



Erneuerbare Wärmeversorgung im Mehrfamilienhaus

# Blockrandbebauung mit 12 Wohneinheiten

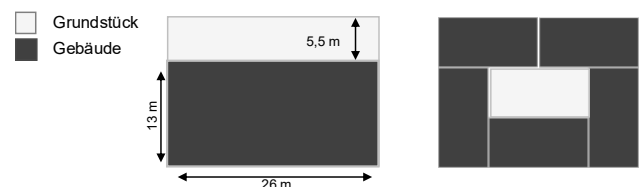
Sanierter Gebäudezustand

Das Mustergebäude ist ein viergeschossiges Mehrfamilienhaus (MFH) mit 12 Wohneinheiten in einer geschlossenen Blockrandbebauung. Es befindet sich in einem urbanen Gebiet mit hoher Bebauungsdichte, beispielsweise in innerstädtischer Lage.

## Ausgangslage und Annahmen

Es wird von einer Wohnfläche je Wohneinheit von 85 m<sup>2</sup> ausgegangen, dies entspricht einer Gesamtwohnfläche von 1.020 m<sup>2</sup>. Unter Zugrundelegung einer Grundflächenzahl (GRZ) von 0,7 gemäß Baunutzungsverordnung für Wohngebäude im urbanen Gebiet ergibt sich eine Grundstücksfläche von rund 480 m<sup>2</sup>. Daraus resultiert eine Freifläche von 145 m<sup>2</sup> um das Gebäude. Nachfolgend sind

beispielhafte Verhältnisse der Grundstücksfläche zur überbauten Fläche grafisch dargestellt.



Die Eigentümerstruktur in diesem Bereich ist heterogen und umfasst eine Mischung aus privaten, genossenschaftlichen sowie institutionellen Eigentümern.

Das Gebäude weist einen guten bis sehr guten Sanierungszustand auf. Dadurch wird ein spezifischer

Wärmebedarf (Erzeugernutzenergieabgabe ENA) von 75 kWh je m<sup>2</sup> Wohnfläche und Jahr erzielt. Dieser setzt sich aus 20 kWh/(m<sup>2</sup><sub>Wfl.</sub>·a) zur zentralen Trinkwarmwasserbereitstellung und 55 kWh/(m<sup>2</sup><sub>Wfl.</sub>·a) zur Deckung des Heizwärmebedarfs zusammen. Die spezifische Heizlast des Gebäudes beläuft sich bei einer angesetzten Volllaststundenzahl von rund 2.000 h im Jahr auf 38 W/m<sup>2</sup><sub>Wfl.</sub>. Nachfolgende Tabelle zeigt die getroffenen Annahmen und Kenngrößen des Mustergebäudes.

Blockrandbebauung 12 WE	
Wohneinheiten	12 WE
Wohnfläche je Wohneinheit	85 m <sup>2</sup>
Gesamtwohnfläche	1.020 m <sup>2</sup>
Gebäudegrundfläche	335 m <sup>2</sup>
Grundflächenzahl	0,7
Grundstücksfläche	480 m <sup>2</sup>
Freifläche	145 m <sup>2</sup>
Spezifischer Wärmebedarf	75 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>Wfl.</sub> ·a)
- Heizwärmebedarf	55 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>Wfl.</sub> ·a)
- Trinkwarmwasserbedarf	20 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>Wfl.</sub> ·a)
Abs. Wärmebedarf	77 MWh/a
Spezifische Heizlast	38 W/m <sup>2</sup> <sub>Wfl.</sub>
Abs. Heizlast	38 kW
Vor-/Rücklauftemperatur	55/40 °C
Eigentümerstruktur	Mischung aus privat, genossenschaftlich & institutionell

Folgende Versorgungsvarianten zur Erfüllung der GEG-Anforderungen nach § 71 ff. werden für das MFH betrachtet. Neben einer gebäudeweisen Wärmeversorgung wird ebenfalls eine gemeinschaftliche Erschließung von Umweltwärmequellen in Betracht gezogen. Die genauen Vor- und Nachteile einer gemeinschaftlichen Erschließung sind im Hintergrund-Factsheet im Detail aufgeführt. In den Varianten wird von einer zentralen Wärmeverteilung innerhalb des Gebäudes ausgegangen.

Die gemeinschaftliche Erschließung von Umweltwärmequellen wird als gut geeignet bewertet. Durch die dichte Bebauungsstruktur und den geringen Abstand zwischen den Gebäuden bzw. den bestehenden Gebäudeverbund besteht ein hoher Wärmebedarf, der eine gemeinschaftliche Nutzung energetischer Infrastrukturen begünstigt. Diese Rahmenbedingungen wurden in die Variantenbetrachtung einbezogen und bilden die Grundlage für die Empfehlung einer gemeinschaftlichen Lösung.

Basis-Varianten ohne lokale Umweltwärme-Erschließung:

- Biomassekessel (gemeinschaftlich)
- Brennwertkessel – grüne Gase (gebäudeweise)
- Anschluss an ein bestehendes Wärmenetz (gebäudeweise)

Wärmepumpe-Varianten:

- Luftwärmepumpe (gebäudeweise)
- Abwasser-Wärmepumpe (gemeinschaftlich)

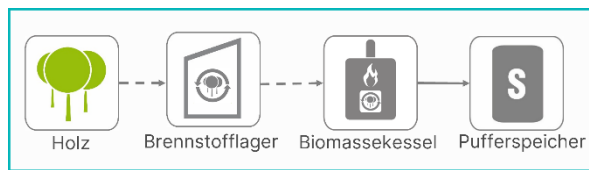
Die dargestellten Versorgungsvarianten sollen Möglichkeiten aufzeigen, das Mustergebäude mit erneuerbarer Wärme zu versorgen. Jede Versorgungsvariante weist Vor- und Nachteile auf. Sie sollen Anregung geben und aufzeigen, welche Technologien möglich sind. Für ein reales Mehrfamilienhaus sind die Gegebenheiten vor Ort in die Auswahl eines geeigneten Konzepts einzubeziehen.

In allen Varianten, sowohl bei den gebäudeweisen als auch bei den gemeinschaftlichen, wird das Mustergebäude mit einem jährlichen Wärmebedarf von 77 MWh im Jahr betrachtet. Die Vorlauftemperatur der Heizungen beträgt 55 °C. Damit können im sanierten Gebäudebestand sowohl Fußbodenheizungen als auch Heizkörper betrieben werden.

Für alle betrachteten Versorgungsvarianten wird eine zentrale Trinkwarmwasserbereitstellung zugrunde gelegt, da diese mehrere Vorteile aufweist (siehe Hintergrund-Factsheet) und, sofern technisch und wirtschaftlich realisierbar, bevorzugt werden sollte. Nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) § 71 ist eine dezentrale elektrische Warmwasserbereitung ebenfalls zulässig und bildet besonders im Bestand eine gute Alternative, falls eine zentrale Trinkwarmwasserbereitstellung nur unter großen Aufwand realisiert werden kann.

In den Varianten werden keine Photovoltaikanlagen mitberücksichtigt; es erfolgt ein reiner Vergleich der Wärmeerzeugungssysteme. Der Einsatz einer Photovoltaikanlage hat insbesondere bei den Wärmepumpenvarianten einen positiven Effekt, da ein Teil des Strombedarfs durch Eigenstrom gedeckt werden kann.

## 1 Biomassekessel (gemeinschaftlich)



Wärme aus Biomasse wird nach dem Wärmeplanungsgesetz (WPG) § 3 Abs. 1 Nr. 15e als auch nach dem GEG § 3 Abs. 2 Nr. 5 den erneuerbaren Energien zugeordnet. Sie stellt insbesondere dort eine Option dar, wo weder ein Wärme- noch ein Gasnetzanschluss zur Verfügung steht und zudem Wärmepumpenlösungen nicht bzw. nur ergänzend umgesetzt werden können. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass es sich bei Holz zwar um einen nachwachsenden, jedoch nur begrenzt verfügbaren Rohstoff handelt, sodass Aspekte wie regionale Verfügbarkeit zu berücksichtigen sind. Zu den wesentlichen Voraussetzungen zählen die Möglichkeit zur Anlieferung der Biomasse per Lkw sowie ein ausreichendes Platzangebot für die Aufstellung des Brennstofflagers.

Durch die gemeinschaftliche Nutzung eines Biomassekessels können sowohl der Flächenbedarf für die Pelletlagerung und die Anlagentechnik als auch die Investitionskosten und der Planungsaufwand reduziert werden. Für den Zusammenschluss zweier Mustergebäude mit einem Gesamtwärmebedarf von 144 MWh/a bedeutet dies für eine Versorgung mit Pellets eine benötigte Jahresmenge von 30 Tonnen (KWW-Technikkatalog: 400 kg/kW). Mit einer durchschnittlichen Schüttdichte von 650 kg/m<sup>3</sup> ergibt sich dadurch ein Brennstoffvolumen von ca. 50 m<sup>3</sup> für ein Jahr. Pelletlager müssen nicht zwingend für den gesamten Jahresbedarf dimensioniert werden, auch kleinere Lager mit einer häufigeren Nachlieferung sind möglich. Ein Pelletlager im Keller muss trocken, staubdicht und brandschutztechnisch abgetrennt sein, eine ausreichende Belüftung ins Freie haben sowie sicher befüll- und entleerbar sein.

Pelletkessel in dieser Leistungsgröße sind nicht genehmigungspflichtig. Sie müssen durch den bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeger abgenommen und regelmäßig überprüft werden.

Anlagen Konfiguration Mustergebäude	
Kesselleistung gebäudeweise	38 kW
zentral (2 Gebäude)	76 kW
Wirkungsgrad	0,90
Pufferspeicher	1,5 m <sup>3</sup> je Gebäude
Gebäudenetz: Verteilnetz	26 m/Gebäude (Grundstückslänge)
Brennstofflager (zentral)	ca. 30 – 40 m <sup>3</sup>
Heizraumgröße (zentral)	ca. 30 – 50 m <sup>2</sup>

Die Investitionskosten für Biomassekessel variieren in Abhängigkeit von der Anlagengröße und sind insbesondere im niedrigen Leistungsbereich oft höher als bei anderen Heiztechnologien. Im Betrieb fallen regelmäßige Wartungs- und Reinigungsarbeiten an, die sowohl zeitlichen Aufwand als auch laufende Kosten verursachen. Derzeit gelten Pellets und Hackschnitzel noch als vergleichsweise wirtschaftliche Brennstoffe, jedoch wird aufgrund einer steigenden Nachfrage zukünftig mit Preissteigerungen gerechnet.

Biomasse gilt per Definition als klimaneutral, da das in der Wachstumsphase gebundene CO<sub>2</sub> dem bei der Verbrennung freigesetzten CO<sub>2</sub> entspricht. Dennoch entsteht bei der Nutzung klimaschädliches CO<sub>2</sub>, sodass die tatsächliche Klimabilanz maßgeblich von Faktoren wie nachhaltiger Bewirtschaftung und kurzen Transportwegen abhängt.

## 2 Brennwertkessel grüne Gase



Eine weitere Option zur klimaneutralen Wärmeversorgung stellt die Nutzung von „grünen Gasen“, wie z. B. Biomethan oder Wasserstoff, dar. Durch den Anschluss an ein transformiertes Gasnetz oder Tanks auf dem Grundstück kann dieser Energieträger bezogen werden. Schon heute bieten Gaslieferanten geeignete Produkte, die den gesetzlichen Anforderungen entsprechen. Zukünftig wird die Verwendung grüner Gase für Wärmeanwendungen in Wohngebäuden vor allem von der Verfügbarkeit und Preisentwicklung des Energieträgers abhängen.

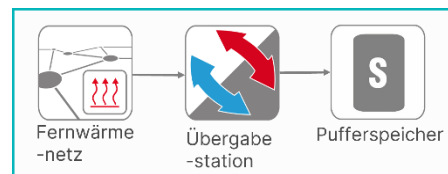
Brennwertkessel für grüne Gase sind sehr platzsparend und vergleichbar mit der Größe klassischer Erdgas-Brennwertkessel. Biomethan kann in der Regel direkt in Gas-Brennwertkessel eingesetzt werden, da die Zusammensetzung sehr nah an Erdgas liegt. Für Wasserstoff werden speziell zertifizierte Brenner, Messgeräte und Anlagenteile benötigt.

Anlagen Konfiguration Mustergebäude	
Kesselleistung	38 kW
Wirkungsgrad	0,95
Pufferspeicher	1,5 m³
Heizraumgröße	ca. 15 – 25 m²

Die Investitionskosten von Brennwertkesseln sind aufgrund der etablierten und technisch ausgereiften Technologie vergleichsweise gering. Die künftige Verfügbarkeit grüner Gase ist jedoch mit Unsicherheiten behaftet, ihre Preise werden stark durch energie- und marktpolitische Entwicklungen beeinflusst.

Die Treibhausgasemissionen im Betrieb hängen unmittelbar vom eingesetzten Brennstoff ab: Grüner Wasserstoff verursacht perspektivisch sehr geringe THG-Emissionen, während Biomethan höhere Werte aufweist.

## 3 Anschluss an ein bestehendes Wärmenetz



Nach dem GEG als auch nach dem WPG wird der Anschluss an ein Wärmenetz als Erfüllungsoption für die Nutzungspflicht von erneuerbaren Energien gesehen, wenn das Netz den geforderten Mindestanteil an erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme aufweist. Das WPG sieht eine Transformationspflicht für Wärmenetze vor, welche durch die Netzbetreiber erfüllt werden muss. Sofern ein ausreichend dimensioniertes Wärmenetz am Standort verfügbar ist, stellt der Anschluss eine komfortable Möglichkeit dar, die Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien umzustellen. Auf Gebäudeebene ist die technische Komplexität gering. Allerdings besteht sowohl eine direkte Abhängigkeit von der lokalen Netzinfrastruktur als auch von der Preisgestaltung des Netzbetreibers und Wärmelieferanten.

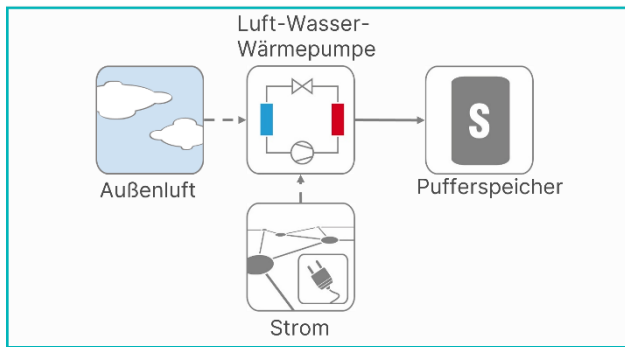
Eine Übergabestation bildet die hydraulische Schnittstelle zwischen dem Wärmenetz und dem hausinternen Heizsystem. Zentrales Bauteil ist ein Plattenwärmeübertrager, über den die Wärme aus dem Netz sekundärseitig an das Gebäudesystem übertragen wird. Übliche Vorlauftemperaturen liegen zwischen etwa 70 °C und 90 °C (je nach Netzkonzept). Eine kompakte wandhängende Station und die dazugehörige hydraulische Einbindung nehmen für das Mustergebäude nur wenige Quadratmeter an Aufstellfläche in Anspruch.

Anlagen Konfiguration Mustergebäude	
Übergabestation	38 kW
Wirkungsgrad	0,99
Pufferspeicher	1,5 m³
Heizraumgröße	ca. 15 – 25 m²

Die Investitionskosten für die gebäudeseitigen Anlagen sind in der Regel gering. Die Kosten für Aufbau und Betrieb des Wärmenetzes werden jedoch über Grund- und Arbeitspreise an die Endkundinnen und -kunden weitergegeben und können je nach Netzstruktur und Versorgungsgebiet variieren. Die Treibhausgasemissionen ergeben sich aus dem Energiemix des jeweiligen Wärmenetzes. Nach WPG müssen Wärmenetze bis 2030 mindestens 30 % und bis 2040 mindestens 80 % erneuerbare Energien oder unvermeidbare Abwärme einsetzen, wodurch die Klimawirkung schrittweise verbessert wird.



## 4 Luftwärmepumpe (gebäudeweise)



Luft-Wasser-Wärmepumpen entziehen der Außenluft Wärme und übergeben diese an ein wasserführendes System zur Raumheizung und Warmwasserbereitung. Es wird unterschieden in Monoblockgeräte für die Außenaufstellung oder Splitgeräte mit einer Außen- und einer Inneneinheit. Luft-Wasser-Wärmepumpen stellen im Neubau und zunehmend im Gebäudebestand den aktuellen Stand der Technik dar, da sie eine technisch ausgereifte, marktverfügbare und gesetzlich anerkannte Option zur Nutzung erneuerbarer Umweltenergien sind. Die geringen Investitionskosten sowie der geringe Platzbedarf zur Erschließung der Umweltwärmequelle (vgl. Erdsonden) sind die wesentlichen Vorteile. Zu den zentralen Herausforderungen bzw. Einschränkungen von Luftwärmepumpen zählen insbesondere die abnehmende Effizienz bei niedrigen Außentemperaturen sowie die Schallemissionen.

Die *Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm* (TA Lärm) regelt unter anderem die zulässigen Immissionsrichtwerte für Geräusche außerhalb von Gebäuden in Abhängigkeit der Siedlungsstruktur. In allgemeinen Wohngebieten sowie in Kleinsiedlungsgebieten gelten Richtwerte von 63 dB(A) am Tag und 45 dB(A) in der Nacht. Für das betrachtete Mustergebäude beträgt der Abstand der Wärmepumpe zu schutzbedürftigen Räumen etwa 10-15 m. Die tatsächliche Schallausbreitung und damit der erforderliche Abstand hängt jedoch von zahlreichen Faktoren ab, insbesondere von der Aufstellung, baulichen Abschirmungen und möglichen Lärmschutzmaßnahmen. Für das definierte Mustergebäude kann der erforderliche Abstand zu schutzbedürftigen Räumen nicht eingehalten werden. Schutzbedürftige Räume sind solche, in denen sich Menschen nicht nur vorübergehend aufhalten und daher gegen Lärm geschützt werden sollen (Schlaf- und Wohnräume, Unterrichtsräume, Büroräume, etc.).

Für das definierte Mustergebäude wird angenommen, dass bei einer möglichen Dachaufstellung der Anlagentechnik und unter Berücksichtigung geeigneter Schallschutzmaßnahmen die erforderlichen Abstände zu schutzbedürftigen Räumen eingehalten werden können. Im Falle einer realisierbaren Dachaufstellung sollte zudem die

Möglichkeit einer gemeinschaftlichen Wärmeversorgung mehrerer Gebäude innerhalb des Baublocks geprüft werden, da sich durch eine zentrale Lösung potenzielle Skaleneffekte in Bezug auf Investitions- und Betriebskosten ergeben können.

Die Aufstellfläche beträgt in etwa 2-4 m<sup>2</sup>. Unter Berücksichtigung von Wartungsflächen beläuft sich der Flächenbedarf auf rund 10-12 m<sup>2</sup>. Zur Abdeckung von Spitzenlasten wird ein monoenergetischer Betrieb mittels eines elektrischen Kessels angenommen.

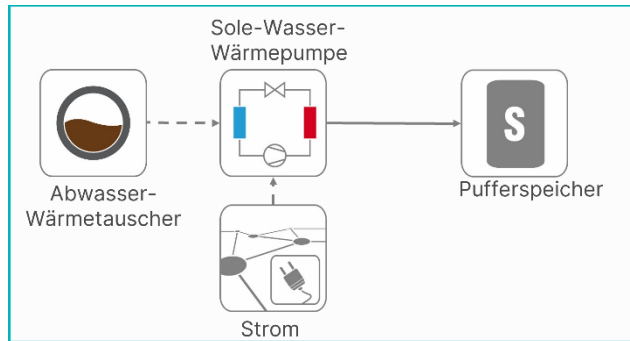
### Anlagen Konfiguration Mustergebäude

Leistung Wärmepumpe	38 kW
Pufferspeicher	1,5 m <sup>3</sup> je Gebäude
JAZ	2,8 – 3,2
Flächenbedarf Außeneinheit (Abstände zu schutzbedürftigen Räumen sind zu beachten)	ca. 10 – 12 m <sup>2</sup>
Heizraumgröße	ca. 15 – 25 m <sup>2</sup>

Typische Jahresarbeitszahlen von 2,8 bis 3,2 im sanierten Gebäudebestand bestätigen die hohe Effizienz von Luft-Wasser-Wärmepumpen. Bei einer JAZ von etwa 3 besteht bereits heute eine Energiekostenparität gegenüber fossilen Gasheizungen bei aktuellen Gaspreisen. Durch den hohen Anteil erneuerbarer Umweltwärme bleiben die Wärmeerzeugungskosten langfristig vergleichsweise stabil und reagieren dadurch weniger empfindlich auf Strompreisänderungen. Zwar liegen die Investitionskosten insgesamt höher als bei konventionellen Heizsystemen, gegenüber anderen Umweltwärmequellen (z. B. Erdsonden) sind Luftwärmepumpen jedoch meist kostengünstiger.

Die Treibhausgasemissionen im Betrieb sind sehr gering, da Wärmepumpen den überwiegenden Teil der Wärme aus emissionsfreier Umweltwärme gewinnen und nur ein vergleichsweise geringer Anteil des Energiebedarfs durch Strom gedeckt werden muss. Mit wachsendem Anteil erneuerbarer Energien im Strommix sinken die spezifischen Emissionen weiter, sodass Wärmepumpen perspektivisch nahezu klimaneutral betrieben werden können.

## 5 Abwasser-Wärmepumpe (gemeinschaftlich)



Abwasser-Wärmepumpen entziehen dem Abwasser beispielsweise über einen im Kanal integrierten Wärmetauscher die im Abwasser enthaltene Wärme. Mithilfe einer Wärmepumpe kann die Temperatur auf ein nutzbares Niveau angehoben werden und für die Deckung des Heizwärme- und Trinkwarmwasserbedarfs genutzt werden. Aufgrund der ganzjährig relativ hohen Temperatur und Verfügbarkeit bietet Abwasser klare Vorteile gegenüber anderen Umweltwärmequellen. Die Erschließung eines Abwasserkanals über einen Wärmetauscher lohnt sich in der Regel ab Heizleistungen von rund 150 kW. Der Abwasserkanal sollte eine Kanalmindestgröße von rund DN 600, einen Trockenwetterabfluss ab 15 l/s und einen guten Kanalzustand aufweisen. Für die Umsetzung ist eine frühzeitige Abstimmung mit dem Kanalnetzbetreiber notwendig.

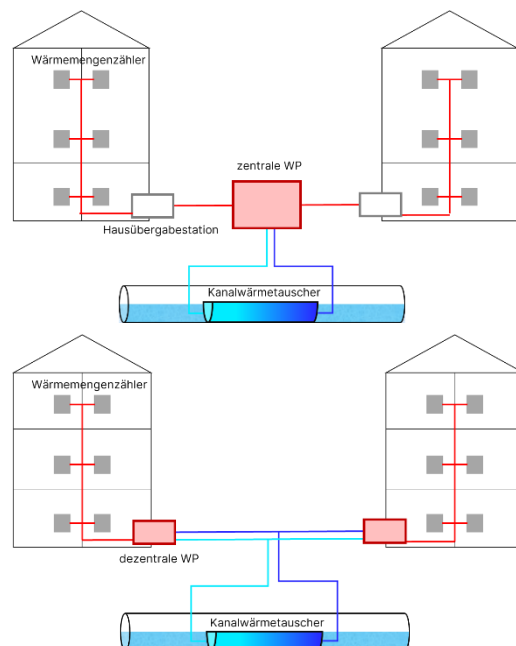
Für das Mustergebäude wird durch die notwendige Mindestheizleistung eine gebäudeweise Erschließung ausgeschlossen. Eine gemeinschaftliche Erschließung durch mehrere Gebäude bietet hingegen Vorteile. Wirtschaftlich bedeutsam sind bei einer gemeinschaftlichen Erschließung vor allem die einmaligen Kanalarbeiten, da diese bei einem Zusammenschluss auf mehrere Nutzer verteilt werden können. Zudem ermöglicht ein Zusammenschluss größere Flexibilität bei der Standortwahl, wodurch beispielsweise Kanäle mit größeren Durchmessern und stabileren Abflussbedingungen genutzt werden können. Die dichte Bebauungsstruktur und der direkte Gebäudeverbund begünstigten eine gemeinschaftliche Erschließung.

### Anlagen Konfiguration Mustergebäude

Leistung Wärmepumpe gebäudeweise (KNW)	38 kW
zentral (Wärmenetz)	152 kW
Pufferspeicher (gebäudeweise)	1,5 m³ je Gebäude
Gebäudenetz: Hausanschluss Verteilnetz	13 m/Gebäude 26 m/Gebäude (Grundstückslänge)
JAZ	3,6 – 4,0
Heizraumgröße	ca. 30 – 50 m²

Zur wirtschaftlich sinnvollen Erschließung ist in diesem Beispiel ein Zusammenschluss von 4 vergleichbaren MFH angesetzt, die dem Mustergebäude entsprechen. Der Wärmetauscher kann das Abwasser um etwa 1-3 K abkühlen. Bei einer Abkühlung um 2 K muss ein Minstdurchfluss von rund 15 l/s im Kanal vorliegen, um die gewünschte Heizleistung für das Mustergebäude bereitstellen zu können. Im ersten Schritt werden notwendige Informationen beim zuständigen Kanalnetzbetreiber angefordert. Liegen keine Daten zum Trockenwetterabfluss vor, empfiehlt es sich über einen längeren Zeitraum eine kombinierte Durchfluss- und Temperaturmessung durchzuführen.

Die Abwasserwärme wird auf einem niedrigen Temperaturniveau zum Mustergebäude transportiert. Im Gebäude wird dieses über eine zentrale Wärmepumpe angehoben. Alternativ kann die Abwasserwärme im Gebäude auf einem niedrigen Temperaturniveau verteilt werden und über wohnungsweise Wärmepumpen angehoben werden.



Typische Jahresarbeitszahlen von 3,6 bis 4,0 zeigen die hohe Effizienz von Abwasser-Wärmepumpen. Durch den großen Anteil erneuerbarer Umweltwärme bleiben die Wärmeerzeugungskosten langfristig vergleichsweise stabil und reagieren dadurch weniger stark auf Entwicklungen am Strommarkt. Die Investitionskosten fallen aufgrund der notwendigen Erschließungsarbeiten – etwa dem Einbau eines Wärmetauschers im Kanalnetz – höher aus als bei Luftwärmepumpen. Bei ganzjährig relativ hohen und stabilen Abwassertemperaturen ermöglichen sie jedoch eine sehr effiziente Betriebsweise.

Die Treibhausgasemissionen im Betrieb sind sehr gering, da Wärmepumpen den überwiegenden Teil der Wärme aus emissionsfreier Umweltwärme gewinnen und nur ein vergleichsweise geringer Anteil des Energiebedarfs durch Strom gedeckt werden muss. Mit wachsendem Anteil erneuerbarer Energien im Strommix sinken die spezifischen Emissionen weiter, sodass Wärmepumpen perspektivisch nahezu klimaneutral betrieben werden können.



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

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

**Kontakt:**

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)  
Bettina Morgenstern-Kennedy  
Expertin, Urbane Energiewende

Chausseestraße 128 a, 10115 Berlin  
Tel.: +49 30 66 777-416

E-Mail: Bettina.Morgenstern-Kennedy@dena.de

E-Mail: info@dena.de / info@gebaeudeforum.de

Internet: [www.dena.de](http://www.dena.de) / [www.gebaeudeforum.de](http://www.gebaeudeforum.de)

Erstellt mit fachlicher Unterstützung von EGS-plan GmbH, Stuttgart

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

Stand: 12/2025