nicht zu finden.

Bedeutende Potenziale hinsichtlich der Wärme- und Stromversorgung werden in den nachfolgenden Kapiteln näher untersucht und erläutert.

### 4.1 Solare Potenziale

Auf Grundlage des städtebaulichen Entwurfes können die für eine solare Nutzung zur Verfügung stehenden Dachflächen ermittelt werden. Für die Gebäude im Baugebiet stehen die Dachtypen Sattel- und Flachdach zur Verfügung. In der folgenden Betrachtung wird zwischen solaren Potenzialen einer Photovoltaikanlage zur Stromerzeugung und einer Solarthermieanlage zur Warmwasserbereitung unterschieden.

#### Photovoltaik

Die Gewinnung solarer Energie zur Eigenstromversorgung und die damit verbundene Unabhängigkeit von schwankenden Strompreisen gewinnt immer mehr an Bedeutung. So wird auch für das Quartier „Giller Höfe“ eine vollständige bilanzielle Bedarfsdeckung untersucht.

Einen besonderen Einfluss auf den Ertrag einer PV-Anlage nehmen die Ausrichtung der PV-Module und die Ausrichtung des Daches selbst. Im stdb. Entwurf sind den Gebäuden die Dachtypen Satteldach und Flachdach zugeordnet, sodass über den Dachfirst eine potenzielle Ausrichtung des Daches ersichtlich wird. Eine Süd-Ausrichtung stellt den optimalen Fall hinsichtlich des Ertrags einer PV-Anlage dar, da so die meiste Energie der Sonne aufgefangen und transformiert werden kann. Eine Ost-West-Ausrichtung hingegen senkt den Wirkungsgrad der Module, führt aber zeitgleich zu einem höheren Nutzungsgrad der Anlage. Dies hängt damit zusammen, dass in den Morgen- und Abendstunden durch einen verbesserten Winkel zur Sonne (Einstrahlungswinkel) mehr Energie erzeugt und durch den Bedarf des Wohngebäudes direkt verbraucht werden kann. Die nachstehende Abbildung zeigt den Einfluss der Ausrichtung auf den Ertrag der PV-Anlage.

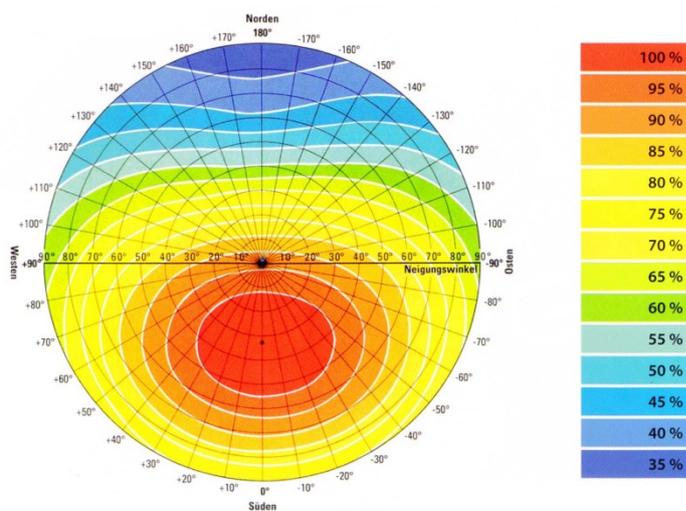


Abbildung 4 Solerer Ertrag in Abhängigkeit der Anlagenausrichtung (Quelle: Verbund AG)

Über die Simulationssoftware PV-SOL wurde für den Standort Rommerskirchen der spezifische Ertrag einer PV-Anlage ermittelt. Dabei wurden die Module je nach Ausrichtung des Gebäudes in Süd-Richtung oder in Ost-West-Richtung ausgerichtet. Für PV-Module in Süd-Ausrichtung ergibt sich ein spezifischer Ertrag von ca. 1100 kWh/kW<sub>p</sub> und in Ost-West-Ausrichtung von ca. 937 kWh/kW<sub>p</sub>.

Gebäudetyp	Grundfläche [m <sup>2</sup> ]	Ausrichtung [-]	Dachfläche [m <sup>2</sup> ]	PV-Fläche [m <sup>2</sup> ]
EFH Süd	108	Süd	124,7	81,1
EFH O/W	108	Ost/West	81	52,7
DHH Süd	96	Süd	55,4	36
DHH O/W	257	Ost/West	110,9	72,1
RHH Süd	84	Süd	48,5	31,5
RHH O/W	84	Ost/West	63	41
MFH O/W*	326	Ost/West	239,6	155,8

\*Mittelwert für MFH

Tabelle 5 Flächenverfügbarkeit Gebäudetypen

Für die Simulation wurden die Dachneigungen für alle Satteldächer auf 30° und die der Flachdächer auf 0° festgesetzt. Über einen Dachnutzungsgrad von 65 % ergibt sich ein plausibles und technisches umsetzbares PV-Flächenpotenzial. Die kumulierte potenziell nutzbare Dachfläche für das Baugebiet beträgt demnach rund 6.750 m<sup>2</sup> bei eine Gesamtdachfläche von 10.386 m<sup>2</sup>.



Zur Abschätzung der installierbaren Leistung und des solaren Ertrags wurde den Simulationen ein 400 Wp PV-Modul zugrunde gelegt. In der groben Auslegung der einzelnen Dachflächen wurden folgende gerundete Kennwerte je Gebäudetyp ermittelt:

Gebäudetyp	Installierbare PV-Leistung [kWp]	Pot. Ertrag [kWh/a]
EFH O/W	15	14.055
RHH Süd	6	5.622
RHH O/W	8	7.496
DHH Süd	10	9.370
DHH O/W	12	11.244
MFH O/W	26	24.362

Tabelle 6 Gerundete PV-Kennwerte

In Summe beträgt die gesamte potenziell installierbare Leistung ca. 1.255 kWp. Unter Hinzunahme der spezifischen Erträge je kWp (kWh/kWp) ergibt sich ein bilanzielles und solares Potenzial von ca. 1.177 MWh/a. Der gemittelte spez. Ertrag je kWp installierter Leistung beläuft sich auf 938 kWh/kWp. Wird der Bedarf für Haushaltsstrom (560 MWh) und E-Mobilität (682 MWh) hinzugezogen, ergäbe sich ein bilanzieller Deckungsgrad von ca. 94,7 %.

### Solarthermie

Eine solarthermische Anlage absorbiert einen Großteil der Strahlungsenergie der Sonne und kann über einen Wärmetauscher Warmwasser für den Haushalt zur Verfügung stellen und an kälteren Tagen als Heizungsunterstützung dienen. Wie auch die Photovoltaik ist die Solarthermie stark von den Einstrahlungsverhältnissen der Sonne und somit von der Jahreszeit abhängig. Für die Beschreibung des Potenzials wird eine vollständige Deckung des Warmwasserbedarfs in den Sommermonaten Juni bis August angestrebt. Eine Bedarfsdeckung des Warmwassers in den Wintermonaten würde aufgrund der schlechten Einstrahlungsverhältnisse zu einer Überdimensionierung des Kollektors und ggf. zu einer Verdrängung anderer Energieerzeuger führen.

Solarthermieanlagen gibt es in den verschiedensten Ausführungen. Am weitverbreitetsten sind Flach- und Vakuumröhrenkollektoren (VRK), die sich nur rein optisch und in ihrem Wirkungsgrad unterscheiden. Flachkollektoren ähneln stark einem PV-Modul und weisen einen Wirkungsgrad von ca. 45 % auf. Bei einem VRK sind mehrere Kollektorrohre, in denen sog. Absorber zur Aufnahme der solaren Energie verbaut sind, nebeneinander angeordnet. Aufgrund einer verbesserten Isolierung (Vakuum) liegt hier der Wirkungsgrad in Abhängigkeit der Temperaturen (Außen- und Betriebstemperatur) bei ca. 55 %. Durch die verbesserte Flächenausnutzung wird der VRK zur Einschätzung des solarthermischen Potenzials genutzt.

Von einer zentralen Solarthermieanlage wird aufgrund der geringen Freiflächen im stdb. Entwurf und den sich daraus ergebenden Restriktionen im öffentlichen Raum abgesehen. Demnach ist die Solarthermie (ST) dezentral auf den Dachflächen für eine dezentrale Versorgung auszulegen. Die Größe einer Anlage beschränkt sich auf den jeweiligen Bedarf des Gebäudes. Eine bedarfs- und kostenoptimierte Lösung wird bei einem Deckungsgrad von ca. 60 %, bezogen auf den Warmwasseranteil, erreicht. Eine derartige Dimensionierung der Anlage führt dazu, dass der Warmwasseranteil in den Sommermonaten, der in der Regel dann keine Heizenergie beinhaltet, vollständig gedeckt werden kann. Wird der Deckungsgrad weiter erhöht, so werden größere Kollektorflächen benötigt, welche in den Sommermonaten zu höheren Verlusten und demnach zu einem niedrigeren Nutzungsgrad führen. Letztlich wird die Anlage teurer und ineffizienter.

Die Auslegungskriterien der Solarthermieanlagen im Quartier werden verallgemeinert angesetzt: Die Ausrichtung der Module bezieht sich auf eine Süd-Ost /Süd-West Ausrichtung mit einem Kollektorneigungswinkel von ca. 40°. Die Modulgröße bzw. die Absorberfläche richtet sich nach dem Warmwasserbedarf des Gebäudes. Für ein EFH beträgt dieser ca. 200 kWh/Monat. Über den spezifischen Wärmeertrag des VRK, der im Monat Mai/Juni die besten Ertragswerte von gut 72 kWh/m<sup>2</sup> aufweist, bestimmt sich die benötigte Fläche aus der Division von Bedarf und Ertrag. Für das Einfamilienhaus mit einem Bedarf von 200 kWh/Monat kann demnach über eine Absorberfläche von ca. 2,8 m<sup>2</sup> der Warmwasserbedarf nahezu vollständig bilanziell in den Sommermonaten gedeckt werden. Da ein ST-Modul je nach Modell eine festgesetzte Absorberfläche aufweist, wird die benötigte Anzahl an ST-Modulen über die Division von benötigter Absorberfläche und Absorberfläche des Moduls (1,51 m<sup>2</sup>/Modul) berechnet. Das Ergebnis wird ggf. auf die nächste ganze Stelle bzw. das nächste ganze Modul aufgerundet. Nachfolgende Abbildung zeigt den solaren Ertrag einer ST-Anlage mit 3 m<sup>2</sup> Absorberfläche und den TWW-Bedarf eines EFH im Jahresverlauf.

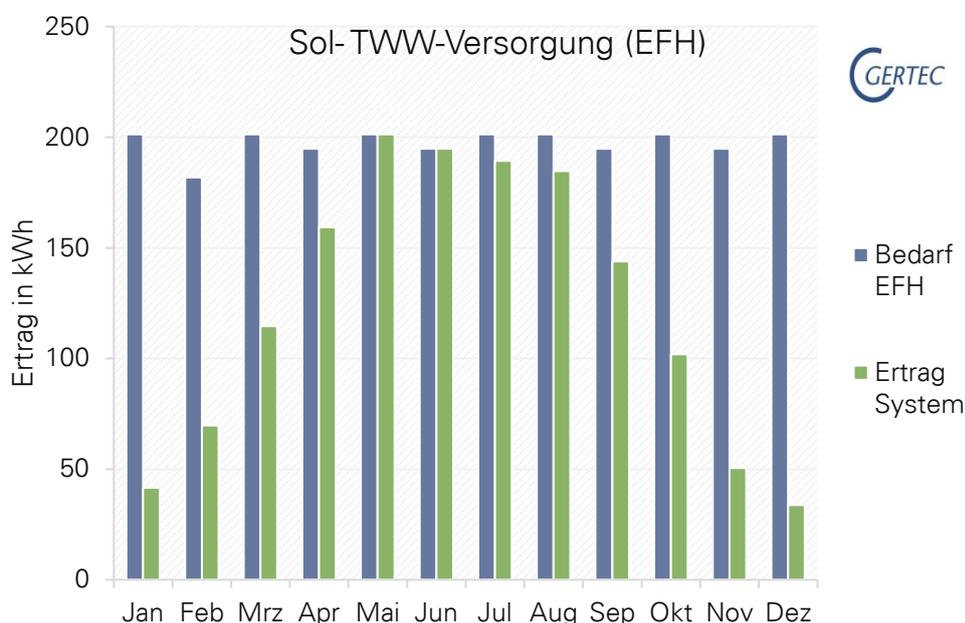


Abbildung 5 Solarer Deckungsgrad am Beispiel EFH

Die Abbildung zeigt, dass die ST v. a. in den Wintermonaten nur einen Bruchteil des Warmwasserbedarfs decken kann, jedoch die Sommermonate Mai bis August teils vollständig solarthermisch versorgt werden können. Eine Vollversorgung in den Sommermonaten ermöglicht die Abschaltung des dezentralen Wärmeerzeugers in den jeweiligen Gebäuden bzw. der zentralen Wärmeerzeuger in einer Heizzentrale, wodurch das Nahwärmenetz im Quartier ebenfalls außer Betrieb genommen werden kann. Wird auf jedem Gebäude im Baugebiet eine ST-Anlage errichtet, die den sommerlichen TWW-Bedarf decken kann, so ergibt sich ein bilanzieller solarer Wärmertrag von ca. 120 MWh. Dies entspricht unter Hinzunahme des TWW-Bedarfs im Quartier (345 MWh) einem Deckungsgrad von gut 35 %.

### Fazit Solare Potenziale

Der städtebauliche Entwurf weist ein ausreichendes PV-Flächenpotenzial zur bilanziellen Deckung des Strombedarfs für Haushalt und E-Mobilität auf. So kann mit einem PV-Ertrag von ca. 1.177 MWh/a, der Bedarf von 1.242 MWh/a bilanziell fast vollständig gedeckt werden. Über eine ausreichend große Dimensionierung der Solarthermie für die Sommermonate ist in den Monaten Mai bis Juli (und teils August) eine eigenständige und unabhängige Warmwasserversorgung zu erreichen. Bilanziell beläuft sich

die solare Deckung des Warmwasserbedarfs auf ca. 35 %. Eine Aufstellung der einzelnen Dachflächen inkl. der Anzahl an Modulen, Leistung und theoretischem Ertrag sind dem Anhang beigefügt.

Eine mögliche Flächenkonkurrenz zwischen der Photovoltaik und der Solarthermie kann weder bestätigt noch widerlegt werden. Insofern ein Gebäude ohnehin über eine Wärmepumpe mit Wärme (Heiz- und TWW-Wärme) versorgt wird, ist es sinnvoll die freie Fläche des Daches im höchsten Maße mit PV auszustatten, da die Wärmepumpe über einen geringen Anteil an Strom das Drei- bis Vierfache an Wärme erzeugen kann (je nach Temperaturniveau). Ist in dem Gebäude keine Wärmepumpe installiert so empfiehlt es sich Wärme solarthermisch und dahingehend CO<sub>2</sub>-neutral zu erzeugen.

Die Solarthermie wird im Variantenvergleich bewusst nicht miteinbezogen, da der/die jeweilige Investor\*in nach eigenem Ermessen über die Investition in eine Solarthermieanlage entscheiden kann. Da zudem in jeder Vergleichsvariante die Erträge der ST angerechnet werden würden, findet keine Abgrenzung mehr unter den Varianten statt.

## 4.2 Geothermische Potenziale

Die Geothermie ist eine kostenlos zur Verfügung stehende Energiequelle, die in Form von Wärmeenergie in der Erdkruste gespeichert ist. Die Geothermie ist zu unterteilen in die oberflächennahe und tiefe Geothermie. Erstere beschreibt die Nutzung von Erdwärme aus bis zu 400 m Tiefe und wird im Folgenden betrachtet. Damit Wärme aus dem Erdreich für die Beheizung von Gebäuden nutzbar wird, ist eine Temperaturanhebung nötig. Dafür stehen Wärmepumpen zur Verfügung, die über den Carnot-Kreisprozess die Temperatur auf ein Niveau von 40-50 °C (teilw. auch darüber) anheben. Eine Wärmepumpe nutzt dabei die zugeführte Wärmeenergie aus dem Erdreich, welche die Eigenschaft hat, eine konstante Temperatur von ca. 10 °C in einer Tiefe von ca. 10 bis 20 m zu halten. Ein Gemisch aus Salz, Wasser und Frostschutzmittel (Sole) entzieht dem Erdreich Wärmeenergie und überträgt diese an ein Kältemittel der Wärmepumpe. Die Wärmepumpe hebt mit Antriebsenergie in Form von elektrischer Energie das Temperaturniveau an. Der Einsatz an elektrischer Energie ist für diesen Prozess abhängig von der Effizienz der Wärmepumpe und dem benötigten Temperaturniveau. Als Kennwert für die Effizienz einer Wärmepumpe steht der „Coefficient of performance“ (COP), welcher das Verhältnis von zugeführter elektrischer Energie zu abgegebener Wärmeenergie angibt. Der COP schwankt mit der Grädigkeit der Soletemperatur aus dem Erdreich und der Vorlauftemperatur der Wärmepumpe. Der Wärmezug aus dem Erdreich kann auf verschiedene Arten geschehen.

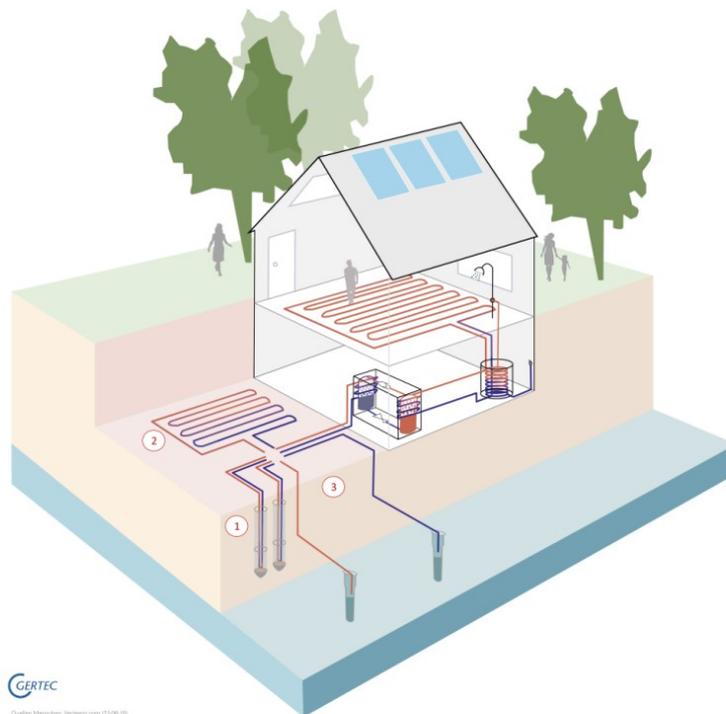


Abbildung 6 Geothermische Energiequellen

In der vorstehenden Grafik sind drei mögliche Arten dargestellt, wie Energie dem Erdreich entzogen werden kann. Dies kann mithilfe von Erdsonden (1) oder Erdwärmekollektoren (2) erfolgen sowie durch den Entzug von Energie aus dem Grundwasser über Brunnenanlagen (3). Für die drei dargestellten Entzugsarten wurden die rechtlichen Umsetzungswahrscheinlichkeiten geprüft. Ein Hindernis für die

Nutzung der Geothermie ist die Lage in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten. Die nachstehende Grafik zeigt, dass das Baugebiet eine gute Wärmeleitfähigkeit für den Einsatz von Erdsonden aufweist.

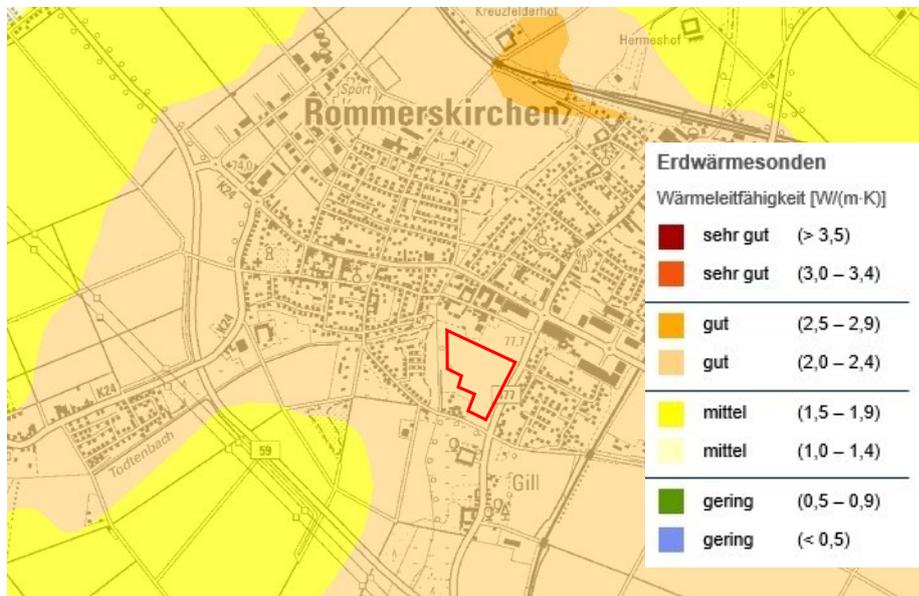


Abbildung 7 Wärmeleitfähigkeit in der Umgebung Rommerskirchen

Auf Nachfrage beim Geologischen Dienst kam es zu der Aussage, dass aus vorsorglichen Gründen des Grundwasserschutzes einem Erdsondenfeld unterhalb der Versickerungsanlage nicht zugestimmt werden kann. An anderer Stelle können aber Erdsonden in einer Tiefe bis 200 m realisiert werden. Des Weiteren weist der Geologische Dienst darauf hin, dass das Gebiet von Sumpfungsmaßnahmen beeinflusst wird und die zukünftig einstellenden Grundwasserverhältnisse in der Planung berücksichtigt werden sollten.

Außerdem ist bei Erdsondenbohrungen in dieser Größe zu beachten, dass ein Thermal-Response-Test durchzuführen ist.

### 4.3 Biogas

Bei der natürlichen Zersetzung von organischen Stoffen (Gülle, Bioabfall, Energiepflanzen...) unter Luftabschluss entsteht ein energiereiches Gasmisch, welches ohne Methanisierung als Biogas bezeichnet wird. Mit einem Energiegehalt von 5,0 bis 7,5 kWh/m<sup>3</sup> stellt Biogas eine ernst zu nehmende Alternative ggü. Erdgas dar und wird laut dem EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) als erneuerbare Energiequelle bezeichnet. Da sich das Baugebiet in einer landwirtschaftlich geprägten Region befindet, wurde die Verfügbarkeit von regionalem Biogas geprüft.

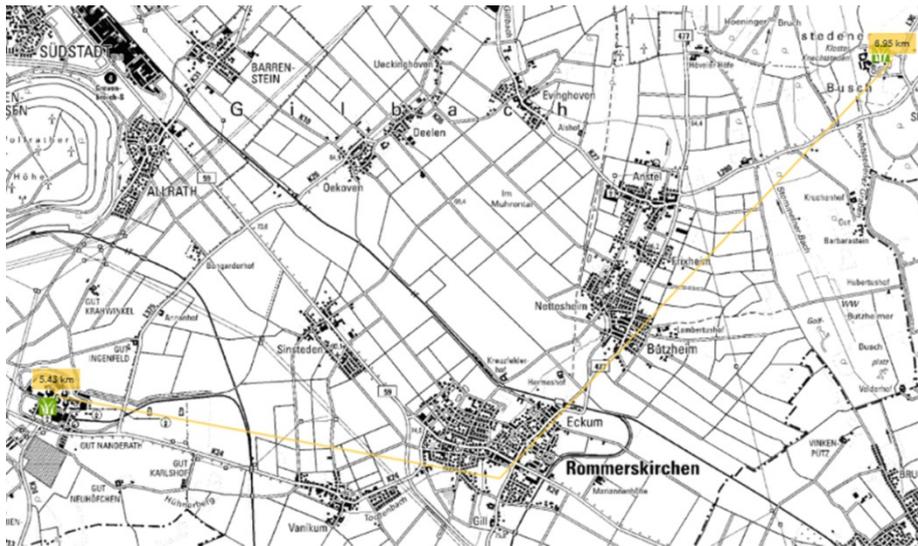


Abbildung 8 Biogasproduzenten in der Umgebung (Quelle: LANUV NRW)

Die Abbildung zeigt zwei Biogasproduzenten, die theoretisch in der näheren Umgebung Biogas produzieren und zur Strom- und/ oder Wärmeerzeugung nutzen. Aufgrund der großen Distanzen zu den Erzeugern werden diese allerdings nicht weiter in Betracht gezogen.

#### 4.4 Industrielle Abwärme

Nördlich des Baugebiets befinden sich mehrere industrielle Standorte, welche aufgrund von großen Produktionsstätten wahrscheinlich ein hohes Potenzial an industrieller Abwärme aufweisen.



Abbildung 9 Potenzielle Industriestandorte zur Nutzung von industrieller Abwärme

In Abstimmung mit der Stadt Rommerskirchen soll dieses Potenzial allerdings für die weitere Ausarbeitung des Konzeptes nicht betrachtet werden.

## 5 Bewertung und Vorauswahl

Für eine erste Bewertung werden die möglichen Versorgungsoptionen qualitativ verglichen. Hierzu werden jeder Option Punkte in den Bereichen Klimaschutz, Wirtschaftlichkeit, Bedienung und Zukunftsfähigkeit zugeordnet. Die Punkte im Bereich Klimaschutz basieren auf den spezifischen CO<sub>2</sub>-Äquivalenzemissionen der jeweiligen Technik sowie der Effizienz und des Transports. Die Punkteverteilungen zur Wirtschaftlichkeit basieren auf überschlägigen Investitions- und Brennstoffkosten sowie werden Aspekte wie Preisstabilität und Abhängigkeit miteinbezogen. Die Punkte zur Bedienbarkeit orientieren sich an den Angaben aus der VDI 2067 zur Bedienung der jeweiligen Wärmeerzeuger sowie Einschätzungen zum Platzbedarf und der Erschließung der Technik. Die Zukunftsfähigkeit orientiert sich an der Anpassungsmöglichkeit des Temperaturniveaus, der Preisstabilität und des Autarkiegrades.

Die Bewertung der Systeme stellt sich wie folgt dar, wobei 1 eine sehr gute und 6 eine sehr schlechte Bewertung ergibt:

Auswahl Versorgungsvarianten			Klimaschutz	Wirtschaftlichkeit	Bedienung/Akzeptanz	Zukunftsfähigkeit	Gesamt
			25%	25%	25%	25%	100%
<b>dezentrale Systeme</b>							
Luft WP	Umwelt/Strom	Lüfter/Kanal	2	3	2	1	2,0
geoth. WP	Umwelt/Strom	Erdsonden	1	2	2	1	1,5
Holzfeuerung	Pellet		2	3	4	3	3,0
Solarthermie	i.V.m.	VRK	1	3	2	1	1,8
<b>zentrale Systeme</b>							
BHKW+ Kessel	Erdgas		5	4	5	4	4,5
BHKW+ Kessel	Biomethan/-gas		3	3	6	3	3,8
Holzfeuerung	HHS/Pellet		2	3	4	3	3,0
geoth. WP	LowEx	Erdsonden	2	3	2	2	2,3
Abwärme WP	LowEx	Gewerbe	2	4	6	5	4,3
geoth. WP	kalte NW	Erdsonden	1	2	2	1	1,5
Aspekte der Bewertung			THG-Emissionen	Investitionskosten	Aufwand zur Bedienung	Technologieoffenheit	
			Effizienz	Verbrauchskosten	Platzbedarf	Mögl. zur Anpassung	
			Transport	Preisstabilität	Transport/Belieferung	Preisstabilität	
			sonst. Emissionen	Abhängigkeiten	Akzeptanz bei Bewohnern	Autarkiegrad	
			...	...	<b>Erschließen ...</b>	...	

Abbildung 10 Bewertung möglicher Versorgungsvarianten (Stand 07.03.2023)

Eine dezentrale Versorgung mit einem Gaskessel ist mit Blick auf die klimapolitischen Ziele der Stadt Rommerskirchen und der Bundesregierung nicht mehr zeitgemäß bzw. zulässig. Infolgedessen ist auch eine Förderung schon zum jetzigen Zeitpunkt für den späteren Eigentümer des Hauses nicht verfügbar. Eine dezentrale Holzfeuerung ebnet einerseits einen entscheidenden Weg hin zu einer CO<sub>2</sub>-armen Versorgung, hat aber im Gegenzug zu einer zentralen Versorgung konkrete Nachteile, wie ein erhöhtes Transport- und Emissionsaufkommen im Quartier und wird im Zuge dessen nicht in den Variantenvergleich mit einfließen.

Im Variantenvergleich sollen nach Absprache mit den Projektbeteiligten die folgenden vier Wärmeversorgungsvarianten sowohl aus ökologischer als auch ökonomischer Sicht miteinander verglichen werden. Als dezentrale Versorgungsvariante soll eine athermische Versorgungslösung in Form von Luft-Wasser-Wärmepumpen in den Vergleich einfließen. Als zentrale Versorgungsmöglichkeiten werden eine geothermische Wärmepumpenversorgung mit einem kalten Nahwärmenetz, eine Holzfeuerung mit dem Energieträger Holzpellets als Hochtemperatur- oder LowEx-Netz und eine geothermische Wärmepumpenversorgung mittels eines LowEx-Netzes betrachtet. Eine genaue Beschreibung und Erörterung der Varianten erfolgen im nachfolgenden Kapitel.

## 6 Beschreibung der Versorgungsvarianten

Auf Grundlage der vorangegangenen Ausführungen und projektbegleitenden Erörterungen werden in Abstimmung mit dem Auftraggeber die nachfolgenden Versorgungsvarianten näher untersucht und wie folgt zugeordnet:

- REF Var.: Luft-Wasser-Wärmepumpe zur dezentralen Versorgung der einzelnen Gebäude
- Var. 1: Geothermie-WP mit Erdsonden zur zentralen Versorgung über ein kaltes Nahwärmenetz (ca. 10° VL-Temperatur)
- Var. 2: Holzpelletfeuerung als LowEx oder Hochtemperaturversorgung (80° VL-Temperatur).
- Var. 3: Geothermie-WP mit Erdsonden als LowEx-Variante (50° VL-Temperatur).

Aufgrund der aktuellen politischen Entwicklungen ist davon auszugehen, dass auf jedem Dach im Baugebiet eine PV-Anlage installiert sein wird. Vor diesem Hintergrund ist eine Berücksichtigung der PV-Anlagen im Rahmen des Vergleichs der verschiedenen Wärmeversorgungsvarianten nicht zielführend. Einzig bei der Ausweisung der CO<sub>2</sub>-Emissionen kann und sollte die PV-Eigenstromerzeugung Berücksichtigung finden.

Im Folgenden werden die einzelnen Versorgungsvarianten bzgl. ihrer technischen Auslegung beschrieben.

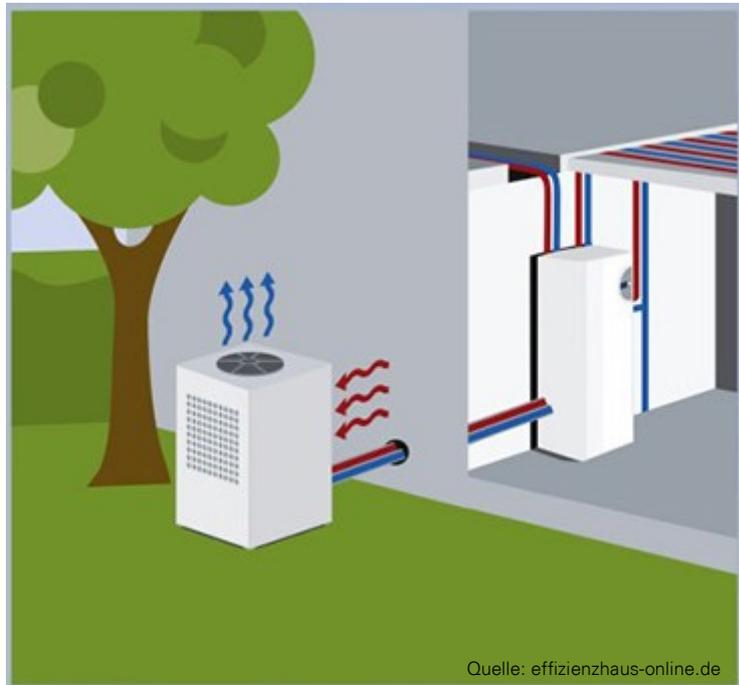
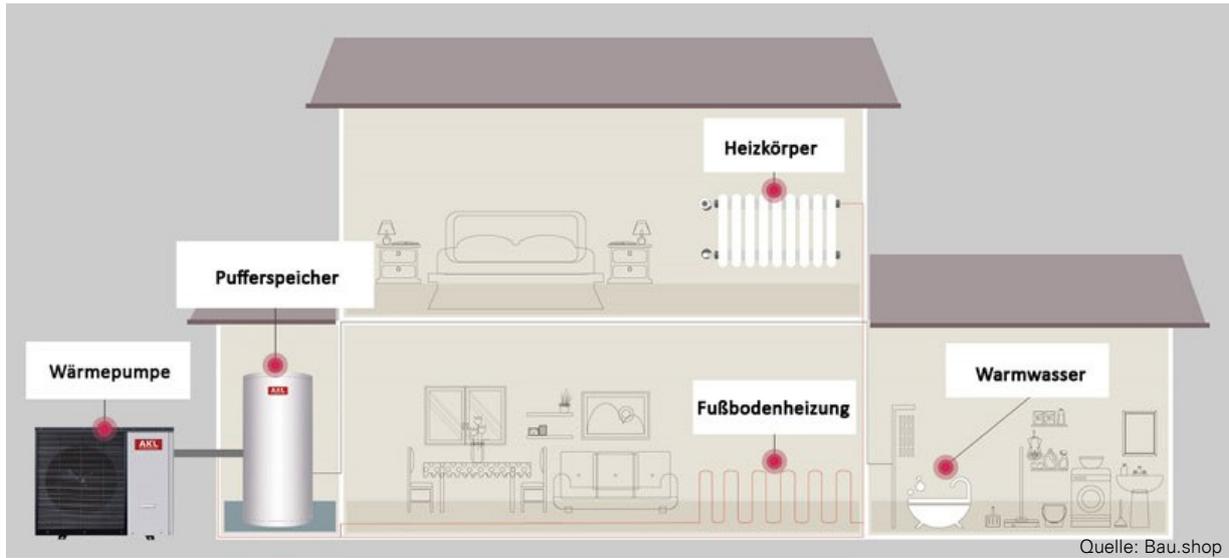
### REF Var.: Dezentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen

Um eine Orientierung im Vergleich mit den üblichen Systemen zu ermöglichen, wird im Folgenden das System Luft-Wasser Wärmepumpe als dezentrales Referenzsystem mitbetrachtet. Da jedes Gebäude einen eigenen Wärmeerzeuger erhält und die bereitzustellende Leistung abhängig von der Größe der Wohnfläche und Anzahl der wohnhaften Personen ist, variieren die Heizleistungen der Luft-Wasser Wärmepumpen. Nachfolgende Aufstellung soll Aufschluss über die theoretisch zu erwartenden Größen der Wärmeerzeuger geben. Dabei wurde die Heizlast der Gebäude auf die nächste ganze Zahl aufgerundet.

Gebäudetyp	Wärmepumpen-Leistung
EFH	7 kW
RHH	5 kW
DHH	6 kW
MFH	20 kW

Tabelle 7 Leistungen Luft-Wasser Wärmepumpen

Da eine Luft-Wasser-Wärmepumpe die Luft über einen Ventilator ansaugt und an den Wärmetauscher der Wärmepumpe weiterleitet, wird ein Split-Gerät im Außenbereich des Gebäudes oder eine Zuluftleitung ins Gebäude bzw. an den Standort des Aggregats benötigt. V.a. bei größeren MFH, die an kalten Tagen höhere Volumenströme zur Beheizung des Gebäudes benötigen, ist eine Innenaufstellung der Wärmepumpe empfehlenswert. So eine Aufstellung der Außergeräte in der Umgebung vermieden wird, welches sowohl aus optischen als auch aus Gründen der Lärmbelästigung, in Absprache mit der Stadt Rommerskirchen und den städtebaulichen Planern, vermieden werden soll.. Der erforderliche Strombedarf zur Wärmeerzeugung beläuft sich auf ca. 241 MWh/a, bei einer Leistung von 769 kW. Dabei wird von einer Jahresarbeitszahl von 3,5 und von ca. 1098 Vollbenutzungsstunden ausgegangen.



### Var. 1: Kalte Nahwärme mit Geothermie aus Erdsonden

Die erste Vergleichsvariante bildet eine **Wärmepumpenlösung** mit Geothermie-Nutzung in Form von Erdsonden, welche ein kaltes Nahwärmenetz versorgen. Der Wärmebedarf bei dieser Variante beläuft sich auf ca. 844 MWh/a. Daraus resultiert bei einer Jahresarbeitszahl von 4,0 ein Stromeinsatz von 211 MWh/a. Hinzu kommen noch etwa 21 MWh/a an Hilfsstrom.

Um die kalte Nahwärme im Quartier zu verteilen, wird ein Wärmenetz benötigt. Wie in [Kapitel 3.1](#) erläutert, beträgt die Vorlauftemperatur eines kalten Nahwärmenetzes ca. 10 °C. [Abbildung 13](#) zeigt ein beispielhaftes kaltes Nahwärmenetz in einem Wohngebiet.

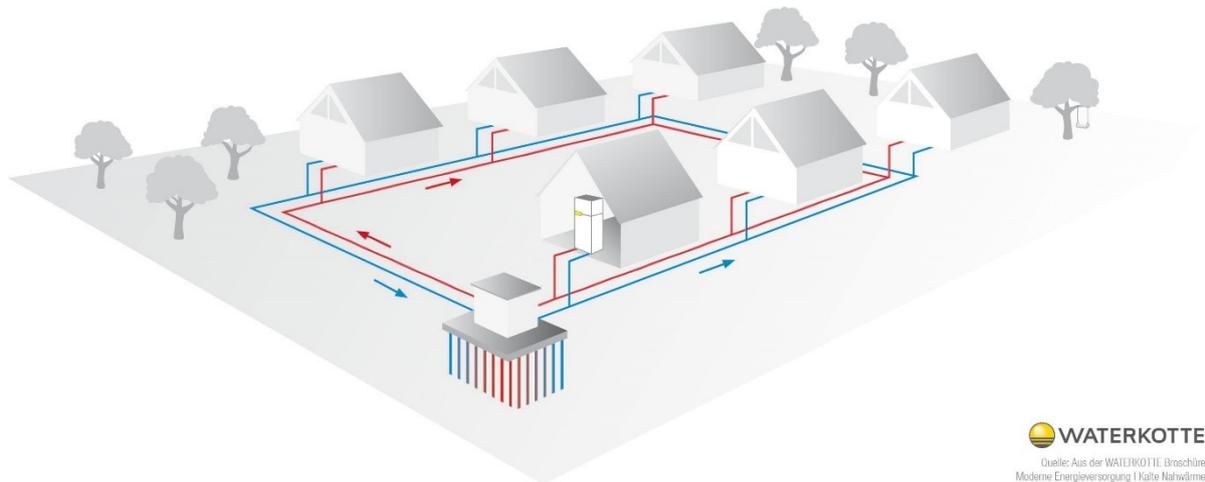


Abbildung 11 Beispielbild Kaltes Nahwärmenetz

Es ist zu erkennen, dass in den Häusern selbst je eine Wärmepumpe zu installieren ist, welche aus den 10 °C aus dem Nahwärmenetz die entsprechend benötigte Heiztemperatur erzeugt.

### Var. 2: Zentrale Holzpelletversorgung als LowEx oder HT-Versorgung (VL~80°C)

In der zweiten Vergleichsvariante wird die Wärmeversorgung durch eine zentrale Holzpelletlösung mit LowEx oder Hochtemperaturwärmenetz realisiert. Es wird wieder, wie auch schon in Variante 1 ein Wärmenetz benötigt. Zusätzlich dazu wird es eine Heizzentrale geben müssen, welche eine gute Anbindung hat, sodass die Pelletlieferungen bewerkstelligt werden können. Die Anbindung an die gut ausgebaute Bergheimer Straße ermöglicht die überregionale Lieferung von Brennstoffen

In [Abbildung 12](#) wurde eine mögliche Wärmeverteilung in den stdb. Entwurf eingetragen.



Abbildung 12 Wärmenetz und Anbindung Heizzentrale

Die kalkulierte Netzlänge beträgt ca. 1.850 m. Darin inbegriffen sind die Hauptleitungen, die Zuleitungen, welche in die einzelnen Sackgassen der Wohnbebauungen führen, und die Hausanschlussleitungen (HA), über die die Wärme an das Gebäude übergeben wird.

Um die verbrauchsorientierte thermische Leistung von ca. 769 kW bereitstellen zu können, sollten, um eine Redundanz zu gewährleisten, zwei Heizkessel verwendet werden. Dies müsste in einer detaillierten Planung präziser ausgeführt werden.

Die Vollbenutzungsstunden wurden mit ca. 1.192 h/a berechnet. Der Brennstoffeinsatz beträgt bei einem Heizwert von 4,9 etwa 938 MWh/a, was ein Lagervolumen von 16,4 m<sup>3</sup> bei einer Schüttdichte von 650 kg/m<sup>3</sup> und einer Pelletmenge von 295 m<sup>3</sup>/a entspricht. Die 295 m<sup>3</sup> müssen in mehreren Lieferungen kommen, sodass das Lagervolumen ausreicht und kein unnötig großes Lager bereitgestellt werden muss.

### Var. 3: Zentrale Geothermie aus Erdsonden als LowEx-Variante

Als dritte Versorgungsvariante ist ein LowEx-Wärmenetz mit geothermischer Nutzung aus Erdsonden angedacht. Der Wärmebedarf beträgt dabei ca. 922 MWh/a und liegt damit höher als bei den anderen Varianten, da Netzverluste von ca. 78 MWh/a berücksichtigt werden müssen. Die Leistung der zentralen Wärmepumpen sollte ca. 778 kW betragen. Die Vollbenutzungsdauer beträgt bei einer Jahresarbeitszahl

von 4,0 etwa 1.186 h/a. Dabei werden 259 MWh/a an Strom eingesetzt, wovon ca. 13 MWh/a an Hilfsenergie anfallen. In Abbildung 13 werden die potenziellen Erdsonden im Baugebiet abgebildet.



Abbildung 13 Mögliche Geothermie-Erdsonden-Verteilung

Die in rot eingekreisten Entwässerungsflächen stehen laut Erftverband leider nicht für zusätzliche Bohrungen zur Verfügung.

## 7 Variantenvergleich

Im Folgenden werden die drei beschriebenen Varianten in Bezug auf ihre ökologischen und ökonomischen Unterschiede miteinander verglichen. Zusätzlich wird noch eine Referenzvariante mit einer dezentralen Wärmepumpenversorgung einbezogen. Da den Varianten bestimmte Rahmenparameter zugrunde liegen, werden diese ebenfalls dargelegt.

### 7.1 Rahmenparameter

Für den ökologischen Vergleich wurden den Berechnungen verschiedene Kennwerte zugrunde gelegt. Für eine Darstellung der ökologischen Auswirkungen nach dem derzeitigen Stand werden die Angaben aus dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) Anlage 4 (inkl. § 22) und Anlage 9 gewählt. Die angesetzten Werte aus dem GEG (Stand 01.11.2020) stellen sich wie folgt dar:

Energieträger	CO <sub>2</sub> -Äquivalenzfaktor (CO <sub>2</sub> e)	Primärenergiefaktor (PEF)
Strom	560 gCO <sub>2</sub> e/kWh	1,80
Stromverdrängung KWK	860 gCO <sub>2</sub> e/kWh	2,80
Holzpellet	20 gCO <sub>2</sub> e/kWh	0,20
Rohbiogas	75 gCO <sub>2</sub> e/kWh	0,30

Tabelle 8 Verwendete CO<sub>2</sub>e-Faktoren und PEF

Die spezifischen Emissionsfaktoren aus dem GEG beschreiben die ökologischen Auswirkungen bei einer energetischen Nutzung der Energieträger. Die zugrunde gelegte Einheit ist gCO<sub>2</sub>e/kWh. CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>e) fassen die Klimawirkung von den unterschiedlichen Treibhausgasen, darunter Kohlenstoffdioxid, Methan, Lachgas (Distickstoffoxid) und F-Gase (fluorierte Kohlenwasserstoffverbindungen), zusammen, um eine Vergleichbarkeit zwischen den Gasen herzustellen. So wird über das Global Warming Potential (GWP) die Wirkung eines Gases auf die Wirkung von CO<sub>2</sub> umgerechnet bzw. normiert. Das GWP von Methan beispielsweise liegt bei 28, sodass die Klimawirkung gegenüber dem Gas CO<sub>2</sub> 28-fach höher ist.

Da insbesondere der deutsche Strommix in naher Zukunft erheblichen Transformationen unterliegt und dies v. a. bei stromintensiven Versorgungsmöglichkeiten einen bedeutenden Einfluss auf die ökologische Bewertung nimmt, werden die Berechnungen mit den prognostizierten Emissionsfaktoren zum Jahr 2030 erweitert. Grundlage der spez. Emissionsfaktoren bildet eine Kurzstudie des IINAS (Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien GmbH) mit dem Titel „Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2020 sowie Ausblicke auf 2030 und 2050“. In der Kurzstudie werden die prognostizierten Emissionsfaktoren aus den Studien der dena und prognos und des NECP (Nationaler Energie- und Klimaplan) der Bundesregierung zusammengefasst. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Emissionsfaktoren und PEF für den Strombezug für das Zielszenario 2030.

Quelle	CO <sub>2</sub> -Äquivalenzfaktor (CO <sub>2</sub> e)	Primärenergiefaktor
dena	121 gCO <sub>2</sub> e/kWh	0,48
prognos	138 gCO <sub>2</sub> e /kWh	0,53
NECP Deutschland	260 gCO <sub>2</sub> e /kWh	0,78

Tabelle 9 Prognostizierte Emissionsfaktoren nach der Studie dena, prognos und nach dem NECP

Zur Abbildung der zu erwartenden Emissionen im Jahr 2030 werden die Kennwerte des NECP der Bundesregierung verwendet, da diese einen konservativen Weg zur Erreichung der Klimaschutzvorgaben (Einhaltung des Pariser Abkommens, Begrenzung der Erderwärmung um 2°C) abbilden und nicht den Best Case eines zukünftigen deutschen Strommixes. Auch im Hinblick auf die aktuelle Debatte einer Verlängerung der Kohleverstromung in Deutschland und dem Einsatz von Kohle als Gasersatz wird der Kennwert des NECP als plausibel angesehen.

Für den wirtschaftlichen Vergleich wurden die nachfolgenden Rahmenparameter verwendet. Alle Angaben sind Netto.

Allgemeine wirtschaftliche Parameter:

- Nutzungsdauer: lt. VDI 2067
- Wartungs-, Instandhaltungs- und Betriebskosten: lt. VDI 2067
- Kalkulationszinssatz: 2,00 %

Verbrauchskosten:

- Pelletpreis: 15,00 ct/kWh
- Strompreis: 35,00 ct/kWh
- Strompreis Wärmepumpentarif: 30,00 ct/kWh

## 7.2 Vergleich Energie- und Umweltbilanz

Der Energie- und Umweltbilanz können unterschiedliche Bilanzierungsarten zugrunde gelegt werden. Im Zuge der Ausarbeitung des Variantenvergleichs werden zwei Bilanzierungsmethoden angewendet. So findet beginnend eine ökologische Bilanzierung nach den aktuellen Emissionskennwerten des GEG 2020 statt, bei der die in [Tabelle 8](#) abgebildeten Kennwerte in die Berechnung einfließen. Die zweite Bilanzierungsart betrachtet eine zeitliche Variable in der Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Bezugsstroms. Dazu wird der Emissionsfaktor des Strombezugs nach GEG gegen den prognostizierten Emissionsfaktor des NECP im Jahr 2030 ersetzt (s. [Tabelle 9](#)).

Im Folgenden werden die verschiedenen ökologischen Kennwerte nach den zwei genannten Berechnungsmethoden vorgestellt.

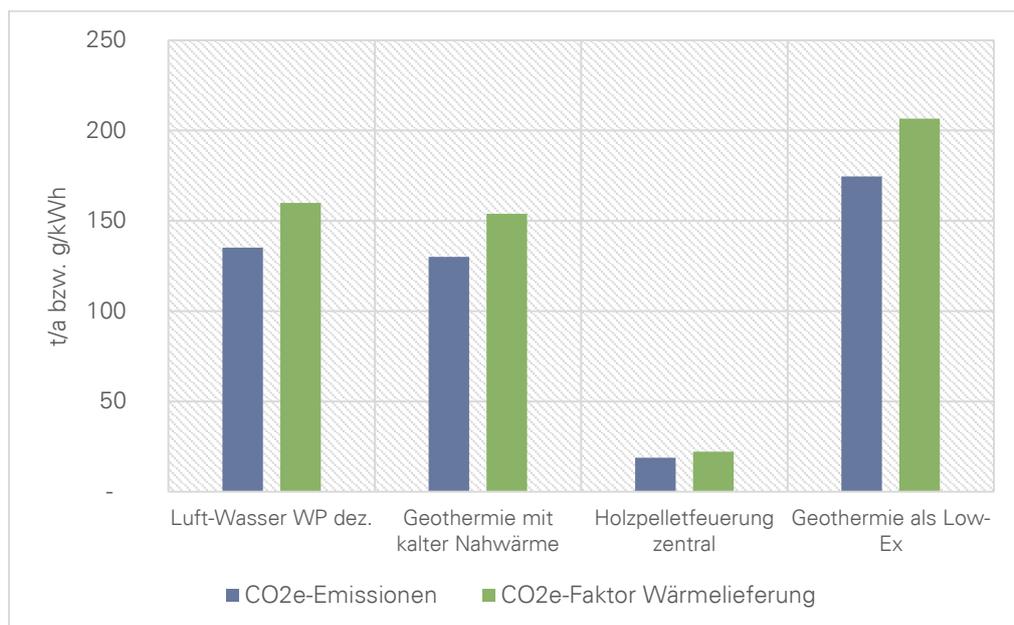


Abbildung 14 Absolute und spez. Emissionen nach GEG 2020

Mit Blick auf die CO<sub>2</sub>e-Kennwerte schneidet nach aktueller Berechnungsweise gem. GEG 2020 die Variante 2 (Holzpelletfeuerung zentral) am besten ab. Der niedrige Emissionsfaktor von 20 gCO<sub>2</sub>e/kWh für die Verbrennung von Holz führt zu den niedrigen Emissionen in der Wärmeerzeugung von ca. 22 gCO<sub>2</sub>e/kWh bzw. 19 tCO<sub>2</sub>e/a. Die Referenzvariante mit dezentralen L-W-WP und Variante 1 (Geothermie mit kalter Nahwärme) liegen gleichauf mit ca. 130 tCO<sub>2</sub>e/a und c. 160 gCO<sub>2</sub>e/kWh. Variante 3 (Geothermie als LoxEx-Netz) weist die höchsten Emissionen mit 175 tCO<sub>2</sub>e/a und 207 gCO<sub>2</sub>e/kWh auf.

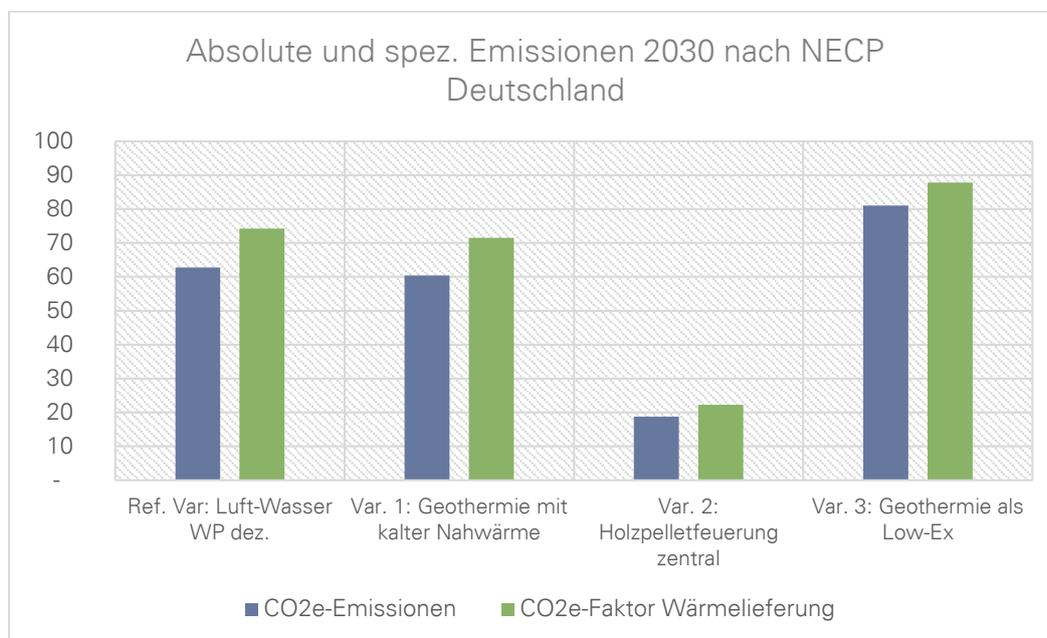


Abbildung 15 Absolute und spez. Emissionen nach NECP 2030

Für die nach dem NECP Deutschland prognostizierten Emissionswerte für das Jahr 2023 bleibt die Reihenfolge bestehen, allerdings nähern sich alle Wärmepumpenlösungen der Holzpelletvariante an, was auf die emissionsreduzierende Entwicklung des Strommixes zurückzuführen ist.

Hinsichtlich der Primärenergiefaktoren (PEF) zeichnet sich ein ähnliches Bild ab. Die Holzpelletvariante (0,22) weist den geringsten PEF auf, Dezentrale-WP (0,51) und Geothermie mit kalter Nahwärme (0,50) liegen gleichauf dahinter und die Geothermie als LowEx-Variante (0,66) weist den schlechtesten PEF auf.

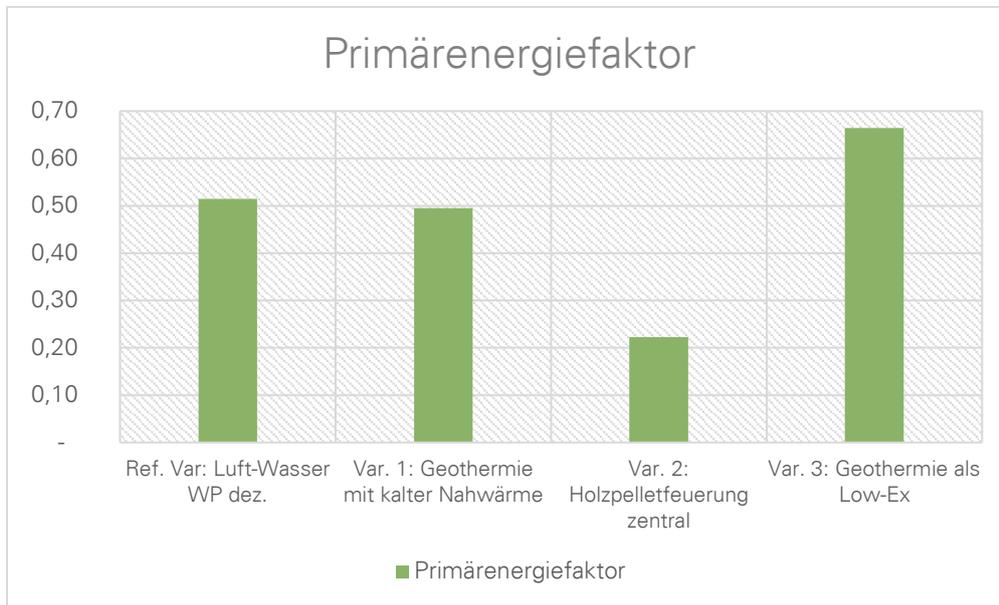


Abbildung 16 Primärenergiefaktoren nach GEG 2020

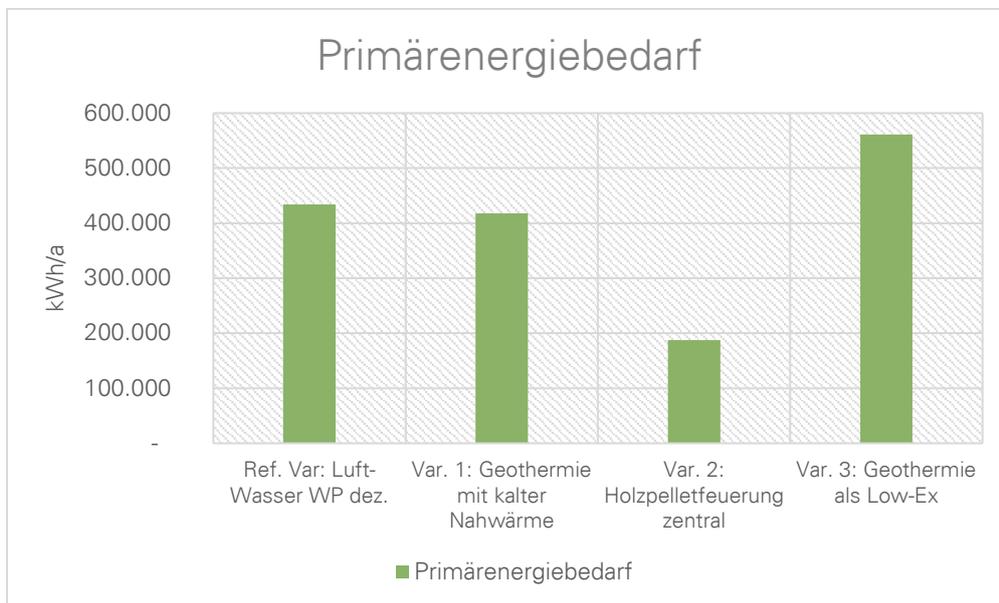


Abbildung 17 Primärenergiebedarf gesamt

Allerdings ist hier bei den für 2030 prognostizierten Werten eine deutliche Veränderung zu erkennen.

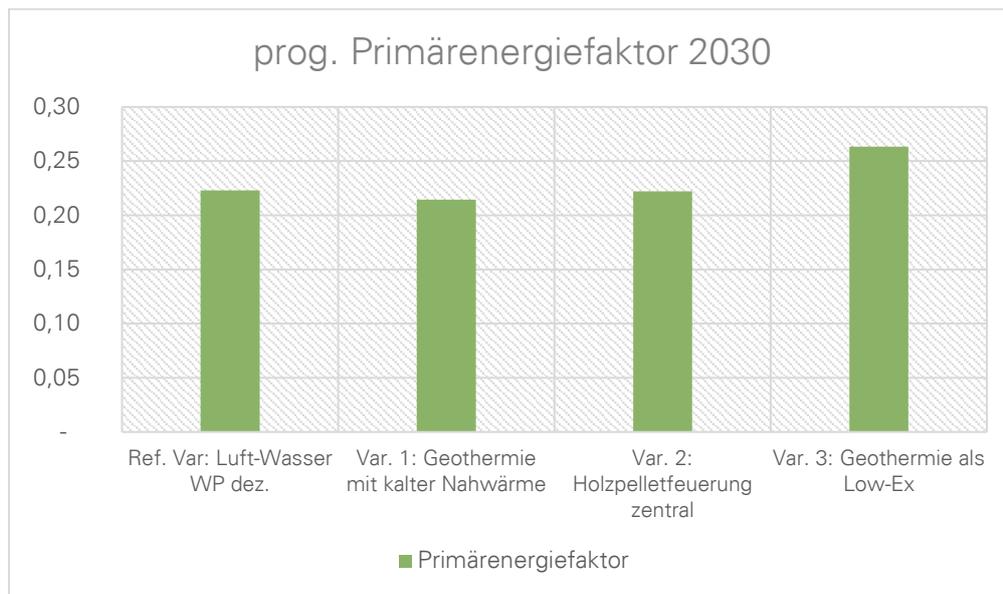


Abbildung 18 prognostizierte Primärenergiefaktoren nach NECP Deutschland 2023

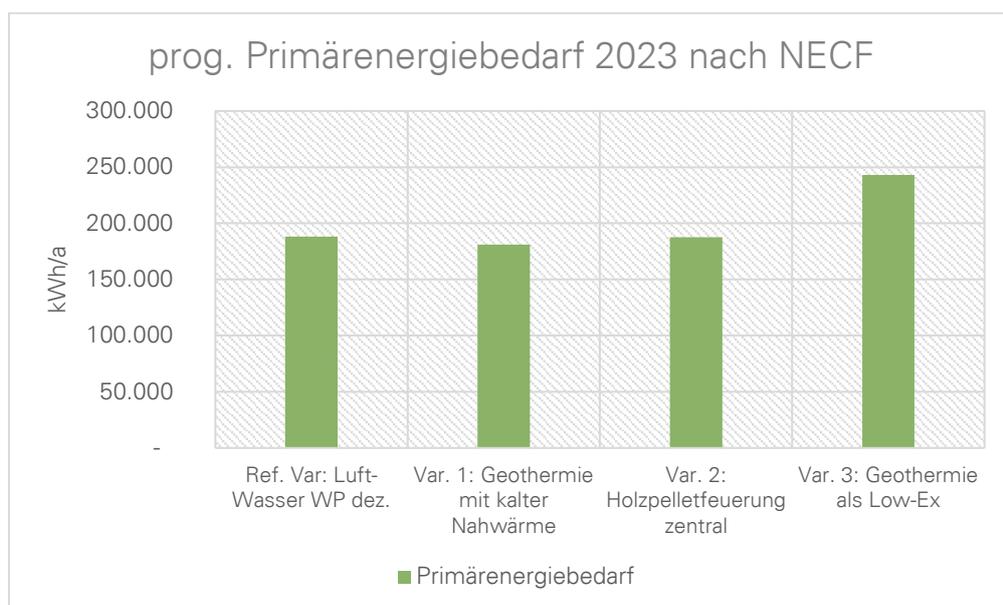


Abbildung 19 Primärenergiebedarf gesamt 2030

Der PEF des Strommixes bleibt zwar höher als für Holz (0,78 zu 0,2), allerdings wird durch die effiziente Jahresarbeitszahl ein deutlich geringerer Stromverbrauch im Vergleich zum Holzpelletverbrauch erreicht, welcher bewirkt, dass der Primärenergiefaktor auf den Verbrauch bezogen für die Wärmepumpen (Referenzvariante und Variante 1) geringer ist als bei der Holzpellet-Variante.

### 7.3 Wirtschaftlichkeitsvergleich

Im Wirtschaftlichkeitsvergleich werden folgende Bestandteile der Vollkosten unterschieden:

- Kapitalkosten: Kosten für die Anlagentechnik, Nahwärmenetz, Hausanschlüsse, Förderung etc.
- Betriebskosten: Kosten für Wartung, Instandhaltung und Bedienung.
- Verbrauchskosten: Kosten des Endenergiebedarfs für Biogas, Wärmelieferung, Strom, Wärmepumpenstrom und Holzpellets sowie Erlöse nach EEG.

Der Vergleich der Kosten erfolgt durch Berechnung von Annuitäten. Die Annuitäten werden dann auf die in den Gebäuden verbrauchte Nutzenergie in €/kWh bzw. €/kWh  $\cdot$  Förderung bezogen, um eine Vergleichbarkeit aller Varianten zu ermöglichen. Die Förderung erfolgt nach der BEW (Bundesförderung für effiziente Wärmenetze). Die Förderung nach BEW sieht eine 40%ige Bezuschussung der förderfähigen Investitionskosten vor. Dazu gehören bspw. Infrastrukturmaßnahmen, wie das Wärmenetze und Übergabestationen, Umfeldmaßnahmen und Maßnahmen in der Wärmeerzeugung. Im dargestellten Wärmepreis ist die Umsatzsteuer nicht enthalten.

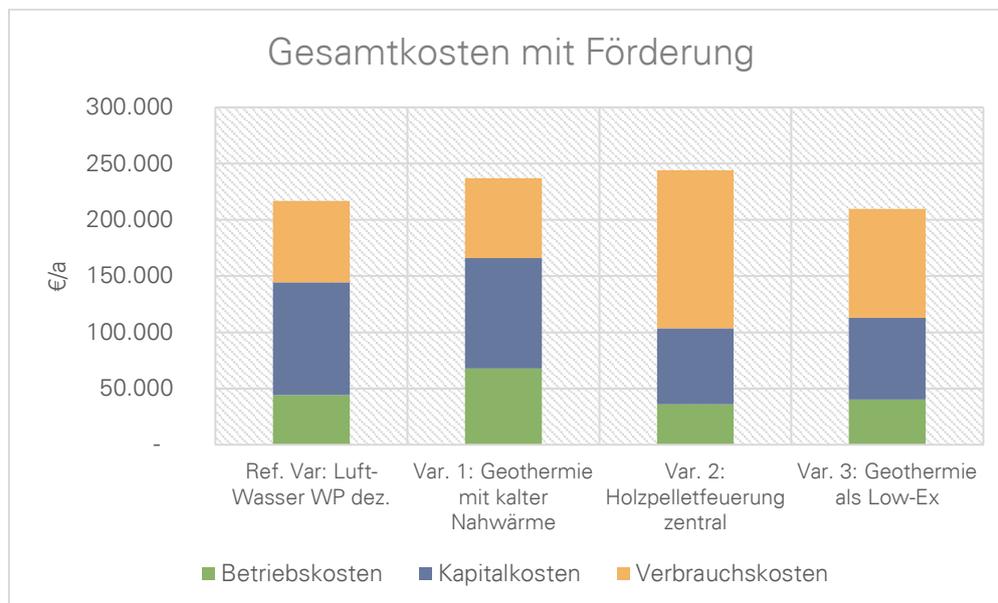


Abbildung 20 Kapital-, Betriebs- und Verbrauchskosten inkl. Förderung

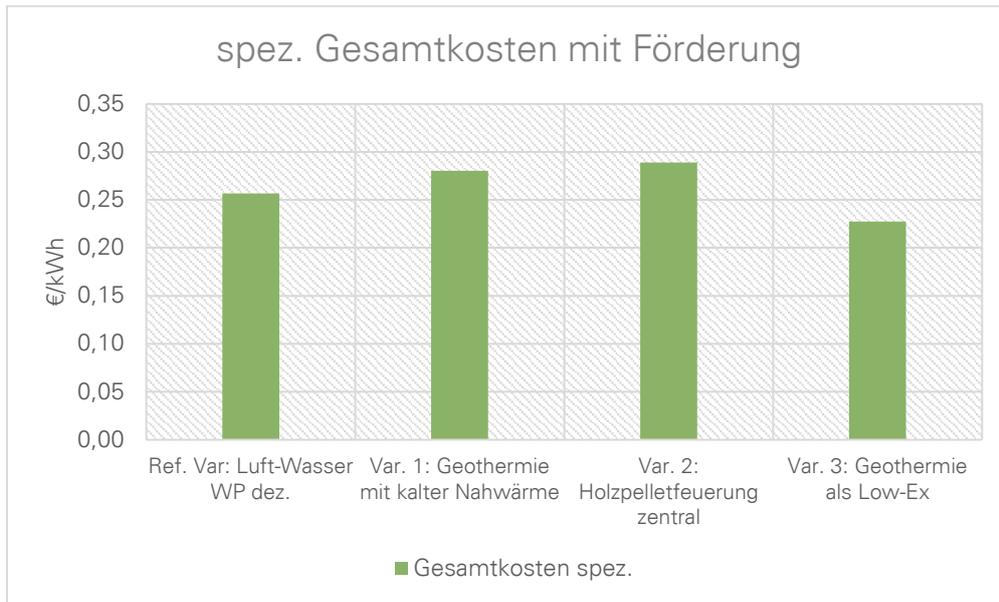


Abbildung 21 spezifische Gesamtkosten inkl. Förderung

Da gemäß BEW nur Maßnahmen, die in Verbindung mit Wärmenetzen stehen, gefördert werden, entfällt bei der dezentralen Versorgungsvarianten REF die Förderung nach BEW. Der Wärmepreis der Referenzvariante in Höhe von 0,26 €/kWh setzt sich knapp zur Hälfte aus Kapitalkosten und zu ca. je einem Viertel aus Betriebs- und Verbrauchskosten zusammen. Die Verbrauchskosten der Wärmepumpen sind insbesondere vom Stromeinsatz und demnach vom Nutzerverhalten (Vorlauftemperatur) und dem COP, also der Effizienz der Wärmepumpe, abhängig. Die Variante 2 verzeichnet den höchsten Wärmepreis (0,29 €/kWh), was grundsätzlich auf den höheren Energieeinsatz aufgrund der ineffizienteren Wärmeherzeugung zurückzuführen ist. Die geringsten spezifischen Wärmekosten (0,23 €/kWh) weist Variante 3, das LowEx Netz auf. In dieser Kostenrechnung sind die BEW Förderung berücksichtigt, was die beiden Wärmepumpenvarianten mit Nahwärmenetz entsprechend kostengünstiger macht.

Die Abbildung 22/Abbildung 23 zeigen die Kostenbilanz ohne Berücksichtigung der BEW-Förderung.

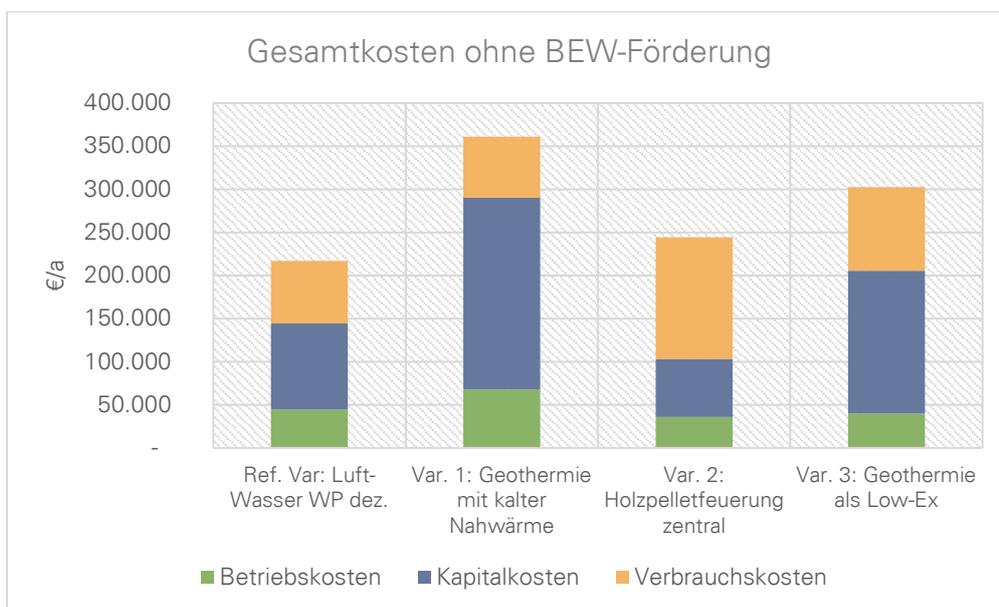


Abbildung 22 Kapital-, Betriebs- und Verbrauchskosten ohne Förderung

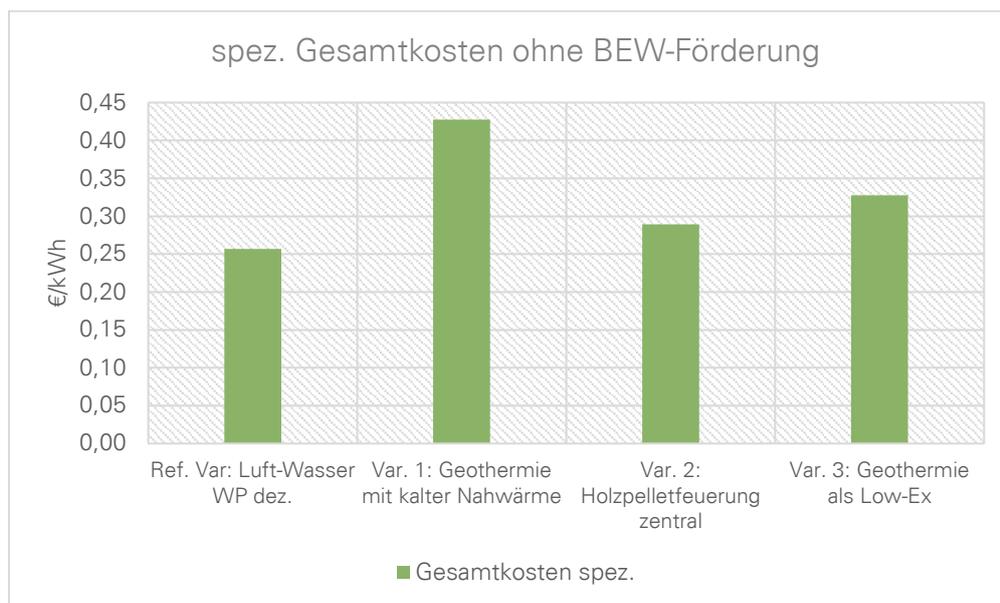


Abbildung 23 spezifische Gesamtkosten ohne Förderung

Es zeigt sich, dass beide geothermischen Varianten aufgrund der hohen Erschließungskosten teurer werden als die Varianten mit Luft-Wasser-Wärmepumpe oder Holzpelletverwendung. Im Vergleich ist die Referenzvariante nun mit weiterhin 0,26 €/kWh die günstige Versorgungslösung.

## 7.4 Empfehlung

Für das Neubaugebiet „Giller Höfe“ in Rommerskirchen standen nach der Ermittlung von Potenzialen in der Umgebung und auf dem Baugebiet mehrere Versorgungslösungen zur Verfügung. Infolgedessen wurden eine dezentrale Wärmepumpentechnologie und drei zentrale Versorgungsmöglichkeiten mit dem Schwerpunkt Wärmepumpe genauer untersucht. Um alternativen zur Wärmepumpe aufzuzeigen, wurden ebenfalls eine Versorgungslösung mit Holzpellets betrachtet. Der Vergleich der ökonomischen Ergebnisse der vier Varianten hat ergeben, dass die Referenzvariante den geringsten Wärmepreis stellt. Dies liegt vorrangig an den vergleichsweise niedrigen Investitionskosten in die Anlagentechnik. Die Variante 2 schneidet mit dem höchsten Wärmepreis ab, da hier, neben den Erdbohrungen, eine Investition in die Wärmeleitung zu tätigen ist. Angesichts der hohen Verbrauchskosten von Variante 2, welche aus dem Bezug von Holz resultieren, wirken sich hier Energiepreisschwankungen am stärksten auf den Wärmepreis aus. Unter Hinzunahme der Förderung nach BEW, besitzt die Variante 3 den niedrigsten Wärmepreis, da die mit dem Wärmenetz zusammenhängenden Investitionskosten weiter gesenkt werden können. Im Vergleich zum nächsthöheren Wärmepreis (Variante 1) liegen die Kosten jedoch nur um ca. 12 % niedriger. Aus ökologischer Sicht schneidet, unter Einbezug der aktuellen GEG Emissionsfaktoren, Variante 2 mit der Holzpelletfeuerung am besten ab. Mit dem geplanten Kohleausstieg der Bundesregierung ist eine Senkung dieses Faktors und ein, im Verhältnis zu den anderen Varianten gesehen, Anstieg der Emissionen von Variante 2 zu erwarten. Mit Blick auf den steigenden Anteil der erneuerbaren Energien im Bundesdeutschen Strommix und/oder einer PV-Eigenstromerzeugung nehmen die spezifischen Emissionen im Strombezug/Stromeinsatz ab. So verbessern sich die strombasierten Varianten im Bezugsjahr 2030 gegenüber der Holzpellet-Variante, jedoch bliebe auch dann die Variante 2 unter den getroffenen Annahmen weiterhin die Ökologischste. Mit einem allgemein hohen Interesse der Wohneigentümer\*innen Photovoltaik zur Eigenstromerzeugung auf dem eigenen Dach zu installieren, können die absoluten Emissionen der dezentralen und zentralen Wärmeversorgung weiter gesenkt werden.

Darüber hinaus gibt es noch weitere Themenbereiche, die bei einem Vergleich von dezentralen und zentralen Versorgungslösungen berücksichtigt werden sollten: Komplexität der Umsetzung, Akzeptanz und Zukunftsfähigkeit.

Bei der Wahl einer zentralen Versorgung, wie sie den Varianten 1 bis 3 vorgesehen ist, ist die Umsetzung komplexer als bei einer dezentralen Versorgungsvariante. So muss für die Wirtschaftlichkeit einer zentralen Wärmeversorgung ein Anschluss an das Nahwärmenetz und die Benutzung verpflichtend durchgesetzt werden. Darüber hinaus ist die Planung der Anlagentechnik und vor allem des Nahwärmenetzes aufwendig. Diese Punkte entfallen bei einer dezentralen Versorgung.

Beim Punkt Akzeptanz spricht die Verpflichtung zum Anschluss an ein Nahwärmenetz und dessen Nutzung i.d.R. gegen eine zentrale und für eine dezentrale Variante, da sich der/ die Wohneigentümer\*in frei für eine Art der Wärmeversorgung entscheiden kann. Jedoch bietet der Standort gute Möglichkeiten, eine Wärmeversorgung zu zentralisieren. Dazu zählt, dass eine Fläche für eine Heizzentrale im stdb. Entwurf berücksichtigt (siehe [Abbildung 12](#)) werden kann und über die Verkehrsführung gut erreichbar ist. Eine zentrale Versorgung birgt an diesem Standort den Vorteil, dass nur ein Gebäude mit Anlagentechnik bzw. eine Heizzentrale zur Versorgung der Eigentümer ausreichend ist.

Mit abschließendem Blick auf die Zukunftsfähigkeit zeigt sich bei der Wärmepumpentechnologie eine besondere und steuerbare Beeinflussung der ökologischen Bilanz. Eine Verbesserung des eingesetzten Stroms (hohe Anteile erneuerbare Energien) führt zu verminderten Emissionen, wobei hier besonders hervorzuheben ist, dass keine direkten Emissionen frei werden.

Einen weiteren positiven Einfluss auf die ökologische Bilanz kann neben einem guten Baustandard und einer reduzierten Wohnfläche auch die Solarthermie nehmen. Da sie in Abhängigkeit der Anlagengröße gute Erträge erzielt, können CO<sub>2</sub>-emittierende Wärmeerzeuger (Wärmepumpe (indirekt) oder Holzfeuerung (direkt)) verdrängt werden. Dies könnte dazu führen, dass z. B. bei einer Wärmeerzeugung durch eine Holzfeuerung die Laufzeit über die Sommermonate stark reduziert bis vollständig unterbrochen werden kann und die Emissionen allgemein sinken.

Abschließend kann festgehalten werden, dass die Variante 2 „Holzfeuerung“ ggü. der Referenzvariante „Luft-Wasser Wärmepumpe“ und den zentralen Varianten „Geothermie mit kalter Nahwärme“ (Var.1) und „Geothermie als LowEx-Netz“ (Var. 3) nach derzeitiger Gesetzeslage als auch nach angenommener zukünftiger Entwicklung (Jahr 2030) die ökologischsten Ergebnisse erzielt. Die Ergebnisse der drei Wärmepumpenvarianten sind stark von der Stromherkunft (Strommix, PV-Strom) abhängig, sodass sich hier eine besondere Einflussnahme auf die Ökologische Bilanz der Wärmepumpe abbildet. Aus ökonomischer Sicht und unter Berücksichtigung der Förderung nach BEW stellt Variante 3 einen verträglichen Wärmepreis, bindet die Nutzung lokaler erneuerbarer Energiequellen mit ein und kommt ohne Feinstaubbelastung im Vergleich zu Variante 2 aus. Auch die Referenzvariante weist im Vergleich zu den anderen Varianten einen verträglichen Wärmepreis auf. Auf Basis der Darlegungen stellen die Variante 3 und die Referenzvariante nahezu gleichwertige Bedingungen dar. Mit Blick auf die aktuellen und sich ggf. zukünftig ändernden Rahmenbedingungen können die Variante 3 und die Referenzvariante als geeignet angesehen werden.

In Abstimmung mit der Stadt Rommerskirchen, soll es aufgrund der hohen Investitionen und des deutlich höheren planerischen Aufwands, keine leitungsgebundene Wärmeversorgung geben. Somit stellt die dezentrale Luft-Wasser-Wärmepumpe die bevorzugte Variante dar. In Verbindung mit den in Kapitel 1 zusammengefassten energetischen Maßnahmen im stdb. Entwurf, kann vor allem durch den guten Gebäudestandard, die solarfreundliche Ausrichtung der Gebäude und Dächer, und durch einen hohen Anteil an mit PV belegten Dachflächen, die angestrebte bilanzielle Treibhausgasneutralität in den untersuchten Varianten näherungsweise erreicht werden.

## Anhang

- Anhang A: Berechnungen zu den Bedarfen und Potenzialen
- Anhang B: Berechnungen des Variantenvergleichs