

# Kurzbericht

23 097 01 vom Februar 2024

Erstellung eines Energiekonzeptes für das Neubaugebiet „Am Berghof“ in Maintal-Wachenbuchen

Kontakt:

Alpha IC GmbH

Matthias Falkenhain

T +49 151 422 294 41

[m.falkenhain@alpha-ic.com](mailto:m.falkenhain@alpha-ic.com)

[www.alpha-ic.com](http://www.alpha-ic.com)

Februar 2024

# Inhalt

<b>Inhalt</b> .....	<b>2</b>
<b>1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Erhebung und Darstellung des Ist-Zustandes</b> .....	<b>5</b>
2.1 Bedarfsermittlung des Wohngebietes .....	5
2.2 Elektrischer Energiebedarf .....	7
<b>3 Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz</b> .....	<b>8</b>
3.1 Energetische Untersuchung unterschiedlicher Baustandards.....	8
3.2 Klimaneutrales Wohngebiet (Plus-Energie-Standard) .....	9
<b>4 Potentialanalyse Erzeugungsvarianten</b> .....	<b>11</b>
<b>5 Variantenanalyse</b> .....	<b>13</b>
5.1 Zentrale Wärmeversorgung.....	13
5.2 Hybride Wärmeversorgung.....	17
5.3 Dezentrale Wärmeversorgung.....	20
5.4 Fazit.....	24
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>27</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>27</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>28</b>

# 1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Die Stadt Maintal beabsichtigt die Erschließung eines Wohngebietes in Wachenbuchen. Das Plangebiet „Am Berghof“ befindet sich am westlichen Ortsrand. Bereits in der frühen Planungsphase soll ein Energiekonzept für das Quartier durch die Alpha IC GmbH erstellt werden, welches ein energieeffizientes, nachhaltiges und zukunftsfähiges Wohngebiet sicherstellen soll.



Abbildung 1: Lages des Wohngebietes „Am Berghof“ [1]

Unter Berücksichtigung der städtebaulichen Vorgaben ist eine Mischnutzung aus Wohnen und Kinderbetreuung vorgesehen, die durch ein oberirdisches Parkhaus ergänzt wird.

Die Abbildung 2 zeigt die geplante Bebauungssituation des neuen Wohngebietes gemäß dem städtebaulichen Konzept [2]. In der Tabelle 2 sind darüber hinaus die ausführlichen Daten der Wohneinheiten für die nachfolgenden Berechnungen dargestellt.



Abbildung 2: Auszug aus dem Bebauungsplan (Erschließungsvariante F) [3]

Tabelle 1: Gebäude im Neubaugebiet „Am Berghof“.

Teilbereich	Anzahl	Wohneinheiten	Fläche [m²] BGF	Fläche [m²] NGF
Kita	1	0	900	765
Doppelhäuser	3	6	1.140	969
Seniorenwohnen	10	18	1.615	1.373
Reihenhäuser	29	29	4.640	3.944
Einfamilienhäuser	20	20	6.100	5.185
Mehrfamilienhäuser	8	58	6.025	5.121
	<b>71</b>	<b>131</b>	<b>20.420</b>	<b>17.357</b>

## 2 Erhebung und Darstellung des Ist-Zustandes

### 2.1 Bedarfsermittlung des Wohngebietes

Im Zuge der Bearbeitung des Energiekonzeptes wird der thermische und der elektrische Energiebedarf des Neubaugebietes „Am Berghof“ mittels einer dynamischen Simulation ermittelt. Hierzu werden die Lastprofile auf Grundlage der Personenbelegung für alle Wohneinheiten herangezogen. Diese Lastprofile, die durch eine spezielle dynamische Simulation berechnet werden, sind von der 4wardEnergy GmbH im Zuge des WHY-Projektes zugearbeitet worden [4], [5].

#### 2.1.1 Thermischer Energiebedarf

Für das Wohngebiet „Am Berghof“ wurden die folgenden Werte für die einzelnen Gebäudetypen berechnet.

*Tabelle 2: Energetische Auswertung – Thermische Energie (WHY-Datensätzen)*

Objekt	Anzahl	Energiebedarf [kWh/a]	Wärmeleistung [kW]
Kita	1	37.604	16
DHH	3	27.668	13
Senioren WH	10	93.041	35
RH	29	99.163	47
EFH	20	194.497	75
MFH	8	140.695	55
	<b>71</b>	<b>592.667</b>	<b>242</b>

In der Abbildung 3 werden die ermittelten Werte kumuliert über ein Jahr dargestellt. Die monatlichen Leistungen über den Jahresverlauf sind in Abbildung 4 gezeigt.

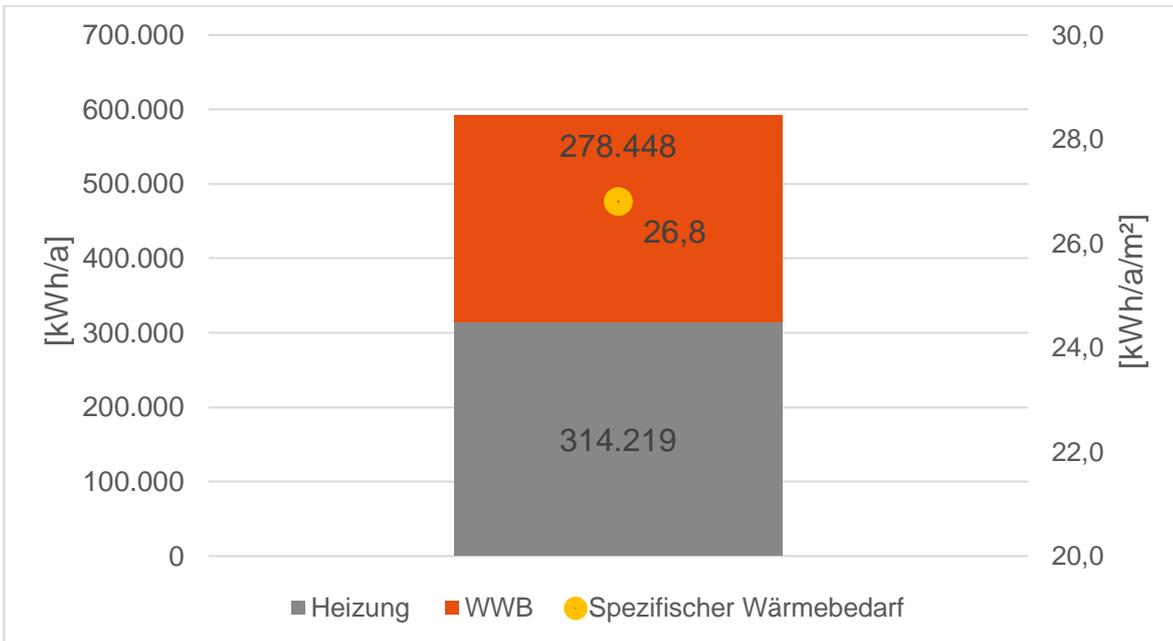


Abbildung 3: Thermischer Energiebedarf des Neubaugebietes für Heizung und Warmwasser

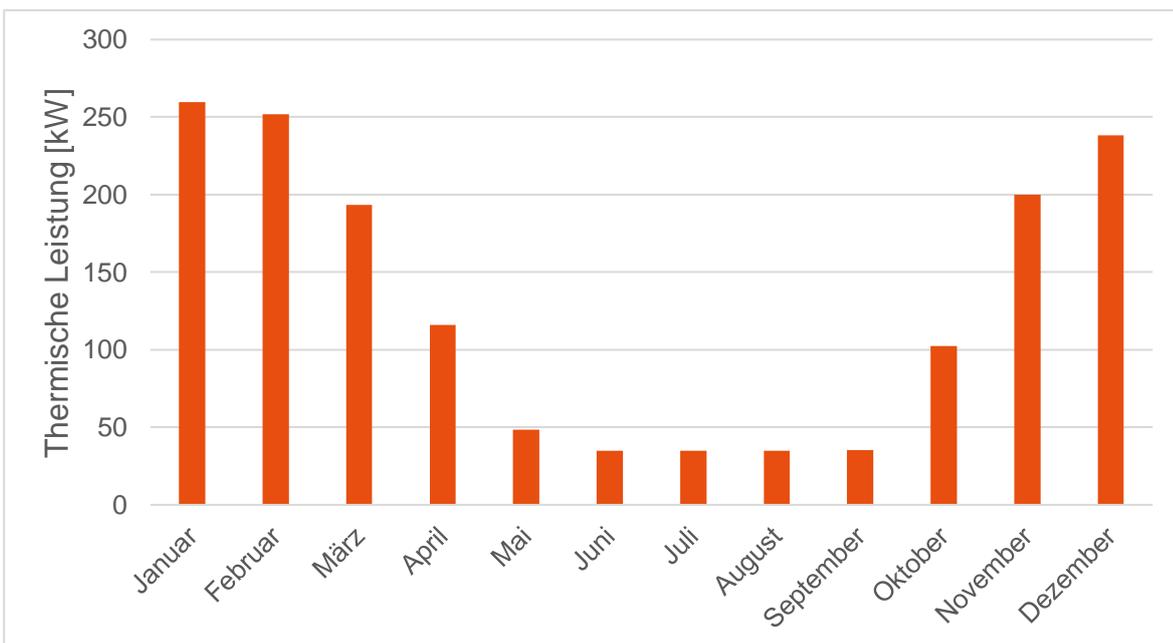


Abbildung 4: Benötigte Leistung des Neubaugebietes für Heizung und Wasser im Jahresverlauf

## 2.2 Elektrischer Energiebedarf

Die folgenden tabellarische Darstellungen zeigen den elektrischen Energiebedarf der einzelnen Objektgruppen.

Tabelle 3: Energetische Auswertung – Elektrische Energie

Objekt	Anzahl	Energiebedarf [kWh/a]	Geräteleistung [kW]
Kita	1	14.242	7
DHH	3	14.874	20
Senioren WH	10	42.758	53
RH	29	94.292	109
EFH	20	55.443	67
MFH	8	123.429	189
	<b>71</b>	<b>345.038</b>	<b>445</b>

Die folgende Graphik zeigt die den gesamten elektrischen Energiebedarf des Wohngebietes.

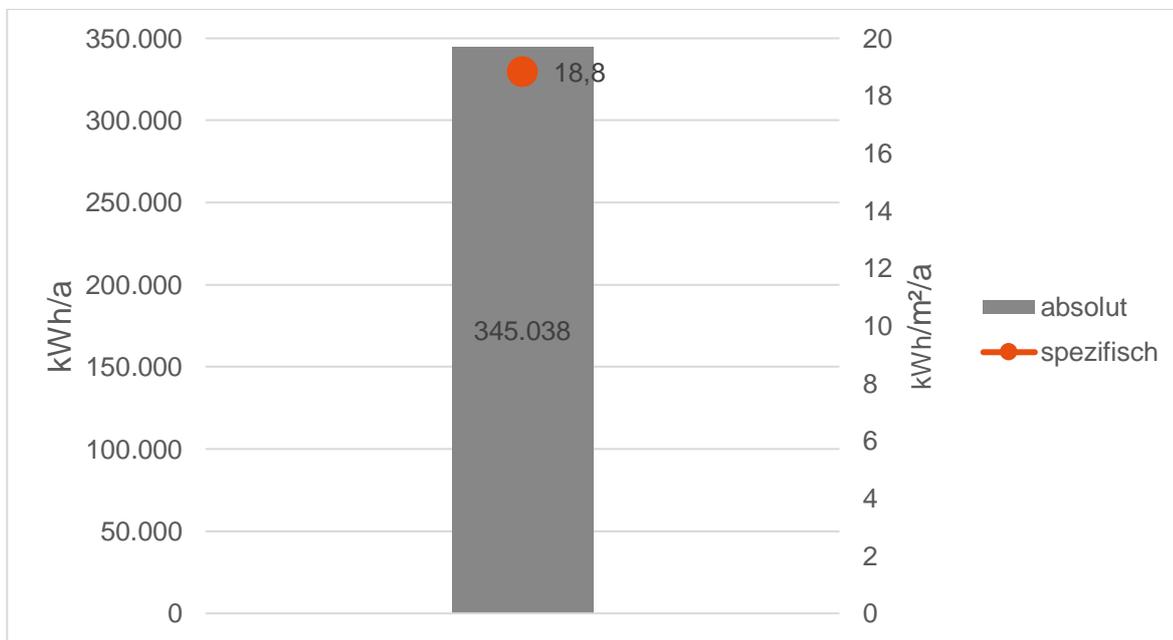


Abbildung 5: Elektrischer Energiebedarf des Neubaugebietes

### 3 Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz

#### 3.1 Energetische Untersuchung unterschiedlicher Baustandards

Zur Identifikation von Maßnahmen, die zu Energieeinsparungen im baulichen Bereich führen, wird ein Vergleich zwischen den verschiedenen Energieeffizienzhausstandards (EH) 55, noch der EH 40 und der Passivhaus-Standard berechnet.

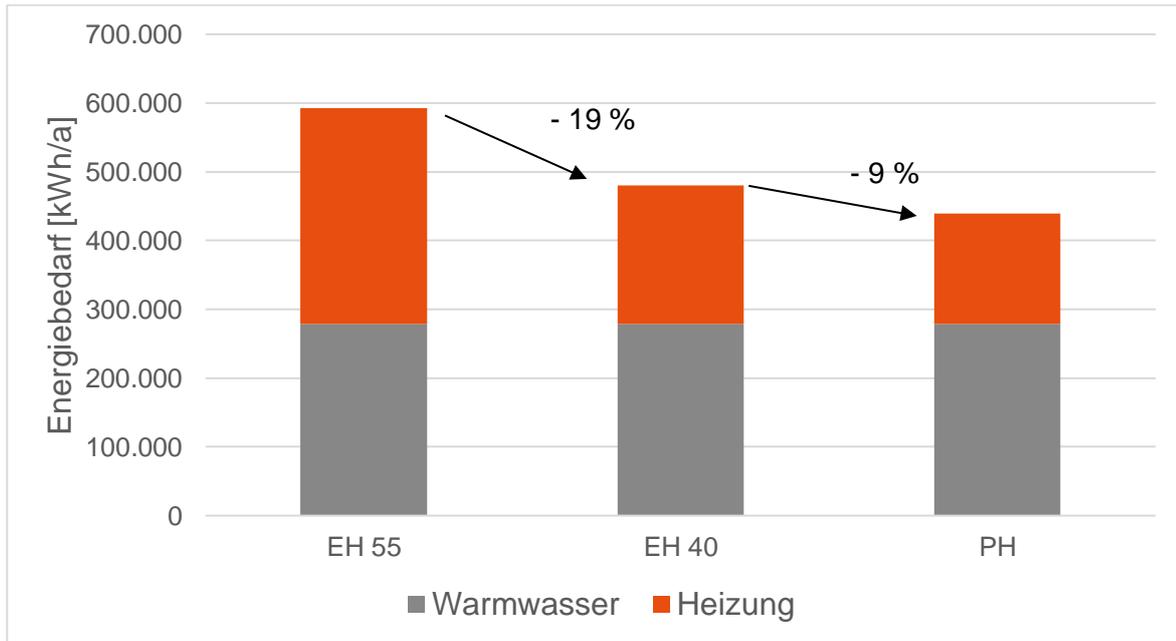


Abbildung 6: Wärmebedarf des Neubaugebietes - Vergleich von unterschiedlichen Baustandards

Die folgende Tabelle zeigt die unterschiedlichen spezifischen Wärmeverbräuche der einzelnen Gebäudegruppen

Tabelle 4: Energieeffizienzstandards – Vergleich spezifischer Wärmeverbrauch

Gebäudegruppe	EH 55	EH 40	Passivhaus
	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)
Kita	42	35	27
DHH	24	19	19
Senioren WH	58	47	30
RH	21	17	16
B EFH	32	25	23
MFH	23	20	19

### 3.2 Klimaneutrales Wohngebiet (Plus-Energie-Standard)

Weiterhin wird das Wohngebiet „Am Berghof“ auf den Autarkiegrad bzgl. der solaren Stromerzeugung hin analysiert. Im ersten Schritt werden hierfür die nutzbaren Dachflächen aller Gebäude, die für die Installation von Photovoltaik-Modulen zur Verfügung stehen, im Wohngebiet ermittelt und die daraus resultierende elektrische Leistung berechnet. Es wird davon ausgegangen, dass ca. 80 % der Dachflächen zur solaren Stromerzeugung genutzt werden können. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick der angesetzten technischen Daten der solaren Energieerzeugung mittels PV-Anlagen.

Tabelle 5: Spezifische Daten der nutzbaren PV-Fläche

Objekte	Nutzbare Dachfläche	PV-Module	Installierte Leistung
	m <sup>2</sup>	Anzahl	kW <sub>p</sub>
Kiga	720	424	169
EFH (gesamt)	980	576	231
RH (gesamt)	928	546	218
SW (gesamt)	710	418	167
MFH 1	120	71	28
MFH 2	120	71	28
MFH 3	84	49	20
MFH 4	84	49	20
MFH 5	84	49	20
MFH 6	76	45	18
MFH 7	336	198	79
MFH 8	180	106	42
	<b>4.422</b>	<b>2.601</b>	<b>1.040</b>

Die gesamte Solarstrahlung für den Standort Wachenbuchen wird anhand eines Datensatzes, der vom Deutschen Wetterdienst [6] bereitgestellt wird ermittelt.

Die Darstellung der Abbildung 7 zeigt, den gesamten PV-Ertrag (gelbe Linie) der Solaranlagen des Wohngebiets. Es ist zu erkennen, dass die ortsnahe Erzeugung von Strom durch die Sonne deutlich größer ist als die benötigte elektrische Energie, die durch die einzelnen Haushalte und die Wärmebereitstellung – sofern

diese elektrisch ist – anfällt. Die Summendarstellung über das ganze Jahr ist in den zwei Balken der Abbildung 8 aufgezeigt. Es wird ca. 50 % mehr Strom durch die PV-Module erzeugt als benötigt wird.

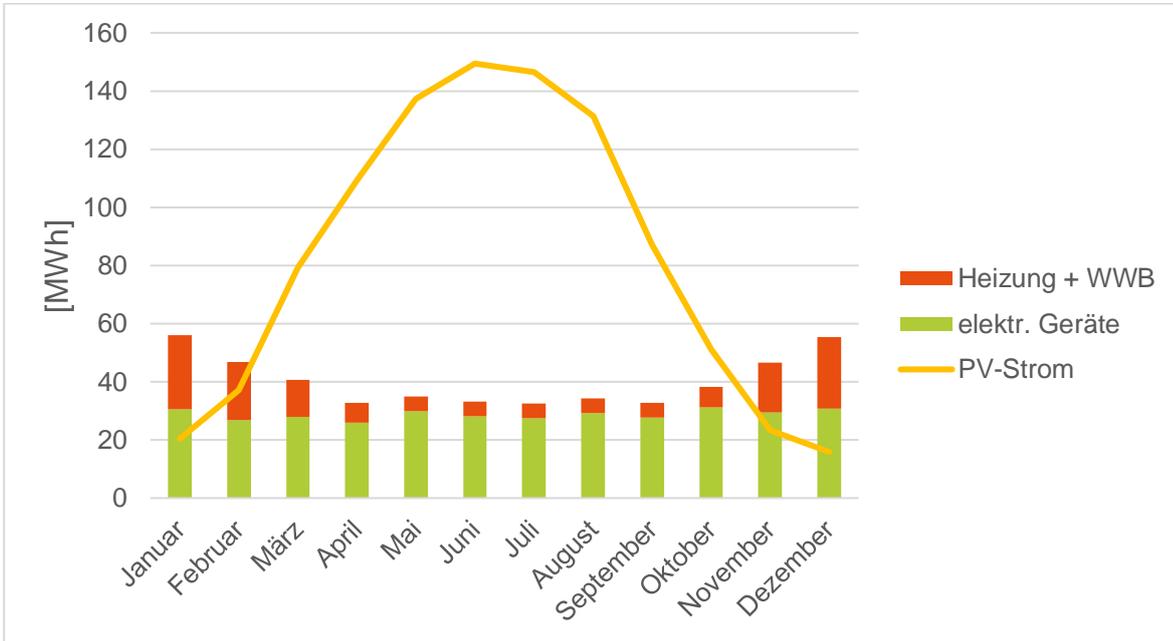


Abbildung 7: Gegenüberstellung PV-Ertrag und elektrischer Energiebedarf

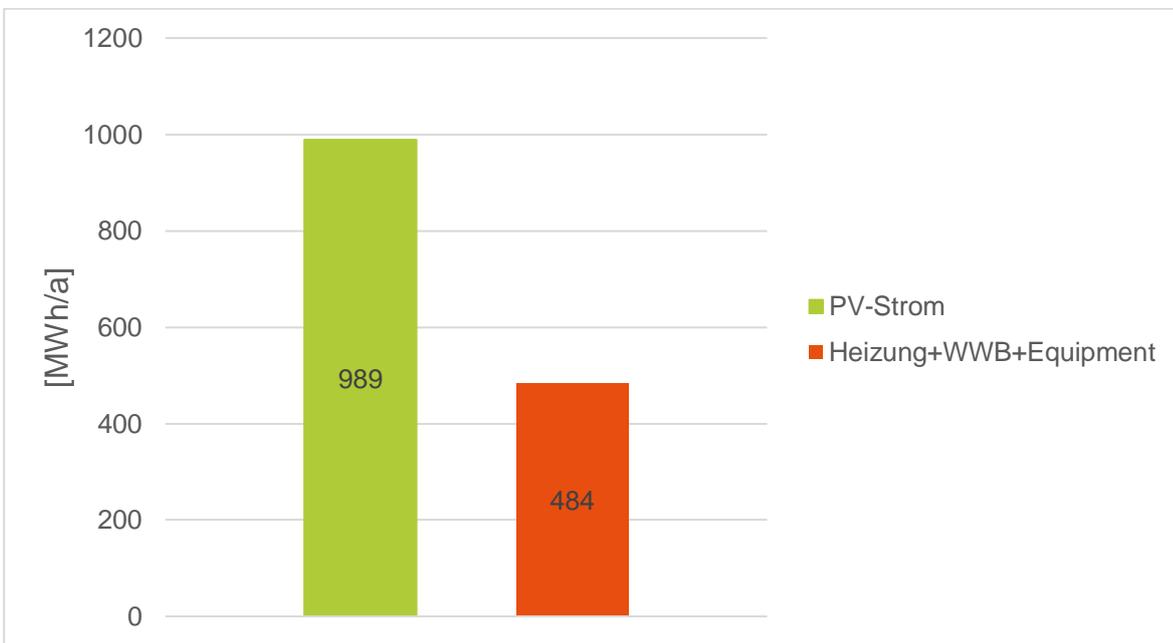


Abbildung 8: Gegenüberstellung der Jahressumme PV-Ertrag und Energiebedarf

## 4 Potentialanalyse Erzeugungsvarianten

Eine ausführliche Potentialanalyse hat ergeben, dass die Energieerzeugungsvarianten, die in der Abbildung 9 dargestellt sind, im weiteren Verlauf des Energiekonzeptes untersucht werden.

Die detaillierte Herleitung und weitere Einzelheiten sind dem ausführlichen Bericht zu entnehmen.

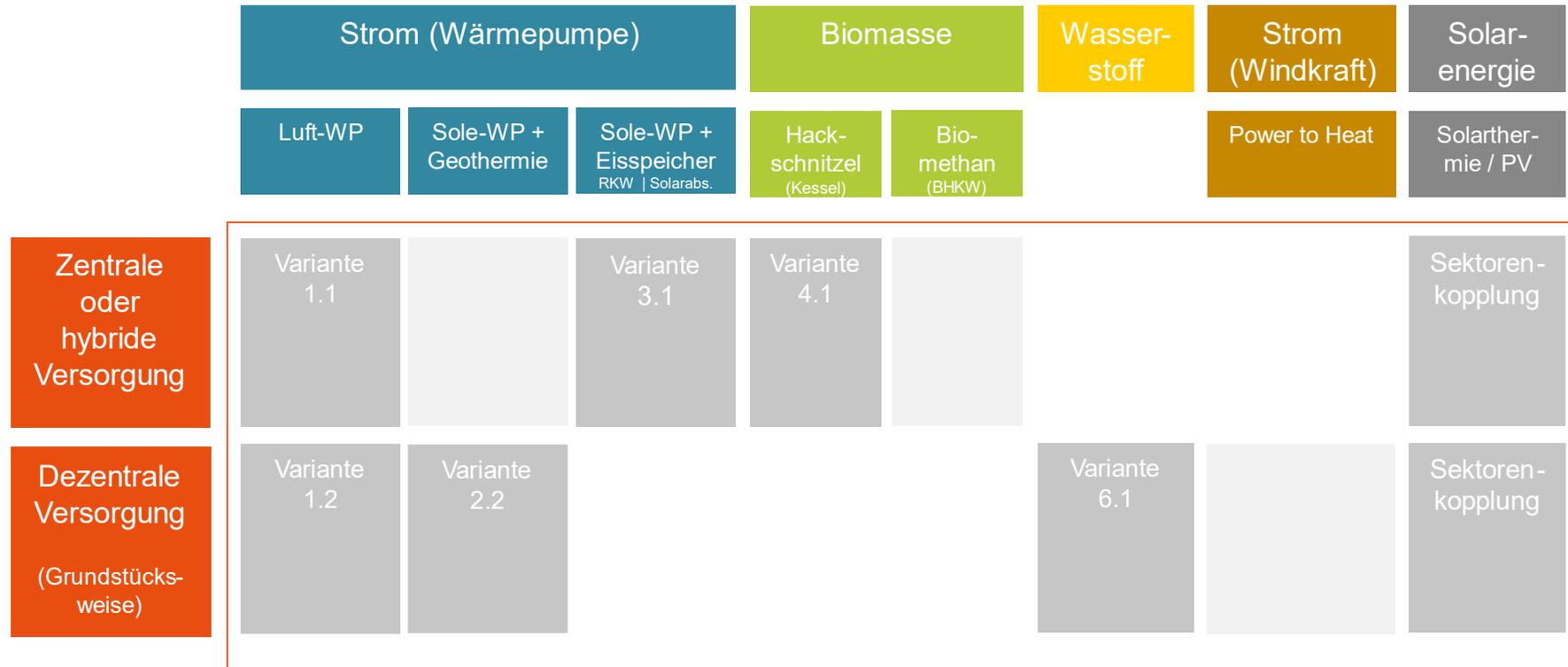


Abbildung 9: Variantenmatrix mit Erzeugungsvarianten

## 5 Variantenanalyse

### 5.1 Zentrale Wärmeversorgung

Für das Neubaugebiet „Am Berghof“ wird u. a. eine zentrale Wärmeversorgung untersucht. Die Wärme zur Beheizung der Gebäude wird in der Energiezentrale bereitgestellt und über Rohrleitungen an die unterschiedlichen Objekte verteilt. In der Abbildung 10 ist der Standort der möglichen Energiezentrale dargestellt. Weiterhin ist ein denkbarer Verlauf des Wärmenetzes zur Versorgung der einzelnen Objekte eingezeichnet. Die genaue Verortung der Energiezentrale im Parkhaus und die Lage des Wärmenetzes müssten im weiteren Verlauf des Projektes, in der entsprechenden Planungsphase, noch konkretisiert werden. Dies gilt auch für die weiteren betrachteten Varianten.



Abbildung 10: Auszug aus dem Bebauungsplan mit einer möglichen Energiezentrale und Wärmenetz

In den folgenden Abbildungen werden die verschiedenen Erzeugungsvarianten (Luft / Wasser-Wärmepumpe, Sole / Wasser-Wärmepumpe, Hackschnitzel) miteinander verglichen. Die Abbildung 11 zeigt die verschiedenen Investitionskosten der einzelnen Wärmeversorgungsarten.



Abbildung 11: Zentrale Versorgung – Variantenvergleich Investitionskosten (ohne Förderung)

Die Wärmegestehungskosten sind in Abbildung 12 dargestellt. Die Wärmegestehungskosten liefern eine weitere Grundlage für den wirtschaftlichen Vergleich der untersuchten Versorgungsvarianten. Der Wärmegestehungspreis gibt an, welche Kosten der Wärmenetzbetreiber für die Bereitstellung einer Kilowattstunde bereitgestellter Wärme für den Endkunden ausgeben muss. Die Wärmegestehungskosten sind aus diesem Grund neben den Investitionskosten auch von der Höhe der Betriebskosten und der jährlich verkauften Wärmemenge abhängig.

In der Abbildung 13 sind die Treibhausgas-Emissionen der verschiedenen Varianten dargestellt. Wird beim Betrieb von Wärmepumpen der Strommix aus dem öffentlichen Netz bezogen, ist die Wärmeerzeugung mit Hackschnitzeln die Variante mit den geringsten Emissionen. Wird dagegen Strom aus erneuerbaren Energien verwendet, ergibt sich ein entgegengesetztes Bild. Die beiden Wärmepumpenvarianten sind in diesem Fall nachhaltiger im Betrieb.

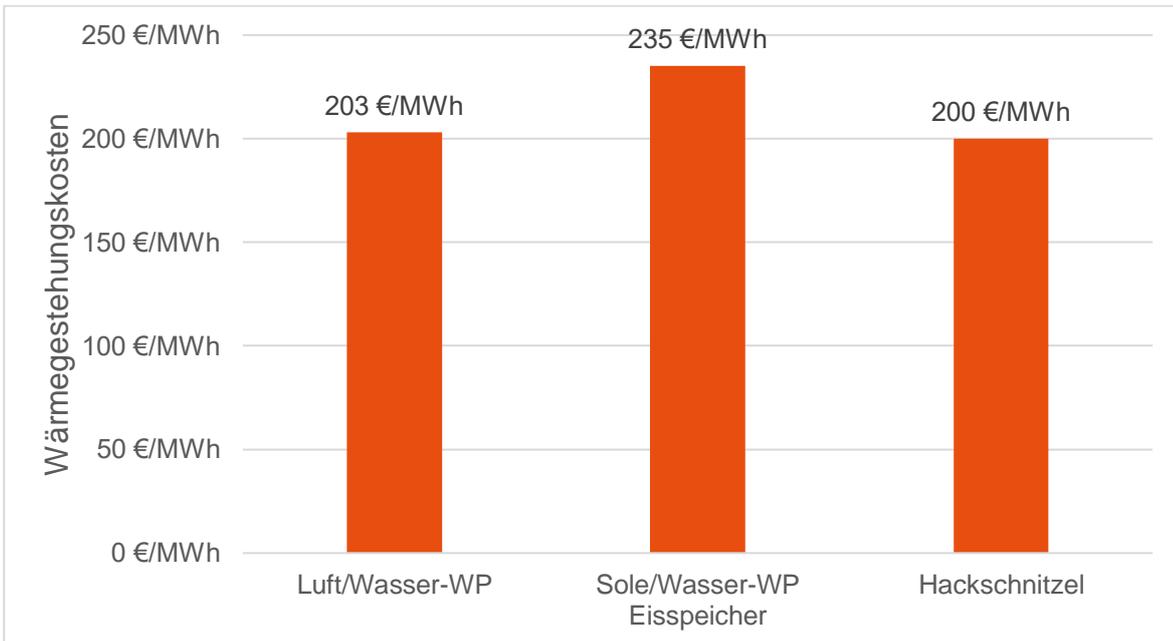


Abbildung 12: Zentrale Versorgung – Variantenvergleich Wärmegestehungskosten

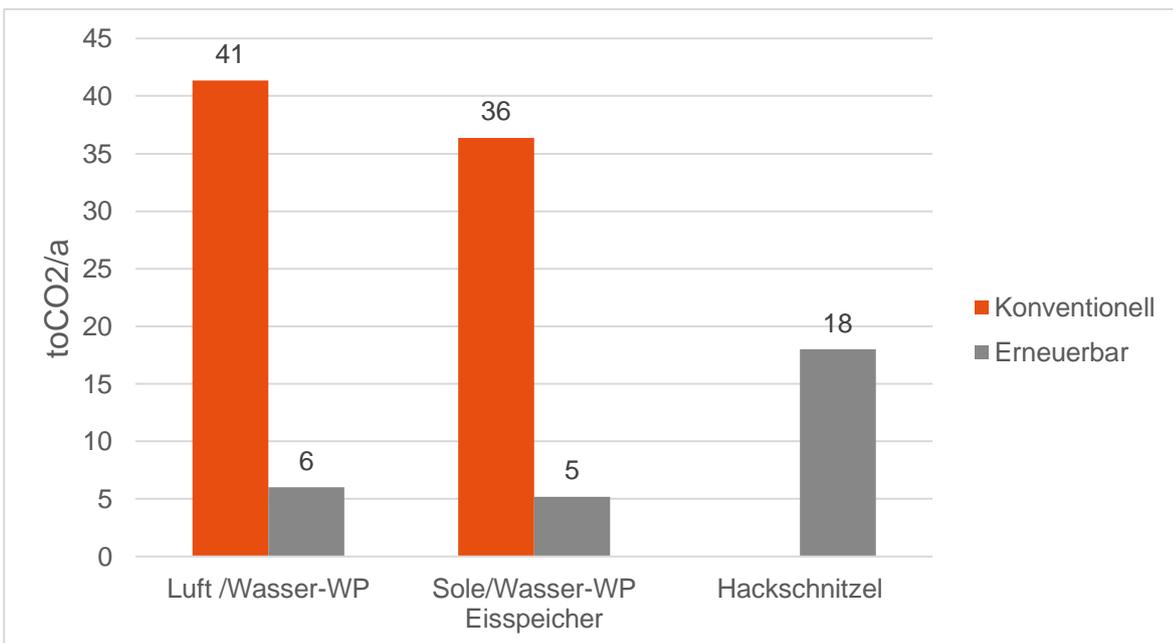


Abbildung 13: Zentrale Versorgung – Variantenvergleich THG-Emissionen

Bei der weiteren Betrachtung werden auch die Wärmenetzverluste der einzelnen Varianten gegenübergestellt. Aufgrund der höheren Netztemperaturen liegen die Verluste bei der Erzeugung mit Hackschnitzeln höher gegenüber den anderen beiden Varianten.

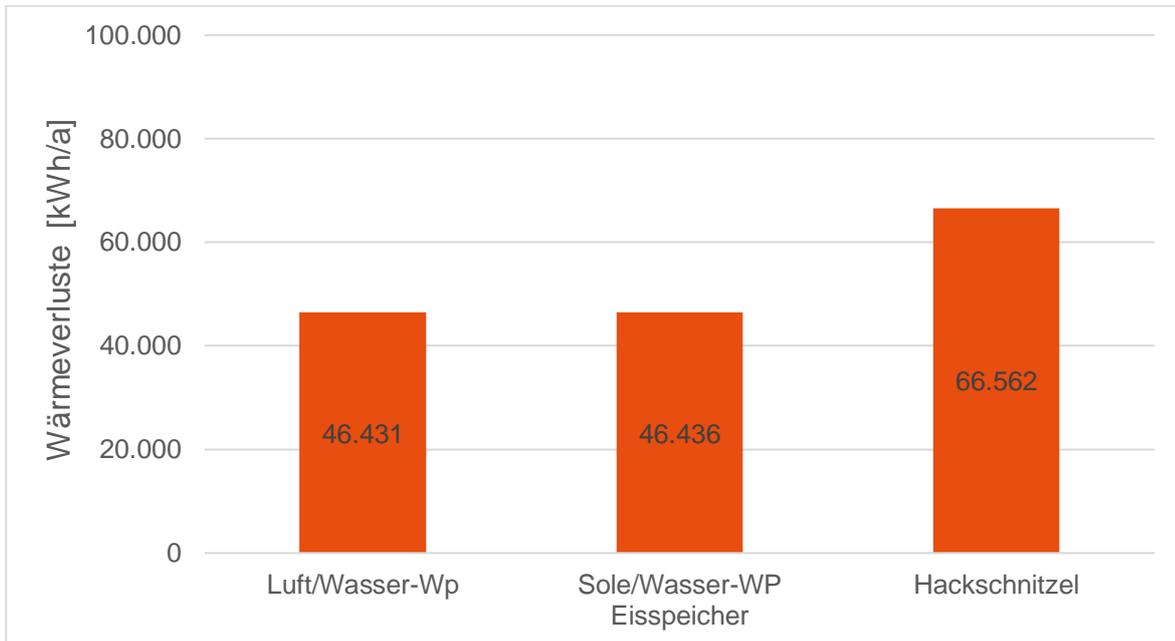


Abbildung 14: Zentrale Versorgung – Variantenvergleich Wärmeverluste Nahwärmenetz

In der Tabelle 6 sind die Größen und der Flächenbedarf der einzelnen Heiz- und Technikzentralen auf einzelne Teilbereiche (Dach, Lager, etc.) aufgliedert. Die Wärmeversorgung über Luft / Wasser-Wärmepumpen benötigt den geringsten Platz, während die Hackschnitzelanlage aufgrund der großen Lagerfläche am größten ausfällt.

Tabelle 6: Flächenbedarf der einzelnen Versorgungsvarianten.

	Fläche [m <sup>2</sup> ] (Technik)		
	Zentrale	Dach	Lager
Luft/Wasser-WP	100	100	0
Sole/Wasser-WP Eisspeicher	200	100	0
Hackschnitzel	150	0	250

## 5.2 Hybride Wärmeversorgung

Für das Neubaugebiet „Am Berghof“ wird auch eine hybride Wärmeversorgung untersucht. Das Neubaugebiet wird zu diesem Zweck in zwei Versorgungsbereiche aufgeteilt. Die Quartiersmitte mit den Mehrfamilienhäusern, den Reihenhäusern und dem Seniorenwohnen wird dabei zentral über eine Energiezentrale versorgt. Die Randgebiete werden in diesem Fall mit dezentralen Wärmeerzeugern in den jeweiligen Objekten beheizt. In der Abbildung 15 ist der Standort der möglichen Energiezentrale dargestellt. Weiterhin ist ein denkbarer Verlauf des Wärmenetzes zur Versorgung der einzelnen Objekte eingezeichnet.



Abbildung 15: Auszug aus dem Bebauungsplan mit einer möglichen Energiezentrale und Wärmenetz

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse wird analog zur „Zentralen Wärmeversorgung“ gemäß Kapitel 5.1. ermittelt. Bis auf die Wärmegestehungskosten – hier ist eine Luft / Wasser-Wärmepumpe günstiger als eine Hack-schnitzelanlage – unterscheiden sich die Ergebnisse nur im absoluten Wert.

In der Abbildung 16 sind die unterschiedlichen Investitionskosten zu sehen. Während in der Abbildung 17 die Wärmegestehungskosten dargestellt sind. Die Abbildung 18 zeigt die entstehenden Treibhausgas-Emissionen der verschiedenen Varianten. Abschließend sind in der Abbildung 19 die Netzverluste visualisiert. Der Größenvergleich der Energiezentralen wird in Tabelle 7 aufgelistet.



Abbildung 16: Hybride Versorgung – Variantenvergleich Investitionskosten (ohne Förderung)

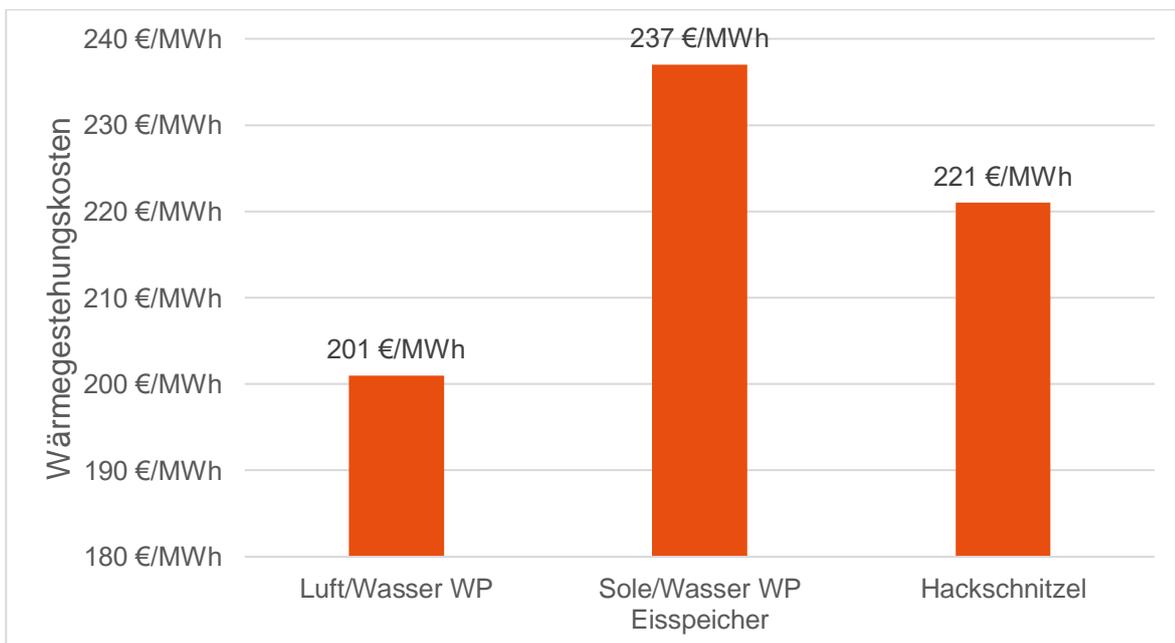


Abbildung 17: Hybride Versorgung – Variantenvergleich Wärmegestehungskosten

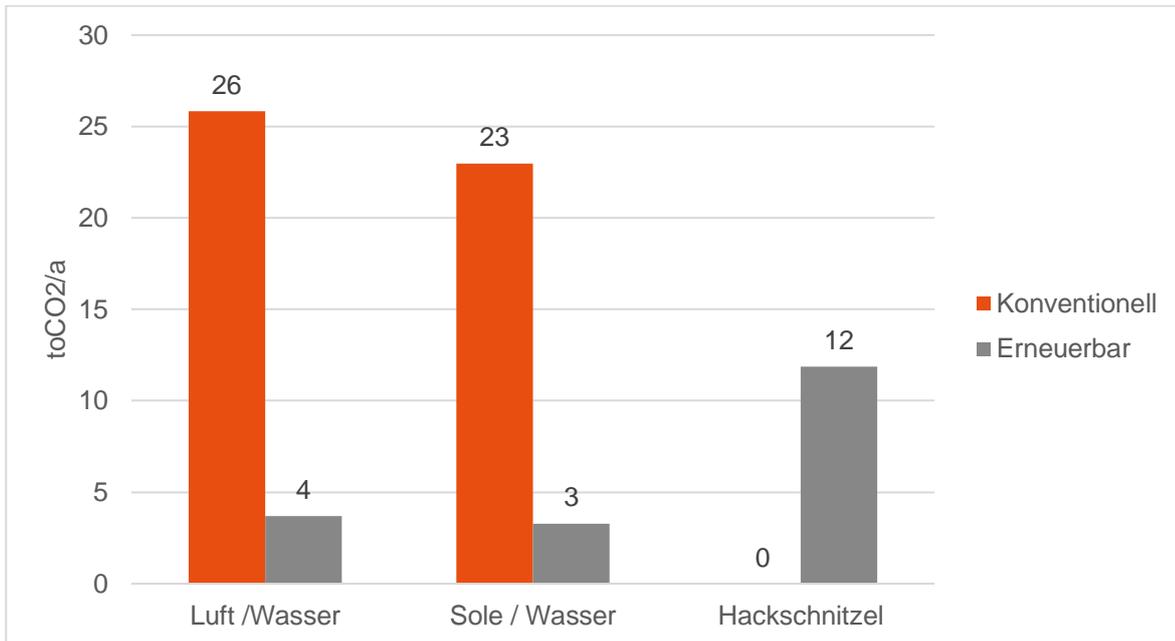


Abbildung 18: Hybride Versorgung – Variantenvergleich THG-Emissionen

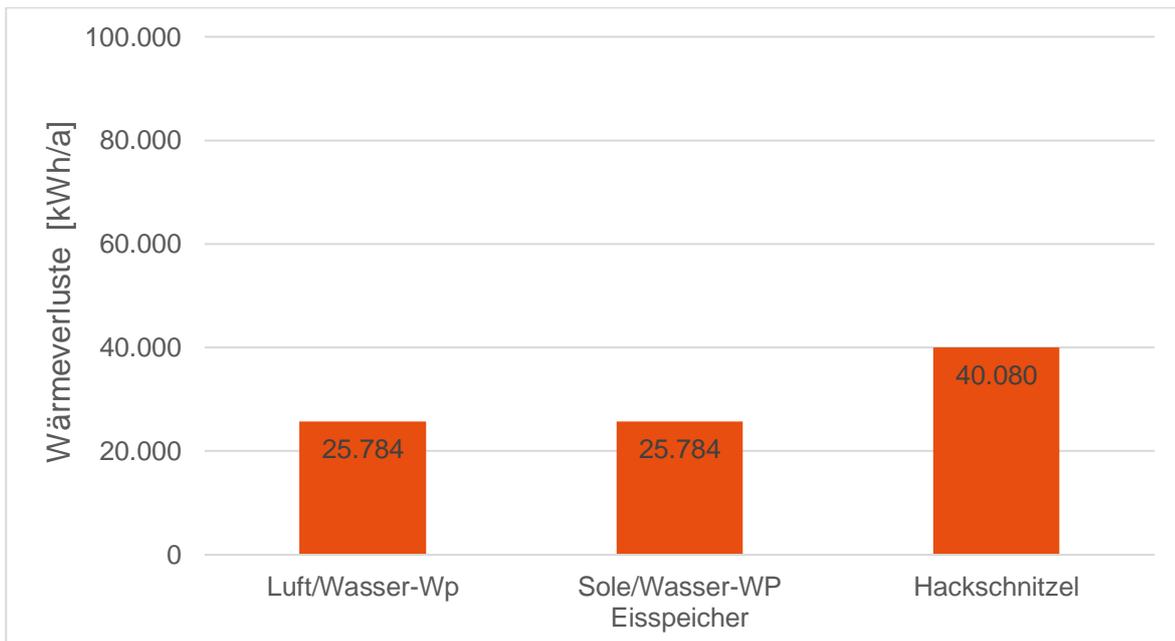


Abbildung 19: Hybride Versorgung – Variantenvergleich Wärmeverluste Nahwärmenetz

Tabelle 7: Flächenbedarf der einzelnen Versorgungsvarianten.

	Fläche [m <sup>2</sup> ] (Technik)		
	Zentrale	Dach	Lager
Luft/Wasser-WP	100	100	0
Sole/Wasser-WP Eisspeicher	200	100	0
Hackschnitzel	150	0	250

### 5.3 Dezentrale Wärmeversorgung

Im Gegensatz zur zentralen oder hybriden Wärmeversorgung des Neubaugebietes wird in den folgenden untersuchten Varianten jedes Gebäude mit einer eigenen Wärmeversorgung ausgestattet. Im Falle des Quartiers sind damit 71 einzelne Heißwasseranlagen gemeint, die den Wärmebedarf für die Heizung und das Trinkwarmwasser (TWW) bereitstellen.

Eine objektbezogene Wärmeerzeugung ist vom Betrieb sehr einfach zu realisieren. Die Hauseigentümer sind für ihre Wärmeerzeugungsanlagen selbst verantwortlich und kümmern sich in Eigenregie – meist in Beauftragung eines geeigneten Fachunternehmens – um die Wartung und die Instandhaltung der technischen Anlagen. Die vermieten Häuser, die im Besitz der Maintal Immobilien Gesellschaft (MIG) verbleiben, müssen auch über die MIG unterhalten werden. Die Wartung und Instandhaltung der Anlagen übernehmen entweder unternehmenseigene Mitarbeiter oder qualifizierte Nachunternehmer.

Die Abbildung 20 und die Abbildung 21 zeigen die Investitions- sowie Vollkosten für „kleinere“ technische Anlagen (Luft / Wasser- und Sole / Wasser-Wärmepumpen, Wasserstoffanlagen) bis zu einer Heizleistung von 12 kW.

Während die Abbildung 22 und die Abbildung 23 die Werte für die verschiedenen Wärmepumpensysteme mit einer größeren thermischen Leistung als 12 kW darstellen. Die Wasserstoffanlage wurde aus dieser Betrachtung herausgenommen, da sie diesen Größenbereich nicht abdeckt.

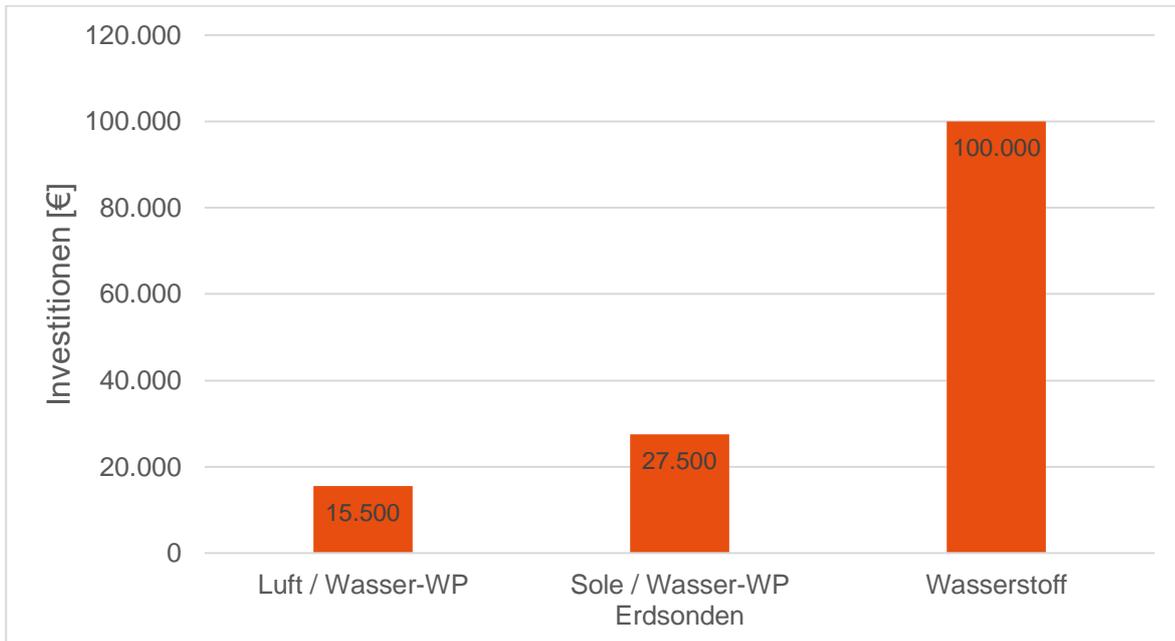


Abbildung 20: Dezentrale Wärmeversorgung (MFH, RH, SW, DHH) – Investitionskosten



Abbildung 21: Dezentrale Wärmeversorgung (MFH, RH, SW, DHH) – Vollkosten

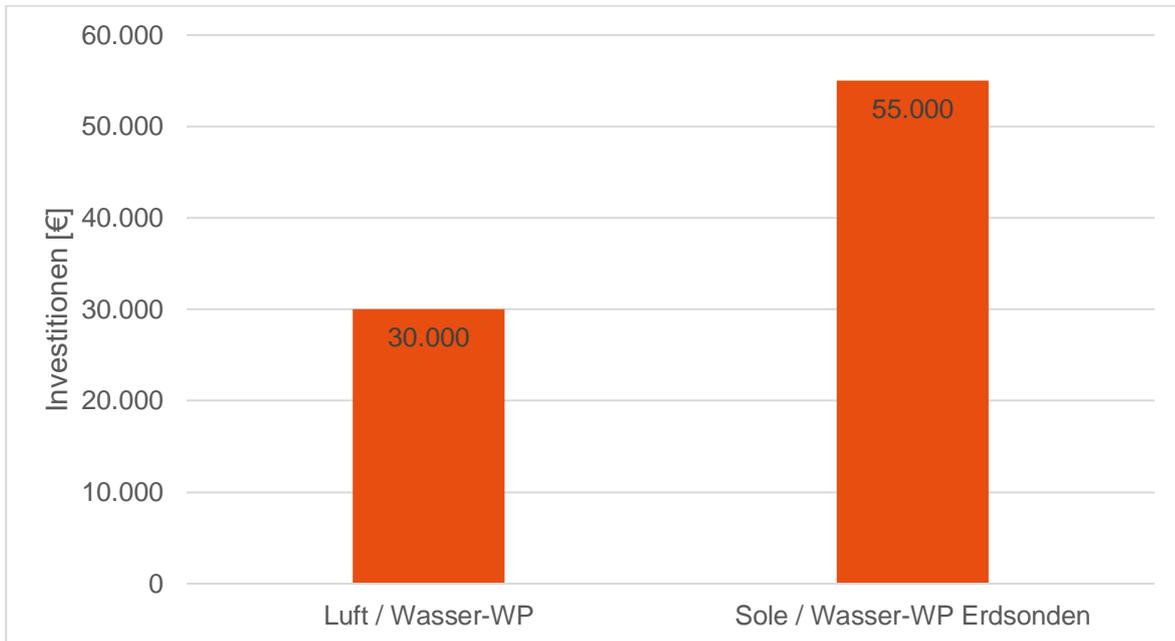


Abbildung 22: Dezentrale Wärmeversorgung (Mehrfamilienhäuser, Kita) – Investitionskosten

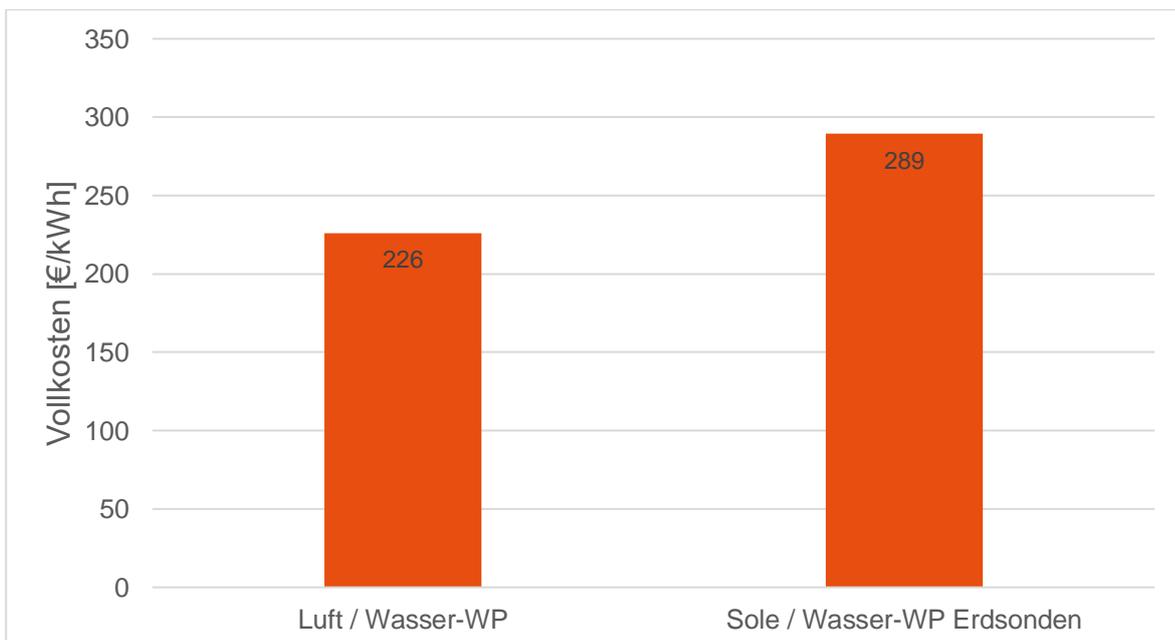


Abbildung 23: Dezentrale Wärmeversorgung (Mehrfamilienhäuser, Kita) – Vollkosten

Die Abbildung 24 zeigt die gesamten absoluten THG-Emissionen des Neubaugebietes (Kita, Doppelhaushälften, Senioren Wohnen, Reihenhäuser, Einfamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser). Die größte Menge an Treibhausgasen stammt aus dem Betrieb mit Luft / Wasser-Wärmepumpen. Eine Wärme- und Stromerzeugung über dezentrale Wasserstoffanlagen führt im Betrieb zu keinen anfallenden THG-Emissionen. Es ist ein autarker Betrieb realisierbar. Einen großen Einfluss auf die Vermeidung von Treibhausgasen hat die Verwendung von Strom aus Erneuerbaren Energien (Ökostrom). Im Vergleich zur Nutzung von Strom, der dem deutschen Strommix zugrunde liegt, sind hier Einsparungen zwischen und 80 und 90 % möglich.

Zusätzlich sind noch die fiktiven THG-Emissionen der fossilen Energieträgern Öl und Gas dargestellt, falls das Wohngebiet flächendeckend damit versorgt werden würde. Hier ist die Einsparung am deutlichsten sichtbar. Absolut würden Treibhausgase von ca. 140 bis 110 Tonnen pro Jahr mehr ausgestoßen werden als bei einem Betrieb mit nachhaltigen Wärmepumpen.

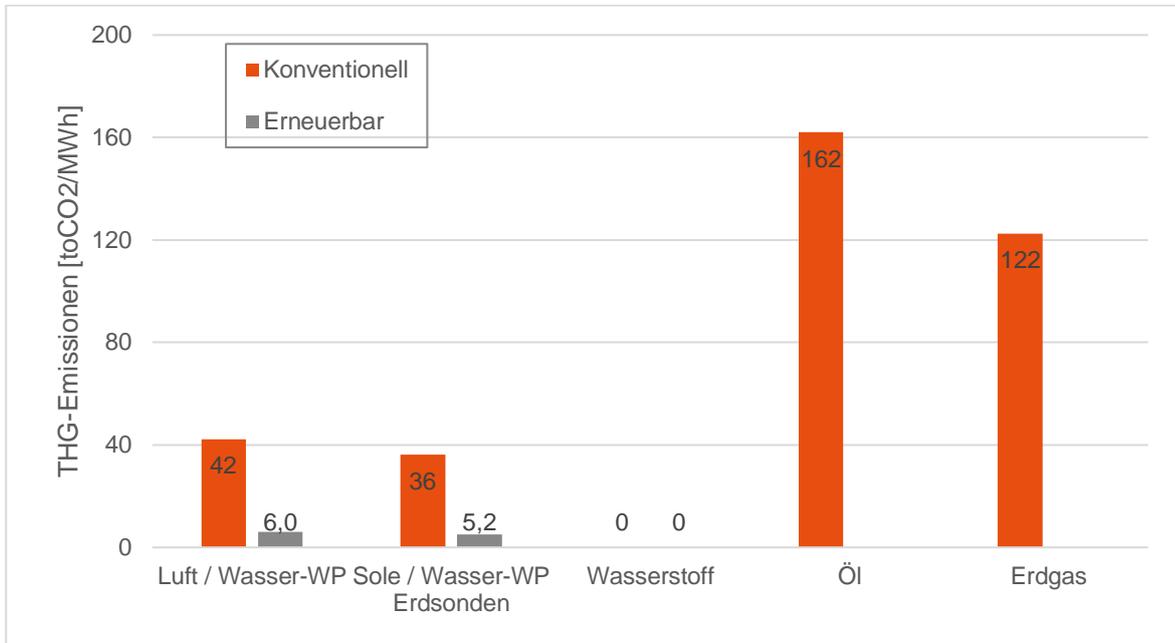


Abbildung 24: Dezentrale Wärmeversorgung (gesamt) – THG-Emissionen

## 5.4 Fazit

Die simulierten und berechneten Ergebnisse zeigen, dass eine mögliche zentrale, hybride oder dezentrale Wärmeversorgung des Wohngebietes ähnliche Bereitstellungskosten und THG-Emissionen für die Energieerzeugung aufweisen.

Tabelle 8: THG-Emissionen für die unterschiedlichen Wärmeerzeugungsarten

Wärmegestehungskosten in €/MWh	Luft/Wasser-WP	Sole/Wasser-WP Eisspeicher	Hackschnitzel
<b>Zentral</b>	203	235	200
<b>Hybrid</b>	201	237 /	221
<b>Dezentral (Durchschnitt)</b>	235	315	n. v.

Tabelle 9: THG-Emissionen für die unterschiedlichen Wärmeerzeugungsarten

THG-Emissionen in toCO <sub>2</sub> /a erneuerbar / konventionell	Luft/Wasser-WP	Sole/Wasser-WP	Hackschnitzel
<b>Zentral</b>	6 / 41	5 / 35	18
<b>Hybrid</b>	6 / 42	5 / 37	14 / 28
<b>Dezentral</b>	6 / 41	5 / 36	n. v.

Aufgrund der lokalen Wertschöpfung sollte die Umsetzung und der Betrieb von möglichen Wärmenetzen vorzugsweise durch die Maintal-Werke GmbH erfolgen. In diesem Zuge ist weiterhin anzumerken, dass die Maintal-Werke aktuell keine Kapazitäten und Expertise haben eine zentrale Wärmeversorgung zu bewerkstelligen. Diese Situation ist bei der Entscheidungsfindung zu berücksichtigen.

### Zentrale Versorgung

Die niedrigsten Wärmegestehungskosten fallen für die Wärmeerzeugung mittels einer Biomasse-Hackschnitzel-Anlage (200 €/MWh) an. Die Kosten für die Bereitstellung mit einer Luft / Wasser-Wärmepumpentechnik liegen bei 203 €/MWh. Die kostenintensivste Methode der Energieerzeugung ist die Versorgung des Wohngebietes mit einer Sole / Wasser-Wärmepumpe, die als Wärmequelle einen Eisspeicher nutzt (235 €/MWh).

Alle drei Varianten schneiden bei der Emittierung von Treibhausgasen sehr gut ab. Die absolute Differenz der unterschiedlichen Erzeugungsarten ist sehr gering und fällt im Vergleich zu fossilen Brennstoffen nicht ins Gewicht. Bei der Verwendung einer Wärmepumpe muss auf die unterschiedlichen Bilanzierungen geachtet werden. Wird der deutsche Strommix angesetzt, ist die Wärmepumpe der größere Emittent als die

Hackschnitzelanlage. Falls es zum Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien kommt, verändern sich die Ergebnisse und die Wärmepumpe schneidet besser ab.

### **Hybride Versorgung**

Bei dieser Umsetzungsmöglichkeit fallen die niedrigsten Wärmegestehungskosten für die Wärmeerzeugung mittels einer Luft / Wasser-Wärmepumpen-Anlage (201 €/MWh) an. Die Kosten für die Bereitstellung mit einer Biomasse-Hackschnitzel-Anlage liegen bei 221 €/MWh. Die kostenintensivste Methode der Energieerzeugung ist wiederum die Nutzung einer Sole / Wasser-Wärmepumpe mit einem Eisspeicher als Wärmequelle (237 €/MWh)

Alle drei Varianten schneiden bei der Emittierung von Treibhausgasen, wie die zentrale Versorgung, sehr gut ab. Die absolute Differenz der unterschiedlichen Erzeugungsarten ist sehr gering und fällt im Vergleich zu fossilen Brennstoffen nicht ins Gewicht. Bei der Verwendung einer Wärmepumpe muss auf die unterschiedlichen Bilanzierungen geachtet werden. Wird der deutsche Strommix angesetzt, ist die Wärmepumpe der größere Emittent als die Hackschnitzelanlage. Falls es zum Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien kommt, verändern sich die Ergebnisse und die Wärmepumpe schneidet besser ab.

### **Dezentrale Versorgung**

Falls jedes Gebäude eine eigene Energieerzeugung besitzt, wird bei der Kostenermittlung aufgrund der nicht-linearen Preisentwicklung der technischen Anlagen in kleine Objekte und große Objekte unterschieden. Die kostengünstigste Variante ist dabei die Verwendung einer Luft / Wasser-Wärmepumpe. Die Vollkosten der Bereitstellung belaufen sich im Mittel auf 235 €/MWh. Kommt eine effizientere Wärmepumpentechnik (Sole / Wasser mit Wärmequelle Erdreich) zum Einsatz erhöhen sich diese mittleren Kosten auf 315 €/MWh. Als Alternative wurde noch die Möglichkeit einer Wärme- und Stromerzeugung mit einem Wasserstoffspeicher vorgestellt. Diese Art der Erzeugung ist jedoch deutlich teurer (988 €/MWh) und würde nur bei Einfamilienhäusern angewendet werden können. Auf die Kostendarstellung des Energieträgers Biomasse wird in diesem Fall verzichtet, aufgrund der erhöhten dezentralen Feinstaubbelastung durch die Verbrennungsprozesse.

### **PV-Nutzung**

Werden die gesamten solaren PV-Gewinne des Wohngebietes dem gesamten elektrischen Bedarf gegenübergestellt, ist zu erkennen, dass die Stromerzeugung durch PV-Anlagen größer ist als der Strombedarf. Aufgrund der verschiedenen Lastgänge von Stromerzeugung und -bedarf kann das Wohngebiet nicht komplett autark betrieben werden. Es muss in Zeiten ohne Sonnenstunden, Energie aus dem öffentlichen Netz eingespeist werden. Auch die Verwendung von dezentralen Batteriespeichern, wie z. B. E-Autos, können den Autarkiegrad erhöhen, aber nicht vollständig sicherstellen. An Sommertagen ist es denkbar, eine komplette Autarkie mittels Speicherung zu realisieren.

## **Empfehlung**

Eine zentrale oder hybride Wärmebereitstellung bietet sich für eine Ansammlung von mehreren Gebäuden an, die nach dem gesetzlich vorgeschriebenen Mindestenergiestandard (Effizienzhaus 55) errichtet werden. Im Falle einer hybriden Versorgung müsste z. B. die Quartiersmitte (Mehrfamilienhäuser, Reihenhäuser, Seniorenwohnungen) komplett im Effizienzhausstandard 55 realisiert werden. Die restlichen Objekte am Rand des Wohngebietes würden mit einem höheren Energiestandard entwickelt werden und damit jeweils eine dezentrale Wärmeerzeugung erhalten. Diese Umsetzung steht aber im Widerspruch zu den Vorgaben, die die Stadt Maintal an Neubauten für Mehrfamilienhäuser stellt (Mindestanforderung EH 40).

Wird ein höherer Energiestandard (EH 40 oder Passivhaus) einiger oder aller Objekte im Wohngebiet angestrebt, ist aufgrund des niedrigeren Energiebedarfs ein Wärmenetz, mit den untersuchten Erzeugungsvarianten, wirtschaftlich nicht mehr darstellbar. Eine dezentrale Wärmeversorgung ist daher umzusetzen.

## Literaturverzeichnis

- [1] Lage des Wohngebietes „Am Berghof“. [Online]. 10 2023. Open Street Maps.
- [2] Planungsbüro Fischer. Städtebauliches Konzept „Am Berghof“. Erläuterungen. [20210527\_MagV\_0071\_2021\_AnI 06\_Erläuterungstext.pdf]. 13.10.2021
- [3] Planungsbüro Fischer. Städtebauliches Konzept „Am Berghof“. Erschließungsvariante F. [Erschließungsvariante\_F\_Am\_Berghof-Erschließungsvariante.pdf]. 07.05.2021
- [4] Wohnen in Deutschland - Zusatzprogramm des Mikrozensus 2018. Statistisches Bundesamt. [Online] 06 2023. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/Publikationen/Downloads-Wohnen/wohnen-in-deutschland-5122125189005.html>
- [5] WHY Project. [Online] 06.2023. <https://www.why-h2020.eu/>
- [6] Testreferenzjahre (TRY). Deutscher Wetterdienst. [Online]. <https://www.dwd.de/DE/leistungen/testreferenzjahre/testreferenzjahre.html>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lages des Wohngebietes „Am Berghof“ [1] .....	3
Abbildung 2: Auszug aus dem Bebauungsplan (Erschließungsvariante F) [3] .....	4
Abbildung 3: Thermischer Energiebedarf des Neubaugebietes für Heizung und Warmwasser .....	6
Abbildung 4: Benötigte Leistung des Neubaugebietes für Heizung und Wasser im Jahresverlauf .....	6
Abbildung 5: Elektrischer Energiebedarf des Neubaugebietes .....	7
Abbildung 6: Wärmebedarf des Neubaugebietes - Vergleich von unterschiedlichen Baustandards .....	8
Abbildung 7: Gegenüberstellung PV-Ertrag und elektrischer Energiebedarf .....	10
Abbildung 8: Gegenüberstellung der Jahressumme PV-Ertrag und Energiebedarf .....	10
Abbildung 9: Variantenmatrix mit Erzeugungsvarianten .....	12
Abbildung 10: Auszug aus dem Bebauungsplan mit einer möglichen Energiezentrale und Wärmenetz .....	13
Abbildung 11: Zentrale Versorgung – Variantenvergleich Investitionskosten (ohne Förderung) .....	14
Abbildung 12: Zentrale Versorgung – Variantenvergleich Wärmegestehungskosten .....	15
Abbildung 13: Zentrale Versorgung – Variantenvergleich THG-Emissionen .....	15
Abbildung 14: Zentrale Versorgung – Variantenvergleich Wärmeverluste Nahwärmenetz .....	16
Abbildung 15: Auszug aus dem Bebauungsplan mit einer möglichen Energiezentrale und Wärmenetz .....	17
Abbildung 16: Hybride Versorgung – Variantenvergleich Investitionskosten (ohne Förderung) .....	18
Abbildung 17: Hybride Versorgung – Variantenvergleich Wärmegestehungskosten .....	18
Abbildung 18: Hybride Versorgung – Variantenvergleich THG-Emissionen .....	19
Abbildung 19: Hybride Versorgung – Variantenvergleich Wärmeverluste Nahwärmenetz .....	19

Abbildung 20: Dezentrale Wärmeversorgung (MFH, RH, SW, DHH) – Investitionskosten .....	21
Abbildung 21: Dezentrale Wärmeversorgung (MFH, RH, SW, DHH) – Vollkosten.....	21
Abbildung 22: Dezentrale Wärmeversorgung (Mehrfamilienhäuser, Kita) – Investitionskosten .....	22
Abbildung 23: Dezentrale Wärmeversorgung (Mehrfamilienhäuser, Kita) – Vollkosten.....	22
Abbildung 24: Dezentrale Wärmeversorgung (gesamt) – THG-Emissionen .....	23

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gebäude im Neubaugebiet „Am Berghof“.....	4
Tabelle 2: Energetische Auswertung – Thermische Energie (WHY-Datensätzen).....	5
Tabelle 3: Energetische Auswertung – Elektrische Energie .....	7
Tabelle 4: Energieeffizienzstandards – Vergleich spezifischer Wärmeverbrauch.....	8
Tabelle 5: Spezifische Daten der nutzbaren PV-Fläche .....	9
Tabelle 6: Flächenbedarf der einzelnen Versorgungsvarianten.....	16
Tabelle 7: Flächenbedarf der einzelnen Versorgungsvarianten.....	20
Tabelle 8: THG-Emissionen für die unterschiedlichen Wärmeerzeugungsarten .....	24
Tabelle 9: THG-Emissionen für die unterschiedlichen Wärmeerzeugungsarten .....	24