



Erneuerbare Wärmeversorgung im Mehrfamilienhaus

Zeilenbebauung mit 24 Wohneinheiten

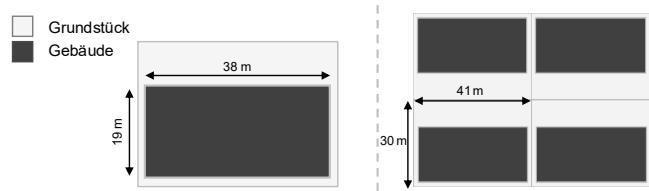
Teilsanierter Gebäudezustand

Das Mustergebäude ist ein dreigeschossiges Mehrfamilienhaus (MFH) innerhalb einer Zeilenbebauung mit 24 Wohneinheiten und zwei Treppenhäusern. Das MFH befindet sich in einem Gebiet mit einer geringen bis mittleren Bebauungsdichte, z. B. am Strand gelegen. Die umliegenden Gebäude sind parallel zueinander angeordnet und werden durch großzügige Abstände voneinander getrennt, wodurch zwischen den Zeilen Freiflächen entstehen.

Ausgangslage und Annahmen

Es wird von einer Wohnfläche je Wohneinheit von 70 m^2 ausgegangen, dies entspricht einer Gesamtwohnfläche von 1.680 m^2 . Unter Zugrundelegung einer Grundflächenzahl (GRZ) von 0,6 gemäß Baunutzungsverordnung für

besondere Wohngebiete ergibt sich eine Grundstücksfläche von 1.225 m^2 . Daraus resultiert eine Freifläche von 490 m^2 um das Gebäude. Nachfolgend sind beispielhafte Verhältnisse der Grundstücksfläche zur überbauten Fläche grafisch dargestellt.



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 160 kWh je m² Wohnfläche und Jahr widerspiegelt. Dieser setzt sich aus 20 kWh/(m²_{wfl}:a) zur zentralen Trinkwarmwasserbereitstellung und 140 kWh/(m²_{wfl}:a) zur Deckung des Heizwärmebedarfs zusammen. Die spezifische Heizlast des Gebäudes beläuft sich bei einer angesetzten Vollaststundenzahl von 2.000 h im Jahr auf 80 W/m²_{wfl}. Nachfolgende Tabelle zeigt die getroffenen Annahmen und Kenngrößen des Mustergebäudes.

Zeilenbebauung 24 WE	
Wohneinheiten	24 WE
Wohnfläche je Wohneinheit	70 m ²
Gesamtwohnfläche	1.680 m ²
Gebäudegrundfläche	735 m ²
Grundflächenzahl	0,6
Grundstücksfläche	1.225 m ²
Freifläche	490 m ²
Spezifischer Wärmebedarf	160 kWh/(m ² _{wfl} :a)
Heizwärmebedarf	140 kWh/(m ² _{wfl} :a)
Trinkwarmwasserbedarf	20 kWh/(m ² _{wfl} :a)
Abs. Wärmebedarf	269 MWh/a
Spezifische Heizlast	80 W/m ² _{wfl}
Abs. Heizlast	135 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 Umweltwärmeketten 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 direkte räumliche Nähe zu den Nachbargebäuden, die daraus resultierenden geringen Leitungslängen und Wärmeverluste sowie die erhöhte Wärmeliniendichte ergeben gute Voraussetzungen für eine gemeinschaftliche Erschließung. Darüber hinaus begünstigt die überwiegend

institutionelle Eigentümerstruktur, die häufig mit einer zentralisierten Verwaltung mehrerer Gebäude einhergeht, die koordinierte Umsetzung gemeinschaftlicher Versorgungskonzepte. Zudem bieten die zwischen den Gebäudezeilen liegenden Freiflächen ein Potenzial zur gemeinschaftlichen Erschließung.

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

Wärmepumpe-Varianten:

- Luftwärmepumpe (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 269 MWh im Jahr betrachtet. Die Vorlauftemperatur der Heizungen beträgt 70 °C. Im teilsanierten Gebäudebestand wird angenommen, dass die Wärmeübertragung primär über konventionelle Heizkörper erfolgt.

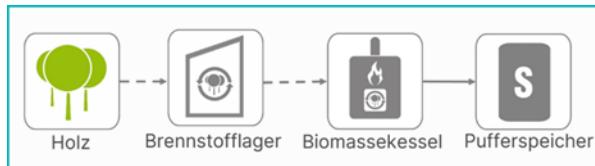
Eine Absenkung der Heizungs-Vorlauftemperatur bietet einen wesentlichen Mehrwert im Hinblick auf die Energieeffizienz. Durch die Reduzierung der Vorlauftemperatur lassen sich Wärmeverluste im Verteilnetz minimieren und die Wärmeerzeuger können effizienter betrieben werden. Insbesondere bei der geplanten Erneuerung des Wärmeerzeugers sollte zuvor eine Sanierung der Gebäudehülle in Betracht gezogen werden, da verbesserte Dämmmaßnahmen und dichtere 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 (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 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.

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

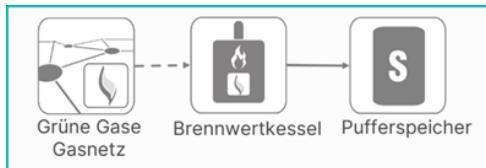
mit einem Gesamtwärmebedarf von 540 MWh/a bedeutet dies für eine Versorgung mit Pellets eine benötigte Jahresmenge von 108 Tonnen (KWW-Technikkatalog: 400 kg/kW). Mit einer durchschnittlichen Schütttdichte von 650 kg/m³ ergibt sich dadurch ein Brennstoffvolumen von ca. 180 m³ für ein Jahr. Pelletlager 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.

Anlagen Konfiguration Mustergebäude	
Kesselleistung gebäudeweise Zentral (2 Gebäude)	135 kW 270 kW
Wirkungsgrad	0,90
Pufferspeicher	2,0 m³ je Gebäude
Gebäudenetz: Hausanschluss Verteilnetz	12 m/Gebäude 41 m/Gebäude (Grundstückslänge)
Brennstofflager (zentral)	ca. 30 – 40 m³
Heizraumgröße (zentral)	ca. 50 – 80 m²

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 CO₂ dem bei der Verbrennung freigesetzten CO₂ entspricht. Dennoch entsteht bei der Nutzung klimaschädliches CO₂, 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.

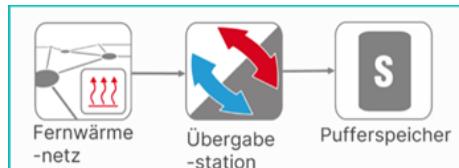
Anlagen Konfiguration Mustergebäude

Kesselleistung	135 kW
Wirkungsgrad	0,99
Pufferspeicher	2,0 m³
Heizraumgröße	25 – 50 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 Gaslieferanten.

Eine Übergabestation bildet die hydraulische Schnittstelle zwischen dem Wärmenetz und dem hausinternen Heizsystem. Zentrales Bauteil ist ein Plattenwärmevertrager, 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.

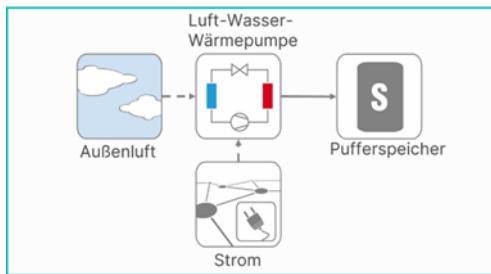
Anlagen Konfiguration Mustergebäude

Übergabestation	135 kW
Wirkungsgrad	0,99
Pufferspeicher	2,0 m³
Heizraumgröße	ca. 25 – 50 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 (gemeinschaftlich)



Luft-Wasser-Wärmepumpen entziehen der Außenluft Wärme und übergeben diese an ein wasserführendes System zur Raumheizung und Warmwassergewinnung. 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 20 – 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 Investitions- und Planungskosten führen kann. Zudem ergeben sich durch die gemeinsame Betrachtung beider Grundstücke erweiterte Möglichkeiten für die Aufstellung der Wärmepumpe, 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 160 kW zur Abdeckung der Grundlast, ca. 90 % des jährlichen Wärmebedarfs, ausgegangen. Die Aufstellfläche beträgt in etwa 15 m². Unter Berücksichtigung von Wartungsflächen beläuft sich der Flächenbedarf auf rund 30 m². Zur Abdeckung von Spitzenlasten wird ein monoenergetischer Betrieb mittels eines elektrischen Kessels angenommen.

Anlagen Konfiguration Mustergebäude

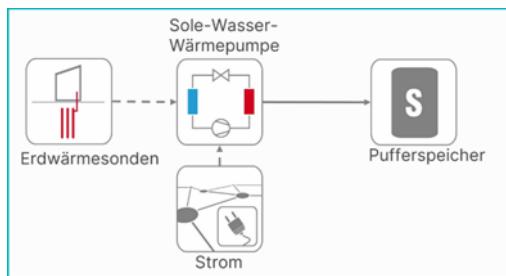
Leistung Wärmepumpe gebäudeweise zentral (2 Gebäude)	135 kW 160 kW (60 % Heizlast)
Pufferspeicher	2,0 m ³ je Gebäude
JAZ	2,4 – 2,8
Flächenbedarf Außeneinheit (Abstände zu schutz- bedürftigen Räumen sind zu beachten)	ca. 30 m ²
Heizraumgröße	ca. 25 – 50 m ²
Gebäudenetz: Hausanschluss Verteilnetz	12 m/Gebäude 41 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 Umweltwärmeketten (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 Erdreichts 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 135 kW im teilsanierten Zustand ergibt sich bei einer mittleren Entzugsleistung von 50 W/m eine notwendige Sondenlänge von rund 1.150 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 12 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.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird von einer gemeinschaftlichen Erschließung von zwei Mehrfamilienhäusern ausgegangen, die jeweils dem Mustergebäude entsprechen.

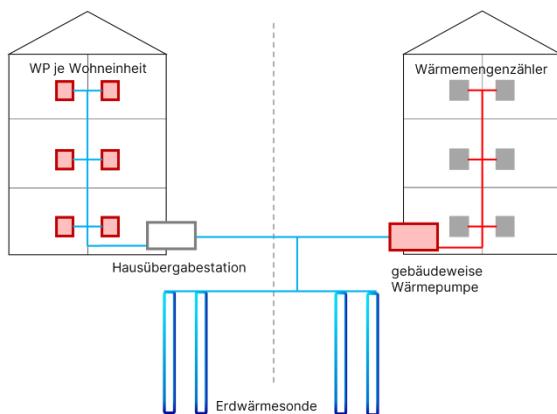
Anlagen Konfiguration Mustergebäude

Heizleistung Wärmepumpe	81 kW je Gebäude (60 % Heizlast)
Pufferspeicher	2,0 m³ je Gebäude
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 41 m/Gebäude (Grundstückslänge)
Heizraumgröße	ca. 50 – 80 m²

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 Nahwärmennetz 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 hier verwendete Anlagenkonfiguration wird von einem kalten Verteilnetz mit gebäudeweisen Wärmepumpen ausgegangen. Die Erdsonden-Wärmepumpen werden zur Abdeckung der Grundlast, ca. 90 % des jährlichen Wärmebedarfs, genutzt. Zur Abdeckung von Spitzenlasten wird ein monoenergetischer Betrieb mittels eines elektrischen Kessels angenommen.

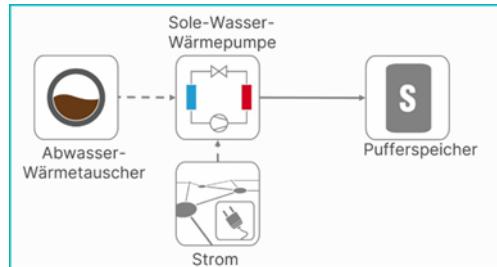


Typische Jahresarbeitszahlen von 3,0 bis 3,4 im teilsanierten Gebäudebestand belegen die hohe Effizienz von Erdsonden-Wärmepumpen. Durch den großen Anteil erneuerbarer Umweltwärme bleiben die Wärmeerzeugungskosten langfristig vergleichsweise stabil und reagieren dadurch weniger stark auf Strompreisänderungen. 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 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 eine gebäudeweise Erschließung zugrunde gelegt, da es die geforderte Mindestleistung weitgehend erfüllt. 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.

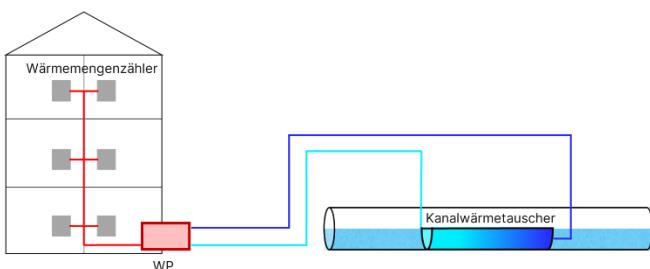
Anlagen Konfiguration Mustergebäude

Leistung Wärmepumpe	135 kW
Pufferspeicher	ca. 2,0 m ³
JAZ	3,1 – 3,5
Heizraumgröße	ca. 50 – 80 m ²

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 Zustimmungsvorbehalt der dena.

Stand: 12/2025