



Erneuerbare Wärmeversorgung im Mehrfamilienhaus

# Einzelgebäude mit 24 Wohneinheiten

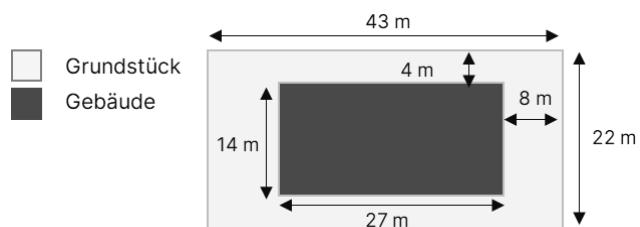
Teilsanierter Gebäudezustand

Das Mustergebäude ist ein freistehendes, sechsgeschossiges Mehrfamilienhaus (MFH) mit 24 Wohneinheiten. Das MFH befindet sich in einem Gebiet mit einer geringen bis mittleren Bebauungsdichte, z. B. am Stadtrand gelegen.

## Ausgangslage und Annahmen

Es wird von einer Wohnfläche je Wohneinheit von 70 m<sup>2</sup> ausgegangen, dies entspricht einer Gesamtwohnfläche von 1.680 m<sup>2</sup>. Unter Zugrundelegung einer Grundflächenzahl (GRZ) von 0,4 gemäß Baunutzungsverordnung für reine Wohngebäude ergibt sich eine Grundstücksfläche von rund 925 m<sup>2</sup>. Daraus resultiert eine Freifläche von 555 m<sup>2</sup> um das Gebäude. Nachfolgend sind beispielhafte Verhältnisse der

Grundstücksfläche zur überbauten Fläche grafisch dargestellt.



Das betrachtete MFH befindet sich in einer lockeren Bebauungsstruktur und ist von weiteren MFH gleichen Gebäudetyps umgeben. Die Eigentümerstruktur ist überwiegend durch institutionelle Eigentümerinnen und

Eigentümer, Wohnungsbaugesellschaften oder -genossenschaften geprägt.

Das Gebäude befindet sich in einem teilsanierten Zustand, was sich in einem erhöhten spezifischen Wärmebedarf (Erzeugernutzenergieabgabe ENA) von 180 kWh je m<sup>2</sup> Wohnfläche und Jahr widerspiegelt. Dieser setzt sich aus 20 kWh/(m<sup>2</sup><sub>wfl.</sub>·a) zur zentralen Trinkwarmwasserbereitstellung und 160 kWh/(m<sup>2</sup><sub>wfl.</sub>·a) zur Deckung des Heizwärmebedarfs zusammen. Die spezifische Heizlast des Gebäudes beläuft sich bei einer angesetzten Vollaststundenzahl von 2.000 h im Jahr auf 90 W/m<sup>2</sup><sub>wfl.</sub>. Nachfolgende Tabelle zeigt die getroffenen Annahmen und Kenngrößen des Mustergebäudes.

Freistehendes Mehrfamilienhaus 24 WE	
Wohneinheiten	24 WE
Wohnfläche je Wohneinheit	70 m <sup>2</sup>
Gesamtwohnfläche	1.680 m <sup>2</sup>
Gebäudegrundfläche	370 m <sup>2</sup>
Grundflächenzahl	0,4
Grundstücksfläche	925 m <sup>2</sup>
Unbebaute Freifläche	555 m <sup>2</sup>
Spezifischer Wärmebedarf	180 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>wfl.</sub> ·a)
- Heizwärmebedarf	160 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>wfl.</sub> ·a)
- Trinkwarmwasserbedarf	20 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>wfl.</sub> ·a)
Abs. Wärmebedarf	303 MWh/a
Spezifische Heizlast	90 W/m <sup>2</sup> <sub>wfl.</sub> ·a
Abs. Heizlast	151 kW
Vor-/Rücklauftemperatur	70/55 °C
Eigentümerstruktur	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 bedingt geeignet bewertet. Zwar besteht aufgrund der umliegenden Mehrfamilienhäuser gleichen Typs ein relativ hoher Wärmebedarf und eine überwiegend institutionelle Eigentümerstruktur, jedoch wird das Potenzial durch die nur mittlere Bebauungsdichte und die größeren Abstände

zwischen den Gebäuden eingeschränkt. Diese Aspekte wurden in die folgende Variantenbetrachtung einbezogen und dienen als Grundlage für die Empfehlung einer gebäudeweisen oder gemeinschaftlichen Lösung.

Basis-Varianten ohne lokale Umweltwärme-Erschließung:

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

Wärmepumpe-Varianten:

- Außenluft-Wärmepumpe (gemeinschaftlich)
- Erdsonden-Wärmepumpe (gemeinschaftlich)
- Abwasser-Wärmepumpe (gebäudeweise)

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 303 MWh im Jahr betrachtet. Die Vorlauftemperatur der Heizungen beträgt 70 °C. Im teilsanierten Gebäudebestand wird angenommen, dass die Wärmeübertragung primär über konventionelle Heizkörper erfolgt.

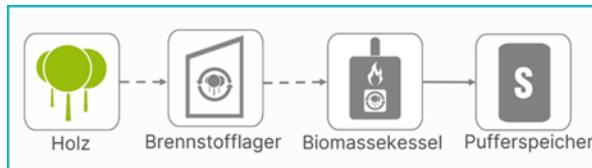
Eine Absenkung der Heizungs-Vorlauftemperatur bietet einen wesentlichen Mehrwert im Hinblick auf die Energieeffizienz. Durch die Reduzierung der Vorlauftemperatur lassen sich Wärmeverluste im Verteilnetz minimieren und die Wärmeerzeuger können effizienter betrieben werden. Insbesondere bei der geplanten Erneuerung des Wärmeerzeugers sollte zuvor eine Sanierung der Gebäudehülle geprüft werden, da Dämmmaßnahmen und bessere Fenster die Heizlast reduzieren und somit niedrigere Systemtemperaturen ermöglichen. Dies ist vor allem für den effizienten Betrieb von Wärmepumpen von Bedeutung, da die Leistungszahl (COP) maßgeblich von niedrigen Vorlauftemperaturen abhängt. Weitere Möglichkeiten zur Temperaturabsenkung ergeben sich beispielsweise durch den Einsatz von Flächenheizsystemen wie Fußboden- oder Wandheizungen, den hydraulischen Abgleich der Heizungsanlage sowie die Optimierung der Regelungstechnik.

Für alle betrachteten Versorgungsvarianten wird eine zentrale Trinkwarmwasserbereitstellung zugrunde gelegt, da

diese mehrere Vorteile aufweist (siehe Hintergrund-Factsheet) und, sofern technisch und wirtschaftlich realisierbar, empfohlen wird. 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 großem 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 (gebäudeweise)



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 Wärmenetz noch ein Gasnetzanschluss zur Verfügung steht und zudem Wärmepumpenlösungen nicht bzw. nur ergänzend umgesetzt werden können. Biomassekessel weisen bei Gebäuden im teilsanierten Zustand einen systemtechnischen Vorteil auf, da sie die für den Heizbetrieb erforderlichen höheren Vorlauftemperaturen bereitstellen und die Weiterverwendung bestehender Heizkörper im Bestand ermöglichen. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass es sich bei Holz um einen nachwachsenden, jedoch nur begrenzt verfügbaren Rohstoff handelt, sodass Aspekte wie die regionale Verfügbarkeit zu berücksichtigen sind. Zu den wesentlichen Voraussetzungen zählen die logistische Erschließung, die eine Anlieferung per Lkw ermöglicht sowie ein ausreichendes Platzangebot für die Aufstellung des Brennstofflagers.

Für das Mustergebäude mit einem Gesamtwärmebedarf von 303 MWh/a bedeutet dies für eine Versorgung mit Pellets eine benötigte Jahresmenge von 60 Tonnen (KWW-Technikkatalog: 400 kg/kW). Mit einer durchschnittlichen Schüttichte von 650 kg/m<sup>3</sup> ergibt sich ein Brennstoffvolumen von ca. 90-100 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	151 kW
Wirkungsgrad	0,90
Pufferspeicher	2,0 m <sup>3</sup>
Brennstofflager	ca. 30 – 40 m <sup>3</sup>
Heizraumgröße	ca. 50 – 80 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	151 kW
Wirkungsgrad	0,99
Pufferspeicher	2,0 m <sup>3</sup>
Heizraumgröße	ca. 25 – 50 m <sup>2</sup>

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

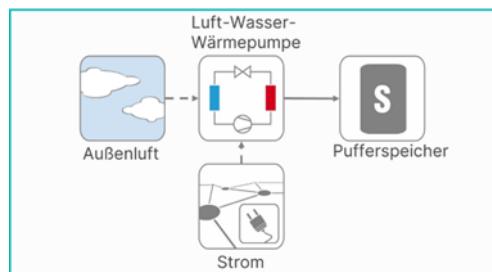
sekundärseitig an das Gebäudesystem übertragen wird. Übliche Vorlauftemperaturen liegen zwischen etwa 70 °C und 90 °C (je nach Netzkonzept). Eine kompakte wandhängende Station und die dazugehörige hydraulische Einbindung nehmen für das Mustergebäude nur wenige Quadratmeter an Aufstellfläche in Anspruch.

Anlagen Konfiguration Mustergebäude	
Übergabestation	151 kW
Wirkungsgrad	0,99
Pufferspeicher	2,0 m <sup>3</sup>
Heizraumgröße	ca. 25 – 50 m <sup>2</sup>

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 (gemeinschaftlich)



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 55 dB(A) am Tag und 40 dB(A) in der Nacht. Für das betrachtete Mustergebäude beträgt der Abstand der Wärmepumpe zu schutzbedürftigen Räumen etwa 25 – 30 m, bei einer Auslegung auf rund 60 % der Heizlast. 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, Büoräume, etc.). Für das definierte Mustergebäude wird davon ausgegangen, dass ohne umfangreiche Schallschutzmaßnahmen eine Außenluftwärmepumpe nicht zur Wärmeversorgung eingesetzt werden kann. Am Markt sind schlüsselfertige Containerlösungen im Leistungsbereich des Mustergebäudes mit integrierten Schallschutzelementen erhältlich, die die Einhaltung der zulässigen Schallemissionsgrenzwerte für ein allgemeines Wohngebiet in einem Abstand von 5 m zu einem schutzbedürftigen Raum gewährleisten.

Für den Variantenvergleich wird von einer gemeinschaftlichen Wärmeversorgung zweier benachbarter Mehrfamilienhäuser, dem Mustergebäude entsprechend, ausgegangen. Durch die gemeinsame Nutzung einer zentralen Luft-Wasser-Wärmepumpe können die Schallschutzmaßnahmen auf eine Anlage konzentriert werden, was zu geringeren Investitionskosten führen kann. Zudem können sich durch die gemeinsame Betrachtung beider Grundstücke erweiterte Möglichkeiten für die Aufstellung der Wärmepumpe ergeben, beispielsweise an schalltechnisch günstigeren Positionen oder mit größerem Abstand zu schutzbedürftigen Räumen. Damit kann die technische und wirtschaftliche Machbarkeit verbessert werden.

Für die gemeinschaftliche Wärmeversorgung der zwei betrachteten Mustergebäude wird von einer Außenluft-Wärmepumpe mit einer Heizleistung von rund 200 kW zur Abdeckung der Grundlast, ca. 90 % des jährlichen Wärmebedarfs, ausgegangen. Die Aufstellfläche beträgt in etwa 15 m<sup>2</sup>. Unter Berücksichtigung von Wartungsflächen beläuft sich der Flächenbedarf auf rund 30 m<sup>2</sup>. Zur

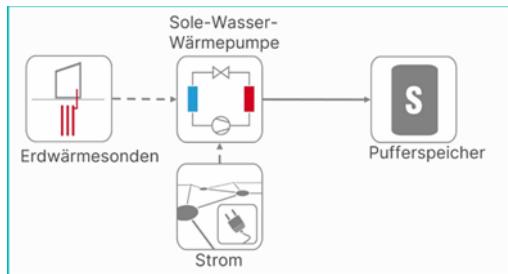
Abdeckung von Spitzenlasten wird ein monoenergetischer Betrieb mittels eines elektrischen Kessels angenommen.

Anlagen Konfiguration Mustergebäude	
Heizleistung Wärmepumpe zentral	200 kW (60 % Heizlast)
Pufferspeicher	2,0 m <sup>3</sup> je Gebäude
JAZ	2,4 – 2,8
Flächenbedarf Außeneinheit (Abstände zu schutzbedürftigen Räumen sind zu beachten)	ca. 30 m <sup>2</sup>
Heizraumgröße	ca. 25 – 50 m <sup>2</sup>
Gebäudenetz: Hausanschluss Verteilnetz	12 m/Gebäude 43 m/Gebäude (Grundstückslänge)

Typische Jahresarbeitszahlen von 2,4 bis 2,8 im teilsanierten 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 Erdsonden-Wärmepumpe (gemeinschaftlich)



Erdsondenanlagen entziehen dem Erdreich über vertikale Bohrungen und einem Sole-Wasser-Gemisch Wärme, die im Gebäude durch eine Sole-Wasser-Wärmepumpe auf die erforderliche Temperatur für die Wärmebereitstellung angehoben wird. Im Sommer ist eine (passive) Kühlung und damit eine Regeneration des Erdreichs möglich.

Vorteile sind eine hohe Effizienz durch ganzjährig stabile Quellentemperaturen (8–12 °C), geringe Schallemissionen, lange Lebensdauer sowie die Nutzung der Fläche über den Sonden.

Die Realisierung erdgekoppelter Wärmepumpensysteme setzt geeignete geologische Rahmenbedingungen voraus und ist in bestimmten Gebieten, etwa innerhalb von Wasserschutzgebieten, eingeschränkt oder ausgeschlossen. Die ortsrechtlichen Vorgaben sind zu berücksichtigen. Die Bohrtiefe ist standortabhängig und kann bundesweit zwischen rund 50 – 400 m variieren. Für die Umsetzung sind Genehmigungen der zuständigen Behörden erforderlich. Zudem sind bei der Errichtung Mindestabstände zu Gebäuden und Grundstücksgrenzen einzuhalten. Die Abstände hängen zum Teil von landes- bzw. ortsrechtlichen Vorgaben ab. Übliche Abstände für Bohrungen mit einer Tiefe von ca. 100 m sind zu Gebäuden 2 m, zu Grundstücksgrenzen 3 m und zwischen den Sonden 10 m. Die erforderlichen Erdarbeiten und Bohrungen sind technisch aufwendig, verursachen relativ hohe Erschließungskosten und setzen eine ausreichende Zugänglichkeit des Grundstücks für ein Bohrgerät voraus.

Für das betrachtete Mustergebäude mit einer Heizleistung von 150 kW im teilsanierten Zustand ergibt sich bei einer mittleren Entzugsleistung von 50 W/m eine notwendige Sondenlänge von rund 1.300 m (COP 3,2). Die Erdsondenanlage wird zur Abdeckung der Grundlast (ca. 60 % der Heizlast) ausgelegt. Dies bedeutet bei einer Bohrtiefe von 100 m eine Anzahl von 13 Sonden. Aufgrund der einzuhaltenden Mindestabstände zwischen den Sonden steht auf dem Mustergrundstück nicht ausreichend Fläche zur Verfügung, um die erforderlichen Erdsonden zu realisieren.

Kann die Bohrtiefe nicht signifikant erhöht werden, ist eine gebäudeweise Wärmeversorgung mittels erdgekoppelter Wärmepumpe nicht umsetzbar. In diesem Fall müssen Ausgleichsflächen gefunden werden. Eine Möglichkeit besteht in der gemeinschaftlichen Erschließung mehrerer benachbarter Gebäude. Dabei können Grundstücke mit größeren verfügbaren Flächen die fehlenden Bohrkapazitäten ausgleichen. Abstandsflächen zu Nachbargrundstücken sind in diesem Zusammenhang vernachlässigbar. Es ergeben sich Synergieeffekte bei der Erschließung.

Im Folgenden wird von einer gemeinschaftlichen Erschließung von zwei Mehrfamilienhäusern ausgegangen, die jeweils dem Mustergebäude entsprechen.

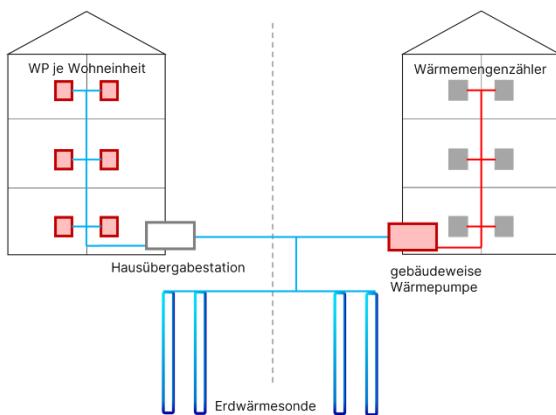
### Anlagen Konfiguration Mustergebäude

Heizleistung Wärmepumpe	je 90 kW (60 % Heizlast)
Pufferspeicher	je 2,0 m <sup>3</sup>
Spez. Entzugsleistung	50 W/m
Bohrtiefe	100 m
Abstand Sonden zu Gebäude	2 m
Grundstücksgrenze	3 m
Sonde	10 m
JAZ	3,0 – 3,4
Gebäudenetz: Hausanschluss Verteilnetz	12 m/Gebäude 43 m/Gebäude (Grundstückslänge)
Heizraumgröße	ca. 50 – 80 m <sup>2</sup>

Grundsätzlich lassen sich drei Systemvarianten für den Einsatz erdgekoppelter Wärmepumpensysteme realisieren. Eine zentrale Wärmepumpeneinheit versorgt die Gebäude über ein Wärmeverteilnetz mit Heizwärme auf nutzbarem Temperaturniveau. Über Wärmemengenzähler kann eine verbrauchsabhängige Abrechnung für jedes Mehrfamilienhaus erfolgen. Voraussetzung ist jedoch die Verfügbarkeit geeigneter Aufstellflächen für die zentrale Wärmepumpe. Alternativ kann jedes Mehrfamilienhaus mit einer eigenen Sole-Wasser-Wärmepumpe ausgestattet werden. In diesem Fall erfolgt die Verteilung des Sole-Wasser-Gemisches über ein kaltes Wärmenetz aus den zentralen Erdsondenfeldern zu den einzelnen Gebäuden, wo die jeweilige Wärmepumpe die Temperatur auf das individuelle Heizniveau anhebt. Eine weitere, derzeit noch nicht allgemein etablierte Möglichkeit besteht darin, jede Wohneinheit mit einer eigenen Sole-Wasser-Wärmepumpe auszustatten. Dabei würde das Sole-Wasser-Gemisch über ein kaltes, gebäudeinternes Verteilnetz aus den Erdsonden

zu den Wohnungen geführt und dort jeweils auf das individuelle Heizniveau angehoben. Hierbei sind insbesondere die höhere Flexibilität und die Unabhängigkeit der einzelnen Eigentümerinnen und Eigentümer hervorzuheben.

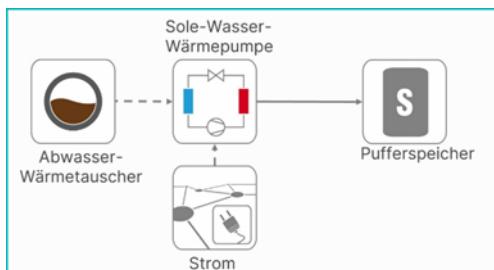
Für die weitere Betrachtung wird von einem kalten Verteilnetz mit gebäudeweisen Wärmepumpen ausgegangen. Die Erdsonden Wärmepumpen werden zur Abdeckung der Grundlast, ca. 90 % des jährlichen Wärmebedarfs, ausgegangen. Zur Abdeckung von Spitzenlasten wird ein monoenergetischer Betrieb mittels eines elektrischen Kessels angenommen.



Typische Jahresarbeitszahlen von 3,0 bis 3,4 im teilsanierten Gebäudebestand belegen die hohe Effizienz von Erdsonden-Wärmepumpen. Durch den großen Anteil erneuerbarer Umweltwärme bleiben die Wärmeerzeugungskosten langfristig vergleichsweise stabil und reagieren dadurch weniger stark auf Strompreisänderungen. Die Investitionskosten fallen aufgrund der erforderlichen Bohrungen deutlich höher aus als bei Luftwärmepumpen, die ganzjährig konstanten Quellentemperaturen ermöglichen jedoch eine besonders effiziente und wirtschaftlich robuste Anlagenperformance.

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.

## 6 Abwasser-Wärmepumpe (gebäudeweise)



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 Umweltwärmeketten. 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 von einer gebäudeweisen Erschließung ausgegangen. Eine gemeinschaftliche Erschließung durch mehrere Gebäude kann Vorteile mit sich ziehen. Wirtschaftlich bedeutsam sind bei einer gemeinschaftlichen Erschließung vor allem die einmaligen Kanalarbeiten, da diese bei einem Zusammenschluss auf mehrere Nutzer verteilt werden können.

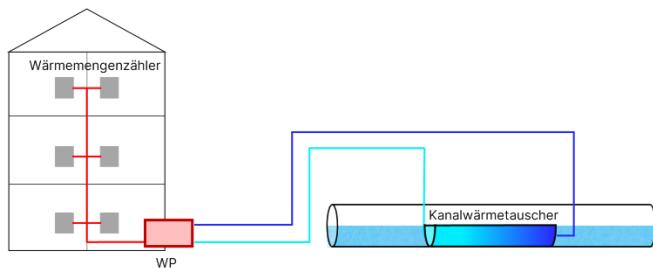
### Anlagen Konfiguration Mustergebäude

Leistung Wärmepumpe	151 kW
Pufferspeicher	ca. 2,0 m <sup>3</sup>
JAZ	3,1 – 3,5
Gebäudenetz: Hausanschluss Verteilnetz	12 m/Gebäude 43 m/Gebäude (Grundstückslänge)
Heizraumgröße	ca. 50 – 80 m <sup>2</sup>

Der Wärmetauscher kann das Abwasser um etwa 1-3 K abkühlen. Bei einer Abkühlung um 2 K muss ein Mindestdurchfluss von rund 15 l/s im Kanal vorliegen, um die gewünschte Heizleistung für das Mustergebäude bereitzustellen 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 3,1 bis 3,5 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@gebaedeforum.de  
Internet: www.dena.de / www.gebaedeforum.de

Erstellt mit fachlicher Unterstützung von EGS-plan GmbH, Stuttgart  
Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungs-  
vorbehalt der dena.  
Stand: 12/2025