



## Erneuerbare Wärme im Quartier – Netzgebundene Versorgung

# Zeilenbebauung

## Sanierungszustand ambitioniert

Das Musterquartier besteht aus vier- bis sechsgeschossigen Zeilenbauten mit mittlerer Baudichte und großzügigen Freiflächen. Dieser Siedlungstyp ist meist am Stadtrand gelegen und wurden vor allem in den 1950er Jahren gebaut.

### Ausgangslage und Annahmen

Die Gebäude sind gut bis sehr gut saniert. Dadurch haben sie einen mittleren spezifischen Wärmebedarf von 75 kWh je m<sup>2</sup> und Jahr, was der Energieeffizienzklasse B bis C entspricht. Die Fläche je Wohneinheit beträgt 70 m<sup>2</sup>. Insgesamt besteht das Musterquartier aus 10 Gebäuden mit jeweils 30 Wohneinheiten.

Die energetisch nutzbare Freifläche des Quartiers beträgt etwa 50 Prozent der gesamten Quartiersfläche. Diese Freifläche liegt überwiegend auf privatem Grund, der in der Regel einer Einzeleigentümerin bzw. einem Einzeleigentümer gehört.

Folgende fünf Versorgungsvarianten zur Erfüllung der GEG-Anforderungen nach § 71 ff. werden für ein Quartier dieses Siedlungstyps betrachtet. Alle Varianten werden durch einen Gaskessel für die Spitzenlast ergänzt.

- Dezentrale Luftwärmepumpen mit Photovoltaik
- Wärmenetz mit zentraler Wärmepumpe (Luft)
- Wärmenetz mit zentraler Wärmepumpe (Luft und Geothermie)
- Wärmenetz mit Blockheizkraftwerk und zentraler Wärmepumpe (Luft)
- Wärmenetz mit zentraler Wärmepumpe (Luft und Eisspeicher)

Diese Varianten werden auf den folgenden Seiten näher beschrieben. Im Anschluss werden die Ergebnisse einer Wirtschaftlichkeitsberechnung sowie ökologische Faktoren vergleichend gegenübergestellt.

Die dargestellten Versorgungsvarianten sind gängige Lösungen, die jeweils ihre Vor- und Nachteile haben. Sie sollen Anregung geben und aufzeigen, welche Technologien zur Versorgung mit erneuerbaren Energien möglich sind. In realen Quartieren müssen die Gegebenheiten vor Ort in die Auswahl eines geeigneten Konzepts einbezogen werden.

Vor der Detailplanung der Wärmeversorgung sollte der konkrete Standort deshalb auf Hemmnisse untersucht werden. Zu wenig verfügbare Flächen oder vorhandene Trinkwasserschutzzonen können die Machbarkeit der Versorgungslösung maßgeblich beeinflussen und sollten daher frühzeitig berücksichtigt werden.

In allen Varianten, sowohl bei den zentralen als auch bei der dezentralen, wird das gesamte Musterquartier mit einem Wärmebedarf von 1.575 MWh pro Jahr betrachtet. Die Vorlauftemperatur der Heizungen beträgt 55 °C. Damit können im sanierten Gebäudebestand sowohl Fußbodenheizungen als auch Heizkörper betrieben werden.

Bisher wurde der Wärmebedarf des Musterquartiers überwiegend dezentral über Gaskessel gedeckt. Für das Quartier wird angenommen, dass die technische Lebensdauer noch nicht erreicht ist, sodass die Gaskessel bei der dezentralen Variante als Spitzenlastkessel weiter in Betrieb bleiben können.

Bei einer dezentralen Versorgung über Wärmepumpen können die einzelnen Gebäude höhere Anschlussleistungen bei ihrem Stromanschluss benötigen. Hier sollte frühzeitig mit dem zuständigen Netzbetreiber abgestimmt werden, zu welchem Zeitpunkt der Netzanschluss erfolgen kann.

Für die dezentrale Versorgung wird Photovoltaik-Strom von einer Aufdachanlage des jeweiligen Gebäudes berücksichtigt. Hierfür wird eine Dachfläche von jeweils 346 m<sup>2</sup> in Südausrichtung angenommen. Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass 50 Prozent dieser Dachfläche mit Photovoltaik belegt werden. Batteriespeicher werden nicht berücksichtigt, können sich aber positiv auf den Eigenstromverbrauch auswirken und ihr Einsatz ist im Einzelfall zu prüfen.

Neben der dezentralen Erzeugung im jeweiligen Gebäude kann der Wärmebedarf auch aus zentraler Erzeugung über ein Wärmenetz gedeckt werden. Die Errichtung eines Wärmenetzes geht mit entsprechenden Kosten und Zeiträumen für die Verlegung einher.

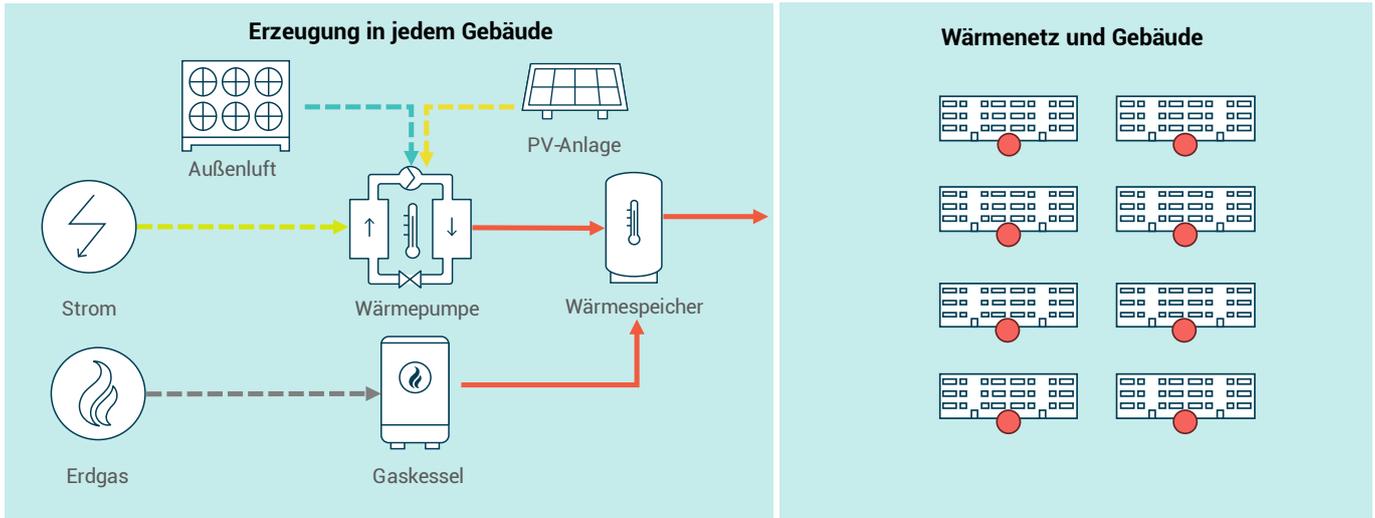
Das Musterquartier wird bei den zentralen Versorgungsvarianten über ein Wärmenetz mit einer Länge von 500 m bei einer mittleren Netztemperatur von 60 °C angeschlossen. Die mittlere Baudichte und der mittlere Wärmebedarf führen zu einer Wärmeliniendichte des Nahwärmenetzes von 3,34 MWh/m\*a.

In allen Varianten werden Pufferspeicher zur Betriebsoptimierung angenommen. Sie sind auf eine Versorgung für etwa 1,5 Stunden ausgelegt. So kann der Betrieb der Wärmeerzeuger flexibilisiert werden, sodass Taktungen, also das wiederholte An- und Ausschalten der Anlage, reduziert werden können. Dies erhöht die Lebensdauer der Anlage.

In der folgenden Tabelle werden die variantenübergreifenden Annahmen für das Quartier zusammengefasst.

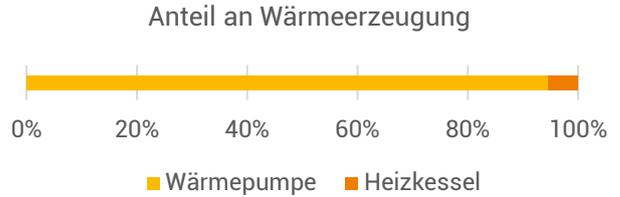
<b>Zeilenbausiedlung</b>	
Sanierungszustand	ambitioniert
Wohneinheiten	300
Fläche je Wohneinheit	70 m <sup>2</sup>
Spezifischer Wärmebedarf	75 kWh/m <sup>2</sup> a
davon Trinkwarmwasserbedarf	12,5 kWh/m <sup>2</sup> a
Länge des Wärmenetzes	500 m
Wärmeliniendichte	3,34 MWh/m
Vor-/Rücklauftemperaturen	55/40 °C

# 1 Dezentrale Luftwärmepumpen mit Photovoltaik

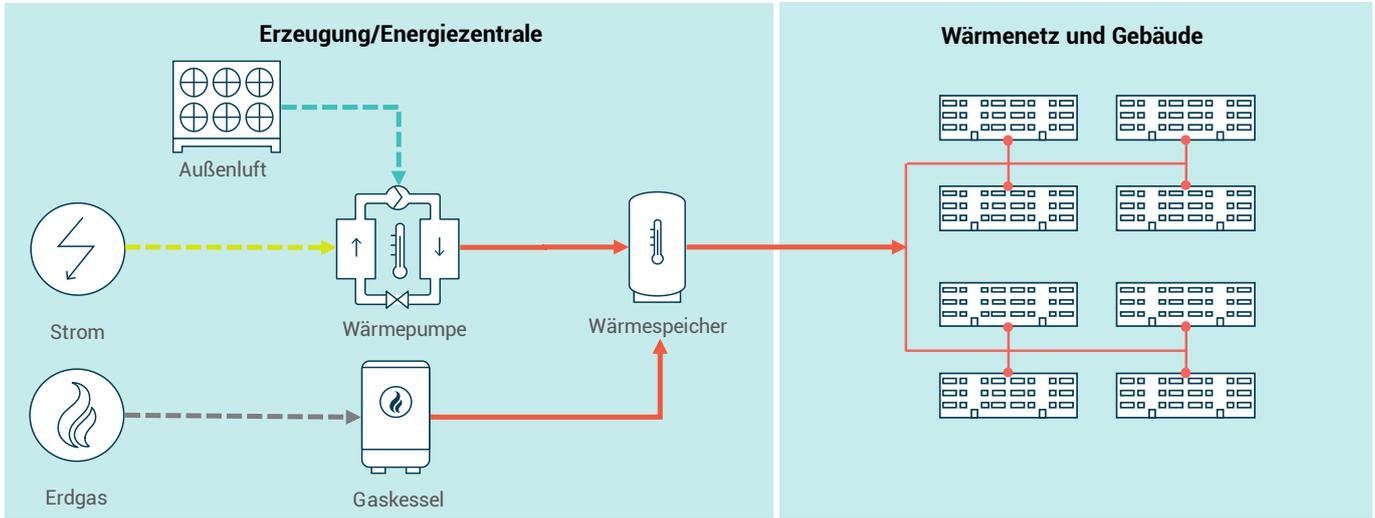


Bei der dezentralen Versorgungsvariante wird in jedem Gebäude eine auf den individuellen Raumwärme- und Trinkwarmwasserbedarf ausgelegte Luftwärmepumpe installiert. Darüber hinaus wird der Strom einer Photovoltaik-Anlage auf dem Dach des Gebäudes zum Betrieb der Wärmepumpe genutzt.

Anlagenkonfiguration	
Thermische Leistung Wärmepumpe	39 kW
Thermische Leistung Gaskessel	80 kW
Volumen Wärmespeicher	2 m <sup>3</sup>

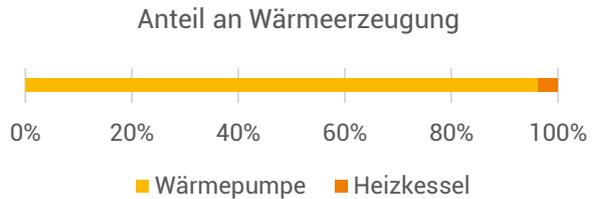


# 2 Wärmenetz mit zentraler Wärmepumpe (Luft)

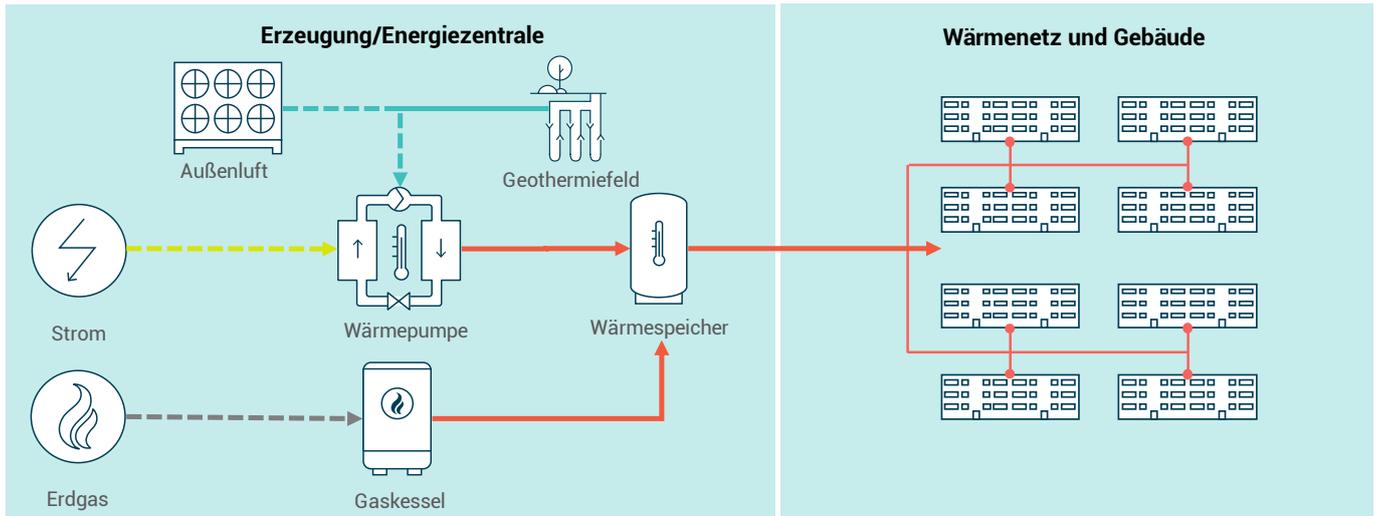


Bei dieser Variante erfolgt die Wärmeversorgung des Quartiers über eine zentrale Luftwärmepumpe und einen Gaskessel. Die Wärmeerzeuger speisen in ein Nahwärmenetz ein, über das die einzelnen Gebäude mit Wärme versorgt werden.

Anlagenkonfiguration	
Thermische Leistung Wärmepumpe	450 kW
Thermische Leistung Gaskessel	860 kW
Volumen Wärmespeicher	20 m <sup>3</sup>

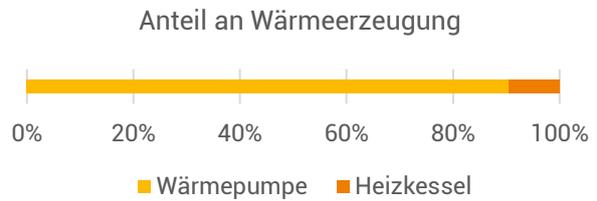


### 3 Wärmenetz mit zentraler Wärmepumpe (Luft und Geothermie)

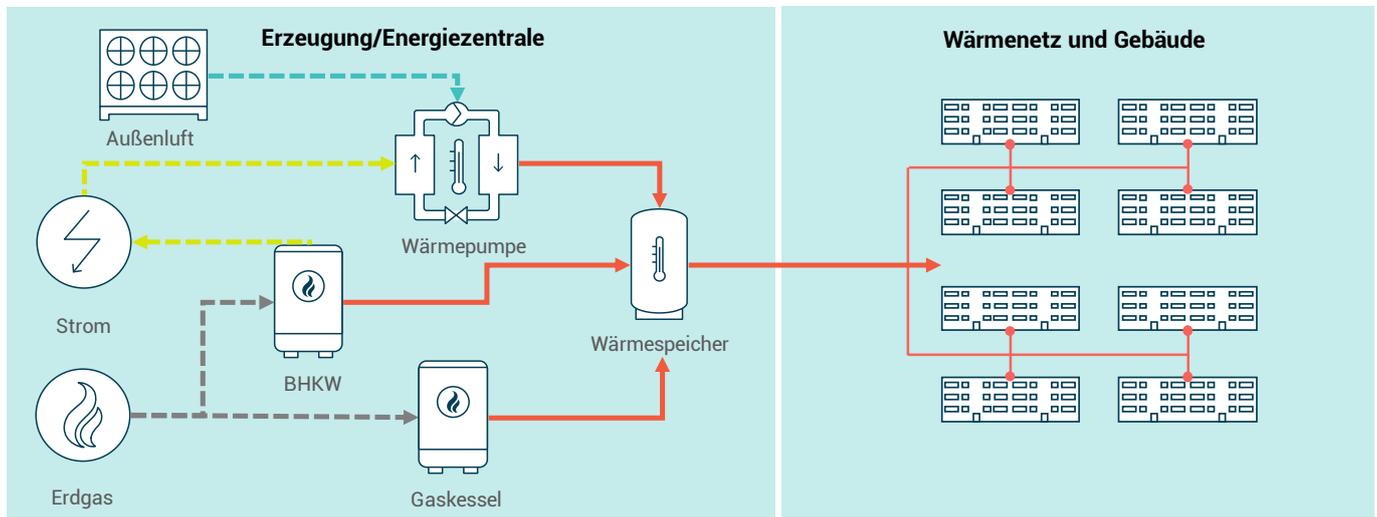


Bei dieser Variante erfolgt die Wärmeversorgung des Quartiers wie bei Variante 2 über eine zentrale Wärmepumpe und einen Gaskessel. Als Wärmequelle wird neben der Außenluft ein Erdsondenfeld genutzt.

Anlagenkonfiguration	
Thermische Leistung Wärmepumpe	204 kW
Anzahl Erdsonden	64
Thermische Leistung Gaskessel	860 kW
Volumen Wärmespeicher	20 m <sup>3</sup>

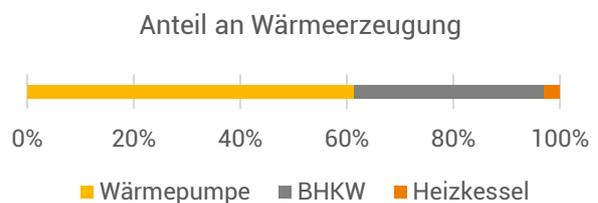


### 4 Wärmenetz mit Blockheizkraftwerk und zentraler Wärmepumpe (Luft)

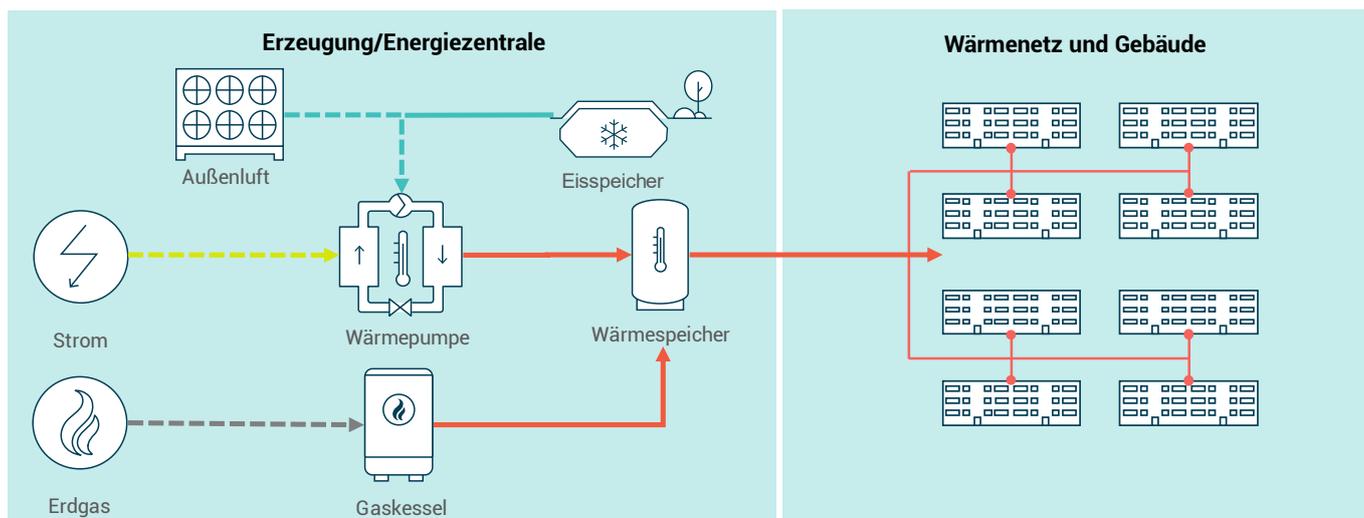


Bei dieser Variante erfolgt die Wärmeversorgung des Quartiers über eine zentrale Luftwärmepumpe, ein Blockheizkraftwerk (BHKW) und einen Gaskessel.

Anlagenkonfiguration	
Thermische Leistung Wärmepumpe	180 kW
Elektrische Leistung BHKW	126 kW
Thermische Leistung BHKW	202 kW
Thermische Leistung Gaskessel	860 kW
Volumen Wärmespeicher	20 m <sup>3</sup>

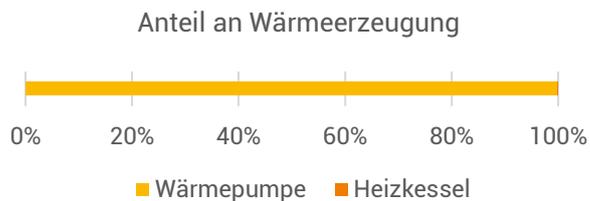


## 5 Wärmenetz mit zentraler Wärmepumpe (Luft und Eisspeicher)



Bei dieser Versorgungsvariante nutzt die zentrale Wärmepumpe zwei Wärmequellen, ähnlich wie bei Variante 3. Zusätzlich zur Außenluft wird hier ein Eisspeicher eingesetzt. Ergänzt wird die Variante durch einen Gaskessel.

Anlagenkonfiguration	
Thermische Leistung Wärmepumpe	530 kW
Volumen Eisspeicher	600 m <sup>3</sup>
Thermische Leistung Gaskessel	860 kW
Volumen Wärmespeicher	20 m <sup>3</sup>

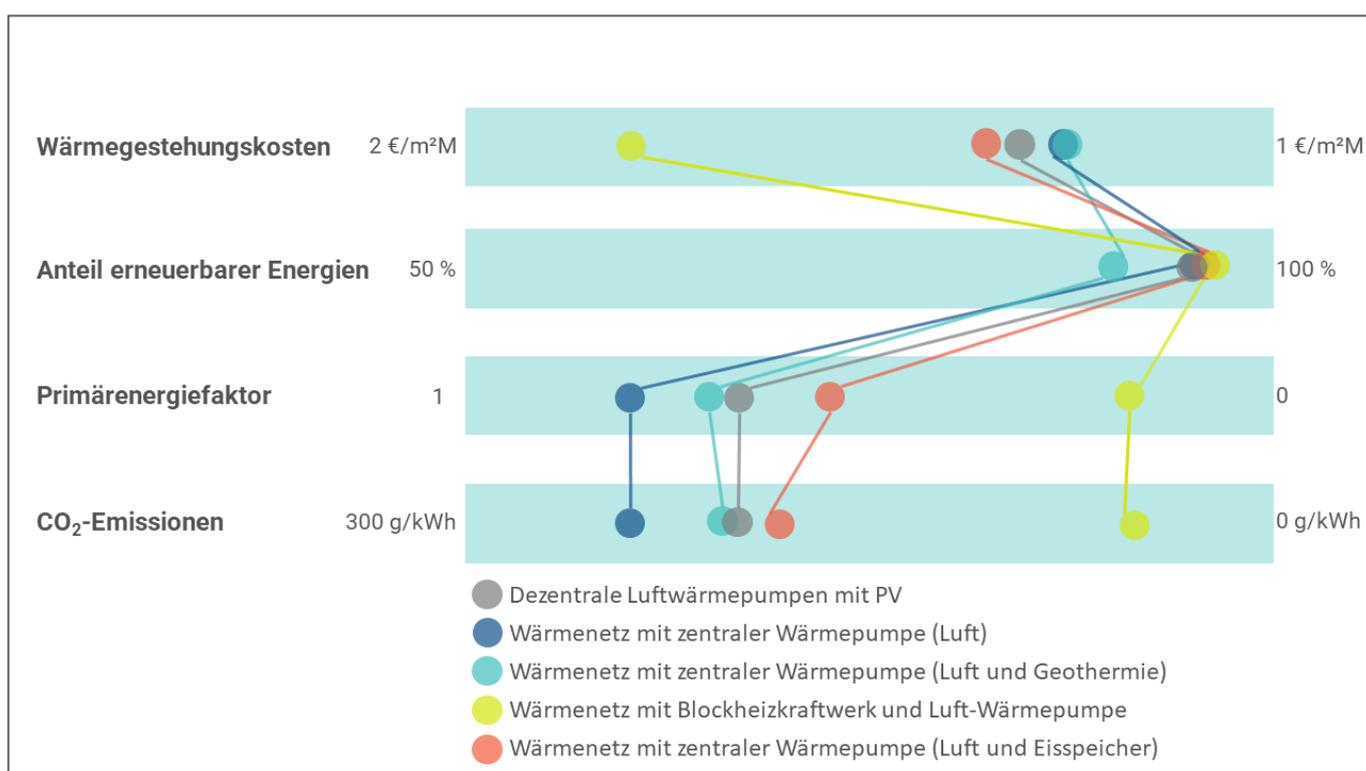
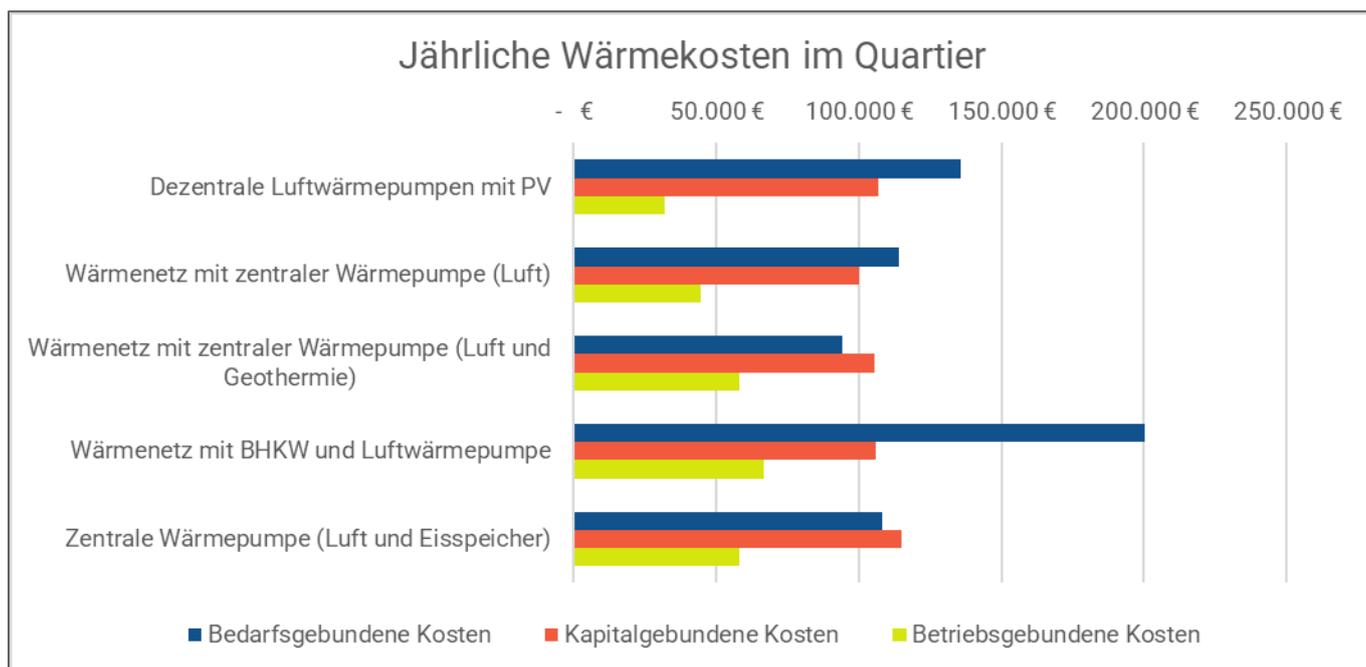


## Ergebnisse des Variantenvergleichs

Die vorgestellten Versorgungsvarianten werden im Hinblick auf ökonomische und ökologische Kriterien verglichen. Für die Ermittlung ökonomischer Kennzahlen wird die VDI 2067 herangezogen. So werden durchschnittliche jährliche Kosten über 20 Jahre ermittelt. Dabei werden die Kosten in kapitalgebundene Kosten (Investitionen), betriebsgebundene Kosten (Wartung und Instandhaltung) sowie bedarfsgebundene Kosten (Brennstoffkosten) unterteilt. Aus den jährlichen Kosten und dem Wärmebedarf ergeben sich die Wärmegestehungskosten.

Für die zentralen Varianten wird die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) berücksichtigt, für die dezentrale Variante die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG).

Als ökologische Kennzahlen werden neben dem Anteil an erneuerbaren Energien der Primärenergiefaktor und die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen ermittelt. Als Berechnungsgrundlage wird hierbei die Methodik des GEG angewendet, sodass für das Blockheizkraftwerk die Stromgutschriftmethode genutzt wird.



## Wärmekosten

Die geringsten Wärmegestehungskosten weisen die zentralen Varianten mit Luftwärmepumpe sowie Wärmepumpe mit Luft und Geothermie auf. Im Vergleich zur dezentralen Variante zeigen sich Kostenersparnisse durch den Quartiersansatz bei entsprechender Wahl der Wärmequelle für die zentrale Wärmepumpe.

Der blaue Balken der bedarfsgebundenen Kosten ist bei allen Varianten mit ausschlaggebend für die Kosten der Wärmeerzeugung. Im Vergleich zum roten Balken der kapitalgebundenen Kosten, der ebenfalls einen großen Anteil der jährlichen Wärmekosten ausmacht, ist anzumerken, dass die bedarfsgebundenen Kosten volatiler sind. Während die Investitionen zu Beginn getätigt werden, muss der Brennstoff in jedem Jahr zu den dann geltenden Preisen eingekauft werden. Dieses Risiko der Brennstoffpreise sollte bei der Entscheidung für eine solche Variante bedacht werden. Auch die Bezugspreise des Stroms für die Wärmepumpen können schwanken. Allerdings bringt der hohe Anteil an Umweltwärme eine größere Stabilität in die Wärmegestehungskosten dieser Varianten.

## Anteil erneuerbarer Energien

Alle Varianten liegen deutlich über den erforderlichen 65 Prozent erneuerbare Energien. Den höchsten Anteil erreicht die Versorgungsvariante mit BHKW. Den zweithöchsten Anteil erreicht die Variante mit Luft und Eispeicher. Hier kann, je nach Jahreszeit, die dann effizienteste Quelle genutzt werden, sodass der Anteil an zusätzlicher Wärmeerzeugung, sei es durch einen Gaskessel oder einen direktelektrischen Wärmeerzeuger, auf ein Minimum reduziert werden kann.

## Primärenergiefaktor

Aufgrund der gesetzlich vorgeschriebenen Allokationsmethode weist die Variante mit BHKW durch die Stromgutschrift den niedrigsten Primärenergiefaktor auf. Der Primärenergiefaktor der Wärmepumpen wird vorrangig durch den Strombezug aus dem Netz bestimmt. Es ist zu erwarten, dass er bei gleichem Erzeugungsprofil durch einen höheren Anteil an Strom aus erneuerbaren Energien bis 2045 weiter sinken wird.

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

Wie beim Primärenergiefaktor weist die Variante mit BHKW aufgrund der Stromgutschrift auch die geringsten spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf. Genauso wie beim Primärenergiefaktor ist auch hier zu erwarten, dass die mit dem Strombezug verbundenen Emissionen zukünftig geringer ausfallen werden.

## Vor- und Nachteile

Abschließend sind einige Vor- und Nachteile der verschiedenen Varianten zusammengefasst.

			
<b>1 Dez. Luft-WP + PV</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoher Anteil an erneuerbarer Wärme</li> <li>Synergieeffekte zwischen Wärmepumpe und PV-Anlage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geringste Förderquote</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unter Umständen Stromnetzausbau erforderlich</li> <li>Zulässige Schallemissionen der Wärmepumpen beachten</li> </ul>
<b>2 Netz Luft-WP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoher Anteil an erneuerbarer Wärme</li> <li>Förderquote am höchsten (BEW-förderfähig)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Investitionskosten (Wärmenetz)</li> <li>CO<sub>2</sub>-Emissionen und Primärenergiefaktor am höchsten</li> <li>Bau Nahwärmenetz erforderlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flächenverfügbarkeit für Energiezentrale erforderlich</li> <li>Ein Betreiber muss gesucht werden</li> <li>Zulässige Schallemissionen der Wärmepumpe beachten</li> </ul>
<b>3 Netz Geo/Luft-WP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Niedrigste Wärmegestehungskosten</li> <li>Flexible Betriebsweise hinsichtlich der Wahl der Wärmequelle</li> <li>Förderquote am höchsten (BEW-förderfähig)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Investitionskosten (Wärmenetz, Erdwärmesonden)</li> <li>Geringster Anteil an erneuerbarer Wärme</li> <li>Bau Nahwärmenetz erforderlich</li> <li>Hoher Flächenbedarf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flächenverfügbarkeit für Energiezentrale und Erdsondenfeld erforderlich</li> <li>Genehmigung Erdsonden erforderlich</li> <li>Ein Betreiber muss gesucht werden</li> <li>Zulässige Schallemissionen der Wärmepumpe beachten</li> </ul>
<b>4 Netz BHKW + Luft-WP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geringste CO<sub>2</sub>-Emissionen und niedrigster Primärenergiefaktor durch gesetzlich vorgeschriebene Allokationsmethode (Stromgutschrift)</li> <li>Höchster Anteil an erneuerbarer Wärme</li> <li>Synergieeffekte durch BHKW-Eigenstromnutzung für die Wärmepumpe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Investitionskosten (Wärmenetz)</li> <li>Bau Nahwärmenetz erforderlich</li> <li>Platzbedarf in der Energiezentrale</li> <li>Höchste Wärmegestehungskosten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flächenverfügbarkeit für Energiezentrale erforderlich</li> <li>Betreiber muss gesucht werden</li> <li>Zulässige Schallemissionen der Wärmepumpe beachten</li> </ul>
<b>5 Netz Luft-WP + Eisspeicher</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Effizienz und Flexibilität</li> <li>Hoher Anteil an erneuerbarer Wärme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zusätzlicher Flächenbedarf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unter Umständen Baugenehmigung Eisspeicher erforderlich</li> </ul>



**Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz**

Die Veröffentlichung dieser Publikation erfolgt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) unterstützt die Bundesregierung in verschiedenen Projekten zur Umsetzung der energie- und klimapolitischen Ziele im Rahmen der Energiewende.

**Herausgeber:**  
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Chausseestraße 128 a  
10115 Berlin  
E-Mail: [info@dena.de](mailto:info@dena.de) / [info@gebaeudeforum.de](mailto:info@gebaeudeforum.de)  
Internet: [www.dena.de](http://www.dena.de) / [www.gebaeudeforum.de](http://www.gebaeudeforum.de)

Alle Rechte sind vorbehalten.  
Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.

Stand: 03/2024