

8. Zusammenfassung der Ergebnisse und Handlungsempfehlungen

In diesem Abschnitt werden die wesentlichen Ergebnisse der Studie zusammengefasst und allgemeine Handlungsempfehlungen abgeleitet.

8.1. Ergebniszusammenfassung

Im Folgenden sollen die Ergebnisse der im Rahmen des Projekts durchgeführten Arbeiten zusammengefasst werden. Dies umfasst Ergebnisse aus der Ist-Analyse der beiden vorgegebenen Test-Cases, der Entwicklung von Lösungsoptionen sowie der Analyse der Übertragbarkeit der ausgearbeiteten Lösungen auf andere ähnliche und typische mehrgeschoßige Bestandswohnbauten.

8.1.1 IST-ANALYSE

Für die Ist-Analyse wurde im Sinne eines möglichst effizienten Heiz- und Kühlsystems davon ausgegangen, dass die von den Gebäudeeigentümer*innen angedachten thermischen Sanierungsmaßnahmen umgesetzt werden. Die Ergebnisse der Ist-Analyse zeigen, dass hierdurch sowie auch durch eine optimierte Heizlastermittlung starke Reduktionen für die benötigte Heizleistung und Wärmemenge möglich sind. Durch das Nachrüsten außenliegender Verschattungsvorrichtungen mit automatisierter einstrahlungsabhängiger Steuerung kann auch der Kältebedarf in beiden Objekten reduziert werden. Die Ergebnisse der Ist-Analyse sind in Tabelle 41 dargestellt. Diese beinhalten die Ergebnisse für die gesamte Wärmeleistung (Heizung und Warmwasser) sowie für die Kälteleistung und die dazugehörigen Bedarfsmengen.

Tabelle 41: Ergebnisse der Ist-Analyse für die notwendige Heiz- und Kühlleistung sowie für den Wärme- und Kältebedarf der beiden Test-Cases im sanierten Fall bei zusätzlicher Implementierung einer außenliegenden Verschattung für den Sommer (gerundet).

Größe	Einheit	Dianagasse 2	Gerlgasse 12-14
Wärmeleistung gesamt	kW	65	145
Kühlleistung	kW	17	48
Wärmebedarf gesamt	MWh/a	131	313
Kältebedarf	MWh/a	7	26

Eine wesentliche Erkenntnis aus diesem Arbeitspaket ist der signifikante Einfluss von thermischen Sanierungsmaßnahmen sowie einer optimierten Heizlastauslegung. Die Annahmen für die dynamische Gebäudesimulation, mittels derer die Heizlast ausgelegt wurde, sind im Kapitel 2.1 beschrieben. Die zustande kommenden Werte für die nötige Heizleistung und den Wärmebedarf lassen unter Umständen sogar monovalente Lösungen zu, wie später in der Lösungsentwicklung ersichtlich. Die Ergebnisse der Potenzialanalyse sind in Tabelle 42 dargestellt.

Tabelle 42: Übersicht über die erhobenen maximalen Potenziale. a= vom Wärmeerzeuger abgegebene Leistung / Energiemenge, b= gerechnet mit Bohrpunkten lt. STEINER ET AL., 2023 auf eigenem und öffentlichem Grund bei ausgeglichener Betriebsweise des Erdsondenfelds, c= vom Kollektorkreis abgegebene Wärmemenge.

Maximales Potenzial	Einheit	Dianagasse 2	Gerlgasse 12-14
Erdsonden ^{a,b}	kW	59	156
Erdsonden ^{a,b}	MWh/a	112	279
Grundwasser ^a	kW	84	keine Daten
Grundwasser ^a	MWh/a	159	keine Daten
Abwassersammelkanal am öff. Grund	-	in beiden Fällen kostentechnisch nicht darstellbar	
Gebäudeeigenes Grauwasser ^a	MWh/a	8	37
Abwasser aus Waschküchen	-	nicht vorhanden	aufgrund hoher zu erwartender Wartungskosten und geringer Erträge nicht weiterverfolgt
Solarthermie ^c	MWh/a	keine geeigneten freien Dachflächen vorhanden	86

8.1.2 LÖSUNGSENTWICKLUNG

Im Folgenden wird nun auf die Ergebnisse für die multivalenten Systemvarianten in beiden Test-Cases unter Berücksichtigung der unterschiedlichen möglichen Haustechnikkonfigurationen eingegangen.

DIANAGASSE

In Tabelle 43 sind die Lösungsoptionen für die Dianagasse zusammengefasst. In der Tabelle sind die Varianten mit einem „/“ getrennt.

Tabelle 43 : Zusammenfassung der Lösungsoptionen für die Dianagasse.

Zusammenfassung Dianagasse	Wert	Einheit
Gleichzeitigkeit Warmwasser / Heizung	0,55 / 0,8	-
Heizlast	62	kW
Sondenanzahl Eigengrund	3	Stk.
Erforderliche WP-Leistung	65	kW
Pufferspeichervolumen Gesamt	5.000	Liter
Leistung aus Geothermie / Luft	(0/100) / (35/65) / (38/62) / (42/58) / (100/0)	%
Verteilnetz	58 °C / 45 °C / 30-35 °C	
Wärmeabgabe	Bestandsradiatoren / Fußbodenheizung	
Warmwasserbereitung	Frischwasserstation / E-Speicher / Klein-Wärmepumpe	
Temperierungsmöglichkeit	Nur bei E-Speicher und Klein-Wärmepumpen über vorhandenes Fußboden- und Radiatorenheizungssystem	

Ausgehend von einer Heizlast der Dianagasse von ca. 62 kW im sanierten Zustand, wurde die erforderliche Leistung der Wärmepumpe für die Heizung und den Warmwasserbedarf ermittelt. Die erforderliche Gesamtleistung der Wärmepumpe beträgt 65 kW. Diese Leistung sollte von mehreren Wärmepumpen erbracht werden. Auf Eigengrund der Dianagasse sind drei Erdwärmesonden mit einer Tiefe von 150 m und einem ausreichenden Abstand von 6 m möglich. Die Gesamtleistung beträgt 23 kW. Aus Kostengründen werden zusätzliche Sonden auf öffentlichen Flächen vor der Liegenschaft nicht in Erwägung gezogen. Mit den Erdwärmesonden können 35 % des Wärmebedarfs gedeckt werden. Die zusätzliche Leistung von 42 kW kann von zwei Luft-Wärmepumpen mit je 21 kW bereitgestellt werden. Ein Gesamtpufferspeichervolumen von 5.000 l wird benötigt, um den Warmwasserverbrauch und den Speicheranteil der Heizung aufzunehmen. Hierfür werden ebenfalls mehrere kleinere Speicher zusammengefasst, um genügend Kapazität für die erforderlichen Warmwassermengen zu haben. Ab einer Verteilnetztemperatur von 45 °C und abwärts sinkt die erforderliche Gesamtleistung auf 50 kW und die Anlage kann kleiner dimensioniert werden.

Abhängig von der Außentemperatur werden die Wärmepumpen sowohl im Alleinbetrieb als auch im Parallelbetrieb für die Wärmeerzeugung benötigt. Damit eine höhere saisonale Effizienz erreicht werden kann gibt es fünf verschiedene Betriebsarten, die sich in Abhängigkeit von der Außentemperatur abwechseln.

Betriebsarten der Wärmepumpen:

- Betriebsart 1: Sole-Wärmepumpe priorisiert
Außentemperatur < 8 °C
- Betriebsart 2: Luftwärme-Pumpe 100 %
Außentemperatur > 8 °C
- Betriebsart 3: Geothermie,- und Luftwärme-Pumpe zu je 50 %
Außentemperatur < 0 °C
- Betriebsart 4: Passive Regeneration (Kühlbetrieb)
Außentemperatur > 26 °C
- Betriebsart 5: Aktive Regeneration (Kühlbetrieb)
Außentemperatur > 30 °C

Für die Wärmeverteilung in der Dianagasse muss ein neues Verteilnetz errichtet werden, da die bisherige Wärmeerzeugung über Gas-Kombithermen stattfand. Die Bestandsradiatoren müssen in der Regel nicht getauscht werden, allerdings muss die Abgabeleistung nach Reduktion der Vorlauftemperatur noch ausreichend sein, um die Heizlast decken zu können.

Für die Warmwassererzeugung werden drei Varianten vorgeschlagen:

- Variante A: Frischwasserstationen
Verteilnetztemperatur: 58 °C
- Variante B: E-Speicher
Verteilnetztemperatur: 45 °C
- Variante C: Klein-Wärmepumpen für Warmwasser und Heizung
Verteilnetztemperatur: 30-35 °C

In Variante A und B wird der größte Teil der Wärmeerzeugung zentral erzeugt. Im Gegensatz zu Variante C, in der der größte Teil der Wärme dezentral in den Wohnungen erzeugt wird.

GERLGASSE

In Tabelle 44 sind die Lösungsoptionen für die Gerlgasse zusammengefasst. In der Tabelle sind die Varianten mit einem „/“ getrennt und die Kombinationen mit einem „+“ verbunden.

Tabelle 44: Zusammenfassung der Lösungsoptionen für die Gerlgasse.

Zusammenfassung Gerlgasse	Wert	Einheit
Gleichzeitigkeit Warmwasser / Heizung	0,2 / 0,8	-
Heizlast	155	kW
Sondenanzahl Eigengrund	15	Stk.
Erforderliche WP-Leistung	145	kW
Pufferspeichervolumen Gesamt	9.500	Liter
Leistung aus Geothermie / Luft	(100/0) / (60/40) / (0/100)	%
Verteilnetz	Mitteltemperatur 58 °C + Niedertemperatur 30 °C / Mitteltemperatur 45 °C + Niedertemperatur 30 °C / 25 °C + Niedertemperatur 30 °C	
Wärmeabgabe	Bestandsradiatoren + Fassadenaktivierung	
Warmwasserbereitung	Frischwasserstation / E-Speicher / Klein-Wärmepumpe	
Temperierungsmöglichkeit	Bei V1 und V3 über Fassadenaktivierung, bei anderen Varianten über Radiatoren	

Die Heizlast, von der auszugehen ist, beträgt im sanierten Fall ca. 155 kW. Ähnlich wie bei der Dianagasse wurden Berechnungen durchgeführt, um auf die erforderliche Wärmepumpenleistung und das Pufferspeichervolumen zu kommen. Durch die größere Anzahl der betrachteten Wohneinheiten im Vergleich zur Dianagasse ergibt sich eine geringere Gleichzeitigkeit für Warmwasser und Heizung. Daher ist die erforderliche Leistung der Wärmepumpe unterhalb der Heizlast, von der ausgegangen wird. Details zur Berechnung sind im Kapitel 2.1 zu finden. In Summe ergibt sich eine erforderliche Wärmepumpenleistung von 145 kW und ein Gesamtpufferspeichervolumen von 9.500 l.

Durch den Verzicht auf Sonden am öffentlichen Grund aufgrund der Kosten und des Genehmigungsaufwands wird ein multivalentes System notwendig. Im Innenhof der Gerlgasse können 15 Erdwärmesonden mit einer Tiefe von je 120 m gebohrt werden. Die hervorgebrachte Leistung von 86 kW deckt die Heizlast zu 60 %. Zusätzlich werden 59 kW benötigt, um die Gesamtheizlast abdecken zu können. Es wird daher vorgeschlagen, die erforderliche Leistung von zwei Luft-Wärmepumpen mit jeweils 30 kW und einer Sole-Wärmepumpe mit 86 kW erbringen zu

lassen. Das nötige Speichervolumen für Warmwasser und Heizung kann auf drei miteinander verbundene Behälter mit je 3.200 l aufgeteilt werden.

Im Vergleich zur Dianagasse eignet sich die Fassade der Gerlgasse für die außenseitige Aktivierung. Dadurch kann die Wärmeabgabe auf einer großen Fläche erfolgen und die Vorlauftemperatur der Heizung gesenkt werden. Dies ermöglicht eine Aufteilung in ein Mitteltemperaturnetz (58 °C) und ein Niedertemperaturnetz (30 °C) inklusive Pufferspeicher für die zwei unterschiedlichen Netze. Das Niedertemperaturnetz wird für die Erwärmung und die Entwärmung der Fassade verwendet. Das Mitteltemperaturnetz wird für die Warmwasserbereitung und die zusätzliche Wärmeabgabe über die Bestandsheizkörper verwendet. Dadurch ergeben sich 5 unterschiedliche Betriebsfälle, die sich in Abhängigkeit von der Außentemperatur unterscheiden. Grundsätzlich wird im Heizfall der Mitteltemperaturpuffer, der die Grundlage für die Warmwasserbereitung ist, vorrangig geladen. Der Niedertemperaturpuffer wird erst geladen, wenn der Mitteltemperaturpuffer vollgeladen ist.

Bei tiefen Außentemperaturen wird wie bei der Dianagasse die Sole-Wärmepumpe vorrangig verwendet. Die Luft-Wärmepumpen können einzeln dazu geschaltet werden, um tiefe Temperaturen (< -5 °C) abzudecken. Ab einer Außentemperatur von 6 °C werden nur die Luft-Wärmepumpen verwendet, um die Wärme für Mittel- und Niedertemperaturnetz bereitzustellen. Von 14 °C–26 °C Außentemperatur ist das Niedertemperaturnetz inaktiv und das Mitteltemperaturnetz wird von den Luft-Wärmepumpen mit Wärme versorgt.

Die Entwärmung erfolgt passiv oder aktiv über das Niedertemperaturnetz auf einem Temperaturniveau von 20 °C–25 °C. Der Niedertemperaturspeicher kann ebenfalls für die Entwärmung verwendet werden. Die reversible Sole-Wärmepumpe kann für eine aktive Entwärmung verwendet werden, wenn die passive Entwärmung nicht mehr ausreicht. Die Wärme wird zur Regeneration der Erdwärmesonden verwendet. Details inklusive Schemata zu den einzelnen Betriebsmodi der Gerlgasse finden sich im Kapitel 4.2.2.1.

Für die zentrale Wärmeerzeugung werden Technikflächen benötigt. Im Keller befinden sich zwei Magazine, die sich als mögliche Technikflächen eignen würden. Wie in der Dianagasse muss auch für die Gerlgasse ein neues Verteilnetz errichtet werden. In den Bereichen der Fassadenaktivierung können die Bestandradiatoren erhalten bleiben. Sie dienen zur zusätzlichen Wärmeabgabe und arbeiten bei reduzierter Vorlauftemperatur.

Die Warmwassererzeugung in den Wohnungen erfolgt in zwei Varianten:

- Variante A: Frischwasserstationen
Verteilnetztemperatur: 58 °C
- Variante B: E-Speicher
Verteilnetztemperatur: 45 °C
- Variante C: Klein-Wärmepumpen für Warmwasser und Heizung
Verteilnetztemperatur: 25 °C

Zum einen über Frischwasserstationen, wenn die Vorlauftemperatur auf 58 °C betrieben wird, zum anderen über E-Speicher bei Vorlauftemperaturen von 45 °C oder über Klein-Wärmepumpen bei kaltem Verteilnetz mit 25 °C Vorlauftemperatur.

8.1.3 ÜBERTRAGBARKEIT

In einem ersten Schritt ist die grundsätzliche Frage zu beantworten, ob überhaupt ein multivalentes System zur Wärmeversorgung des betreffenden Gebäudes notwendig ist (vgl. Abbildung 87). Zur Ermittlung des Wärmebedarfs sowie der nötigen Heizleistung kann anstatt einer statischen Heizlastrechnung eine Heizlastermittlung über dynamische Gebäudesimulationen erfolgen und weiters abweichende Annahmen von jenen in der Norm gegebenen getroffen werden (etwa eine höhere minimale Außentemperatur als die Norm-Außentemperatur). Diese erlaubt eine genauere Betrachtung des simulierten Gebäudes unter Einbeziehung von aktuellen Wetterdaten und unter individuell festgelegten Randbedingungen für das betreffende Gebäude.

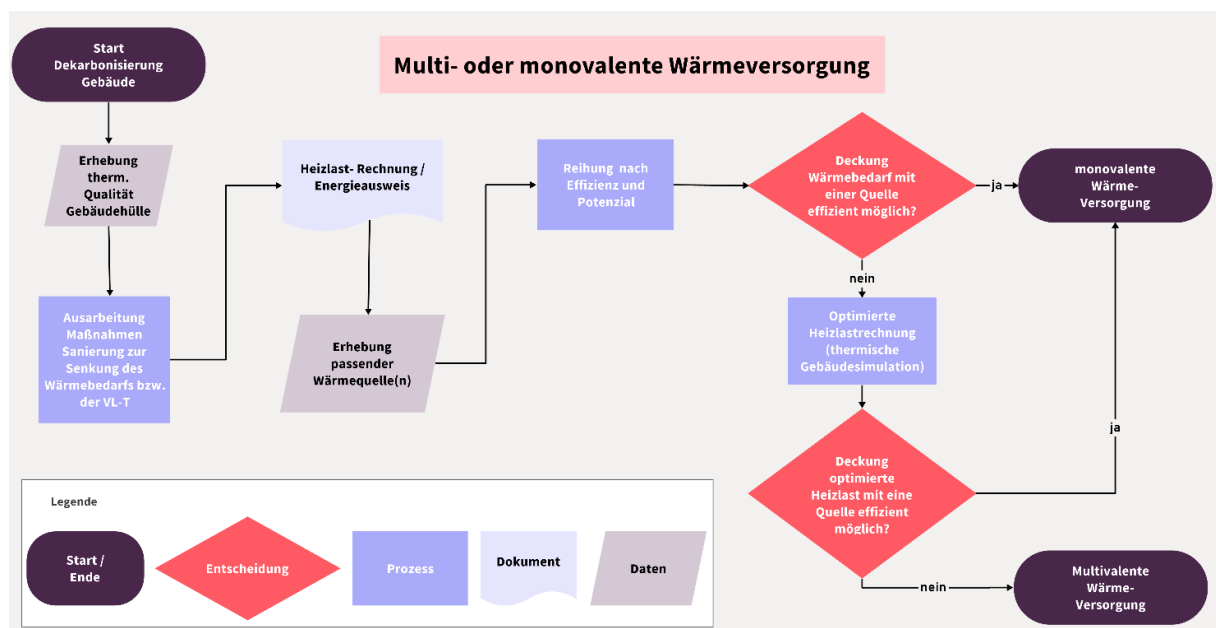


Abbildung 87: Entscheidungsbaum für die Fragestellung, ob ein Gebäude multi- oder monovalent wärmeversorgt werden kann (eigene Darstellung).

In der Praxis fällt die Entscheidung für ein bestimmtes System häufig aufgrund der Investitionskosten sowie der erwarteten Kosten im Betrieb. Da Systemkombinationen üblicherweise aufgrund des zusätzlichen Installations- und Regelungsaufwandes teurer sind, stellen monovalente Systeme oft die günstigere Alternative dar. Für das Konzept der multivalenten Wärmeversorgung hingegen sprechen insbesondere die Aspekte der Redundanz sowie das Potenzial zur Dekarbonisierung von Gebäuden durch die Integration mehrerer Wärmequellen. Durch die kombinierte Nutzung beispielsweise von Grundwasser- und Luft-Wärmepumpen kann eine höhere Versorgungssicherheit sowie ein geringerer CO₂-Ausstoß erreicht werden. Darüber hinaus bieten multivalente Systeme eine einfachere Systemtrennung im Sommer für gleichzeitigen Warmwasser- und Kühlbetrieb. Bei Kombinationen aus Erdwärmesonden mit anderen Wärmequellen besteht weiters eine höhere Flexibilität bei der Regeneration der Sonden bzw. ermöglicht die Kombination mit einer weiteren Wärmequelle eine Entlastung des Erdsondenfelds (z. B. durch Realisierung der Warmwassererzeugung aus Luft-Wärmepumpen in der Übergangszeit bzw. im Sommer). Damit stellt die multivalente Wärmeversorgung eine zukunftsorientierte Alternative zu bivalenten Systemen dar,

bei denen Wärmepumpen lediglich durch konventionelle Kesselsysteme (z. B. Gaskessel) ergänzt werden.

Die Beurteilung, ob ein mono- oder multivalentes System genutzt werden soll, sollte bereits unter Einbeziehung möglicher Sanierungsmaßnahmen am Gebäude erfolgen. Hierzu zählen insbesondere Maßnahmen zur thermischen Verbesserung der Gebäudehülle sowie der Wärmeabgabe im Gebäude:

- Dämmung der Gebäudeaußenwände oder von Teilflächen (z. B. Parapete, Fensterstürze, Brandschutzwände),
- Austausch veralteter Fenster gegen moderne, wärmedämmende Verglasung,
- Wärmedämmung der obersten Geschoßdecke,
- Dämmung der Kellerdecke,
- Erneuerung bzw. Optimierung der Fenster- und Tüрдichtungen,
- Austausch konventioneller Heizkörper durch gebläseunterstützte Niedertemperaturradiatoren („Wärmepumpenheizkörper“),
- Ergänzung durch Flächenheizsysteme (z. B. Fußboden- oder Wandheizung),
- thermische Aktivierung von Fassadenelementen (vorausgesetzt, es handelt sich nicht um stark gegliederte Fassaden).

Im nächsten Schritt können die Potenziale verschiedener lokal verfügbarer Wärmequellen erhoben werden. Diese sind insbesondere:

- Abwasserwärme (z. B. Grauwassernutzung, kommunale oder industrielle Abwässer über Kanalnetze)
- Abluftwärme (z. B. aus Lüftungsanlagen oder Abwärme industrieller und gewerblicher Prozesse)
- Grundwasserwärme
- Geothermische Wärme (z. B. mittels Erdwärmesonden oder Kollektoren)
- Umgebungsluft
- Solarthermische Energie

Die zentralen Fragen zur Abklärung der Erschließbarkeit verschiedener Wärmequellen sind im Kapitel 5.4 mit Auszügen aus dem im Anhang (S. 186) beigefügten Entscheidungsbaum grafisch aufbereitet. Hinsichtlich der Kombination verschiedener Wärmequellen wird in der Praxis häufig ein Optimum aus maximal möglicher System- und Kosteneffizienz angestrebt. Das bedeutet, dass hauptsächlich Kombinationen zustandekommen, bei denen Wärmequellen mit höheren Temperaturen und daher Effizienzen (Geothermie, Grundwasser) mit Luft-Wärmepumpen kombiniert werden.

8.2. Allgemeine Handlungsempfehlungen

Dieser Abschnitt fasst wesentliche sich aus der Bearbeitung der Arbeitspakete ergebende Handlungsempfehlungen zusammen. Diese können im Zuge jedes Vorhabens, das sich auf die Umstellung auf multivalente Systemlösungen bezieht, angewendet werden.

AUSSCHÖPFUNG MÖGLICHER SANIERUNGSPOTENZIALE

Da einerseits die verfügbaren lokalen Wärmequellen im urbanen Raum stark begrenzt sind und andererseits die Schlüsseltechnologie multivalenter Heizsysteme die Wärmepumpentechnik ist, ist eine möglichst starke Reduktion des Wärmebedarfs bzw. der Heizlast und eine bestmögliche Absenkung der Systemtemperaturen zu realisieren. Eine zentrale Maßnahme ist hier die thermische Sanierung des Gebäudes. Unter Umständen ist in Ermangelung der Möglichkeit einer Sanierung der gesamten thermischen Gebäudehülle abhängig vom thermischen Zustand des Gebäudes eine ausreichende Absenkung schon durch einzelne Dämmmaßnahmen, etwa der Kellerdecke und der obersten Geschoßdecke, zu erreichen. Weiters können Wärmeverluste durch Undichtigkeiten an den Gebäudeöffnungen durch eine nachträgliche Abdichtung und bestehende Wärmebrücken durch fachgerechte Anbringung von Dämmmaterialien stark reduziert werden.

ABGABESYSTEME

Eine weitere Möglichkeit zur Absenkung der Systemtemperaturen besteht in der Optimierung oder Erweiterung der verfügbaren Abgabeflächen. Hierbei kommt in den meisten Fällen ein Heizkörpertausch auf moderne, effizientere und/oder auch flächenmäßig größere Modelle zum Einsatz. Für Niedertemperaturheizsysteme eignen sich Wärmepumpenheizkörper, die trotz niedriger Vorlauftemperatur eine effiziente Wärmeabgabe bieten. Dies wird durch ein im Heizkörper integriertes Gebläse bewerkstelligt. Es ist daher bei der Installation von Wärmepumpenheizkörpern zu bedenken, dass ein Stromanschluss notwendig ist. Der effizienteste Weg zur Absenkung der Systemtemperaturen ist jedoch die Installation von Flächenheizungen. Dies ist mit größerem baulichem Aufwand verbunden und stellt eine erhebliche Beeinträchtigung der Bewohner*innen dar. Bei Gebäuden mit glatten, nicht denkmalgeschützten Fassaden kann eine außenliegende Fassadenaktivierung im Zuge der thermischen Sanierung der Fassade eingebracht werden. Derartige Systeme werden bereits in der Forschung in mehreren Demonstrationsprojekten (etwa im aktuell laufenden Projekt *Sani6Oies* (vgl. FFG, S. A. A) oder etwa im bereits abgeschlossenen Projekt *Smart Skin – Salzburger Multifunktionsfassade* (Projektleitung: FH Salzburg, vgl. FH SALZBURG, S. A.) getestet.

BERÜCKSICHTIGUNG DER OPTIMIERTEN HEIZLAST

Im Gegensatz zur in den meisten Planungsprozessen üblichen Feststellung der Heiz- bzw. Kühllast nach Norm besteht die Möglichkeit der Ermittlung der nötigen Heiz- bzw. Kühlleistung mittels dynamischer Gebäudesimulationen. Voraussetzung für die Umsetzung eines so optimierten Systems ist die Einwilligung des Gebäudeeigentümers/-betreibers. Durch die Optimierung wird die Dimensionierung des Heiz- bzw. Kühlsystems an tatsächlich zu erwartende auftretende Lasten angepasst und eine Überdimensionierung bzw. häufiger ineffizienter Teillastbetrieb vermieden. Eine Auslegung des Heiz- bzw. Kühlsystems auf eine geringere Leistung bedeutet auch, dass in diesen

Fällen wahrscheinlicher ist, dass das Auslangen mit einem monovalenten System gefunden wird. Wird die Auslegung anhand Norm vorgenommen, sind höhere Leistungen zu erwarten, die je nach Ausgangslage mit größerer Wahrscheinlichkeit eine multivalente Lösung erforderlich machen. Kostentechnisch liegen monovalente Systeme aufgrund des Wegfallens einer im Moment noch kostspieligen übergeordneten Regelungstechnik sowie einer geringeren Fehleranfälligkeit durch die geringere Systemkomplexität im Vorteil, allerdings weisen multivalente Systeme auch mehrere Vorteile auf: Sie verfügen über eine höhere Resilienz durch das Vorhandensein mehrerer Wärmeerzeuger, ermöglichen einen größeren Spielraum zur Optimierung der Gesamtsystemeffizienz (System-Jahresarbeitszahl), erlauben eine leichtere Regeneration von Erdsondenfeldern und zeigen Vorteile in der Realisierung der Entkoppelung von Warmwasserbereitungs- und Kühlsystem im Sommer.

AUSSCHÖPFUNG PASSIVER KÜHLMÖGLICHKEITEN

Da in den kommenden Jahrzehnten aufgrund einer stetig ansteigenden Erdoberflächenmitteltemperatur mit einem zunehmenden Kältebedarf zu rechnen ist (vgl. WIMMER ET AL., 2024), steigt auch die Bedeutung von passiven und aktiven Möglichkeiten zur Gebäude-Entwärmung bzw. Kühlung. Im Sinne eines möglichst geringen Energieverbrauchs sind passive Möglichkeiten zur Kühlung bevorzugt zu behandeln. Hierbei ist insbesondere die Reduktion solarer Einträge durch das Vorsehen und optimale Betreiben von Verschattungseinrichtungen eine effektive Maßnahme, ungewollte solare Einträge zu minimieren. Weiters kann tagsüber eingetragene überschüssige Wärme durch eine Nachtlüftungsstrategie wieder ausgetragen werden. Eine sommerliche Überwärmung ist insbesondere in Gebäuden mit geringer thermischer Masse (insbesondere in leichter und mittelschwerer Bauweise errichtete Gebäude) problematisch, da die fehlende thermische Masse keine Pufferfunktion übernehmen kann. Besonders hier sind effektive Entwärmungs- bzw. Kühlstrategien vorzusehen.

PLATZBEDARF ZUR ERSCHLIEßUNG DER WÄRMEQUELLEN

Der maßgeblich limitierende Faktor im urbanen Raum bei der Nutzung lokaler Wärmequellen ist das stark beschränkte Platzangebot. Die effizienteste Art der thermischen Nutzung des Erdreichs stellen Erdwärmesonden dar, da diese in tiefere Erdschichten eindringen und so weniger Platz in der horizontalen Ausdehnung benötigen. Hier sind Mindestabstände zu benachbarten Grundstücken und zwischen den Sonden selbst einzuhalten, um eine gegenseitige thermische Beeinträchtigung zu minimieren (vgl. NIEDERBRUCKER UND HASLINGER, 2016). Flächenkollektoren sind aufgrund ihres verhältnismäßig hohen Platzbedarfs und daher flächenspezifisch geringeren Leistung nur in Bereichen mit großem Platzangebot geeignet. Bei der Errichtung von Grundwasserwärmepumpen sind ein Entnahme- und Schluckbrunnen nötig, welche einen ausreichend großen Abstand zueinander haben sollten, um Kurzschlussströmungen zu vermeiden. Zur thermischen Nutzung des Grundwassers ist eine wasserrechtliche Genehmigung einzuholen. Eine Einschränkung der genehmigten Entnahmemenge ergibt sich auch aus bereits bestehenden Nutzungsrechten in der Umgebung der geplanten Anlage (vgl. NIEDERBRUCKER UND HASLINGER, 2016). Bei allen Eingriffen im Untergrund ist im Vorfeld zu prüfen, wie sich die unterirdische Infrastruktur (insbesondere Leitungswege im öffentlichen Grund) gestaltet. Im Wiener öffentlichen Gut ist vor Beginn von Bohrarbeiten eine Probeaufgrabung durchzuführen (vgl. STADT WIEN, S. A. H.). Bei Vorliegen

geschützter archäologischer Bestände ist weiters das Bundesdenkmalamt bei geplanten Grabungsarbeiten in Kenntnis zu setzen und ggf. eine Genehmigung einzuholen (vgl. BUNDESDENKMALAMT, 2024). Darüber hinaus ist sicherzustellen, dass es ausreichend Platz für den Antransport und Aufstellung der Bohrgeräte gibt. Beim Einsatz von Luft-Wärmepumpen stellt sich lediglich die Frage des Platzbedarfs für die Außengeräte. Hier ist allerdings darauf zu achten, dass im urbanen Raum insbesondere die schalltechnischen Anforderungen eingehalten werden (vgl. BMLUK, 2024). Bei Überschreitung des erlaubten Schallmaßes sind Einhausungen vorzusehen. Weiters ist die optische Integration in Schutzzonen zu beachten (vgl. STADT WIEN, S. A. I). Hier kann etwa eine Aufstellung im überbauten Bereich, etwa in nicht ausgebauten Dachböden mit ausreichender Luftzirkulation oder über Wetterschutzgitter vorgesehen werden. Für solarthermische Anlagen sind ausreichend große freie Dachflächen nötig. Prinzipiell ist jede Größe nutzbar, allerdings ist abzuwägen, ob die Nutzung mittels Photovoltaik kostentechnisch günstiger wäre. Auch hier ist die optische Integration in Schutzzonen zu beachten. Die Nutzung von Abwärme aus Abwasser oder umliegenden gewerblichen Quellen erfordert die räumliche Nähe der möglichen Anschlusspunkte bzw. bei den gebäudeeigenen Quellen Abluft und Abwasser die Erschließbarkeit der zentralen Sammelleitung bzw. des zentralen Abluftkanals. Weiters wird Platz für die Wärmerückgewinnungsanlage mittels Wärmeübertrager und/oder Wärmepumpe benötigt. Insbesondere bei der Nutzung von Abwasser sind die Wartungskosten zur Reinhaltung des Wärmeübertragers zu beachten. Sollten keine lokalen Wärmequellen zur Verfügung stehen, können Biomasseheizungen oder Nah-/bzw. Fernwärmenetze oder lokale Anergienetze angedacht werden. Biomasseheizungen erfordern ausreichend große Lagerräume zur Brennstofflagerung. Für die Nutzung von Wärmenetzen ist mindestens eine Übergabestation nötig, bei Anergienetzen ist zur Bereitstellung höherer notwendiger Temperaturniveaus eine Wärmepumpe nötig.

WÄRMEQUELLENKOMBINATION

Die möglichen Wärmequellenkombinationen richten sich natürlich nach den verfügbaren Potenzialen am betreffenden Standort; in der Praxis werden der Erfahrung der Autor*innen nach am häufigsten Kombinationen aus Geothermie und mindestens einer weiteren Quelle eingesetzt. Dies hat den Vorteil des hohen Wirkungsgrads von Sole-Wärmepumpen, deren Leistung durch weitere Quellen ergänzt wird und deren Effizienz durch Regeneration des Erdsondenfelds mit Raumwärme im Sommer oder über die anderen Wärmequellen sichergestellt werden kann. Aus Kostengründen werden meistens Luft-Wärmepumpen als weitere Wärmequelle eingesetzt, die in der Übergangszeit und im Sommer mit höheren Quellentemperaturen punkten können. Grundwasser eignet sich grundsätzlich auch, hat allerdings aufgrund der ähnlichen und konstanten Quellentemperatur weniger Synergieeffekte und muss sorgfältig geplant werden, um eine Beeinflussung des Erdsondenfelds in seiner Leistung auszuschließen. Falls vorhanden, ist insbesondere Abwärme aus Abluft oder Abwasser eine attraktive Wärmequelle, die kontinuierlich anfällt, hohe Temperaturen aufweist und daher sehr effizient nutzbar ist. Als Ergänzung kann Solarenergie eingebunden werden, die die Effizienz der Anlage insbesondere in der Übergangszeit und im Sommer erhöht.

HEIZUNGSZENTRALISIERUNG UND WARMWASSERBEREITUNG

Zur Versorgung eines Gebäudes mit lokalen Wärmequellen ist zwangsläufig ein Verteilnetz der Wärmequelle nötig. Dies erfordert den Anschluss aller beheizter Zonen an ein zentrales

Verteilsystem, das von einer Technikzentrale aus versorgt wird. Die zentrale Erschließung kann über bestehende freie Kanäle, ungenutzte Kamine o. ä. erfolgen bzw. über neu angelegte Verteilschächte in Gangbereichen. Bei der Nutzung von Kaminen ist zu beachten, dass diese aufgrund der Platzverfügbarkeit nur für 2-Leiter-Systeme geeignet sind und die Technikzentrale in diesem Fall eher im Dachgeschoß vorgesehen werden sollte, da nicht alle Kamine bis in den Keller reichen. Weiters bedeutet die Umnutzung von sog. „Notkaminen“ einen zusätzlichen Genehmigungsaufwand im Zuge des Bauverfahrens. Für die Technikzentrale ist ausreichend Platz für die technischen Anlagen, insbesondere Wärme-/Kälteerzeuger und Pufferspeicher, aber auch Pumpengruppen sowie Regelungstechnik nötig. Bei der Wahl und Ausstattung der Räumlichkeit sind die geltenden sicherheitstechnischen Vorgaben einzuhalten. Eine Zentralisierung der Warmwasserbereitung ist nicht zwingend notwendig und angesichts der Zirkulationsverluste mit dezentralen Möglichkeiten der Warmwasserbereitung abzuwägen. Hier bieten sich je nach Systemtemperaturen im Heizsystem, Platzangebot und Kühlmöglichkeit in den Wohnungen verschiedene Möglichkeiten:

Bei höheren Systemtemperaturen (Heizungsvorlauf etwa 55 °C) kann das Warmwasser in den Wohnungen über Frischwasserstationen bedarfsgerecht bereitgestellt werden. Dies bedeutet, dass das Heizungsnetz auch im Sommer für die Warmwasserbereitung benötigt wird. Für die Kühlung wäre dann ein 4-Leiter-System vorzusehen. Auch in dieser Variante sind die Leitungsverluste wie bei zentralen Warmwasserbereitungssystemen mit Zirkulation zu beachten.

Bei etwas geringeren Systemtemperaturen (Heizungsvorlauf etwa 45 °C) kann über einen Wärmeübertrager ein E-Speicher geladen werden, der das Warmwasser auf das geforderte Abgabetemperaturniveau mittels elektrischer Nachheizung bringt. Alternativ dazu können auch Brauchwasser-Wärmepumpen das Heizungsnetz als Wärmequelle zur Warmwasserbereitung nutzen.

In Heizungsnetzen mit sehr geringen Systemtemperaturen (Heizungsvorlauf etwa 25 °C) können dezentrale Klein-Wärmepumpen genutzt werden, die eine eventuell für die Abgabeflächen nötige höhere Vorlauftemperatur sowie das Warmwasser der Wohneinheit zu erzeugen. Diese bieten auch die Möglichkeit, das Niedertemperaturnetz im Sommer zum Kühlen zu nutzen. Bei Möglichkeit des Heizkörperaustauschs sind am Markt Fabrikate für dezentrale Kleinst-Wärmepumpen verfügbar, die gleichzeitig als Abgabeflächen dienen. Sie werden daher anstelle der alten Heizkörper installiert, nutzen das Heizungsnetz als Wärmequelle und geben direkt an die Raumluft ab. Diese Kleinst-Wärmepumpen bieten auch die Möglichkeit der aktiven Kühlung. Das Warmwasser kann über eine Brauchwasser-Wärmepumpe, die ebenfalls das Heizungsnetz als Wärmequelle nutzt, bereitgestellt werden.

PLANUNG DER SYSTEMLÖSUNGEN

Multivalente Systemlösungen erfordern eine optimale Einbindung der genutzten Wärmequellen und die Umsetzung einer zweckmäßigen Regelung zur Sicherstellung der kosten- und ressourcentechnischen Effizienz der Anlage. Im privaten Wohnungssektor sind multivalente Systemlösungen trotz ihrer zunehmenden Bedeutung noch nicht der Standard. Die notwendige Expertise zur Auslegung bzw. Planung multivalenter Systeme ist daher noch nicht in allen ausführenden Installateursbetrieben vorhanden. Angesichts dieser Tatsache kann bei fehlender

Erfahrung der in Erwägung gezogenen ausführenden Firmen eine Planung durch ein fachkundiges Planungs- oder Ingenieurbüro in Betracht gezogen werden.

KLÄRUNG DES SYSTEMMONITORINGS UND DER SYSTEMREGELUNG

Da multivalente Systeme in ihrem Aufbau und ihrer Funktion als komplexer einzustufen sind als monovalente Systeme, ist insbesondere die Systemüberwachung (Monitoring) und die Umsetzung einer adäquaten Regelung vorzusehen. Dies erleichtert die Fehleranalyse im Falle von Betriebsstörungen und ermöglicht die Betriebsoptimierung. Hierbei sollten einerseits alle wesentlichen Betriebsparameter erhoben werden, um eine möglichst lückenlose Überwachung des Systems zu gewährleisten und die Erstellung von Energiebilanzen zur Systemevaluierung zu ermöglichen. Andererseits sollten in der Mess- und Regeltechnik individuell einstellbare Werte für Umschalt- und Zuschaltpunkte vorgesehen werden, um die Effizienz der Wärmeerzeuger je nach Betriebsmodus bestmöglich auszunutzen und die verschiedenen Erzeuger optimal aufeinander abzustimmen. Bei der Erstellung des Regelungskonzepts ist die Auswahl und Reihung der Wärmeerzeuger nach Effizienz abhängig vom Betriebsmodus der zentrale Grundsatz. Eine frühestmögliche Konzipierung und Ausarbeitung des Monitorings und der Anlagenregelung bereits im Planungsprozess stellt sicher, dass kostenintensive Nachbesserungen vermieden werden und alle notwendigen Bedingungen vorhanden sind, die Anlage optimal zu betreiben.