

Multivalente Lösungen zur erneuerbaren Wärmeversorgung im mehrgeschoßigen Bestandswohnbau

Technische Studie der BOKU University und
Vasko+Partner Ingenieure im Auftrag der Abteilung
Energieplanung der Stadt Wien

Veröffentlichung im Sinne
des § 4 IFG



Zusammenfassung

Zur Erreichung der Klimaziele ist eine deutliche Reduktion der Treibhausgasemissionen erforderlich. Auf Wärmepumpen basierende Heizsysteme ermöglichen durch die Nutzung von Umweltenergie beträchtliche Emissionseinsparungen, benötigen aber eine ausreichende Kapazität der genutzten Wärmequelle. Die Erschließung solcher Wärmequellen stellt insbesondere im urbanen Raum aufgrund der begrenzten Platzverhältnisse eine Herausforderung dar. Ziel dieser Studie ist daher das Aufzeigen und die techno-ökonomische Bewertung von Lösungen zur Wärmeversorgung im mehrgeschoßigen Bestandswohnbau, bei denen mehrere lokale Wärmequellen zur Deckung des Wärmebedarfs („multivalente Systeme“) herangezogen werden. Dies wird anhand von zwei beispielhaften Test-Cases gezeigt. Darauf aufbauend werden durch die Analyse von Teilaspekten, die die Übertragbarkeit der vorgeschlagenen Lösungen beeinflussen, allgemeine Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Die Erhebung der zu deckenden Wärmebedarfe und verfügbaren Potenziale zeigt in beiden Test-Cases, dass auch eine Wärmeversorgung der Gebäude mit nur einer Wärmequelle („monovalente Systeme“) theoretisch möglich wäre. Für die vorgeschlagenen Systemvarianten wurden daher Lösungen mit einer und mit mehreren Wärmequellen untersucht. Für das Objekt Dianagasse wurde als multivalente Variante eine Kombination aus Geothermie mit Sonden am Eigengrund und Luft-Wärmepumpen vorgeschlagen und als monovalente Alternativen einerseits eine reine Versorgung über Luft-Wärmepumpen und andererseits über Geothermie auf eigenem sowie öffentlichem Grund. Es zeigt sich, dass die Investitionskosten der monovalenten Luft-Wärmepumpensysteme niedriger und jene der monovalenten Geothermievariante höher sind als jene der multivalenten Varianten. In Bezug auf die jährlichen Kosten für Energie, Wartung und Instandsetzung können jene Varianten punkten, die einen höheren Anteil an Geothermie an der Wärmebereitung haben, mit niedrigeren Systemtemperaturen arbeiten bzw. das Warmwasser dezentral über wohnungsweise Klein-Wärmepumpen erzeugen. Für das Objekt Gerlgasse wurde ebenso eine Lösung mit einem kombinierten System aus Luft und Geothermienutzung auf Eigengrund, eine reine Luft-Wärmepumpenversorgung sowie eine reine Geothermielösung auf eigenem und öffentlichem Grund vorgeschlagen. Hier zeigen sich ebenfalls niedrigere Investitionskosten für das monovalente Luft-Wärmepumpensystem als für die multivalenten Lösungen und tendenziell höhere Kosten für die monovalente Geothermielösung. Die jährlichen Energie-, Wartungs- und Instandsetzungskosten der Varianten hängen bei diesem Test-Case stark von der Art der Warmwasserbereitung ab: Systeme mit Frischwasserstation oder Klein-Wärmepumpen stellen sich hier als günstiger heraus als Varianten mit E-Boiler. Insgesamt schneiden die monovalenten Lösungen in Bezug auf ihre jährlichen Gesamtkosten bei beiden Test-Cases besser als ihre multivalenten Vergleichsvarianten ab.

Als zentrale Handlungsempfehlung wird die Ausschöpfung der thermischen Sanierungspotenziale empfohlen. Durch den geringeren Wärmebedarf reduziert sich die erforderliche Wärmequellenleistung und somit der Platzbedarf zur Erschließung der lokalen Wärmequellen. Zudem wird dadurch der Betrieb der Systeme mit niedrigeren Vorlauftemperaturen ermöglicht und damit ein effizienter Einsatz von Wärmepumpen. Zur Ermittlung der nötigen Leistung und

Wärmebedarfe kann eine dynamische Gebäudesimulation durchgeführt werden, die realitätsnähere Ergebnisse liefert als eine statische Heizlastauslegung. Eine dynamische Gebäudesimulation ergibt in der Regel niedrigere Werte für Leistung und Bedarf. Bei Einverständnis der Gebäudeeigentümer*innen kann zudem eine optimierte Auslegung der Heizlast bei einer höheren Außentemperatur als der in der ÖNORM festgelegten Norm-Außentemperatur erfolgen, wodurch eine unnötige Überdimensionierung der Anlage vermieden wird. Besonderes Augenmerk ist schließlich auf die Regelung der Anlage zu legen. Multivalente Systeme bieten den Vorteil größerer Flexibilität hinsichtlich des Einsatzes der vorhandenen Wärmeerzeuger. Durch die Erhebung der Wärmebedarfe für Heizung und Warmwasser sowie eine Reihung der verschiedenen Wärmeerzeuger nach Effizienz, können die jeweiligen verfügbaren Wärmeerzeuger je nach Betriebsmodus so priorisiert werden, dass eine möglichst hohe System-Jahresarbeitszahl erreicht wird. Zudem bieten multivalente Lösungen höhere Systemresilienz aufgrund des Vorhandenseins mehrerer Wärmeerzeuger. In der Praxis stellt allerdings der höhere Kostenaufwand für die übergeordnete Anlagenregelung immer noch ein Hindernis dar.

Executive Summary

In order to reach the climate targets set by the EU as well as the Austrian government, a drastic reduction in greenhouse gas emissions is necessary. Heat pump-based heating systems make considerable emission savings possible by using environmental energy sources. However, this technology requires a sufficiently large capacity of the heat source used. The exploitation of sufficiently large heat source capacities, particularly in urban areas, poses a major challenge. The aim of this study is to develop as well as techno-economically evaluate solutions for the heat supply in existing multi-storey residential buildings in which several local heat sources are used to cover the heat demand (so-called 'multivalent' systems). This is demonstrated for two exemplary Test-Case buildings. From the analysis of the Test-Case buildings, the aspects that determine the transferability of the proposed solutions are deduced and generalised and practical recommendations for other existing residential multi-storey buildings are derived.

The survey of the demand to be covered and the available capacities shows in both Test-Case buildings that the heating demand could even be covered using only one available heat source (via a 'monovalent' system). Both monovalent and multivalent (several heat sources) system solutions are therefore considered for the proposed system variants and evaluated in terms of their costs. For the property located in Dianagasse, a combination of geothermal energy with probes on the property's own land and air source heat pumps is proposed, with the alternatives being a system consisting of air source heat pumps only or a system containing a geothermal heat pump only with probes on the property's own land as well as in the road (the road being a public good). Hot water is generated either via fresh water stations, small heat pumps or electric storage tanks. It emerges that the investment costs of the monovalent air source heat pump systems are lower and those of the monovalent geothermal heat pump system are higher than those of the multivalent system variants. In terms of the annual costs for energy, maintenance and repair, the variants that work with a higher share of geothermal energy, operate at lower system temperatures or produce hot water decentrally using small heat pumps are cheaper. For the property located in Gerlgasse, a solution with a combined system of air and geothermal heat pumps with probes on private land, a solution with air heat pumps only and a solution with a geothermal heat pump only with probes on private land and the road (again, a public good) are proposed. Regarding investment costs, the monovalent air source system is again cheaper and the monovalent geothermal source solution again more expensive than the multivalent solution. A look at the annual energy, maintenance and repair costs of the different variants shows that system solutions with an electric storage tank for hot water production are more expensive than those with a fresh water station or a small heat pump. The annual energy, maintenance and repair costs of the various variants in this Test-Case depend strongly on the type of hot water production system. In total, the monovalent solutions presented for the Test-Cases perform better in terms of annual total costs than their multivalent counterparts.

Drawing on the results of the current study, readers are advised to first and foremost exploit the potential for the improvement of the thermal properties of the building envelope, which makes it possible to operate the heating system at lower flow temperatures and thus makes the use of heat

pumps possible and efficient. Furthermore, a smaller heating demand allows for lower heat source capacities and reduces the space required to tap local heat sources. Dynamic building simulation can be used to determine the necessary heating system capacity and heating demand, providing a more realistic estimate and usually resulting in lower values for heating power and heating demand. With the consent of the building owners, the heating load design can also be optimised by designing the heating system for higher outside temperatures than the standard outside temperature ('Norm-Außentemperatur') specified in the ÖNORM standard, or by assuming that exterior walls adjacent to neighbouring buildings are adiabatic (no heat loss to neighbouring buildings), thus avoiding unnecessary oversizing of the system. However, particular attention must be paid to the control system. Multivalent systems offer the advantage of greater flexibility in terms of how the existing heat generators are used. By analysing the heating requirements for heating and hot water production and the efficiency of the various heat generators, the available heat generators can be prioritised according to the operating mode in order to achieve the highest possible system seasonal performance factor. In addition, multivalent systems offer greater system resilience due to the availability of multiple heat generators. In practice, however, the higher cost of higher-level system control still represents an obstacle.

Inhalt

Zusammenfassung	2
Executive Summary	4
Abkürzungen	8
Glossar	10
2. Einleitung	12
3. Methoden und Quellen	14
3.1. Ist-Analyse.....	14
3.1.1 Leistungs- sowie Bedarfsermittlung Heizung und Kühlung	14
3.1.2 Leistungs- sowie Bedarfsermittlung Warmwasser	19
3.2. Potenzialanalyse	23
3.2.1 Erdwärmesonden.....	24
3.2.2 Grundwasser.....	25
3.2.3 Gebäudeeigenes Grauwasser	26
3.2.4 Solarthermie.....	27
3.3. Berechnungsgrundlagen für die Entwicklung von Lösungsoptionen	28
3.3.1 Randbedingungen Kostenrahmen	28
3.4. Analyse der Übertragbarkeit auf weitere Gebäude	30
4. Ist-Analyse	31
4.1. Dianagasse 2.....	31
4.1.1 Übersicht	31
4.1.2 Ergebnisse Bedarfsermittlung.....	33
4.1.3 Ergebnisse Potenzialanalyse.....	37
4.1.4 Zusammenfassung	45
4.2. Gerlgasse 12-14.....	46
4.2.1 Übersicht	46
4.2.2 Ergebnisse Bedarfsermittlung.....	48
4.2.3 Ergebnisse Potenzialanalyse.....	52
4.2.4 Zusammenfassung	61
5. Entwicklung von Lösungsoptionen	63
5.1. Dianagasse 2.....	63
5.1.1 Eckdaten, Kennzahlen und räumliche und technische Gegebenheiten	63
5.1.2 Lösungsvarianten	71
5.1.3 Variantenvergleich und Kostenrahmen.....	85
5.1.4 Fazit Variantenvergleich	91
5.2. Gerlgasse 12-14.....	92
5.2.1 Eckdaten, Kennzahlen und räumliche Gegebenheiten.....	92
5.2.2 Lösungsvarianten	96
5.2.3 Variantenvergleich und Kostenrahmen.....	114
5.2.4 Fazit Variantenvergleich.....	119

6. Analyse der Übertragbarkeit auf weitere Gebäude.....	121
6.1. Teilaspekte der Übertragbarkeit.....	121
6.2. Multi- oder monovalente Wärmeversorgung	122
6.3. Thermische Qualität der Gebäudehülle und Abgabesysteme	126
6.4. Standortanalyse zur Ermittlung verfügbarer Wärmequellen für die Gebäudewärmeversorgung	127
7. Lösungsoptionen für weitere typische Gebäude.....	137
7.1. Kurzzusammenfassung der Optionen zu Wärmequellen, Wärmeabgabe und Warmwassererzeugung	137
7.1.1 Varianten des Wärmeabgabesystems und der Warmwassererzeugung.....	137
7.1.2 Varianten der Wärmequelle.....	139
7.2. Typische Wärmequellenkombinationen.....	140
7.2.1 Geothermie und Luft	141
7.2.2 Grundwasser und Luft.....	141
7.2.3 Geothermie und Grundwasser	142
7.3. Exkurs: Wärmespeicher	143
8. Exkurs zu Monitoring und Regelungstechnik	145
8.1. Monitoring	145
8.1.1 Allgemeines.....	145
8.1.2 Vorschlag für das Monitoringsystem im Objekt Gerlgasse	148
8.1.3 Exkurs: Betriebsführung	152
8.2. Regelungstechnik	153
8.2.1 Allgemeines.....	153
8.2.2 Inhalt eines Regelungskonzepts	154
8.2.3 Beispiele für Regelungskonzepte aus anderen Projekten.....	159
8.2.4 Herausforderungen Regelungstechnik multivalenter Systeme und Ausblick.....	160
9. Zusammenfassung der Ergebnisse und Handlungsempfehlungen	162
9.1. Ergebniszusammenfassung	162
9.1.1 Ist-Analyse.....	162
9.1.2 Lösungsentwicklung	163
9.1.3 Übertragbarkeit	168
9.2. Allgemeine Handlungsempfehlungen	170
Abbildungsverzeichnis	175
Tabellenverzeichnis.....	179
Literaturverzeichnis	182
Anhang: Entscheidungsbaum Wärmequellen	186
Anhang: Messpunktliste und einstellbare Werte in GLT.....	187
Impressum	194

Abkürzungen

Abkürzung	Begriff	Einheit	Beschreibung
COP	Coefficient of Performance	-	Effizienzkennzahl für Wärmepumpen, im Labor gemessen und unter einem bestimmten Betriebszustand.
$c_{p,W}$	Spezifische isobare Wärmekapazität	J/kg · K	Spezifische isobare Wärmekapazität von Wasser, angenommen mit 4.190 J/kg · K
HT	Hochtemperatur	°C	Temperaturniveau zwischen 45 °C – 75 °C.
JAZ	Jahresarbeitszahl	-	Effizienzkennzahl für Wärmepumpen - der Quotient aus tatsächlich erzeugter Wärmemenge der Wärmepumpe abzüglich Speicher- und Verteilverluste bezogen auf die einzusetzende elektrische Energie über eine definierte Periode (z. B. Heizperiode).
MT	Mitteltemperatur	°C	Temperaturniveau zwischen 25 °C – 45 °C.
NT	Niedertemperatur	°C	Temperaturniveau zwischen 15 °C – 25 °C.
P_{el}	Elektrische Leistungsaufnahme	W	Elektrische Leistungsaufnahme der Wärmepumpe.
Q_{ab}	Abgegebene Wärmemenge	J	Wärmemenge (Energie), die von der Wärmepumpe abgegeben wird.
$Q_{ab,WÜ}$	Übertragene Wärmemenge	J	Wärmemenge (Energie), die vom Wärmeübertrager übertragen wird – rückgewonnene Wärmemenge.
$\dot{Q}_{ab}$	Heizleistung Wärmepumpe	W	Wärmestrom auf höherem Temperaturniveau, der von der Wärmepumpe abgegeben wird.
Q_{zu}	Zugeführte Wärmemenge	J	Wärmemenge (Energie), die von der Wärmepumpe aufgenommen wird.
$\dot{Q}_{zu}$	Wärmequellenleistung	W	Wärmestrom, der von der Wärmequelle entnommen wird und in die Wärmepumpe fließt.
ρ_w	Dichte	kg/m ³	Dichte von Wasser, angenommen mit 1.000 kg/m ³ .
RL	Rücklauftemperatur	°C	Temperatur des Heizungswassers nach der Stelle der Wärmeabgabe in den Raum (Radiatoren, Heizkörper, Fußbodenheizung, etc.).

Abkürzung	Begriff	Einheit	Beschreibung
SCOP	Seasonal Coefficient of Performance	-	Effizienzkennzahl für Wärmepumpen, die auf im Labor gemessenen COP-Werten (und Heizleistungen) basiert, in der Regel im Teillastbereich, bei mehreren Prüfpunkten, mit unterschiedlichen Wasser- und Luft-Temperaturen (gemäß EN 14825).
SEER	Seasonal Energy Efficiency Ratio	-	Effizienzkennzahl für Kältemaschinen und Klimaanlage – rechnerisch ermittelter Wert lt. Norm EN 14825, bei dem der Betrieb einer Kältemaschine in der Realität abgebildet wird. Er gibt an, wie viel Kühlleistung ein Gerät im Jahresdurchschnitt pro eingesetzter Energieeinheit (Strom) erzeugt.
t	Volllaststunden	h	Kennzahl, die die erzeugte Wärmemenge der Wärmepumpe in einem Jahr auf die Heizleistung der Wärmepumpe bezieht und so die Menge an Stunden im Jahr angibt, in denen die Anlage mit voller Leistung laufen müsste, um die abgegebene Wärmemenge zu erzeugen.
T_E	Eintrittstemperatur	°C	Temperatur des Wärmeträgermediums in die Wärmepumpe, gleichzeitig Austrittstemperatur des Mediums aus der Wärmequelle.
T_A	Austrittstemperatur	°C	Temperatur des Wärmeträgermediums aus der Wärmepumpe, gleichzeitig Eintrittstemperatur des Mediums in die Wärmequelle.
ΔT	Temperatur-spreizung	°C oder K	Temperaturspreizung in einem geschlossenen Kreislauf zwischen Ein- und Austritt.
V	Volumen	m ³	Wasservolumen im Kreis der Wärmerückgewinnung.
$\dot{V}$	Volumenstrom	m ³ /s	Volumenstrom des Mediums, das durch die Wärmequellen strömt.
VL	Vorlauftemperatur	°C	Temperatur des Heizungswassers vor der Stelle der Wärmeabgabe in den Raum (Radiatoren, Heizkörper, Fußbodenheizung, etc.).

Glossar

Begriff / Abkürzung	Beschreibung
ASHRAE	Abkürzung für eine US-amerikanische Organisation, die Standards für Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik veröffentlicht. Im Projektkontext relevant wegen Klimadaten und Simulationsstandards.
Brauchwasser-Wärmepumpe	Wärmepumpe, die für die Erzeugung von Warmwasser eingesetzt wird.
Change-Over-Betrieb	Saisonal abwechselnde Nutzung des Niedertemperaturspeichers, der im Winter zur Beheizung und im Sommer als Kältespeicher zur Entwärmung genutzt wird.
Dezentral	Bereitstellung der Wärme in den Wohnungseinheiten zur Deckung des Wärmebedarfs der Wohneinheit.
Dynamische Gebäudesimulation	Eine rechnergestützte Methode, mit der der Energiebedarf eines Gebäudes unter Berücksichtigung von Wetter, Nutzer*innenverhalten und Technik im Jahresverlauf simuliert wird.
E-Speicher	Warmwasserbereiter mit elektrisch betriebenem Heizstab.
Free-Cooling	Kühlbetrieb durch eine Wärmesenke ohne aktive Kühlung mittels Wärmepumpe oder Klimaanlage. Häufig über ein Erdsondenfeld realisiert.
Frischwasserstation	Ein Gerät, das mit Wärme aus dem zentralen Verteilnetz Warmwasser direkt bei Bedarf aus kaltem Leitungswasser durch einen Wärmeübertrager erzeugt – hygienisch und energiesparend. Auch Wohnungsstation genannt.
GLT	Gebäudeleittechnik: übergeordnete Recheneinheit zur Regelung, Datenspeicherung und Visualisierung. Standard in Bürogebäuden, im Wohnbau aber nur vereinzelt zu finden.
GT-WP	Geothermie-Wärmepumpe
Grauwasser	Fäkalienfreies Abwasser aus dem Gebäude mit geringer Verschmutzung (z. B. Abwasser aus Bädern, Duschen oder Waschmaschinen), das zur Wärmerückgewinnung genutzt werden kann.
IDA ICE	IDA Indoor Climate and Energy – dynamische Gebäudesimulations-software der Firma EQUA.

Begriff / Abkürzung	Beschreibung
Klein-Wärmepumpe	Kompakte Wärmepumpe zur dezentralen Bereitstellung von Heizwärme und Trinkwarmwasser; größenmäßig vergleichbar mit einer Gastherme.
Kleinst-Wärmepumpe	Wärmepumpe im Format eines Heizkörpers, das als Wärmequelle ein kaltes Wärmeverteilnetz nutzt und Heizungswärme direkt im Raum produziert.
Luft-Wärmeübertrager	Eigentlich Luft-Sole-Wärmeübertrager, der im Sommer Wärme aus der Außenluft aufnimmt und dem Solekreis der Erdwärmesonden zur Regeneration übergibt.
MSR-Firma	Firmen aus der Sparte Mess- und Regelungstechnik, die Regelungssysteme inkl. Sensoren und Gebäudeleittechnik in Gebäuden installieren.
Monovalente Wärmeversorgung	Nutzung einer einzigen Wärmequelle für die Wärmeversorgung eines Gebäudes.
Multivalente Wärmeversorgung	Nutzung mehrerer unterschiedlicher Wärmequellen für die Wärmeversorgung eines Gebäudes.
Notkamin	Ein seit den 70er Jahren verpflichtend zu errichtender Anschluss an eine Abgasanlage in mindestens einem Aufenthaltsraum jeder Wohnung zur Erhöhung der Versorgungssicherheit im Zuge der Ölkrise. Inzwischen ist diese Verpflichtung aufgehoben.
PCM	Phase Change Material: Salzhydrate oder Paraffine, die die Eigenschaft haben, bei bestimmten gewünschten Temperaturen zu erstarren/schmelzen und dabei Wärme abzugeben bzw. aufzunehmen. Einsatz als Wärmespeichermedium in Latentwärmespeichern.
Tramdecke	Holzbalkendecke: Geschoßdecke, die aus tragenden Holzbalken (Trämen) besteht, die in regelmäßigen Abständen verlegt sind.
T*SOL	Simulationstool für die Auslegung und Planung von solarthermischen Anlagen der Firma Valentin Software.
WP	Wärmepumpe.
WW	Warmwasser – Bedarf an Warmwasser in einer bestimmten Periode abhängig von der Personenanzahl.
Zentral	Bereitstellung der Wärme für das Gesamte Objekt an einem zentral gelegenen Ort im Gebäude (Keller, Technikraum, Dach, o.ä.).

1. Einleitung

Die Dekarbonisierung des Gebäudesektors spielt in der Erreichung der Klimaziele eine maßgebliche Rolle. 2021/2022 lag der Anteil der Gasheizungen in Wien bei 45 %, Ölheizungen machten 4 % der Heizsysteme aus und 44 % die Fernwärme. Lediglich 2 % der Haushalte heizten mittels Wärmepumpe (vgl. BMWET, S. A.). Dies zeigt den noch bedeutenden Nachrüstungsbedarf von erneuerbaren Heizsystemen im urbanen Raum.

Aufgrund geringer Platzverfügbarkeit zur Erschließung möglicher Wärmequellen und anderer praktischer Hindernisse, wie etwa die begrenzte Möglichkeit einer thermischen Sanierung oder nutzungsrechtlicher Einschränkungen, ist eine monovalente Versorgung nicht immer möglich. Multivalente Systeme nutzen mehrere am Standort verfügbare Wärmequellen, deren kombinierte Leistung eine ganzjährige Versorgung des betreffenden Gebäudes mit Wärme für Heizung und Warmwasser sowie Kälte ermöglicht. Im Kontext dieser Studie sind unter multivalenter Wärmeversorgung Systeme zu verstehen, die durch mehrere Quellen wärmeversorgt werden, während bei monovalenter Wärmeversorgung das Objekt mit nur einer Wärmequelle ganzjährig versorgt werden kann.

Ziel dieser Studie ist das Aufzeigen von Lösungen zur Wärmeversorgung im mehrgeschoßigen Bestandswohnbau, bei denen mehrere lokale Wärmequellen zur Deckung des Wärmebedarfs herangezogen werden. Dies soll an zwei beispielhaften Test-Cases gezeigt und mittels einer Analyse von Teilaspekten, die die Übertragbarkeit der vorgeschlagenen Lösungen bedingen, verallgemeinernde Handlungsempfehlungen ausgearbeitet werden. Die im Rahmen des Projekts durchgeführten Arbeiten umfassen daher:

- Die Ist-Analyse der beiden vorgegebenen Test-Cases, in der einerseits der Bedarf an Wärme und Kälte sowie der zugehörigen nötigen Leistung und andererseits die Potenziale aller lokal verfügbaren Wärme- und Kältequellen erhoben wird.
- Die Entwicklung von Lösungsoptionen inkl. ihrer regelungstechnischen Umsetzung. Diese werden basierend auf der Ist-Analyse ausgearbeitet und hinsichtlich ihrer Kosten bewertet.
- Die Analyse der Übertragbarkeit der ausgearbeiteten Lösungen auf andere ähnliche und typische mehrgeschoßige Bestandswohnbauten. Dies soll es der Leser*innenschaft ermöglichen, einen groben Überblick über verschiedene Systemkombinationen und Systemlösungen zu gewinnen.

Die grundlegende Herangehensweise zur Erarbeitung von Systemlösungen in der vorliegenden Studie wurde vom Autor*innenteam so gewählt, dass zunächst im Sinne möglichst hoher Energie- und Energiekosteneinsparungen alle möglichen Maßnahmen der thermischen Sanierung ausgeschöpft werden. Dies resultiert in einer Minimierung des Energieverbrauchs sowie der notwendigen Heiz- und Kühlleistung und leistet somit den maximal möglichen Beitrag zur Emissionseinsparung. Weiters bedient sich das Projektteam dynamischer Gebäudesimulationen zur Quantifizierung des Energiebedarfs sowie der Heiz- und Kühlleistungen, wobei abweichende Annahmen zur Kalkulation laut ÖNORM B 8110-5 getroffen werden, um die Gebäudeheizlast zu

optimieren. Dies umfasst die Annahme, dass an Nebengebäude angrenzende Außenwände als adiabatisch (also ohne Wärmeverluste) gerechnet werden, da davon auszugehen ist, dass die angrenzenden Gebäude bewohnt und daher ebenfalls temperiert sind. Dies ist ein Beispiel für eine Annahme, die bei Zutreffen in der Realität zur Optimierung der Heizlast herangezogen werden kann. Ein weiteres Beispiel etwa wäre die Auslegung des Heizsystems auf höhere minimale Außentemperaturen als der Norm-Außentemperatur, die in den letzten Jahrzehnten in Wien kaum mehr erreicht oder unterschritten wurde. Derartige Annahmen resultieren in geringeren Leistungen, die eine an den tatsächlichen Bedarf angepasste Auslegung der Anlagen erlauben. Dies bedeutet auch, dass sich der so erhobene Bedarf leichter vollständig mit lokal verfügbaren Wärmequellen decken lässt und unter Umständen sogar eine monovalente Lösung möglich ist.

Monovalente Systeme sind in der Errichtung und hierbei insbesondere in der Regelung kostengünstiger und weniger fehleranfällig, besitzen aber gegenüber multivalenten Systemen weniger Handlungsspielraum zur Optimierung der Anlageneffizienz (System-Jahresarbeitszahl) durch kluge Reihung der Wärmeerzeuger in den verschiedenen Betriebsmodi sowie eine geringere Resilienz aufgrund niedrigerer Redundanz der Wärmeerzeuger. Weiters ist eine Systemtrennung im Sommer für gleichzeitigen Warmwasser- und Kühlbetrieb in multivalenten Systemen leichter realisierbar und schließlich bieten multivalente Systeme bestehend aus einem Erdsondenfeld und einer weiteren Wärmequelle mehr Flexibilität bei der Regeneration des Erdsondenfelds.

Die Erfahrung der im Projekt involvierten Partner*innen zeigt, dass multivalente Lösungen im urbanen Raum durchaus üblich sind und die Ursache durchwegs das mangelnde Auslangen mit einer einzigen Wärmequelle ist, dass aber aus Sicht der Eigentümer*innen aufgrund der höheren zu erwartenden Investitionskosten wo möglich monovalente Lösungen bevorzugt werden. Im Projekt *Sani6Oies* (FFG-Nr.: 889521, Konsortialleitung: IBR & I Institute of Building Research & Innovation ZT GmbH, vgl. FFG, S. A. A) etwa mussten aufgrund zu geringer Platzverfügbarkeit für Erdwärmesonden ergänzend Luft-Wärmepumpen eingeplant werden. Da die Ist-Analyse (Kapitel 3) und die Lösungsentwicklung (Kapitel 4) zeigen, dass in den zu bearbeitenden Test-Cases auch monovalente Systeme möglich wären, werden für beide Test-Cases sowohl mono- als auch multivalente Systemlösungen aufgezeigt und bewertet.

Der Bericht gliedert sich wie folgt: Zunächst wird im folgenden Kapitel auf die herangezogenen Methoden und Quellen zur Bearbeitung der Fragestellungen eingegangen. Anschließend werden die Ergebnisse der Ist-Analyse, Lösungsentwicklung und Analyse der Übertragbarkeit vorgestellt. Danach werden Lösungsoptionen für weitere typische Gebäude erläutert und auf den Aspekt des Monitorings und der Regelung multivalenter Systeme eingegangen. Abschließend werden die Ergebnisse zusammengefasst und Handlungsempfehlungen für Vorhaben zur multivalenten Wärmeversorgung im mehrgeschoßigen Bestandswohnbau abgeleitet.

2. Methoden und Quellen

Dieser Abschnitt behandelt alle wesentlichen verwendeten Methoden und Quellen zur Erkenntnisgewinnung. Hierbei wird zuerst auf die Methoden der Ist-Analyse der Test-Cases zur Ermittlung der nötigen Heiz- und Kühlleistung sowie des Heizwärme, Warmwasser- und Kältebedarfs eingegangen und danach auf die Methoden zur Ermittlung der verfügbaren lokalen erneuerbaren Wärmequellen und -senken. Anschließend wird die Vorgehensweise bei der Analyse der Übertragbarkeit erläutert.

2.1. Ist-Analyse

Zur Abschätzung der nötigen Gesamtwärmeleistung ist sowohl die Ermittlung der Heizwärme- als auch der Warmwasserwärmeleistung nötig. Die Ermittlung der Heizungswärme- und Kälteleistung erfolgte mithilfe dynamischer Gebäudesimulationen, während die Abschätzung der Leistung für die Warmwasserbereitung anhand planerischer Kennzahlen ermittelt wurde.

2.1.1 LEISTUNGS- SOWIE BEDARFSERMITTLUNG HEIZUNG UND KÜHLUNG

Die Ist-Analyse umfasst insbesondere die Ermittlung des Raumwärme- und Kältebedarfs sowie der notwendigen Heiz- und Kühlleistung in den Test-Cases. Hierfür wurden die von den Eigentümer*innen zur Verfügung gestellten Unterlagen herangezogen sowie thermische Gebäudesimulationen mit der Simulationssoftware *IDA Indoor Climate and Energy* (IDA ICE) – Version 5.1 durchgeführt. Dieser Ansatz wird im Sinne einer Optimierung der Heiz- und Kühllast verfolgt, um genaue Abschätzungen zu treffen und späteren Teillastbetrieb bei überdimensionierten Anlagen zu vermeiden. Die Annahmen für diese Herangehensweise in den Simulationen werden in diesem Kapitel genauer erläutert. Zur Erhebung des Ist-Zustandes wurden seitens der Auftragnehmer*innen folgende vorhandene Unterlagen der Eigentümer*innen gesichtet:

Tabelle 1: Seitens der Eigentümer*innen bereitgestellte Unterlagen.

Dianagasse 2	Gerlgasse 12-14
Energieausweis Bestand	Energieausweis Bestand
Sanierungskonzept	Energieausweis Sanierung (2 Varianten)
Planmaterial	Planmaterial
Heizlastrechnung Bestand	

Für das Objekt Dianagasse liegt also eine Heizlastrechnung vor. Darüber hinaus gibt es für beide Objekte Energieausweise, die den Warmwasser- bzw. Wärmebedarf für Raumwärme angeben. Dynamische Gebäudesimulationen erlauben jedoch, wie bereits erwähnt, eine genauere Betrachtung, bei denen neben der Einbeziehung von Wetterdaten (Außentemperatur und -feuchte, solare Einstrahlung) auch innere Lasten sowie die zeitliche Komponente und Speichereffekte abgebildet werden können. In der Erfahrung der beteiligten Projektpartner*innen hat sich dieser Ansatz in mehreren Forschungsprojekten als sinnvolle Vorgehensweise zur Vermeidung der Überdimensionierung von Heiz- und Kühlsystemen erwiesen. Um also eine realitätsnähere Abschätzung des Raumwärme- und Kältebedarfs sowie der nötigen Heiz- und Kühlleistung treffen zu können, wurden für beide Test-Cases IDA ICE Modelle erstellt.

Nachdem es auch Informationen über einen möglichen sanierten Zustand gibt, wurde für beide Objekte auch jeweils ein sanierter Fall berechnet. Für das Objekt Gerlgasse, für das es zwei Energieausweise für den sanierten Zustand gibt, wurde die erste Variante gewählt (Var1). Diese bezieht sich rein auf die Verbesserung der thermischen Gebäudehülle. Die zweite (Var2) bezieht sich auf den Fall, dass im Zuge der thermischen Sanierung zusätzliche Balkone angebaut werden und so einige Fenster durch Balkontüren ersetzt werden. Im Sinne eines direkten Vergleichs wurde nur die erste Variante (Var1) für den sanierten Fall betrachtet. Die Abweichungen im Wärme- und Kältebedarf sowie der Heiz- und Kühlleistung dürften sich aber angesichts der nicht allzu großen Änderungen an der Gebäudehülle in Variante 2 gegenüber Variante 1 in Grenzen halten.

Insgesamt werden also in den IDA ICE-Simulationen vier Varianten abgebildet:

- Dianagasse Bestand lt. Energieausweis Bestand
- Dianagasse saniert lt. Maximalvariante im Sanierungskonzept von Thomas Bernhard Architekten Ingenieure ZT
- Gerlgasse Bestand lt. Energieausweis Bestand
- Gerlgasse saniert lt. Energieausweis Sanierung

Für die Abbildung der Gebäude in der thermischen Simulationssoftware IDA ICE wurde insbesondere das vorhandene Planmaterial für die Geometrien und Ausrichtung sowie die Energieausweise für die Definition der Bauteilaufbauten verwendet. Um die Abbildung so einfach wie möglich zu gestalten, wurde jedes Stockwerk als eine einzige Zone abgebildet. Eine Ausnahme bilden die Treppenhäuser, die als separate nicht konditionierte Zonen eingegeben wurden. Weiters wurde für den Grundriss der Zonen in beiden Objekten ein mittig gelegenes Geschoß verwendet und dieser Grundriss für alle Stockwerke im Gebäude mit Ausnahme der Dachgeschoße verwendet. Im Objekt Dianagasse ist dies der 2. Stock (vgl. Abbildung 1) und im Objekt Gerlgasse der 3. Stock (vgl. Abbildung 2.). Abbildung 1 zeigt den Grundrissplan des 2. Stocks der Liegenschaft in der Dianagasse. Das Gebäude hat eine L-Form, innerhalb der fünf Wohnungen um einen Gang an der Hofseite angeordnet sind. Die Wandstärke an der Straßenseite beträgt 65 cm und an der Hofseite 50 cm. In Abbildung 2 ist der Grundrissplan des 3. Obergeschoßes der Liegenschaft in der Gerlgasse zu sehen. Das Gebäude hat drei Trakte, die hufeisenförmig um den Innenhof angeordnet sind. Insgesamt liegen in diesem Stock 18 Wohnungen an sechs Stiegen. Die Außenwandstärke beträgt 38 cm.

Die Geometrie der Dachgeschoße wurde aufgrund des komplexeren Aufbaus (mehrere nicht konditionierte Zonen, Abstufungen durch Terrassen etc.) wieder laut Planmaterial eingegeben.

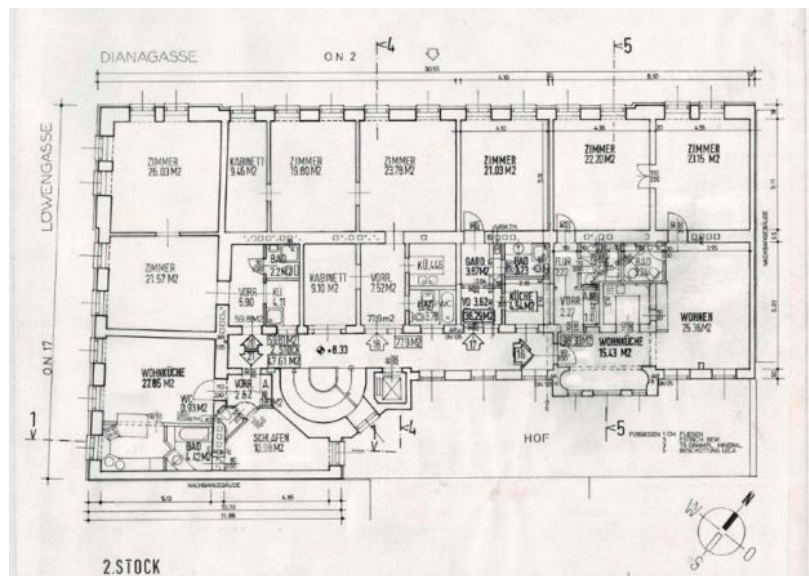


Abbildung 1: Verwendeter Grundriss für den Modellaufbau in IDA ICE der Dianagasse. Es wurde der Grundrissplan des 2. Stockwerks verwendet (eigene Darstellung).

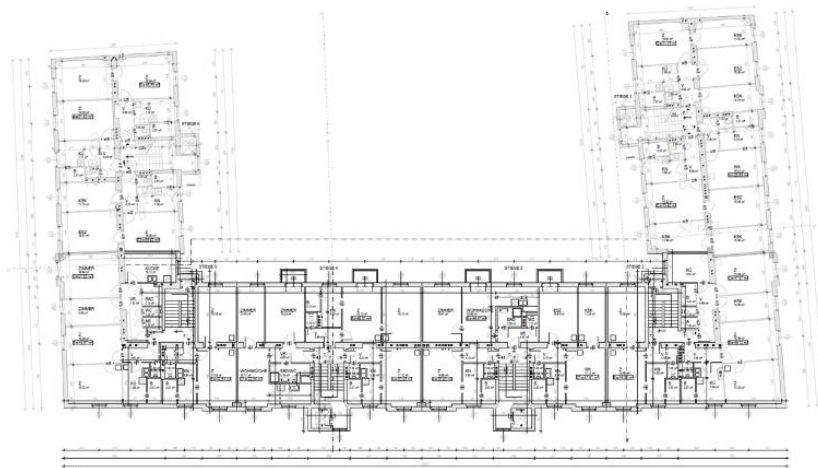


Abbildung 2: Verwendeter Grundrissplan des 3. Stockwerks für den Modellaufbau in IDA ICE in der Gerlgasse (eigene Darstellung).

Für nicht im Energieausweis enthaltene Bauteile (Bestandteile, die laut Energieausweis nicht Teil der thermischen Außenhülle des Gebäudes sind, z. B. Geschoßdecken, Kellerwände, Bodenplatten) wurden Annahmen getroffen. So wurde für die Geschoßdecken in der Dianagasse etwa eine Tramdecke mit dem in Abbildung 3 gezeigten beispielhaftem Aufbau laut TU Wien, s. a. angenommen: Man erkennt hier insgesamt sechs Schichten. Von unten nach oben sind das: Innenputz, darüber eine Stukkatureschalung, darüber die in Abständen verlegten Holztram, darüber die Sturzschalung, darüber eine Schüttung, darüber der Parkettboden.

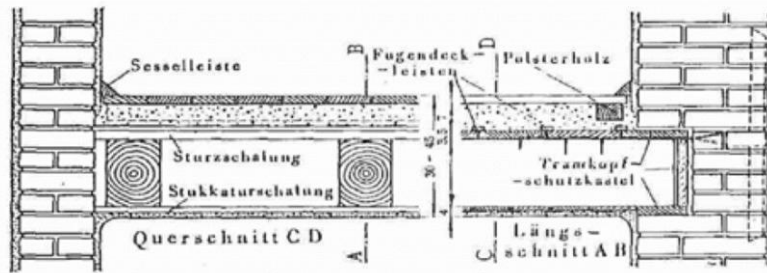


Abbildung 3: Aufbau einer beispielhaften Tramdecke (vgl. TU WIEN, S. A.).

Abbildung 4 zeigt den in IDA ICE nachgebauten Aufbau der Tramdecke. Hier wurden folgende Schichten von unten nach oben eingegeben: Innenputz 2 cm, Luftschicht 20 cm, Holzschalung 2 cm, Sandschüttung 13 cm, Holzfußboden 2 cm. Der resultierende U-Wert des Bauteils beträgt $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ und die Dicke des Bauteils 39 cm.

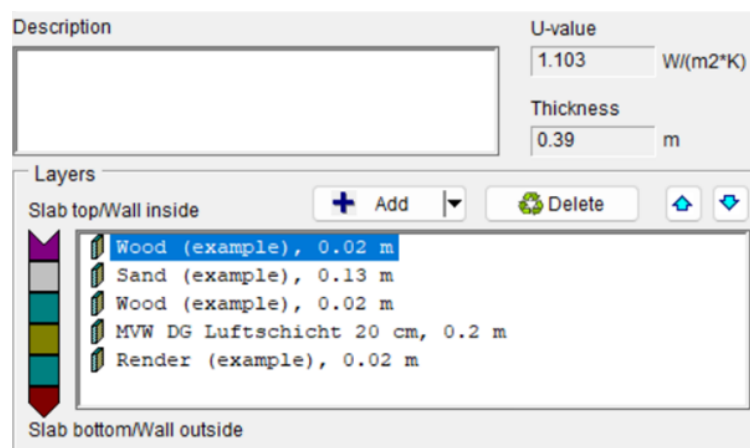


Abbildung 4: Definition der beispielhaften Tramdecke aus Abbildung 3 in IDA ICE (eigene Darstellung).

Der Aufbau der Kellerwände und Bodenplatten ist aus den Planunterlagen grob ablesbar. Der Aufbau der Geschoßdecken laut Planmaterial in der Gerlgasse ist jenem der obersten Geschoßdecke sehr ähnlich und konnte daher mit einem angenommenen Fußbodenaufbau übernommen werden.

Das Gelände in der Dianagasse ist über die Liegenschaft hinweg relativ eben und das Erdgeschoß liegt genau ebenerdig. In der Gerlgasse hingegen gibt es einen Abfall des Geländes Richtung Norden, wo das Erdgeschoß über der Geländeoberkante liegt. Für das Gebäudemodell in IDA ICE wurde das Niveau des Erdgeschoßes mit einer mittleren Höhe von 1,1 m über der Geländeoberkante aus dem online verfügbaren Kartenmaterial der Stadt Wien geschätzt. Die Grenzflächen zu den Nachbargebäuden wurden adiabatisch gerechnet (kein Wärmeaustausch mit angrenzenden Gebäuden unter der Annahme, dass dort dieselben Innenbedingungen herrschen).

Zur Wärme- und Kältebereitung wurden der IDA ICE Standard Boiler und IDA ICE Standard Chiller mit unbegrenzter Leistung implementiert sowie ebenfalls praktisch unbegrenzt leistungsfähige ideale Heiz- und Kühlelemente mit jeweils 50 kW Abgabeleistung für die wohnungsseitigen Abgabesysteme. Das in den Wohnungen einzuhaltende Temperaturband wurde mit 22-26 °C vorgegeben. Die Stiegenhäuser und Keller in beiden Objekten bzw. nicht ausgebaute Zonen im

Dachgeschoß der Gerlgasse sind nicht konditioniert. Der Luftwechsel für die Wohnungen wurde den Energieausweisen entnommen und beträgt für alle simulierten Fälle 0,38 1/h. Für die Stiegenhäuser wurde ein Luftwechsel von 1/h angenommen. Die Luftwechselrate wurde umgerechnet und in den Zonen als "given additional in/exfiltration" in $l/(s \cdot m^2_{\text{Außenoberfläche}})$ eingegeben.

Als innere Lasten wurden pro Wohnung ein Beleuchtungskörper mit einer Leistung von 30 W, ein elektrisches Gerät mit einer Leistung von 75 W sowie zwei Personen mit einem Aktivitätslevel von 1 Metabolic Equivalent of Task und Bekleidung mit 0,85 Clothing insulation (+/-0,25 Clothing insulation je nach Innenraumbedingungen) angenommen. Die zeitliche Verteilung der inneren Lasten ist wie folgt definiert:

- Beleuchtung: 31. April – 30. September: 06:00-08:00 Uhr und 18:00-22:00 Uhr an; 1. Oktober – 31. März: 06:00-08:00 Uhr und 16:00-22:00 Uhr an
- Elektrische Geräte: immer an
- Bewohner*innen: 08:00-15:00 Uhr niemand anwesend, 15:00-17:00 Uhr 50 % anwesend, 17:00-08:00 Uhr alle anwesend

Die Anzahl der Wohnungen wurde für alle Geschoße gleich angenommen (EG und alle OG) mit Ausnahme der Dachgeschoße, wo die Anzahl der Wohnungen den Plänen gemäß übernommen wurde. In der Dianagasse sind das in allen Geschoßen je 5 Wohnungen und in den Dachgeschoßen insgesamt 4. In der Gerlgasse sind das in allen Geschoßen je 18 Wohnungen und im Dachgeschoß 10.

Es wurde für die sanierten Fälle zusätzlich jeweils eine Variante mit außenliegender Verschattung gerechnet. Hierbei wurden an allen Wohnungsfenstern Außenrollos implementiert, die den Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) der Fenster bei vollständigem Herunterlassen auf 14 % reduzieren. Die Außenrollos werden bei einer solaren Einstrahlung $> 100 \text{ W/m}^2$ automatisch vollständig heruntergelassen.

Es wurden die in IDA ICE für „Wien Hohe Warte“ verfügbaren Wetterdaten (ASHRAE Standard 169-2021) für alle Simulationsläufe verwendet.

Die fertigen Gebäudemodelle in 3D-Ansicht sind in Abbildung 5 ersichtlich. Die Dianagasse ist ein Gebäude mit insgesamt 6 Stockwerken, davon 2 Dachgeschoße. In der Abbildung links ist die Anordnung der verglasten Flächen in allen Geschoßen und insbesondere das Glasdach des Eckturms sowie die hofseitigen terrassenförmig angelegten Flachdächer zu sehen. Die Gerlgasse ist ein Gebäude mit insgesamt 7 Stockwerken, davon 1 Dachgeschoß. Die Abbildung rechts zeigt die verglasten Flächen in allen Geschoßen sowie die straßenseitigen Gauben des Dachgeschoßes.

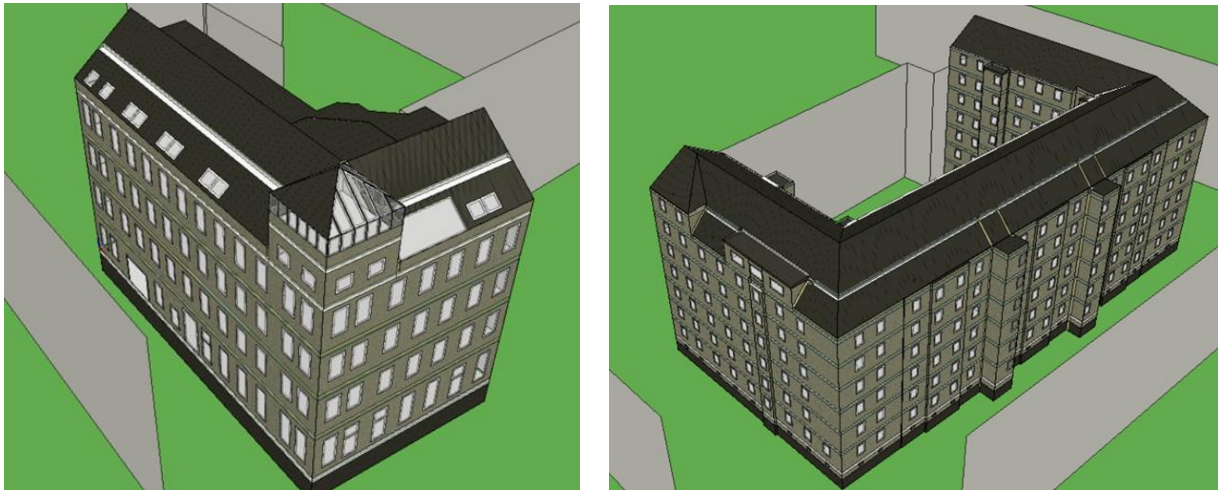


Abbildung 5: 3D-Ansicht der Gebäudemodelle in IDA ICE. Links: Dianagasse, rechts: Gerlgasse (eigene Darstellung).

Die dynamischen Gebäudesimulationen umfassen eine Heating-Design-, eine Cooling-Design- und eine Custom-Simulation für jeden der vier simulierten Fälle. Die Heating-Design Simulation umfasst im vorliegenden Fall eine Simulation basierend auf synthetischen Wetterdaten. Hierbei wird eine 14-tägige Zeitspanne simuliert, in der die Außentemperatur und die solare Einstrahlung auf einem vorgegebenen Niveau gehalten werden, um die nötige stationäre Heizleistung zu ermitteln, die unter den gegebenen Bedingungen nötig ist. Bei der Cooling-Design Simulation wird die maximale Kühlleistung unter verschiedenen Temperatur- und Einstrahlungsbedingungen für mehrere Peak Cases ermittelt. Die Custom-Simulation ist eine Zeitreihensimulation, bei der ein vorgegebener Zeitabschnitt mit den im Klimadatenfile vorhandenen Wetterdaten simuliert wird und so auch Energiemengen (Wärme- bzw. Kältebedarf, aber auch Stromverbrauch, PV-Produktion oder darauf aufbauend Emissionen) berechnet werden. Bei der Heating-Design-Simulation wurde eine konstante Außentemperatur von -12 °C gewählt. Diese Temperatur liegt sogar etwas tiefer als die von der OIB für die Standorte und Seehöhen angegebene Norm-Außentemperatur von $-11,4\text{ °C}$ und bietet somit eine sehr konservative Abschätzung der minimalen Außentemperatur im Heizbetrieb (vgl. OIB, 2008). Die solare Einstrahlung und die inneren Lasten wurden auf 0 gesetzt. Die Cooling-Design-Simulation wurde mit 100 % der inneren Lasten gerechnet. Die Custom-Simulation umfasste eine dynamische Simulation für ein ganzes Jahr.

2.1.2 LEISTUNGS- SOWIE BEDARFSERMITTLUNG WARMWASSER

Für die Auslegung der Warmwasserbereitung im allgemeinen Wohnbau unter normalen Komfortbedingungen ist gem. Tabelle 2 von 30 Liter mit 60 °C Warmwasserbedarf je Person und Tag auszugehen. Für die beiden Test-Cases wurde von 40 Liter mit 60 °C Warmwasserbedarf je Person und Tag ausgegangen. In weiterer Folge wurde diese Menge auf die max. Verbrauchstemperatur von 40 °C umgelegt.

Tabelle 2: Übliche Warmwassermenge (vgl. ALLPLAN, 2016).

Liter/Person und Tag (bei 60 °C)	Normaler Komfort	Mittlerer Komfort	Hoher Komfort
Sozialer Wohnbau	20 Liter	40 Liter	40 Liter
Allgemeiner Wohnbau	30 Liter	50 Liter	50 Liter
Gehobener Wohnbau	40 Liter	60 Liter	70 Liter

In Abbildung 6 ist die Gleichzeitigkeit in Abhängigkeit zur Anzahl der Wohnungen bzw. Bäder dargestellt. Je größer die Anzahl der Wohnungen bzw. der Bäder, desto geringer ist die Gleichzeitigkeit. Die Bedarfsprofile in Abhängigkeit von der Tageszeit sind Abbildung 7 zu entnehmen.

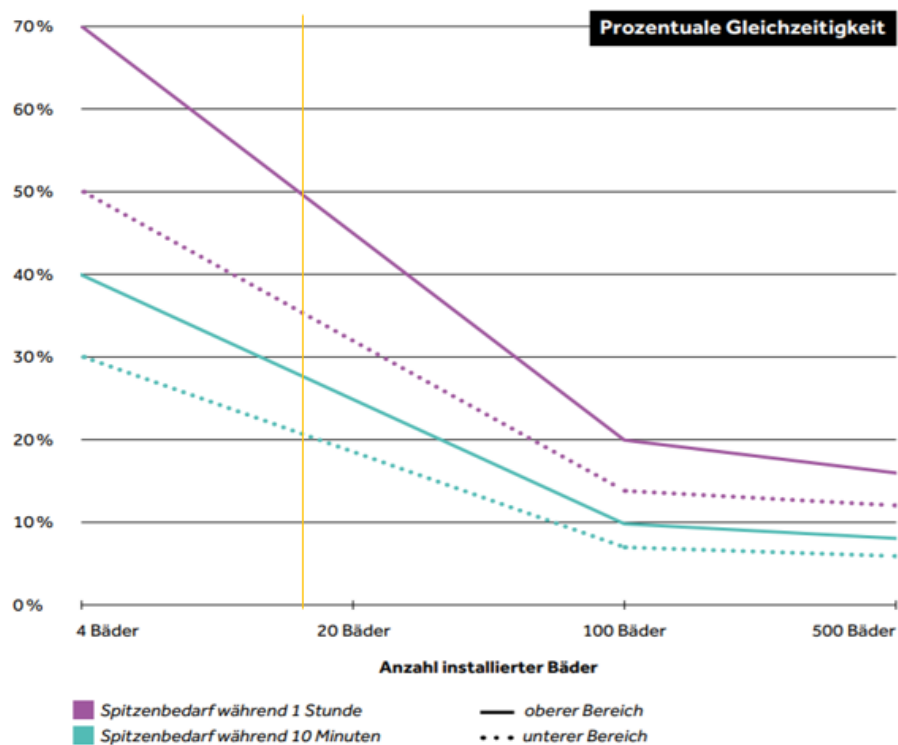


Abbildung 6: Gleichzeitigkeitskurven in Anlehnung an den Technologieleitfaden Warmwasser der MA20 (vgl. ALLPLAN, 2016).

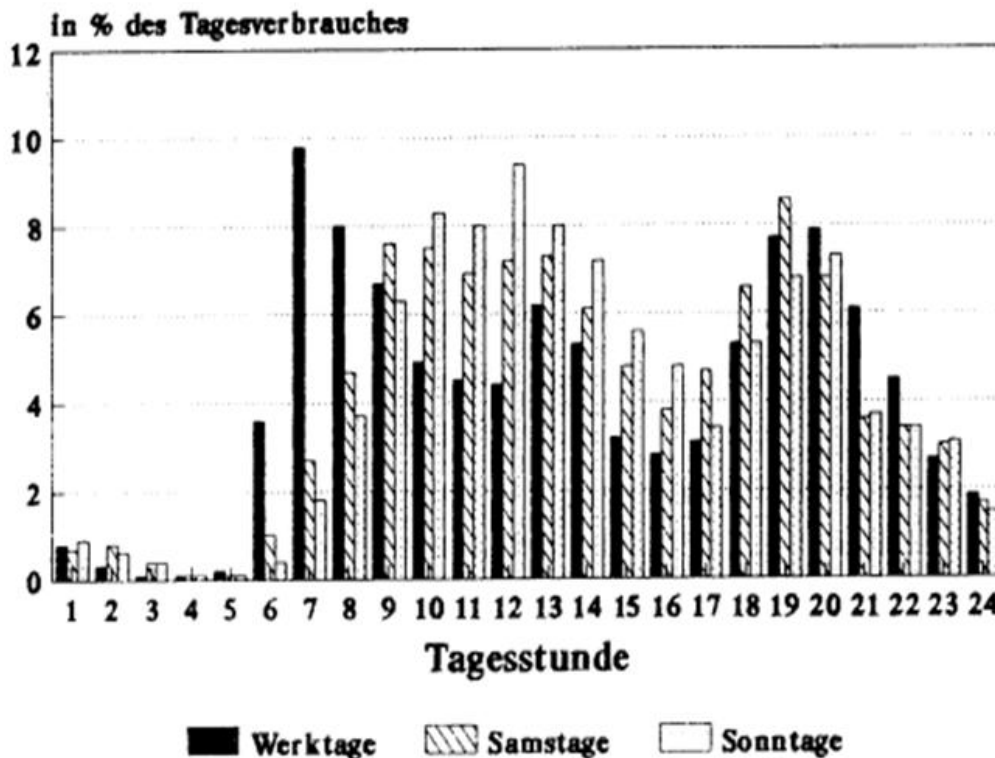


Abbildung 7: Tagesverbrauchsprofile gem. BLATTER ET.AL., 1993.

Gemäß ÖNORM B2531:20190415 Pkt 4.9.2 sind dezentrale Warmwasserversorgungsanlagen in allen Gebäuden mit Ausnahme von Pflegeheimen und Krankenhäusern so auszulegen, dass bei jeder Entnahmestelle eine Mindestauslauftemperatur von 50 °C erreicht werden kann.

Gemäß ÖNORM B2531:20190415 Pkt 4.9.3 beträgt bei zentralen Warmwasserversorgungsanlagen in anderen privaten Gebäuden (ausgenommen Ein- oder Zweifamilienhäusern) und Wohnanlagen sowie in Verwaltungsgebäuden und öffentlichen Gebäuden die Mindestauslauftemperatur 55 °C.

Gemäß ÖNORM B2531:20190415 Pkt 4.9.6 sind Warmwasserbereiter mit Speicher insbesondere permanent nachheizende Speicher von dezentralen Warmwasserversorgungsanlagen so auszulegen, dass in Zeiten ohne Wasserentnahme eine Mindesttemperatur von 55 °C an jeder Stelle des Warmwasserspeichers (ausgenommen Kaltwasserzuleitung) eingehalten wird. Wird diese Mindesttemperatur nicht an jeder Stelle des Speichers innerhalb von 2 h erreicht, so ist sicherzustellen, dass nach Beendigung der Aufheizphase die Austrittstemperatur aus dem Speicher mindestens 65 °C beträgt. In allen Wohn- und Bürogebäuden darf von dieser Vorgabe abgewichen werden. Von der Aufheizzeit von 2 h wird mit max. 4 h (entspricht der Aufheizzeit für zentrale Warmwasser-Speicher) - gemäß der Möglichkeit im Wohnbau - abgewichen.

Neben den bereits genannten Normen in Bezug auf die Ausführung und die Anforderungen an die Warmwasserbereitung muss insbesondere auf die Wiener Bauordnung hingewiesen werden. Diese sieht im 7. Abschnitt (Energieeinsparung und Wärmeschutz) auch für den Bereich der Warmwasserbereitung spezielle Anforderungen vor, wobei jeweils die „Verhältnismäßigkeit von Aufwand und Nutzen hinsichtlich der Energieeinsparung“ zu berücksichtigen ist.

Der Paragraph 118 (3) der Wiener Bauordnung schreibt vor, dass bei Neu-, Zu- und Umbauten sowie bei Änderungen und Instandsetzungen von mindestens 25 % der Oberfläche der Gebäudehülle hocheffiziente alternative Systeme eingesetzt werden müssen, sofern dies technisch, ökologisch und wirtschaftlich realisierbar ist. Hocheffiziente alternative Systeme sind jedenfalls dezentrale Energieversorgungssysteme auf der Grundlage von Energie aus erneuerbaren Quellen, Kraft-Wärme-Kopplung, Fern-/Nahwärme, insbesondere wenn sie ganz oder teilweise auf Energie aus erneuerbaren Quellen beruht oder aus hocheffizienten Kraft-Wärmekopplungsanlagen stammt und Wärmepumpen.

Bei dezentralen Lösungen mit elektrischer Energie (Elektrische Durchlauferhitzer und Elektrospeicher) sind diese Anforderungen relevant, da eine alternative Lösungsmöglichkeit zu bevorzugen ist oder sichergestellt werden muss, dass die elektrische Energie aus erneuerbaren Quellen kommt. Der Ertrag durch PV-Anlagen ist jedoch in den meisten Fällen dafür nicht ausreichend.

2.2. Potenzialanalyse

Für die Potenzialanalyse wurde in erster Linie das online verfügbare Kartenmaterial der Stadt Wien und von Geosphere Austria verwendet. Ergänzend wurden die Planunterlagen bzw. einschlägige Angaben der Eigentümer*innen genutzt, um zusätzliche Potenziale zu ermitteln. Insgesamt wurden folgende Potenziale bei den jeweiligen Liegenschaften betrachtet:

Tabelle 3: Erhobene Potenziale in den beiden Liegenschaften und wesentliche dafür verwendete Quellen.

Anmerkungen: a= Erhebung Grundwassernutzungspotenzial aufgrund fehlender Informationen zum komplexen Grundwasserkörper im Atlas nicht möglich, b= keine Waschküchen vorhanden, c= verfügbare Dachfläche für PV-Anlage reserviert.

Potenzial	Dianagasse 2	Gerlgasse 12-14	Quellen
Erdsonden	ja	ja	Geosphere Austria Erdsonden-Tool, vgl. GEOSPHERE AUSTRIA, S. A. A
Grundwasser	ja	nein ^a	Geosphere Austria Grundlagenkarte, vgl. GEOSPHERE AUSTRIA, S. A. B sowie Grundwasserpotenzialkataster Stadt Wien Umweltgut, vgl. STADT WIEN, S. A. A
Abwassersammelkanal im öffentlichen Grund	ja	ja	Abwasserwärmepotenzialkataster Stadt Wien Umweltgut, vgl. STADT WIEN, S. A. B sowie Erläuterungen zur Methodik der Erstellung des Abwasserwärmepotenzialkatasters, vgl. STADT WIEN, S. A. C
Gebäudeeigenes Grauwasser	ja	ja	Planmaterial zur Ermittlung der Anzahl der Wohneinheiten und Hochrechnung des gesamten Warmwasserverbrauchs über die durchschnittliche Haushaltsgröße und den täglichen Warmwasserverbrauch pro Person sowie NOLDE, 2021
Abwasser Waschküchen	nein ^b	ja	Angaben der Eigentümer*innen zu Art, Leistung und Nutzung der vorhandenen Maschinen
Solarthermie	nein ^c	ja	Planmaterial zur Ermittlung der verfügbaren Fläche und Simulation der Leistung einer solarthermischen Anlage unter Annahme eines Modulfabrikats in T*SOL

Die Methoden der in der Studie genauer betrachteten Potenziale, werden im Folgenden genauer erläutert. Auf eine genauere Betrachtung des Potenzials von Abwassersammelkanälen im öffentlichen Grund sowie der Abwassernutzung aus der Waschküche im Objekt Gerlgasse wurde in der Studie verzichtet, s. Kapitel 0 und 3.2.3.4.

2.2.1 ERDWÄRMESONDEN

Für die Ermittlung des **Erdsondenpotenzials** wurde das Erdsonden-Tool der Geosphere Austria genutzt. Für die Wahl der Bohrpunkte wurden folgende Annahmen getroffen:

- Dianagasse: Hier wurde auf im Rahmen der Studie von STEINER ET AL., 2023 entstandene und seitens der Stadt Wien – Energieplanung (MA 20) zur Verfügung gestellte Datensätze zurückgegriffen, in denen unter Berücksichtigung unterirdischer Einbauten und der Oberflächenstruktur Bohrpunkte für Erdwärmesonden definiert wurden. So wurde das sich hieraus ergebende Potenzial auf Eigengrund und am öffentlichen Gut erhoben. Zusätzlich wurde eine Anfrage für die betreffende Liegenschaft an die Stadt Wien – Straßenverwaltung und Straßenbau (MA 28) für Auszüge aus dem digitalen zentralen Leitungskataster der Stadt Wien gestellt.
- Gerlgasse: Im Fall der Gerlgasse wurden Bedenken hinsichtlich der Erschließbarkeit des Potenzials auf Eigengrund vorgebracht. Dieser ist nur über zwei relativ enge Durchgänge erreichbar. Auch hier wurden die in der STEINER ET AL., 2023 identifizierten Bohrpunkte für eine Potenzialabschätzung herangezogen. Diese bezog sich sowohl auf das gesamte Potenzial auf eigenem und öffentlichem Grund als auch lediglich auf das Potenzial auf öffentlichem Grund. Die Einbeziehung des eigenen Grundes erfolgte auf Basis einer Recherche, die ergab, dass es am Markt auch kleine Bohrgeräte gibt, die durch die engen Durchgänge der Gerlgasse transportiert werden können. Auch hier wurde zusätzlich eine Anfrage für die betreffende Liegenschaft an die MA 28 für Auszüge aus dem digitalen zentralen Leitungskataster der Stadt Wien gestellt.

Für die Sondentiefe wurden immer 100 m angenommen. Weiters wurden die vom Tool vorgeschlagenen Volllaststunden der Heizung und Kühlung übernommen und als Heizungs-Vorlauftemperatur 55 °C (wie im derzeitigen Zustand lt. Bestands-Energieausweisen) gewählt. Das Tool rechnet immer mit einem Seasonal Coefficient of Performance (SCOP) von 2,8 für die reversible Sole-Wärmepumpe im Heizbetrieb und einer Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER) von 7 im Kühlbetrieb.

2.2.2 GRUNDWASSER

Die Ermittlung des **Grundwasserpotenzials** konnte aufgrund mangelnder Daten zum Grundwasserkörper unter der Gerlgasse nur für die Dianagasse vorgenommen werden. Die Informationen zur möglichen Grundwasserentzugsmenge in der Dianagasse beziehen sich jedoch nur auf einen Brunnenabstand von 50 m, der in der dortigen Liegenschaft nicht realisierbar wäre. Ein Brunnenabstand von etwa 20 m wäre umsetzbar. Mit einem geringeren Brunnenabstand sind allerdings auch geringere Entzugsmengen möglich. Zur Ermittlung der Entzugsmenge wurden seitens Geosphere Austria zur Verfügung gestellte Daten umliegender Anlagen genutzt, um eine Aussage über die technisch mögliche Entnahmemenge treffen zu können. Nicht berücksichtigt sind Einschränkungen aufgrund bestehender Nutzungsrechte. Dies wäre bei Interesse der Eigentümer*innen bei den zuständigen Behörden abzuklären.

Die Berechnung der Wärmequellenleistung $\dot{Q}_{zu}$ für die Dianagasse erfolgte nun wie folgt:

$$\dot{Q}_{zu} = \rho_W \cdot c_{p,W} \cdot \dot{V} \cdot (T_E - T_A)$$

Gleichung 1

Hierbei beschreibt ρ_W die Dichte von Wasser (1.000 kg/m³), $c_{p,W}$ die spezifische Wärmekapazität von Wasser (4.190 J/(kg·K)), $\dot{V}$ den Volumenstrom der geförderten Wassermenge, T_E die Temperatur des entnommenen Grundwassers und T_A jene des wieder zurückgeführten Grundwassers. Für die Spreizung zwischen entnommenem und rückgegebenem Grundwasser ($T_E - T_A$) wurden 5 K angenommen.

Die abgegebene Leistung der Wärmepumpe $\dot{Q}_{ab}$ wurde durch Einsetzen und Umformen von Gleichung 3 in Gleichung 2 berechnet:

$$\dot{Q}_{ab} = \dot{Q}_{zu} + P_{el}$$

Gleichung 2

$$COP = \frac{\dot{Q}_{ab}}{P_{el}}$$

Gleichung 3

Hierbei bezieht sich $\dot{Q}_{zu}$ auf die von der Wärmepumpe aus der Wärmequelle (Grundwasser) gezogenen Wärmeleistung, P_{el} auf die zugeführte elektrische Leistung und COP auf den Coefficient of Performance (Leistungszahl) der Wärmepumpe. Daraus ergibt sich:

$$\dot{Q}_{ab} = \frac{COP \cdot \dot{Q}_{zu}}{(COP - 1)}$$

Gleichung 4

Darauf basierend wurden die jährlich entzogenen Q_{zu} und jährlich durch die Wärmepumpe bereitgestellten Q_{ab} Wärmemengen mithilfe der im Erdsonden-Tool der Geosphere Austria für die Dianagasse angegebenen Volllaststunden t berechnet:

$$Q_{zu} = \dot{Q}_{zu} \cdot t$$

Gleichung 5

$$Q_{ab} = \dot{Q}_{ab} \cdot t$$

Gleichung 6

2.2.3 GEBÄUDEEIGENES GRAUWASSER

Zur Ermittlung des Potenzials der gebäudeeigenen **Grauwassernutzung** wurden zwei verschiedene Verbrauchsmengen für das Grauwasser angenommen (vgl. NOLDE, 2021):

- 32,5 l/Pax · d
- 55 l/Pax · d

Die Anzahl der Personen für die Dianagasse wurde analog zu den inneren Lasten durch Bewohner*innen in IDA ICE übernommen. In der Dianagasse sind das insgesamt 48 Personen und in der Gerlgasse 236 Personen.

Es wurden zwei Varianten betrachtet:

- Ohne Wärmepumpe: die Wärmerückgewinnung erfolgt über einen Wärmeübertrager. Die Spreizung auf der Sekundärseite des Wärmeübertragers beträgt hier 1,5 K.
- Mit Wärmepumpe: die Wärmepumpe kühlt das Grauwasser primärseitig um 5 K ab und hebt die Wärme bei einer Grauwassertemperatur von 20 °C mit einer JAZ von 3,5 und bei einer Grauwassertemperatur von 30 °C mit einer JAZ von 4,0 auf ein höheres Temperaturniveau.

Die Berechnung der über den Wärmeübertrager $Q_{ab,WÜ}$ rückgewonnenen Wärmemenge erfolgt anhand von:

$$Q_{ab,WÜ} = \rho_W \cdot c_{p,W} \cdot V \cdot \Delta T$$

Gleichung 7

Hier bezieht sich V auf das Wasservolumen und ΔT auf die Temperaturspreizung von 1,5 K.

Die Berechnung der durch die Wärmepumpe aufgenommenen und abgegebenen Wärmemengen erfolgt angelehnt an Gleichung 1 und Gleichung 4, wobei diese, wie Gleichung 7 auch, in Energieform anstatt der Leistungsform gebracht wurden. Der in Gleichung 4 vorkommende Coefficient of Performance (COP) ist nun also auch durch die Jahresarbeitszahl (JAZ) der Wärmepumpe zu ersetzen.

2.2.4 SOLARTHERMIE

Für die Berechnung des **solarthermischen Potenzials** in der Gerlgasse wurden die Pläne der Liegenschaft studiert und die sich auf dem Dach anbietenden Flächen vermessen (vgl. 3.2.3.6). Für jede dieser Flächen wurde in T*SOL ein Modell definiert, das ein solarthermisches Modul beinhaltet, welches eine Wohnung mit Wärme für Heizung und Warmwasser versorgt. T*SOL ist ein Simulationstool für die Auslegung solarthermischer Anlagen. Es wurde bewusst nur ein Modul pro Wohnung angenommen, um das maximal erreichbare Potenzial des solarthermischen Kollektors zu errechnen. Der Heizwärmebedarf der Wohnung wurde aus den Angaben im Energieausweis (Summe des Referenz-Heizwärmebedarfes (Standortklima) für das gesamte Gebäude) auf eine Wohnung mit durchschnittlicher Größe (Summe der Bruttogeschosßfläche des gesamten Gebäudes durch die Anzahl der Wohnungen im Gebäude) berechnet. Dies wurde für den unsanierte Zustand (Energieausweis Bestand) und den sanierten Zustand (Energieausweis Sanierung Var1) gemacht. Die Temperatur des Warmwassers wurde auf 65 °C und jene des Heizungswassers auf 50-60 °C festgelegt. Für den täglichen Warmwasserbedarf wurden 100 l gemäß der angenommenen Wohnungsbelegung von 2 Personen eingegeben. Ein zusätzlicher Wärmeerzeuger ist standardmäßig integriert, um den restlichen Wärmebedarf zu decken. Für den Kollektor wurde der Flachkollektor Logasol SKT 1.0-s von Buderus angenommen. Die technischen Daten des Kollektors sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Zusammenfassung der technischen Daten für den Buderus Flachkollektor Logasol SKT 1.0-s (vgl. BUDERUS, S. A.).

	Einheit	Logasol SKT 1.0-s
Gewicht	kg	45
Höhe	mm	2.170
Breite	mm	1.175
Tiefe	mm	87
Bruttofläche	m ²	2,55
Aperturfläche	m ²	2,43
Optischer Wirkungsgrad	%	79,4

Die im Modell hinterlegten Wetterdaten sind Meteonorm 8 Klimadaten und beziehen sich auf das Gebiet 1030 Wien. Die laut T*SOL erzeugte Wärmemenge pro Modul wurde mit der möglichen Anzahl der Module je Fläche multipliziert und danach die abgegebene Wärmemenge aller Flächen aufsummiert. Die mögliche Anzahl der Module je Fläche wurde unter der Annahme eines vertikalen und horizontalen Abstands der Module von 0,5 m bestimmt.

2.3. Berechnungsgrundlagen für die Entwicklung von Lösungsoptionen

Für die Bewertung der ausgearbeiteten Lösungsoptionen werden mehrere Annahmen hinsichtlich Anlagenlebenszeiten, Kostenzuschläge sowie der Preisbasis getroffen. Diese werden im folgenden Abschnitt genauer erläutert.

2.3.1 RANDBEDINGUNGEN KOSTENRAHMEN

Nachfolgend sind die Randbedingungen zur Kostenberechnung nach den Kategorien Investitionskosten und Wartungs-, Instandhaltungs- und Energiekosten beschrieben. Im folgenden Kapitel Investitionskosten findet sich auch die Beschreibung zur Berechnung der jährlichen Investitionskosten.

2.3.1.1 Randbedingungen Investitionskosten

Für die Investitionskosten je Variante gelten die folgenden Randbedingungen für die Ermittlung des Kostenrahmens:

- Leistungsumfang:
 - Erneuerung Energiekonzept | Kosten Technische Gebäudeausrüstung
 - Schwankungsbreite: $\pm 25\%$
 - Preise in EURO netto (exkl. USt.)
 - Preisbasis: 05/2025

Die nachfolgende Auflistung fasst die Annahmen zu prozentuellen Aufschlägen, die in der Kostenermittlung hinterlegt sind, zusammen.

- Montageplanung + Dokumentation: 7 %
- Baustellengemeinkosten: 8 %
- Reserve & Unvorhergesehenes: 25 %
- Planungsleistungen: 11 %
- Örtliche Bauaufsicht: 4,5 %

Die folgenden Punkte sind in den Kosten derzeit nicht berücksichtigt:

- Einrichtung
- Außenanlagen
- Projektnebenleistungen

Zur Vergleichbarkeit der Varianten wurden den einzelnen Bauteilen Nutzungsdauern zugeordnet und somit die jährlichen Errichtungskosten ermittelt, wobei folgende Nutzungszeiten für die Berechnung angesetzt wurden:

- Luft-Wärmepumpen: 18 Jahre
- Sole-Wärmepumpen: 20 Jahre
- Erdwärmesonden: 60 Jahre
- Verrohrung: 30 Jahre
- Ventilatoren (z.B. Ex-Ventilator Kältemittelabsaugung): 15 Jahre
- Schalldämmeinhausung: 15 Jahre
- Heizung Absperrungen: 20 Jahre

N	Beschreibung	Nutzun
1	zentrale Wärmepumpenanlage	
1. 1	Luft-Wärmepumpe (R290) 26kW inkl.Transport	18 a
1. 2	Puffer 5000L (2x2500L) und Pumpengruppe, Ausdehnungsgefäß, Heizungswasser etc.	20 a
1. 3	Verrohrung innerhalb Zentrale inkl. Armaturen	30 a
1. 4	Erdsonden (Geothermie)	60 a
1. 5	Ex-Ventilator Kältemittelabsaugung	15 a
1. 6	Schalldämmeinhausung	15 a
2	Verteilleitungen	
2. 1	Heizungsleitungen Hauseintritt bis Steigschächte 1xDN50	30 a
2. 2	Heizungsleitungen Steigschacht 1xDN50	30 a
2. 3	Heizungsleitungen Steigschacht bis vor Whg durchschn. DN32 inkl. Alublechmantel	30 a
2. 4	Heizung Absperrungen	20 a
2. 5	Heizung sonst. Armaturen	20 a
3	Außenflächen	
4	MSR	
4. 1	Schaltschrank inkl. Verkabelung und Regelung Wärmepumpen	15 a

Abbildung 8: Ausschnitt Berechnung jährl. Herstellkosten (eigene Darstellung).

2.3.1.2 Randbedingungen Wartungs-, Instandhaltungs- und Energiekosten

Für die jährlichen Wartungskosten sind den Berechnungen folgende Annahmen hinterlegt:

- Frischwasserstationen: 60 EUR/Wohneinheit
- Klein-Wärmepumpe: 150 EUR/Wohneinheit
- E-Speicher mit Wärmetauscher: 60 EUR/Wohneinheit
- Wartung der Sole-/Luft Wärmepumpen: 1.600 EUR/Wärmepumpe zuzüglich 1.500 EUR Nebenkosten (Anfahrt, Personal, etc.)

Für die Abrechnung wurden in den jährlichen Energiekosten 85 EUR/Wohneinheit hinterlegt.

Bei den jährlichen Instandhaltungskosten wurden folgende Ansätze hinterlegt:

- Frischwasserstationen: 2% der Herstellkosten
- Klein-Wärmepumpen: 2% der Herstellkosten
- Sole- und Luft-Wärmepumpen: 1% der Herstellkosten
- Verteilleitungen: 0,5% der Herstellkosten
- Pumpengruppen / Ausdehnungsanlage / Pufferspeicher: 1,5% der Herstellkosten
- Übergeordnete Regelung / Regelung: 1,5% der Herstellkosten

Als Energiekosten wurden folgende Stromkosten (Preisbasis Mai 2025, Wien Energie) angesetzt:

- Kosten elektrische Energie: 0,28 EUR/kWh
- Kosten elektrische Energie privat: 0,37 EUR/kWh

In den jährlichen Energiekosten ist der Nutzerstromverbrauch nicht berücksichtigt. Die jährliche Wartung wird ohne Index (statische Hochrechnung) angesetzt und es werden keine Zinsen, Kapitalkosten etc. berücksichtigt.

2.4. Analyse der Übertragbarkeit auf weitere Gebäude

Für die Analyse der Übertragbarkeit der identifizierten Lösungen wurden aus den Gegebenheiten in den Test-Cases verschiedene einflussgebende Aspekte identifiziert, die in einem Brainstorming im Projektteam erarbeitet wurden:

- Thermische Eigenschaften des Gebäudes
- Wärme- und Kälteabgabesysteme im Gebäude
- Zentrale / dezentrale Heizungswärme- / Warmwasser- / Kälteerzeugung
- Platzbedarf für Erdkollektoren / Erdwärmesonden / Entnahme- und Schluckbrunnen / Luft-Wärmepumpenaußengerät / Solarthermieanlage
- Platz für Technikräume
- Erschließbarkeit der Wärmequellen (Platz für Bohrgeräte)
- Lage in Schutzzonen
- Beschaffenheit des Untergrundes (archäologische Bestände, unterirdische Infrastruktur)
- Verglaste Flächen und passive Kühlsysteme (Lüftungsstrategien, Sonnenschutz)

In Kapitel 5 wird der Einfluss dieser Aspekte auf den Einsatz verschiedener Systemkomponenten näher erläutert. Die Eigenschaften der Gebäudehülle und der Abgabesysteme werden textlich aufbereitet, während die wärmequellenbezogenen Aspekte in einem Entscheidungsbaum zur strukturierten Übersicht dargestellt werden. Die grundsätzliche Entscheidung, ob ein mono- oder multivalentes System in Betracht gezogen werden soll, wird ebenfalls in einem Entscheidungsbaum abgearbeitet.

3. Ist-Analyse

Dieser Abschnitt behandelt die Ergebnisse der Bedarfsermittlung einerseits sowie der Potenzialabschätzung andererseits für die beiden zu betrachtenden Test-Cases. Zunächst soll je Test-Case ein grober Überblick über die jeweilige Liegenschaft gegeben werden, danach wird auf die Ergebnisse der Bedarfsermittlung eingegangen und schließlich werden die Ergebnisse der Potenzialanalyse vorgestellt. Die Untersuchungen zeigen, dass in beiden Fällen auch eine Versorgung mit nur einer Quelle (monovalent) möglich wäre. Im Sinne der Studie, multivalente Systemlösungen zu zeigen, werden in weiterer Folge in der Lösungsentwicklung sowohl mono- als auch multivalente Lösungsvarianten gezeigt.

3.1. Dianagasse 2

Dieser Abschnitt geht auf die Ergebnisse der Ist-Analyse für das Objekt Dianagasse ein. Für dieses Objekt wurden im Zuge der Potenzialanalyse mit Ausnahme des Potenzials für Abwasser aus Waschküchen sowie des Solarthermiepotenzials dieselben Potenziale wie für die Gerlgasse erhoben. Grund hierfür ist das Fehlen von Waschküchen in diesem Objekt. Weiters ist in der Dianagasse die für die Nutzung der Sonnenenergie optimal ausgerichtete Dachfläche bereits für eine PV-Anlage reserviert, weshalb für dieses Objekt keine Potenzialanalyse für Solarthermie durchgeführt wurde.

3.1.1 ÜBERSICHT

Das erste Objekt befindet sich in der **Dianagasse 2**, 1030 Wien (vgl. Abbildung 9) und ist ein typischer Gründerzeitbau aus dem Jahr 1860 mit einer über insgesamt sechs Geschoße verteilten Bruttogrundfläche (BGF) von 2.207 m². Das Objekt befindet sich in Privatbesitz, weist insgesamt 20 Wohneinheiten und drei Geschäftslokale auf und ist größtenteils vermietet. Die Wärmeversorgung für Heizung und Warmwasser erfolgt über dezentrale Gas-Kombithermen. Das Gebäude wurde 1995 Sockelsaniert, wobei insbesondere ein Fenstertausch auf Doppelisolierverglasung sowie im Zuge des Dachausbaus eine Dämmung des Daches vorgenommen wurden. Für die Liegenschaft existiert ein Sanierungskonzept (Thomas Bernhard Architekten Ingenieure ZT), dessen Vorschläge für eine thermische Sanierung mitbetrachtet werden sollen. Diese umfassen folgende Maßnahmen:

- Fenstertausch auf dreifachverglaste Fenster
- 20 cm Dämmung der hofseitigen Fassade
- 20 cm Dämmung der Kellerdecke
- 20 cm Dämmung des Dachs



Abbildung 9: Ansicht der Nordwestfassade der Liegenschaft in der Dianagasse (BOKU).

Eine Zusammenfassung wesentlicher Kennzahlen aus den Gebäudeenergieausweisen und dem zur Verfügung gestellten Planmaterial für den derzeitigen sowie den sanierten Zustand ist in Tabelle 17 ersichtlich.

Tabelle 5: Wichtigste Eckdaten der Liegenschaft in der Dianagasse. Quellen: a= Energieausweis, b= Grundstückerkataster, c= Grundrisspläne.

Merkmal	Einheit	Dianagasse 2	
		unsaniert	saniert (Maximal)
Bruttogrundfläche (BGF) ^a	m ²	2.206,78	
Bruttovolumen ^a	m ³	7.790,49	
Wohnnutzfläche (gerundet) ^c	m ²	1.400	
Grundstücksfläche ^b	m ²	540	
Anzahl Wohnungen ^c	Stk.	20	
Anzahl Lokale ^c	Stk.	3	
Mittlerer U-Wert Gebäude ^a	W/(m ² ·K)	0,95	In Anlehnung an das Sanierungskonzept von Thomas Bernhard Architekten ZT
Spezifischer Heizwärmebedarf (HWB _{ref}) ^a	kWh/(m ² ·a)	98,9	
Jährlicher Warmwasserbedarf ^a	kWh/a	22.553	
Jährlicher Heizungswärmebedarf ^a	kWh/a	241.525	

3.1.2 ERGEBNISSE BEDARFSERMITTLUNG

Die Ergebnisse der dynamischen Gebäudesimulation in IDA ICE 5.1 für die Ermittlung der notwendigen Heiz- und Kühlleistung sowie des Wärme- und Kältebedarfs sind in Tabelle 6 zusammengefasst. Für das Objekt Dianagasse gibt es eine Heizlastrechnung nach ÖNORM B 8135, die eine Heizlast von 92 kW für den nicht weiter thermisch sanierten Bestand ergibt. Wie in der Tabelle ersichtlich, kann die nötige Heizleistung durch die optimierte Heizlastauslegung mittels dynamischer Gebäudesimulation und unter den im Kapitel 2.1 beschriebenen Annahmen auf 76 kW im Bestand reduziert werden.

Tabelle 6: Ergebnisse der dynamischen Gebäudesimulation für die notwendige Heiz- und Kühlleistung sowie für den Wärme- und Kältebedarf des Objekts Dianagasse im unsanierten und sanierten Fall.

Größe	Einheit	Dianagasse 2	
		unsaniert	saniert (Maximal)
Heizleistung	kW	75,8	62,4
Kühlleistung	kW	40,6	36,3
Wärmebedarf	MWh/a	140,0	108,5
Kältebedarf	MWh/a	16,9	17,0

Wie weiter ersichtlich, steigt der Kältebedarf im Zuge einer thermischen Sanierung ohne zusätzliche Maßnahmen zur Verringerung desselben eher an. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass die tagsüber über die Fensterflächen aufgenommene Wärmemenge im sanierten Fall über die besser gedämmte Außenhaut schlechter wieder an die Umgebung abgegeben werden kann. Da in der Dianagasse nicht die gesamte Gebäudehülle gedämmt werden kann (gegliederte straßenseitige Fassaden), zeigt sich dieser Effekt hier weniger stark als in der Gerlgasse (vgl. Tabelle 18 in Kapitel 3.2.2). Nachdem es sich im Zuge einer thermischen Sanierung anbietet, Verschattungssysteme zu installieren und dies ohnehin zumindest im Objekt Gerlgasse vorgesehen wäre, wurde für die sanierten Fälle zusätzlich jeweils eine Variante mit außenliegender Verschattung gerechnet (vgl. Tabelle 7). Hierbei wurden an allen Wohnungsfenstern Außenrollos implementiert, die den Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) der Fenster bei vollständigem Herunterlassen auf 14 % reduzieren. Die Außenrollos werden bei einer solaren Einstrahlung $> 100 \text{ W/m}^2$ automatisch vollständig heruntergelassen.

Tabelle 7: Ergebnisse der dynamischen Gebäudesimulation für die notwendige Heiz- und Kühlleistung sowie für den Wärme- und Kältebedarf des Objekts Dianagasse im unsanierten und sanierten Fall bei zusätzlicher Implementierung einer außenliegenden Verschattung für den Sommer im sanierten Fall.

Größe	Einheit	Dianagasse 2	
		unsaniert	saniert (Maximal)
Heizleistung	kW	75,8	62,4
Kühlleistung	kW	40,6	21,1
Wärmebedarf	MWh/a	140,0	108,5
Kältebedarf	MWh/a	16,9	7,1

Für die Bearbeitung der Lösungsvarianten wird nun also auf die Ergebnisse der Gebäudesimulation zurückgegriffen. Die in der Heizlastrechnung angegebene Heizlast bzw. die in den Energieausweisen angegebenen Wärmemengen sind somit nicht mehr für die Systemauslegung in der Lösungsentwicklung relevant.

Für die in Kapitel 4.1 betrachteten Lösungsoptionen wird von einer Heiz- und Kühllast des sanierten Gebäudes ausgegangen. Tabelle 8 fasst die für die Systemauslegung benutzten Daten nochmals zusammen.

Tabelle 8: Heizlast für das Objekt Dianagasse für den unsanierten und sanierten Zustand.

	Heizlast	Einheit	Spezifische Heizlast	Einheit
unsaniert	75,8	kW	54,1	W/m ²
saniert (Maximal)	62,4	kW	44,6	W/m ²

Anhand der benötigten Heizlast des thermisch sanierten Gebäudes wurden die erforderlichen Leistungen des Warmwasserbedarfs und der Heizung ermittelt. Die Berechnungsgrundlagen sind in Kapitel 2.1.2 angeführt, die Annahmen sowie die Ergebnisse für die Dianagasse in Tabelle 9 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 9: Berechnung der erforderlichen Wärmepumpenleistung und des Pufferspeichervolumens.

	Wert	Einheit
Warmwasserbereitung		
Wohnungen	20	Whg.
Belegung	2,5	Pers/Whg.
Bewohner*innen gesamt (gerundet)	50	Pers
WW pro Person (60 °C)	40	l/Pers/d
Tagesbedarf WW (60 °C)	2.000	l/d
GLZ WW Stunde	0,55	-
Min. Puffer Speicher WW primär	1.100	Liter
entspricht	64	kW
Verbrauch Warmwasser		
Spreizung	50	K
Energiebedarf je h	64,0	kWh/h
Tagesenergie WW	116	kWh/d
	24	h/d
Dauerleistung WW	5	kW
Leistungszuteilung WW	15	kW
Pufferspeicheranteil WW	3.000	Liter
Heizung		
Spezifische Heizlast	44,6	W/m ²
beheizte Fläche (gerundet)	1.400	m ²
Heizlast	62,4	kW
GLZ Heizung	0,8	
Leistung Heizung	50	kW
Verzögerungsspeicher Heizung	2.000	Liter
Erforderliche WP-Leistung	65	kW
Pufferspeicher gesamt	5.000	L

Die Belegung der Wohnungen wurde mit 2,5 Personen pro Wohnung angenommen. Bei einer Anzahl von 20 Wohnungen ergibt das eine Gesamtanzahl von 50 Personen. Bei einer Anzahl von 20 Wohnungen kann man von einer Gleichzeitigkeit, wie viel Warmwasser zur gleichen Zeit konsumiert wird, von 0,55 ausgehen. Der Warmwasserverbrauch wurde mit 40 Liter pro Person und Tag angenommen. Daraus errechnen sich Puffervolumen und Leistung.

Für die Dianagasse 2 ergeben sich 3.000 Liter und 15 kW Leistung für die Warmwasserbereitung. Ausgehend von einer spezifischen Heizlast von $44,6 \text{ W/m}^2$ und einer Nutzfläche von rund 1.400 m^2 und einer Gleichzeitigkeit der Heizung von 0,8 ergibt sich die Leistung für die Heizung von 50 kW und ein Speichervolumen von 2.000 Liter. In Summe ergibt sich also eine erforderliche Wärmepumpenleistung von 65 kW und ein Pufferspeichervolumen von 5.000 Liter. Für die Kälteversorgung im sanierten Fall ergibt sich mit einer Gleichzeitigkeit von 0,8 eine nötige Kälteerzeugerleistung von 16,88 kW.

Im Abschnitt 4.1 zur Entwicklung der Lösungsoptionen werden die in diesem Zusammenhang relevanten Bereiche Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung und Wärmeabgabe diskutiert.

3.1.3 ERGEBNISSE POTENZIALANALYSE

Im Folgenden werden nun die erhobenen Potenziale zur Deckung des oben erhobenen Wärme- und Kältebedarfs im Objekt Dianagasse vorgestellt.

3.1.3.1 Erdwärmesonden

Informationen zur thermischen Qualität des Untergrundes können den Katasterdaten der Stadt Wien unter der Kategorie Umweltgut abgefragt werden. Für einen groben Überblick wurden die verfügbaren Daten für den Standort Dianagasse ausgelesen, vgl. Tabelle 10.

Tabelle 10: Allgemeine Daten zur thermischen Qualität des am Standort der Liegenschaft in der Dianagasse (vgl. STADT WIEN, S. A. A).

Kataster	Wert	Einheit	Dianagasse 2
Stadt Wien Umweltgut	Mittlere konduktive Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds bis zu einer Tiefe von 100 m	W/(m·K)	1,92
Stadt Wien Umweltgut	Mittlere konduktive Wärmeleitfähigkeit in 30 bzw. 100 m Tiefe für die nächstgelegenen verfügbaren Bohrprofile im Kataster	W/(m·K)	<u>Bohrprofil 1:</u> 30 m: 1,77 100 m: 1,91 <u>Bohrprofil 2:</u> 30 m: 2,05 100 m: 1,91 <u>Bohrprofil 3:</u> 30 m: 1,94 100 m: 1,9
Stadt Wien Umweltgut	Flächenspezifische Jahresenergiemenge eines Sondenfeldes mit 4 x 4 Sonden in 10 m Abstand und einer Tiefe von 100 m bei Normbetriebsstunden	kWh/(m ² ·a)	76,46
Stadt Wien Umweltgut	Flächenspezifische Jahresenergiemenge eines Sondenfeldes mit 7 x 7 Sonden in 5 m Abstand und einer Tiefe von 100 m bei ausgeglichener Betriebsweise	kWh/(m ² ·a)	276,46

Genauere Ergebnisse ergibt jedoch die Nutzung des Erdsonden-Berechnungstools auf der Seite von Geosphere Austria (vgl. GEOSPHERE AUSTRIA S. A. A). Für die Dianagasse wurden die von STEINER ET AL., 2023 identifizierten Bohrpunkte eingegeben (vgl. Abbildung 10).

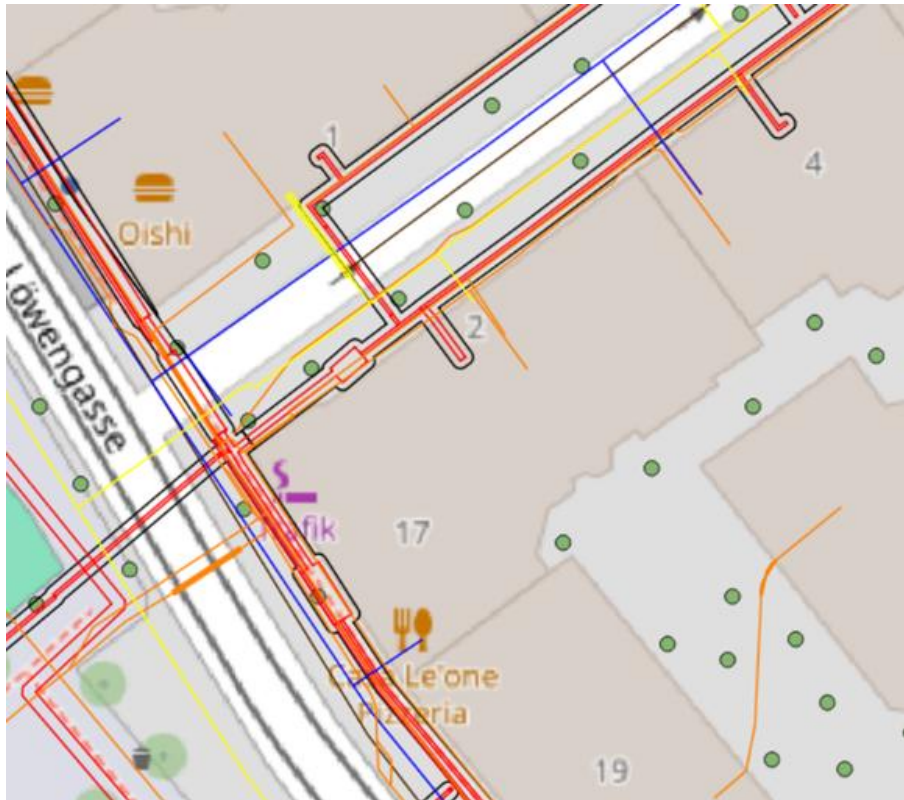


Abbildung 10: Ansicht der in QGIS importierten Bohrpunkte aus der von STEINER ET AL., 2023 durchgeführten Studie sowie der Leitungen auf öffentlichem Grund aus dem zentralen Leitungskataster (eigene Darstellung).

Hieraus ergeben sich insgesamt 10 mögliche Bohrpunkte, wovon 3 auf Eigengrund im Hof und 7 auf öffentlichem Grund in der Dianagasse und Löwengasse liegen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 zusammengefasst. Der vorgegebene Betrieb bezieht sich auf einen Betrieb der Heiz- und Kühlanlage nach Bedarf des Gebäudes. Die Volllaststunden für Heizung sind hier aufgrund der vorherrschenden klimatischen Bedingungen deutlich höher als jene der Kühlung. Dies führt gerade bei niedrigen Sondenabständen (so wie hier mit etwa 5-7 m) dazu, dass das Erdreich im Bereich der Sonden langfristig abkühlt. Der ausgeglichene Betrieb dagegen stellt sicher, dass durch ein Angleichen der Volllaststunden von Heizung und Kühlung dieselbe Energiemenge im Sommer durch den Kühlbetrieb an das Erdreich zurückgegeben (regeneriert) wird, wie im Winter für die Heizung entzogen wird.

Tabelle 11: Zusammenfassung der Ergebnisse der Erdsondenpotenzialerhebung für die Dianagasse.

	Bohrpunkte lt. STEINER ET AL., 2023	
	vorgegeben	ausgeglichen
Sonden [Stk.]	10	
Sondentiefe je Sonde [m]	100	
Volllaststunden Heizung [h/a]	1.898	
Volllaststunden Kühlung [h/a]	738	1.758
SCOP Wärmepumpe [-]	2,8	
SEER Wärmepumpe [-]	7	
Entzug Sonden [kW]	33	38
Entzug Sonden [MWh/a]	62	72
Heizung [kW]	51	59
Heizung [MWh/a]	97	112
Regeneration Sonden [kW]	47	41
Regeneration Sonden [MWh/a]	35	72
Kühlung [kW]	41	36
Kühlung [MWh/a]	30	63

Eine Zusammenfassung der wichtigsten Daten zum Grundwasserpotenzial in der Dianagasse ist in Tabelle 12 gegeben.

Tabelle 12: Allgemeine Daten zu den Grundwasserkörpern am Standort Dianagasse (vgl. GEOSPHERE AUSTRIA, S. A. B. Vgl. dazu auch STADT WIEN, S. A. A (nicht dargestellt)).

Kataster	Wert	Einheit	Dianagasse 2
Geothermieatlas	Flurabstand	m	7
Geothermieatlas	Mächtigkeit	m	4
Geothermieatlas	Hydraulische Leitfähigkeit (kf-Wert)	m/s	0,0021
Geothermieatlas	Minimale / maximale Jahrestemperatur Grundwasser	°C	13,1 / 13,9
Geothermieatlas	Mittlere Jahrestemperatur Grundwasser	°C	13,5
Geothermieatlas	Maximale Pumpleistung eines Brunnenpaars mit 50 m Abstand zwischen Entnahme- und Rückgabebrunnen	l/s	5
Geothermieatlas	Maximale Volllast-Leistung eines Brunnenpaars mit 50 m Abstand zwischen Entnahme- und Rückgabebrunnen	kW	47
Geothermieatlas	Flächenspezifische Wärmemenge für thermische Grundwassernutzung mit ausgeglichener Jahresbilanz	kWh/(m ² ·a)	5
Geothermieatlas	Flächenspezifische Wärmemenge für thermische Grundwassernutzung bei Normbetriebsstunden	kWh/(m ² ·a)	7
Geothermieatlas	Grundwasserchemismus	-	ok

Wie ersichtlich, beziehen sich die angegebenen Entzugsmengen und Leistungen auf Brunnenanlagen mit 50 m Brunnenabstand. Dies wäre auf der Liegenschaft Dianagasse nicht realisierbar (vgl. Abbildung 11).

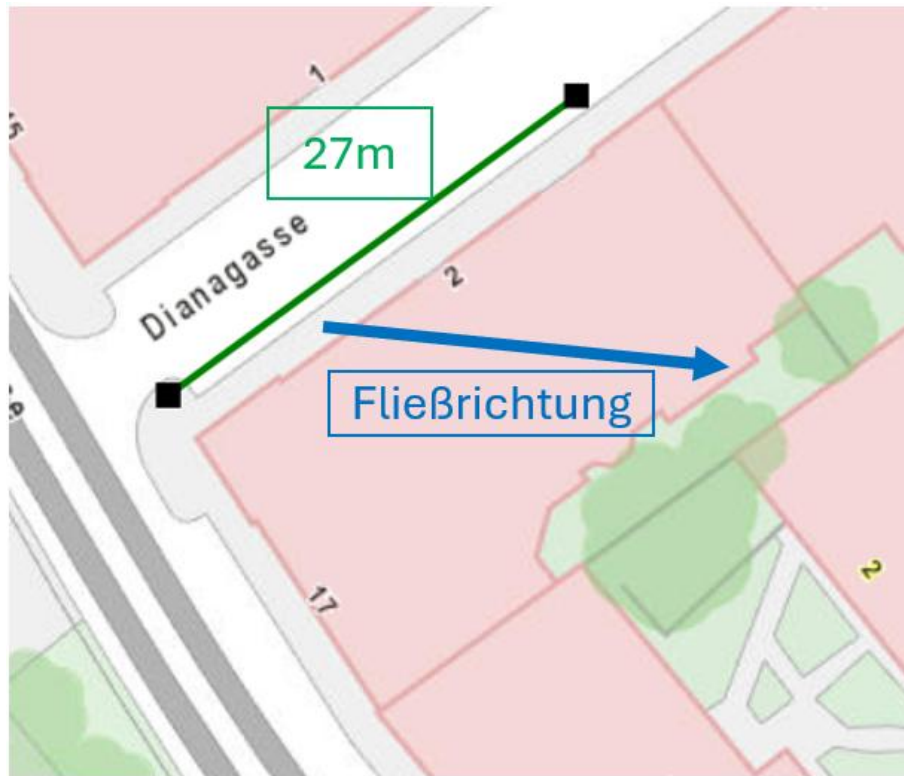


Abbildung 11: Maximale nutzbare Länge in der Dianagasse und Fließrichtung des Grundwasserkörpers (vgl. STADT WIEN, S. A. E sowie STADT WIEN, S. A. F).

Es muss daher von einem geringeren Brunnenabstand ausgegangen werden. Soll die Anlage im Hof Platz finden, ist ein Brunnenabstand von etwa 20 m realisierbar. Laut schriftlicher Auskunft von Geosphere Austria vom 19.03.2025 sind auch bei geringeren Brunnenabständen höhere Entzugsmengen möglich. Abbildung 12 zeigt die Entzugsmengen und Brunnenabstände zweier umliegender Grundwasserwärmepumpenanlagen.

Daten benachbarter Brunnen in der Nähe

Entnahmemenge [l/s]

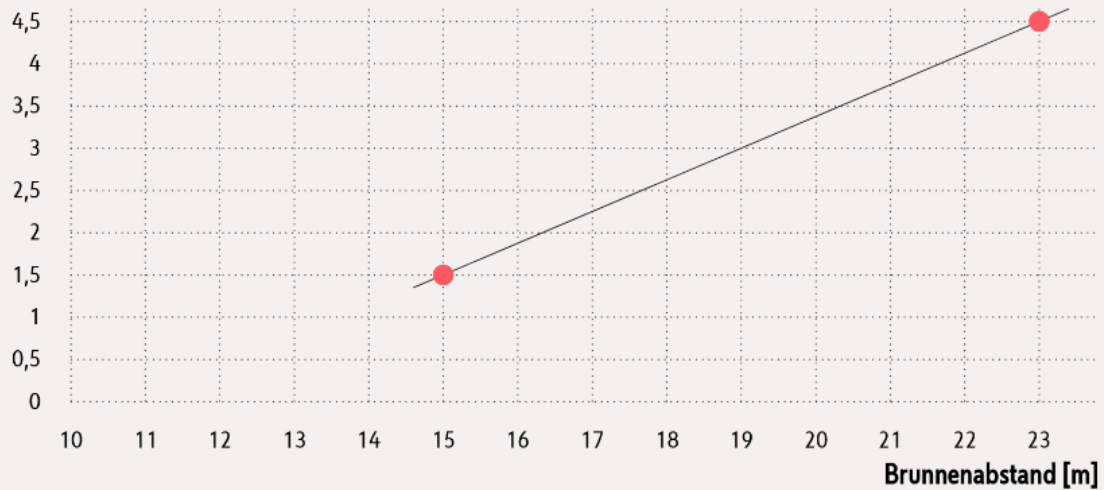


Abbildung 12: Brunnenabstände und Entnahmemengen umliegender Anlagen im Bereich Dianagasse (schriftliche Auskunft von Geosphere Austria vom 19.03.2025, Trendlinie selbst eingefügt, eigene Darstellung).

Es wurde daher für einen Abstand von 20 m eine Entnahmemenge von etwa 3 l/s angenommen. Die sich hieraus ergebenden Leistungen und Energiemengen sind in Tabelle 13 dargestellt. Es wird darauf hingewiesen, dass die tatsächlich realisierbare Entnahmemenge von der Berechnung abweichen kann und dass bestehende Nutzungsrechte die durch die Behörden genehmigte Entnahmemenge schmälern können. Die Ergebnisse können daher nur als grobe Einschätzung der technisch möglichen Entzugsmenge dienen und müssen im Rahmen einer Planung genauer abgeklärt werden.

Tabelle 13: Ergebnisse der Potenzialerhebung zur thermischen Nutzung des Grundwassers in der Dianagasse.

Parameter	Einheit	Wert
Brunnenabstand	m	20
Entzugsmenge Grundwasser	l/s	3
Delta T am Verdampfer	K	5
Thermische Leistung Grundwasser	kW	62,9
COP Grundwasserwärmepumpe	-	4
Heizleistung Grundwasserwärmepumpe	kW	83,8
Volllaststunden Heizung	h	1.898
Entzogene Wärmemenge Grundwasser	MWh/a	119
Bereitgestellte Wärmemenge Grundwasserwärmepumpe	MWh/a	159

3.1.3.3 Abwassersammelkanal im öffentlichen Grund

Hierfür wurde das Abwasserwärmepotenzialkataster der Stadt Wien konsultiert und die Daten jenes der Liegenschaft nächstgelegenen Kanals aufgenommen, vgl. Tabelle 14.

Tabelle 14: Daten des der Liegenschaften in der Dianagasse nächstgelegenen Kanals laut Wiener Abwasserwärmepotenzialkataster (vgl. STADT WIEN, S. A. B).

Wert	Einheit	Dianagasse 2
Trockenwetterdurchfluss nächster größerer Kanal	l/s	741
Distanz zu nächstem größerem Kanal	m	etwa 250

Die Mindesttemperatur des Abwassers im Wiener Mischsystem beträgt 11 °C. Im Jahresmittel beträgt die Abwassertemperatur etwa 16 °C, was einen sehr effizienten Betrieb von Wärmepumpen für die Wärmerückgewinnung bedeuten würde. (vgl. STADT WIEN, S. A. C sowie STADT WIEN, S. A. G)

Allerdings wird angesichts der höheren Distanz zum verfügbaren Kanalabschnitt in weiterer Folge von diesem Potenzial abgesehen.

Alternativ zur Nutzung des öffentlichen Kanalnetzes kann auch das gebäudeeigene Grauwasser als Wärmequelle genutzt werden. Hierbei wurden zwei Varianten der Wärmerückgewinnung betrachtet:

- Ohne Wärmepumpe: die Wärmerückgewinnung erfolgt über einen Wärmeübertrager. Die Spreizung auf der Sekundärseite des Wärmeübertragers beträgt hier 1,5 K.
- Mit Wärmepumpe: die Wärmepumpe kühlt das Grauwasser primärseitig um 5 K ab und hebt die Wärme bei einer Grauwassertemperatur von 20 °C mit einer JAZ von 3,5 und bei einer Grauwassertemperatur von 30 °C mit einer JAZ von 4 auf ein höheres Temperaturniveau.

Dies wurde für einen Grauwasseranfall von 32,5 bzw. 55 l pro Person und Tag berechnet. Die Ergebnisse für das Objekt in der Dianagasse sind in Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 15: Ergebnisse der Potenzialerhebung zur Wärmerückgewinnung aus Grauwasser für das Objekt Dianagasse mit der angenommenen Bewohner*innenzahl von 48 Personen. WP = Wärmepumpe.

	ohne Wärmepumpe		mit Wärmepumpe		Einheit
Spezifische Grauwassermenge	32,5	55	32,5	55	l/Pax*d
dT	1,5	1,5	5	5	K
Grauwassermenge pro Tag	1.561	2.640	1.561	2.640	l/d
Wärmemenge Grauwasser pro Tag	2,7	4,6	9,1	1,53	kWh/d
Wärmemenge Grauwasser pro Jahr	992	1.678	3.308	5.594	kWh/a
Wärmeenergie WP (JAZ=3,5)	-	-	4.631	7.832	kWh/a
Wärmeenergie WP (JAZ=4,0)	-	-	4.410	7.459	kWh/a

Im Vergleich zum Warmwasserwärmebedarf von 22.553 kWh/a (Energieausweis Bestand) würde die Wärmerückgewinnung aus Grauwasser in der Dianagasse einen Anteil von etwa 20 bis 35 % decken können. Die technische Umsetzung der Realisierung in der Praxis wird als eher schwierig eingestuft. Bei einer dezentralen Nutzung ist das Potenzial zur Nutzung zur Vorwärmung des Warmwassers etwa im Badezimmer am höchsten, da hier die Abwassertemperaturen am höchsten sind. Allerdings ist die technische Umsetzung mit größerem Aufwand verbunden. Im Fall der zentralen Nutzung vor der Einleitung in den Kanal ist die technische Umsetzung einfacher, allerdings auch die Effizienz geringer, da hier die Temperaturen niedriger sind. Hier ist der Einsatz von Wärmepumpen zur Wärmerückgewinnung sinnvoller. Für die Anwendbarkeit wäre zunächst zu prüfen, ob eine Trennung von Grauwasser vorhanden bzw. umsetzbar ist.

3.1.4 ZUSAMMENFASSUNG

Aus der Bedarfs- und Potentialanalyse ergibt sich nun folgendes Bild (vgl. Tabelle 16): leistungs- und energiemengentechnisch wäre die Wärmeversorgung des Objekts mit nur einer Quelle lediglich aus thermischer Grundwassernutzung möglich. Die gesamte erforderliche Wärmepumpenleistung für Heizung und Warmwasser mit 65 kW könnte also mit dem maximalen Potenzial aus Grundwasser von 84 kW gedeckt werden. Auch der erforderliche Wärmebedarf von 131 MWh/a könnte aus dem Potenzial von 159 MWh/a gedeckt werden. Hier müssten die für diese Studie grob abgeschätzten Ergebnisse jedoch zunächst unter Zuhilfenahme eingehender Untersuchungen zur möglichen Wasserentzugsmenge bestätigt werden. Die Versorgung aus Erdwärmesonden am Eigen- sowie öffentlichen Grund würde den gesamten Wärmebedarf nur zu 85 % (Energienmenge) bzw. 91 % (Leistung) unter der Annahme von 100 m Sondentiefe decken. Die Nutzung des Grauwassers würde lediglich 6 % des Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasser abdecken. Andere lokale erneuerbare Wärmequellen sind kostentechnisch jedenfalls zu teuer (öffentliches Abwasser) oder nicht oder nicht ausreichend vorhanden (Abwasser aus Waschküchen oder Solarthermief Flächen). So zeigt sich, dass eine kombinierte Lösung aus mehreren Wärmequellen oder eine Anpassung der Annahmen für die Berechnung der Potenziale notwendig wird. Wie in der Systementwicklung später ersichtlich, kann mit tieferen Bohrtiefen für die Erdwärmesonden von 150 m auch eine vollständige Deckung erzielt werden, vgl. Kapitel 4.1.2.2.

Tabelle 16: Zusammenfassung der Ergebnisse der Bedarfsermittlung sowie die ermittelten maximalen lokalen Potenziale (gerundet). 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.

Bedarf saniert (Maximal)	Einheit	Dianagasse 2
Wärmeleistung gesamt	kW	65
Kühlleistung	kW	17
Wärmebedarf gesamt	MWh/a	108,5 (HZ) + 22,5 (WW) = 131
Kältebedarf	MWh/a	7
Maximales Potenzial	Einheit	Dianagasse 2
Erdsonden ^{a,b}	kW	59
Erdsonden ^{a,b}	MWh/a	112
Grundwasser ^a	kW	84
Grundwasser ^a	MWh/a	159
Abwassersammelkanal am öff. Grund	-	kostentechnisch nicht darstellbar
Gebäudeeigenes Grauwasser ^a	MWh/a	8
Abwasser aus Waschküchen	-	nicht vorhanden
Solarthermie ^c	MWh/a	keine geeigneten freien Dachflächen vorhanden

3.2. Gerlgasse 12-14

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Ist-Analyse für die Liegenschaft in der Gerlgasse vorgestellt. Für dieses Objekt wurden im Unterschied zur Dianagasse auch die Potenziale für Abwasser aus den hier vorhandenen Waschküchen sowie das Solarthermiepotenzial erhoben, allerdings jedoch kein Potenzial für Wärme aus Grundwasser. Dies liegt an den nicht ausreichend vorhandenen Informationen über den Grundwasserkörper im Bereich der Gerlgasse, vgl. GEOSPHERE AUSTRIA, S. A. B. bzw. STADT WIEN, S. A. A.

3.2.1 ÜBERSICHT

Das zweite Objekt liegt in der **Gerlgasse 12-14**, 1030 Wien (vgl. Abbildung 13) und ist ein 1950 errichteter sozialer Wohnbau mit einer über insgesamt sieben Etagen verteilten Bruttogrundfläche (BGF) von 7.692 m². Die Anlage befindet sich im Eigentum von Wiener Wohnen und weist 111 vermietete Wohneinheiten sowie ein Lokal auf. Die Wärmeversorgung erfolgt dezentral größtenteils über Gas-Kombithermen und vereinzelt noch über Einzelöfen oder Außenwandkonvektoren. Die Liegenschaft befindet sich mit Ausnahme eines Teiles der Fenster und der nachträglichen Dämmung einiger Dachgeschoßwohnungen noch weitgehend im Originalzustand. Eine Sanierung des Objekts ist für die nächsten Jahre geplant. Hierfür wurden bereits zwei Energieausweise in Auftrag gegeben, wovon der für den derzeitigen Zustand besser vergleichbare (s. Kapitel 2.1) zur Mitbetrachtung einer sanierten Variante herangezogen wird.

- Fenstertausch auf dreifachverglaste Fenster
- 22 cm Dämmung der hofseitigen Außenwand
- 20 cm Dämmung der straßenseitigen Außenwand
- 20 cm Dämmung der Kellerdecke
- 24 cm Dämmung der obersten Geschoßdecke



Abbildung 13: Ansicht der Nordfassade der Liegenschaft in der Gerlgasse (BOKU).

Eine Zusammenfassung wesentlicher Kennzahlen aus den Gebäudeenergieausweisen und dem zur Verfügung gestellten Planmaterial für den derzeitigen sowie den sanierten Zustand ist in Tabelle 17 ersichtlich.

Tabelle 17: Wichtigste Eckdaten der Liegenschaft in der Gerlgasse. Quellen: a= Energieausweis, b= Grundstückskataster, c= Grundrisspläne.

Merkmal	Einheit	Gerlgasse 12-14	
		unsaniert	saniert (Var1)
Bruttogrundfläche (BGF) ^a	m ²	7.692,4	
Bruttovolumen ^a	m ³	23.134,8	
Wohnnutzfläche ^c	m ²	6.154	
Grundstücksfläche ^b	m ²	1.987	
Anzahl Wohnungen ^c	Stk.	111	
Anzahl Lokale ^c	Stk.	1	
Mittlerer U-Wert Gebäude ^a	W/(m ² ·K)	1,53	0,25
Spezifischer Heizwärmebedarf (HWB _{ref}) ^a	kWh/(m ² ·a)	129,1	21,9
Jährlicher Warmwasserbedarf (gerundet) ^a	kWh/a	80.000	
Jährlicher Heizungswärmebedarf ^a	kWh/a	1.101.029	203.338

3.2.2 ERGEBNISSE BEDARFSERMITTLUNG

Auch für das Objekt in der Gerlgasse wurden dynamische Gebäudesimulationen zur Ermittlung des Raumwärme- und Kältebedarfs sowie der nötigen Heiz- und Kühlleistung durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 18 ersichtlich. Auch hier zeigt sich die Zunahme des Kältebedarfs durch die thermische Sanierung der Gebäudehülle, die hier, wie bereits in Kapitel 0 erläutert, stärker ausgeprägt ist als in der Dianagasse.

Tabelle 18: Ergebnisse der dynamischen Gebäudesimulation für die notwendige Heiz- und Kühlleistung sowie für den Wärme- und Kältebedarf des Objekts Gerlgasse im unsanierten und sanierten Fall.

Größe	Einheit	Gerlgasse 12-14	
		unsaniert	saniert (Var1)
Heizleistung	kW	329,8	154,5
Kühlleistung	kW	95,2	78,5
Wärmebedarf	MWh/a	650,0	233,1
Kältebedarf	MWh/a	27,5	39,6

Wie auch für das Objekt Dianagasse wurde auch hier angenommen, dass im Zuge einer thermischen Sanierung eine außenliegende Verschattung installiert werden wird. Die Absicht wurde, wie bereits erwähnt, seitens der Gebäudeeigentümerin Wiener Wohnen in den Projektbesprechungen für das Objekt in der Gerlgasse geäußert. Die Ergebnisse der Simulationen in IDA ICE unter den in Kapitel 0 beschriebenen Annahmen sind in Tabelle 19 zusammengefasst.

Tabelle 19: Ergebnisse der dynamischen Gebäudesimulation für die notwendige Heiz- und Kühlleistung sowie für den Wärme- und Kältebedarf des Objekts Gerlgasse im unsanierten und sanierten Fall bei zusätzlicher Implementierung einer außenliegenden Verschattung für den Sommer im sanierten Fall.

Größe	Einheit	Gerlgasse 12-14	
		unsaniert	saniert (Var1)
Heizleistung	kW	329,8	154,5
Kühlleistung	kW	95,2	59,7
Wärmebedarf	MWh/a	650,0	233,1
Kältebedarf	MWh/a	27,5	25,7

Auch hier wird nun für die Bearbeitung der Lösungsvarianten nur noch auf die Ergebnisse der Simulation zurückgegriffen; die Energiemengen aus den Energieausweisen werden nicht mehr zur Lösungsentwicklung herangezogen.

Für die in Kapitel 4.2 erarbeiteten Lösungsoptionen wird von einer Heiz- und Kühllast des sanierten Gebäudes ausgegangen. Tabelle 20 fasst die für die Systemauslegung benutzten Daten nochmals zusammen.

Tabelle 20: Heizlast für das Objekt Gerlgasse für den unsanierten und sanierten Zustand.

Variante	Heizlast	Einheit	Spezifische Heizlast	Einheit
unsaniert	329,8	kW	53,6	W/m ²
saniert (Var1)	154,5	kW	25,1	W/m ²

Zusätzlich zur benötigten Heizlast des thermisch sanierten Gebäudes wurden die erforderlichen Leistungen des Warmwasserbedarfs und somit die benötigte Gesamtwärmeleistung ermittelt. Die Berechnungsgrundlagen sind in Kapitel 2.1.2 angeführt, die Annahmen sowie die Ergebnisse für die Gerlgasse in Tabelle 21 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 21: Ermittlung der erforderlichen Leistung und Pufferspeichervolumens.

	Wert	Einheit
Warmwasserbereitung		
Wohnungen	111	Whg.
Belegung	2	Pers/Whg.
Bewohner*innen gesamt (gerundet)	222	Pers
WW pro Person (60 °C)	40	l/Pers/d
Tagesbedarf WW (60 °C)	8.880	l/d
GLZ WW Stunde	0,2	-
min. Puffer Speicher WW primär	1.776	Liter
entspricht	103	kW
Verbrauch Warmwasser		
Spreizung	50	K
Energiebedarf je h	103,4	kWh/h
Tagesenergie WW	517	kWh/d
	24	h/d
Dauerleistung WW	22	kW
Leistungszuteilung WW	20	kW
Pufferspeicheranteil WW	5.000	Liter
Heizung		
Spezifische Heizlast	25,1	W/m ²
beheizte Fläche	6.153,92	m ²
Heizlast	155	kW
GLZ Heizung	0,8	
Leistung Heizung	124	kW
Verzögerungsspeicher Heizung	4.500	Liter
Erforderliche WP-Leistung	145	kW
Pufferspeicher gesamt	9.500	Liter

Die Belegung wurde für die Gerlgasse mit zwei Personen pro Wohnung angenommen. Bei einer Anzahl von 111 Wohnungen ergibt das eine Gesamtanzahl von 222 Personen. Bei einer Anzahl von 111 Wohnungen kann man von einer Gleichzeitigkeit, also wie viel Warmwasser zur gleichen Zeit konsumiert wird, von 0,2 ausgehen. Mit 40 Liter Warmwasser pro Person und Tag wurde derselbe Wert wie in der Dianagasse angenommen. Daraus errechnet sich das Puffervolumen und die Leistung, die für die Warmwasserbereitung nötig ist. Für die Gerlgasse ergeben sich 5.000 Liter und 20 kW Leistung für die Warmwasserbereitung.

Ausgehend von einer spezifischen Heizlast von $25,1 \text{ W/m}^2$ und einer Nutzfläche von rund 6.154 m^2 und einer Gleichzeitigkeit der Heizung von 0,8 ergibt sich die Leistung für die Heizung von 124 kW und ein Speichervolumen von 4.500 Liter. In Summe ergibt sich eine erforderliche Wärmepumpenleistung von 145 kW und ein Gesamtpufferspeichervolumen von 9.500 L. Das Pufferspeichervolumen kann zum Beispiel auf drei miteinander verbundene Speicher mit je 3.200 L aufgeteilt werden. Für die Kälteversorgung im sanierten Fall ergibt sich mit einer Gleichzeitigkeit von 0,8 eine nötige Kälteerzeugerleistung von 47,76 kW.

Im Abschnitt 4.2 zur Entwicklung der Lösungsoptionen werden die in diesem Zusammenhang relevanten Bereiche Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung und Wärmeabgabe diskutiert.

3.2.3 ERGEBNISSE POTENZIALANALYSE

Dieser Abschnitt fasst die Ergebnisse der Potenzialanalyse für beide Test-Cases zusammen. Für genauere Informationen zur methodischen Vorgangsweise und den wesentlichen Quellen, siehe das Kapitel 0.

3.2.3.1 Erdwärmesonden

Der Auszug aus den Katasterdaten zur thermischen Qualität des Untergrunds am Standort zeigt eine ähnlich gute Qualität zu den Bedingungen in der Dianagasse, vgl. Tabelle 22.

Tabelle 22: Allgemeine Daten zur thermischen Qualität des Untergrundes am Standort der Liegenschaft in der Gerlgasse (vgl. STADT WIEN, S. A. A).

Kataster	Wert	Einheit	Gerlgasse 12-14
Stadt Wien Umweltgut	Mittlere konduktive Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds bis zu einer Tiefe von 100 m	W/(m·K)	1,9
Stadt Wien Umweltgut	Mittlere konduktive Wärmeleitfähigkeit in 30 bzw. 100 m Tiefe für die nächstgelegenen verfügbaren Bohrprofile im Kataster	W/(m·K)	<u>Bohrprofil 1:</u> 30 m: 1,89 100 m: 1,91 <u>Bohrprofil 2:</u> 30 m: 1,93 100 m: 1,89
Stadt Wien Umweltgut	Flächenspezifische Jahresenergiemenge eines Sondenfeldes mit 4 x 4 Sonden in 10 m Abstand und einer Tiefe von 100 m bei Normbetriebsstunden	kWh/(m ² ·a)	74,29
Stadt Wien Umweltgut	Flächenspezifische Jahresenergiemenge eines Sondenfeldes mit 7 x 7 Sonden in 5 m Abstand und einer Tiefe von 100 m bei ausgeglichener Betriebsweise	kWh/(m ² ·a)	269,96

Auch für die Gerlgasse wurden die in der von STEINER ET AL., 2023 bearbeiteten Studie identifizierten Bohrpunkte einbezogen, woraus sich im Hof 15 und am öffentlichen Gut 12 Bohrpunkte ergeben (vgl. Abbildung 14).

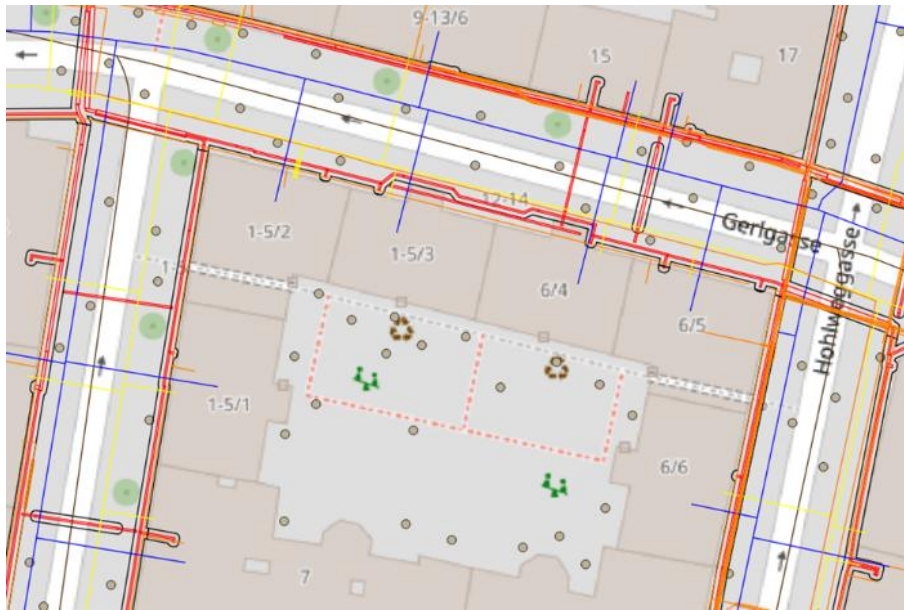


Abbildung 14: Ansicht der in QGIS importierten Bohrpunkte aus der von STEINER ET AL., 2023 bearbeiteten Studie sowie der Leitungen auf öffentlichem Grund aus dem zentralen Leitungskataster (eigene Darstellung).

Aufgrund der möglichen Erschließbarkeit des Innenhofes lediglich über zwei relativ enge Durchgänge ergeben sich Bedenken hinsichtlich des Antransports der Bohrgeräte in den Hof. Dies stellt die Nutzbarkeit des Innenhofes als Fläche für Erdwärmesonden in Frage. Eine Recherche zeigt allerdings, dass es am Markt auch sehr kleine Bohrgeräte gibt, die durch die Durchgänge der Gerlgasse transportiert werden können. Abbildung 15 zeigt die Dimensionen der Durchgänge. Wie ersichtlich, sind diese an der engsten Stelle etwa 1,3 m breit und an der niedrigsten Stelle etwa 2,5 m hoch.

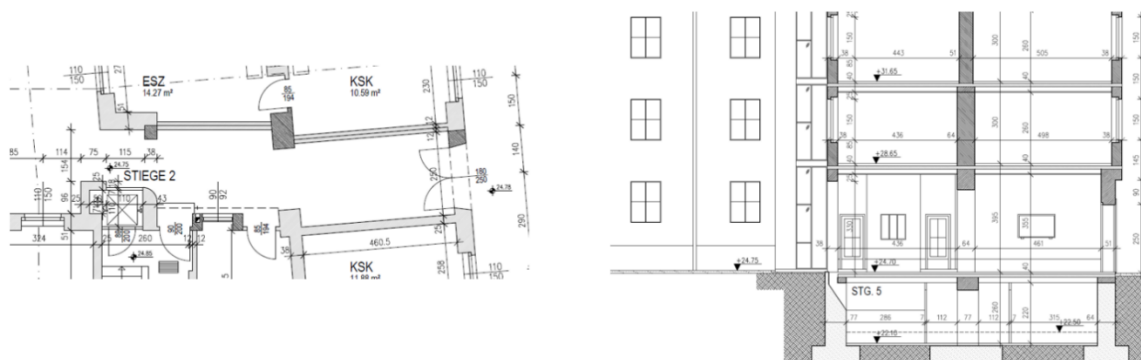


Abbildung 15: Grundriss des westlichen Durchganges (links) und Aufriss durch den östlichen Durchgang (rechts, eigene Darstellung).

In Tabelle 23 und Tabelle 24 sind beispielhafte Bohrgeräte angeführt, deren Transportgrößen den beengten Platzverhältnissen der Durchgänge gerecht werden könnten.

Tabelle 23: Technische Daten beispielhafter Mini-Bohrgeräte lt. BAYER ET AL. 2020.

	Mini-Bohrgerät
Marke / Type	Klemm KR702-2R Kurth KB20/100
Minimale Zufahrtsgröße	0,85 x 2,2 m
Mindestgröße Bohrplatz (exkl. Platz für Mulde und Reversieren)	2 x 5 m
Turmhöhe Bohrung	2,5 – 4,5 m

Tabelle 24: Technische Daten beispielhafter Bohrgeräte lt. HAGLEITNER, S.A.

Typ	Fahrbreite	Länge stehend	Fahrlänge / Turmhöhe	Fahrhöhe
KB 20	0,95 m	2,90 m	4,65 m	2,18 m
Jano	0,86 m	2,90 m	2,73 m	1,82 m
Aggregat (Jano)	1,70 m	3,45 m	5,65 m	1,50 m

Es wurde daher neben jener Variante, die sich nur auf den öffentlichen Grund bezieht, auch eine betrachtet, die den Eigengrund mitberücksichtigt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 25 zusammengefasst.

Tabelle 25: Zusammenfassung der Ergebnisse der Erdsondenpotenzialerhebung lt. STEINER ET AL., 2023 auf öffentlichem sowie eigenem Grund bzw. lediglich auf öffentlichem Grund für die Gerlgasse.

	Bohrpunkte öff. + Eigengrund		Bohrpunkte öff. Grund	
	vorgegeben	ausgeglichen	vorgegeben	ausgeglichen
Sonden [Stk.]	27		12	
Sondentiefe je Sonde [m]	100			
Volllaststunden Heizung [h/a]	1.902			
Volllaststunden Kühlung [h/a]	720	1.702	720	1.702
SCOP Wärmepumpe [-]	2,8			
SEER Wärmepumpe [-]	7			
Entzug Sonden [kW]	83	100	40	45
Entzug Sonden [MWh/a]	157	191	76	85

	Bohrpunkte öff. + Eigengrund		Bohrpunkte öff. Grund	
	vorgegeben	ausgeglichen	vorgegeben	ausgeglichen
Heizung [kW]	128	156	62	69
Heizung [MWh/a]	244	279	118	132
Regeneration Sonden [kW]	128	112	56	50
Regeneration Sonden [MWh/a]	92	191	40	85
Kühlung [kW]	112	98	49	44
Kühlung [MWh/a]	81	167	35	74

Eine Abfrage des Stadt Wien Kulturgut Kartenmaterials für alle Kategorien der Stadtarchäologie zeigt, dass sich das Objekt Gerlgasse am Rand einer römischen Zivilsiedlung befindet, vgl. Abbildung 16. Das Grundstück selbst steht laut Wiener Wohnen nicht unter Denkmalschutz, weshalb keine zusätzliche Genehmigung vom Bundesdenkmalamt für Bohrungsarbeiten eingeholt werden müsste. Da es sich aber dennoch um eine archäologisch relevante Fläche handelt, sollte das Bundesdenkmalamt im Vorfeld kontaktiert werden, um etwaige notwendige Maßnahmen und Bewilligungspflichten zu prüfen (vgl. BUNDESDENKMALAMT, 2024). Es ist auch wie in der Errichtungsphase des Objekts mit Funden zu rechnen, was den Bauprozess verzögern würde (vgl. WIENER WOHNEN, S. A.).

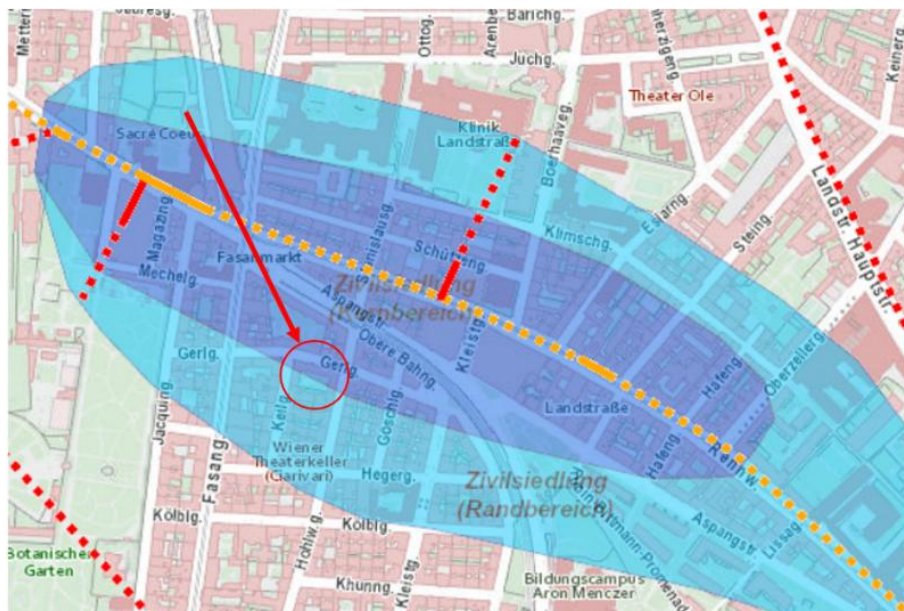


Abbildung 16: Lage des Objekts Gerlgasse in einem Bereich der römischen Zivilsiedlung (vgl. STADT WIEN, S. A. D.).

Eine Abschätzung für das Potenzial der thermischen Nutzung des Grundwassers konnte nur für das Objekt Dianagasse durchgeführt werden. Dies zeigt sich auch an den Daten aus dem Grundwasserpotenzialkataster, vgl. Tabelle 26.

Tabelle 26: Allgemeine Daten zu den Grundwasserkörpern am Standort Gerlgasse (vgl. GEOSPHERE AUSTRIA, S. A. B. Vgl. dazu auch STADT WIEN, S. A. A (nicht dargestellt)).

Kataster	Wert	Einheit	Gerlgasse 12-14
Geothermieatlas	Flurabstand	m	keine Daten
Geothermieatlas	Mächtigkeit	m	keine Daten
Geothermieatlas	Hydraulische Leitfähigkeit (kf-Wert)	m/s	0,0021
Geothermieatlas	Minimale / maximale Jahrestemperatur Grundwasser	°C	11,9 / 14,0
Geothermieatlas	Mittlere Jahrestemperatur Grundwasser	°C	13,0
Geothermieatlas	Maximale Pumpleistung eines Brunnenpaars mit 50 m Abstand zwischen Entnahme- und Rückgabebrunnen	l/s	keine Daten
Geothermieatlas	Maximale Volllast-Leistung eines Brunnenpaars mit 50 m Abstand zwischen Entnahme- und Rückgabebrunnen	kW	keine Daten
Geothermieatlas	Flächenspezifische Wärmemenge für thermische Grundwassernutzung mit ausgeglichener Jahresbilanz	kWh/(m ² ·a)	keine Daten
Geothermieatlas	Flächenspezifische Wärmemenge für thermische Grundwassernutzung bei Normbetriebsstunden	kWh/(m ² ·a)	keine Daten
Geothermieatlas	Grundwasserchemismus	-	keine Daten

Der nächstgelegene Kanalabschnitt zur Liegenschaft in der Gerlgasse befindet sich in einer ungefähren Distanz von 400 m, vgl. Tabelle 27.

Tabelle 27: Daten des der Liegenschaften in der Gerlgasse nächstgelegenen Kanals laut Wiener Abwasserwärmepotenzialkataster (vgl. STADT WIEN, S. A. B).

Wert	Einheit	Gerlgasse 12-14
Trockenwetterdurchfluss nächster größerer Kanal	l/s	21
Distanz zu nächstem größerem Kanal	m	etwa 400

Auch hier wird angesichts dieser höheren Distanz zum verfügbaren Kanalabschnitt in weiterer Folge von diesem Potenzial abgesehen.

Auch für das Objekt in der Gerlgasse wurde das verfügbare Rückgewinnungspotenzial aus Grauwasser unter den in Kapitel 3.1.3 im Abschnitt "Gebäudeeigenes Grauwasser" erläuterten Annahmen erhoben, vgl. Tabelle 28.

Tabelle 28: Ergebnisse der Potenzialerhebung zur Wärmerückgewinnung aus Grauwasser für das Objekt Gerlgasse mit der angenommenen Bewohner*innenzahl von 236 Personen.

	ohne Wärmepumpe		mit Wärmepumpe		Einheit
Spezifische Grauwassermenge	32,5	55	32,5	55	l/Pax*d
dT	1,5	1,5	5	5	K
Grauwassermenge pro Tag	7.675	12.980	7.675	12.980	l/d
Wärmemenge Grauwasser pro Tag	13,4	22,6	44,6	75,4	kWh/d
Wärmemenge Grauwasser pro Jahr	4.879	8.251	16.263	27.505	kWh/a
Wärmeenergie WP (JAZ=3,5)	-	-	22.768	38.507	kWh/a
Wärmeenergie WP (JAZ=4,0)	-	-	21.684	36.673	kWh/a

In der Gerlgasse würde der Anteil der rückgewinnbaren Wärme am Warmwasserwärmebedarf etwa 28 bis 49 % betragen (Warmwasserwärmebedarf von 78.614 kWh/a lt. Energieausweis Bestand). Wie auch in der Dianagasse wäre zu überprüfen, ob eine Trennung von Grauwasser vorhanden bzw. möglich wäre.

Für die Ermittlung des Wärmerückgewinnungspotenzials aus dem Abwasser der Waschküchen in der Gerlgasse wurden dem Projektteam die Gerätedaten der vorhandenen Waschmaschinen und Trockner sowie deren Verbrauchsdaten zur Verfügung gestellt. Die Informationen sind in Tabelle 29 ersichtlich.

Tabelle 29: Information zu Leistung und Energieverbrauch der in den Waschküchen der Gerlgasse befindlichen Geräten.

	Einheit	Wert
Anzahl Waschmaschinen	Stk.	3
Anzahl Trockner	Stk.	3
Heizleistung Waschmaschinen	kW/Stk.	6
Heizleistung Trockner	kW/Stk.	12
Gesamtleistung	kW	54
Stromverbrauch 2024	kWh/a	6.341,3
Betriebsstunden	h/a	117,4

Die Abwärme wäre in diesem Fall teils als Abwasser (Waschmaschinen) und teils als Abluft (Trockner) vorhanden. Die Wärmerückgewinnung aus Abwasser von Waschmaschinen gestaltet sich durch die relativ starke Verunreinigung schwierig, was eine Filterung des Abwassers oder einen höheren Wartungsaufwand der Wärmeübertrager notwendig macht. Angesichts der geringen verfügbaren Energiemengen im Vergleich zum Wärmebedarf des Gebäudes wird dieses Potenzial nicht weiterverfolgt.

Das Objekt Gerlgasse verfügt über große, momentan noch freie Dachflächen, die sich für die Nutzung der Sonnenenergie anbieten würden. Zusätzlich stellt sich allerdings die Frage des Nutzens im Vergleich zu einer PV-Anlage, weshalb für die Gerlgasse im Anschluss an die Potenzialerhebung eine Vergleichsrechnung angestellt wird, in der ermittelt wird, wieviel Kollektorfläche für die Erzeugung derselben Wärmemenge unter der Annahme verschiedener Wärmeerzeugungsmöglichkeiten (E-Heizstab oder Wärmepumpe) notwendig wäre.

Zunächst wurde eine Erhebung der verfügbaren Dachflächen für das Objekt Gerlgasse durchgeführt. Es wurden hierbei 5 Flächen mit unterschiedlicher Neigung und Ausrichtung identifiziert, die in Abbildung 17 dargestellt sind. Die Abbildung zeigt die Draufsicht auf das Objekt in der Gerlgasse. Für die Nutzung durch Solarthermie sind 5 Flächen hervorgehoben. Die am mittleren

Gebäudetrakt (Richtung Gerlgasse) nach Süden ausgerichtete Fläche ist hofseitig und misst 35,2 x 5,8 m. Am östlichen Seitentrakt (Richtung Hohlweggasse) misst die nach Osten (also straßenseitig) orientierte Fläche 17,5 x 8,4 m abzüglich eines Ausschnitts aufgrund von Gauben von 2,2 x 10,5 m. Die nach Westen orientierte (also hofseitige) Fläche am östlichen Trakt misst 18,3 x 5,8 m. Die am westlichen Trakt (Richtung Keilgasse) nach Osten ausgerichtete (also hofseitige) Fläche misst 19,7 x 5,8 m und jene nach Westen ausgerichtete (also straßenseitige) misst 28,7 x 8 m abzüglich einer Fläche aufgrund von Gauben von 2,2 x 10,5 m. Die Südseite sowie Teile des ost- und westseitig ausgerichteten Daches weisen eine Dachneigung von 33 ° auf. Die restlichen Dachflächen (ost- und westseitig) weisen eine Dachneigung von 45 ° auf. Insgesamt ergibt die Vermessung der Dachflächen eine mögliche installierbare Kollektorfläche von insgesamt 362 m².

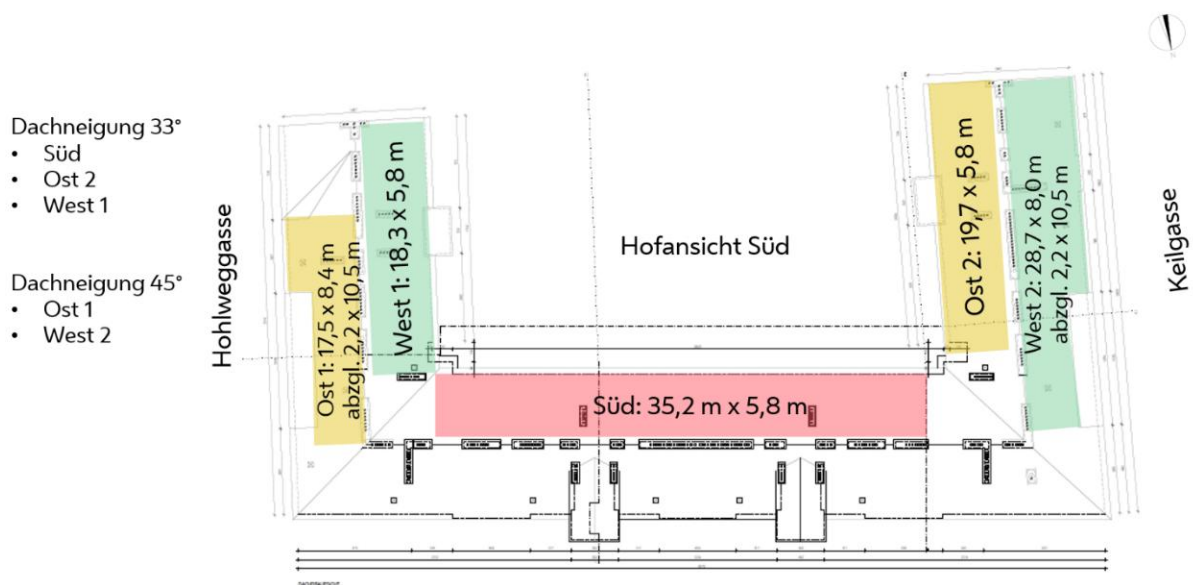


Abbildung 17: Die für die solarthermische Nutzung zur Verfügung stehenden Dachflächen im Objekt Gerlgasse. Die hofseitigen Flächen weisen eine Dachneigung von 33 ° auf, die straßenseitigen Flächen eine von 45 ° (eigene Darstellung).

Unter der Annahme des Einsatzes des Buderus Logasol SKT 1.0-s Flachkollektors ergeben sich folgende Ergebnisse für die Potenzialabschätzung mittels T*SOL für den unsanierten und den sanierten Zustand:

Tabelle 30: Ergebnisse der Erhebung des solarthermischen Potenzials für die Gerlgasse unter der Annahme des Buderus Logasol SKT 1.0-s Flachkollektors in T*SOL.

	Einheit	Wert
Module	Stk.	142
Gesamtgewicht	kg	6.390
Globalstrahlung	kWh/(m ² ·a)	1.215,3
Spezifische abgegebene Energie Kollektorkreis unsaniert	kWh/(m ² ·a)	233,4
Abgegeben Energie Kollektorkreis unsaniert	kWh/a	86.604
Spezifische abgegebene Energie Kollektorkreis saniert	kWh/(m ² ·a)	232,9
Abgegeben Energie Kollektorkreis saniert	kWh/a	86.376

Wie ersichtlich, ergibt sich kein großer Unterschied zwischen den solaren Erträgen im unsanierten und sanierten Zustand. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Produktion hauptsächlich der Warmwasserbereitung in der Übergangszeit und im Sommer zugutekommt und die Erzeugung im Winter kaum einen Anteil zur Heizungsunterstützung liefert. Die jährlich produzierte Menge liegt zwar in beiden Fällen etwas höher als der im Energieausweis angegebene jährliche Warmwasserbedarf von etwa 80.000 kWh/a, jedoch zeigt die Analyse des Produktionsprofils, dass die Produktionsspitzen im Sommer liegen und in den Wintermonaten eine Unterdeckung des Bedarfs auftritt. Es ist also auch eine ganzjährige Warmwasserversorgung rein über Solarthermie in dieser Anlagenkonfiguration nicht gesichert.

Soll nun die produzierte Wärmemenge mittels eines über eine PV-Anlage versorgten E-Heizstabs oder eine Wärmepumpe erfolgen, ergibt sich folgendes Bild:

Tabelle 31: Ergebnisse der Vergleichsrechnung zwischen Solarthermie und PV für die Gerlgasse im sanierten Fall.

	Einheit	Wert
Kollektorfläche Solarthermie	m ²	362
Erzeugte Wärmemenge	MWh/a	86,4
Wirkungsgrad PV	-	0,2
Wirkungsgrad Modul-E-Heizstab	-	0,95
Wirkungsgrad Modul-Wärmepumpe	-	(2,4*0,95) 2,28
Nötige PV-Fläche-Kollektorfläche E-Heizstab	m ²	474,6
Nötige PV-Kollektorfläche Wärmepumpe	m ²	197,8

Die Nutzung eines E-Heizstabes würde mehr PV-Kollektorfläche benötigen als der Einsatz einer solarthermischen Anlage zur Produktion derselben Wärmemenge. Ist der Einsatz einer Wärmepumpe vorgesehen, reduziert sich die nötige PV-Fläche auf etwa 55 %.

3.2.4 ZUSAMMENFASSUNG

Zusammenfassend ergibt sich nun aus der Bedarfs- und Potentialanalyse folgendes Bild (vgl. Tabelle 32) wird das gesamte Erdsondenpotenzial mobilisiert, ist sogar bei einer Bohrtiefe von 100 m die erforderliche Wärmeleistung erreicht; allerdings deckt die maximal zur Verfügung gestellte Wärmemenge lediglich 89 % des Bedarfs. Eine Nutzung des gebäudeeigenen Grauwassers bzw. von Solarthermie würde nur etwa 12 bzw. 27 % des gesamten Wärmebedarfs decken. Im Falle der Solarthermie kommt hinzu, dass diese hauptsächlich in der warmen Jahreszeit zur Verfügung steht und im Winter kaum einen Beitrag leistet. Daher wird stattdessen eine PV-Nutzung empfohlen, da die verfügbare Dachfläche hier unter Verwendung einer Wärmepumpe effizienter genutzt werden kann, um Energie (Strom bzw. Wärme) zu gewinnen. Andere lokale erneuerbare Wärmequellen werden als prinzipiell zu teuer oder zu teuer für den erwarteten Nutzen (Nutzung Abwasserkanal und Abwasser aus Waschküchen) eingeschätzt oder konnten aufgrund fehlender Daten nicht quantifiziert werden (Grundwasser). Für die Nutzung des Grauwasserpotenzials müsste weiter erhoben werden, ob das Grauwasser getrennt von anderen Abwässern verfügbar ist. In Summe würde sich hier also in erster Linie eine Nutzung des Erdsondenpotenzials anbieten, wie auch später in der Lösungsentwicklung in verschiedenen Konstellationen und unter verschiedenen Annahmen (Sondentiefe) angedacht, vgl. Kapitel 4.2.2.

Tabelle 32: Zusammenfassung der Ergebnisse der Bedarfsermittlung sowie der ermittelten maximalen lokalen Potenziale (gerundet). 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.

Bedarf saniert (Var1)	Einheit	Gerlgasse 12-14
Wärmeleistung gesamt	kW	145
Kühlleistung	kW	48
Wärmebedarf gesamt	MWh/a	233 (HZ) + 80 (WW) = 313
Kältebedarf	MWh/a	26
Maximales Potenzial	Einheit	Gerlgasse 12-14
Erdsonden ^{a,b}	kW	156
Erdsonden ^{a,b}	MWh/a	279
Grundwasser ^a	kW	keine Daten
Grundwasser ^a	MWh/a	keine Daten
Abwassersammelkanal am öff. Grund	-	Kostentechnisch nicht darstellbar
Gebäudeeigenes Grauwasser ^a	MWh/a	37
Abwasser aus Waschküchen	-	aufgrund hoher zu erwartender Wartungskosten und geringer Erträge nicht weiterverfolgt
Solarthermie ^c	MWh/a	86

4. Entwicklung von Lösungsoptionen

Nach erfolgter Ermittlung der Wärme- und Kältebedarfe sowie Heiz- und Kühlleistungen und Erhebung der am Standort verfügbaren Wärme- bzw. Kältequellen sollen nun für beide Test-Cases konkrete Lösungsoptionen für die Versorgung mittels lokaler Quellen herausgearbeitet werden. Es werden sowohl mono- als auch multivalente Lösungsoptionen vorgestellt. Die Methoden zur Erarbeitung der Lösungsoptionen sind in Kapitel 2.3 beschrieben.

4.1. Dianagasse 2

Die Lösungsentwicklung für das Objekt in der Dianagasse umfasst in erster Linie eine Betrachtung der Lage des Objekts, der Bestimmungen der Flächenwidmung und Bauklasse sowie der Nutzungsform gefolgt von einer Beschreibung der Größe des Objekts sowie der einschlägigen Ergebnisse der Gebäudesimulation aus Kapitel 0 als Grundlage zur Konzipierung der Wärmeversorgung. Dann erfolgt die Anlagenauslegung für die Raumwärme- und Warmwasserversorgung sowie die Ausarbeitung der Lösungsvarianten aufbauend auf der Potenzialanalyse und unter Rücksichtnahme auf die Gegebenheiten der derzeitigen Systeme der Wärmeverteilung und -abgabe. Schließlich werden die Kosten der verschiedenen Varianten quantifiziert.

4.1.1 ECKDATEN, KENNZAHLEN UND RÄUMLICHE UND TECHNISCHE GEGEBENHEITEN

Das Gebäude befindet sich in der Dianagasse 2 im 3. Bezirk und besteht aus 20 Wohneinheiten und drei Geschäftslokalen in sechs Geschoßen (inkl. Erdgeschoß und Dachgeschoßen) mit einer Wohnnutzfläche von ca. 1.400 m², sowie

Im Kellergeschoß befindet sich eine mögliche Technikfläche, die rund die Hälfte des Grundrisses einnimmt. Sie ist in vier Räume unterteilt und hat eine Gesamtfläche von ca. 150 m². In der anderen Hälfte des Kellergeschoßes befinden sich Kellerabteile und ein Trockenraum.

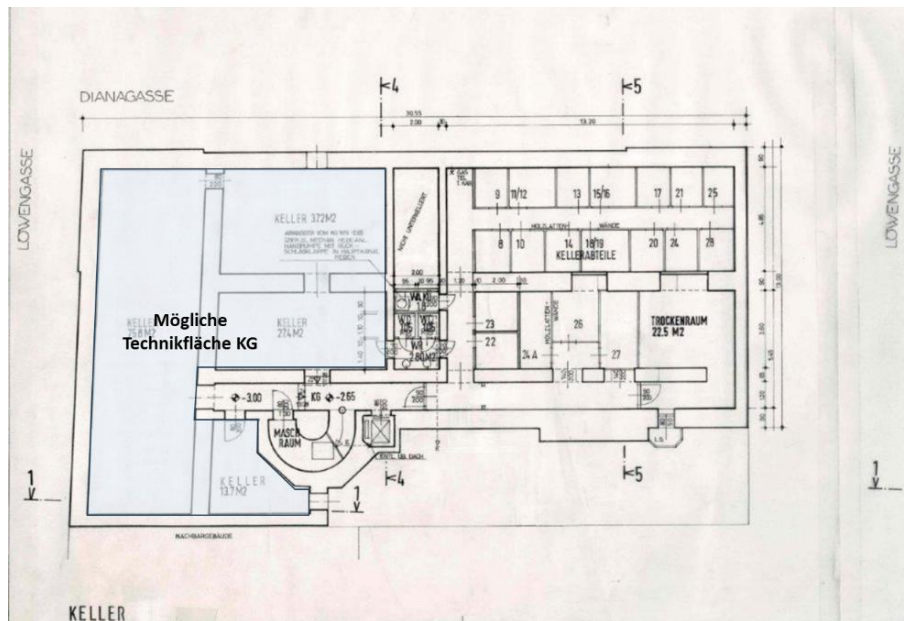


Abbildung 18: Mögliche Technikfläche im Kellergeschoß (eigene Darstellung).

Im Erdgeschoß befinden sich drei Lokale mit einer mittleren Nutzfläche von 51 m². Neben den drei Lokalen gibt es im Erdgeschoß eine Garage, Fahrradabstellflächen und einen Raum für die Allgemeinheit. Beispielhaft ist in Abbildung 19 die Aufteilung der Wohneinheiten für das 1. Obergeschoß visualisiert. In Summe variiert die Nutzfläche bei den 20 Wohneinheiten zwischen 36 m² und 163 m², die mittlere Nutzfläche der Wohnungen beträgt 73 m². Damit ist die mittlere Nutzfläche der Wohnungen relativ groß, in Kombination mit den im Altbau typischen Raumhöhen sind damit auch Technikbereiche innerhalb der Wohnungen für beispielsweise Klein-Wärmepumpen bzw. Brauchwarmwasser-Wärmepumpen andenkbar.

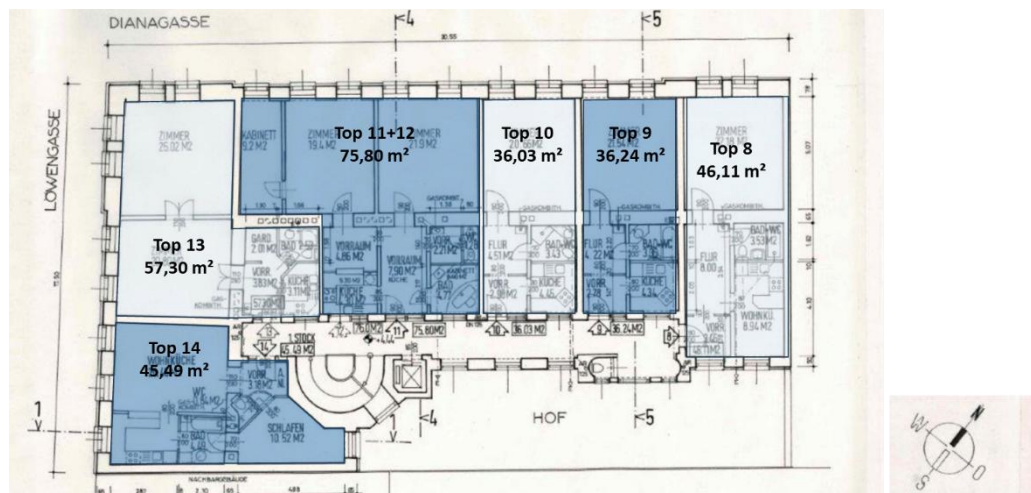


Abbildung 19: Aufteilung der Wohnungseinheiten des 1. Obergeschoßes und die geographische Ausrichtung der Liegenschaft (eigene Darstellung).

Aufbauend auf die Analyse der Gebäudenutzung und Flächenaufteilung sowie die Ermittlung der Anlagenleistung in der Bedarfsanalyse in Kapitel 0 wird nun unter Einbeziehung der Ergebnisse der Potenzialanalyse ein grundlegendes Konzept zur Wärmeerzeugung erarbeitet, sowie die Aspekte

der Wärmeverteilung und Abgabe analysiert. Schließlich können ausgehend vom grundlegenden Versorgungskonzept verschiedene mögliche Varianten zur Wärmeversorgung ausgearbeitet werden, die hinsichtlich ihrer Kosten bewertet werden.

Für die betrachteten Lösungsoptionen wird von einer Heiz- und Kühllast des sanierten Gebäudes ohne Raumlufthtemperierung ausgegangen, vgl. die Ergebnisse der Ist-Analyse in Kapitel 3.1.1 und 0.

Tabelle 33: Heizlast für das Objekt Dianagasse für den unsanierten und sanierten Zustand.

Variante	Heizlast	Einheit	Spezifische Heizlast	Einheit
Bestand	75,8	kW	54,1	W/m ²
saniert	62,4	kW	44,6	W/m ²

Zusätzlich zur benötigten Heizlast des thermisch sanierten Gebäudes wurden die erforderlichen Leistungen des Warmwasserbedarfs und somit die benötigte Gesamtwärmeleistung ermittelt. Die Berechnungsgrundlagen sind in Kapitel 2.1.1 und 2.1.2 angeführt, in Summe ergibt sich eine erforderliche Wärmepumpenleistung von 65 kW und ein Pufferspeichervolumen von 5.000 Liter. Nachfolgend wird die Entwicklung der Lösungsoptionen in den Bereichen Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung und Wärmeabgabe diskutiert.

4.1.1.1 Wärmeverteilung

Da die derzeitige Wärmeerzeugung über dezentrale Gas-Kombithermen stattfindet, ist kein zentrales Leitungsnetz vorhanden. Von der Zentrale im Keller ausgehend muss ein neues Netz errichtet werden. Dazu können stillgelegte Kamine dienen oder Außenschächte verwendet werden. Generell sind kurze Leitungswege und eine Dämmung der Leitungen im Hinblick auf die Minimierung der Wärmeverluste anzustreben. Zudem sollte die hydraulische Einregulierung der Heizungsanlage gewährleistet sein.

4.1.1.2 Wärmeabgabe

In der Dianagasse ist ein Mix aus Radiatoren und Fußbodenheizung vorhanden, die Fußbodenheizung ist prädestiniert für niedrige Vorlauftemperaturen. Abhängig von der betrachteten Variante ist eine Umstellung des Wärmeabgabesystems der Radiatoren erforderlich. Bei einem warmen Verteilnetz (Vorlauftemperaturen der Heizung bis ca. 55 °C) ist bei einer thermischen Sanierung der Gebäudehülle in der Regel kein Tausch der bestehenden Radiatoren notwendig. Allerdings muss die Wärmeabgabeleistung der Radiatoren bei niedrigeren Vorlauftemperaturen geprüft werden. Unter einer Verteilnetztemperatur von 55 °C ist im unsanierten Zustand oft ein Tausch der Bestandsradiatoren notwendig, um die notwendige Wärmeabgabe gewährleisten zu können. Für eine Beurteilung ist eine vollständige

Bestandsaufnahme aller Heizflächen nach ihrer Größe (Abmessungen), ihrem Typ (10, 11, 20, 22 etc.) im Gebäude notwendig, um die Abgabeleistung nach der Vorlauftemperatur dem Abgabeverhalten (Aufteilung Konvektion und Strahlung = Heizkörperexponent) abzuschätzen.

4.1.1.3 Warmwassererzeugung und Verteilung – mögliche Varianten Dianagasse 2

Für die Dianagasse kommen folgende Varianten für die Erzeugung des Warmwassers in Frage, die Vor- und Nachteile werden nachfolgend kurz beschrieben:

- Variante 01: Dezentrale Frischwasserstationen
- Variante 02: Warmwasserbereitung mittels dezentralen Brauchwasser-Wärmepumpen
- Variante 03: E-Speicher mit Wärmetauscher
- Variante 04: Klein-Wärmepumpe für Warmwasser und Heizung

Variante 01: Dezentrale Frischwasserstationen

Bei Frischwasserstationen erfolgt die Wärmebereitstellung zentral (bei Bedarf inkl. Pufferung von Heizungswasser), die Warmwasserbereitung jedoch dezentral auf Wohnungsebene im Durchflussprinzip. Nachstehend sollen die Vor- und Nachteile erläutert, sowie der Einsatz für die Dänagasse diskutiert werden.

Vorteile:

- 2-Leiter-System ausreichend (kein eigenes Leitungsnetz für die Warmwasserbereitung notwendig)
- Platzbedarf innerhalb der Wohnung ist geringer als bei Kombi-Gasthermen
- Anschlüsse der Frischwasserstation können passend gewählt werden
- Pufferung erfolgt zentral mittels Heizungswasser: keine Hygieneprobleme mit Speicherung von Warmwasser
- Wärmemengenzählung für Warmwasser und Heizung kann gemeinsam in der Frischwasserstation erfolgen

Nachteile:

- Ganzjähriger Betrieb des Heizungsverteilnetzes auf mind. 55 °C (für 50 °C Warmwassertemperatur) → höhere Verteilverluste
- Es erfolgt ein zusätzlicher Wärmeeintrag in die Wohnungen durch den ganzjährigen Betrieb des Heizungsverteilnetzes
- Leitungsnetz ist auf die Spitzenleistung der Warmwasserbereitung (~29 kW bzw. 900 l/h) auszulegen, daher größere Dimensionen als bei Lösungen mit dezentraler Speicherung

Frischwasserstationen sind platzsparend und eignen sich für kleine Wohnungen. Zum Beispiel können sie dort errichtet werden, wo zuvor die Kombi-Gastherme war. In Abbildung 20 ist die Frischwasserstation schematisch abgebildet.

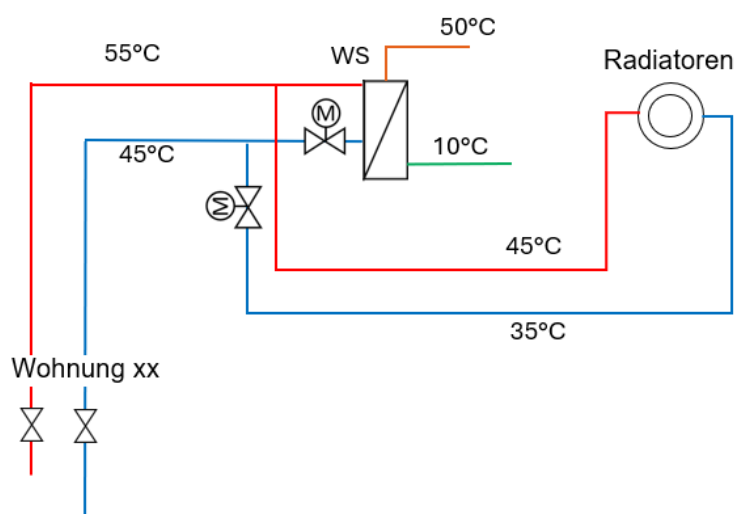


Abbildung 20: Schema der Warmwasserbereitung mit einer Frischwasserstation (eigene Darstellung).

Variante 02: Warmwasserbereitung mittels dezentralen Brauchwasser-Wärmepumpen

Die Warmwasserbereitung erfolgt dezentral auf Wohnungsebene mittels wandhängender Brauchwasser-Wärmepumpe. Eine Zirkulation innerhalb der Wohnung könnte mittels externer Pumpe und Anschluss an die Kaltwasserleitung umgesetzt werden. Es wird jedoch der Einsatz von Zirkulationsleitungen nicht empfohlen und auch aufgrund der kurzen Leitungswege als nicht notwendig erachtet. Nachstehend sollen die Vor- und Nachteile erläutert, sowie der Einsatz im gegenständlichen Projekt diskutiert werden.

Vorteile:

- Der Heizungsvorlauf kann als Wärmequelle zur Warmwasserbereitung genutzt werden
- Keine Verteilverluste, nur Speicherverluste innerhalb der Wohnung
- Die Zählung für die Warmwasserbereitung erfolgt über die Elektrozählung des Wohnungsanschlusses

Nachteile:

- Großer Platzbedarf und hohes Gewicht innerhalb der Wohnung (im Vergleich zu Frischwasserstationen)
- Die Kalt- und Warmwasser-Anschlüsse müssen an die Brauchwasser-Wärmepumpe angepasst werden
- Speicherung von WW: Gefahr von Hygieneproblemen (z. B. Legionellen)
- Ein elektrischer Anschluss vom Wohnungsverteiler zur Wärmepumpe muss verlegt werden.
- Der Schalldruckpegel von 36 dB(A) in 1 m ist zwar im Bereich eines Kühlschranks bzw. geringer als „das Anspringen“ einer Gastherme, muss jedoch der Vollständigkeit halber erwähnt werden.

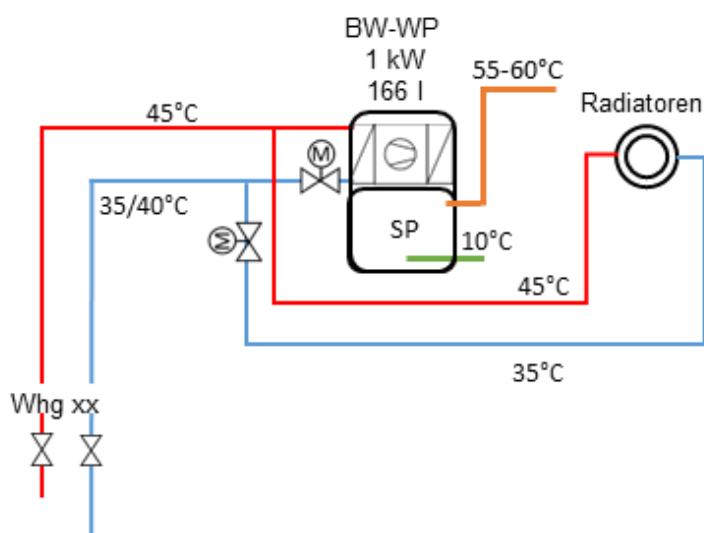


Abbildung 21: Schematische Darstellung der Brauchwasser-Wärmepumpe (eigene Darstellung).

In dieser Variante wird vorgeschlagen, die Verteilnetztemperatur zu reduzieren, um dadurch entstehende Wärmeverluste zu minimieren. Durch die geringere Temperatur im Verteilnetz wird die

Warmwasserbereitung mit einer dezentralen Brauchwasser-Wärmepumpe in den Wohnungen ermöglicht. Die Wärmeabgabe erfolgt weiterhin über die Radiatoren, allerdings muss aufgrund der geringeren Vorlauftemperatur überprüft werden, ob diese noch ausreichend Leistung haben. In Abbildung 21 sind schematisch die Temperaturniveaus und die Wohnungsinstallation visualisiert.

Variante 03: E-Speicher mit Heizregister

Die Warmwasserbereitung erfolgt dem Grunde nach entkoppelt vom Heizungssystem dezentral über E-Speicher. Dies werden über einen Wärmetauscher mit dem Heizungssystem verbunden, um das Kaltwasser über das Heizungswasser vorzuwärmen und somit den Stromeinsatz zur Warmwasserbereitung zu minimieren.

Vorteile:

- Die Warmwasserbereitung kann auch vollkommen unabhängig von der Heizungsversorgung erfolgen
- Keine Verteilverluste, nur Speicherverluste innerhalb der Wohnung
- Die Zählung für die Warmwasserbereitung erfolgt über die Elektrozählung des Wohnungsanschlusses

Nachteile:

- Großer Platzbedarf und hohes Gewicht innerhalb der Wohnung (im Vergleich zu Frischwasserstationen)
- Die Kalt- und Warmwasser-Anschlüsse müssen an den E-Speicher angepasst werden
- Speicherung von WW: Gefahr von Hygieneproblemen (z.B. Legionellen)
- Ein elektrischer Anschluss vom Wohnungsverteiler zum E-Speicher muss verlegt werden
- Die Warmwasserbereitung erfolgt direkt elektrisch

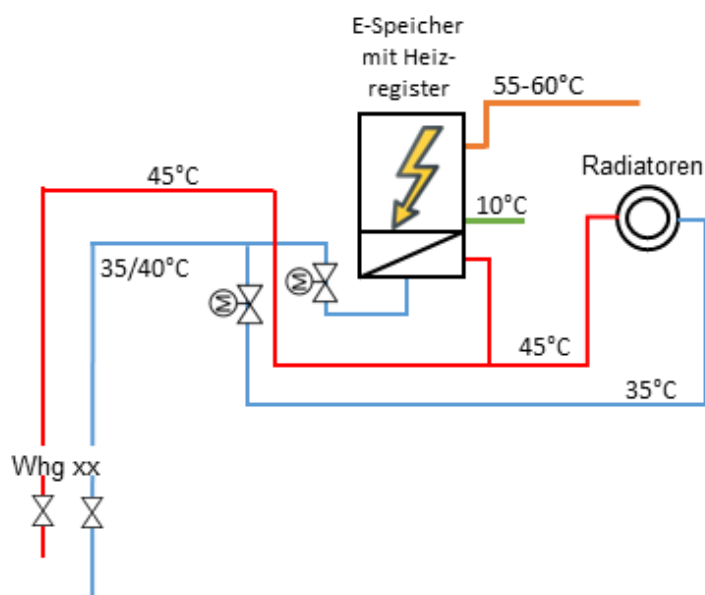


Abbildung 22: Schematische Darstellung des E-Speichers mit Heizregister (eigene Darstellung).

Variante 04: Kaltes Verteilnetz und dezentrale Klein-Wärmepumpen

Bei dieser Variante erfolgt die Warmwasserbereitung ebenfalls dezentral, in Kombination mit der Wärmeabgabe für die Heizung. Bei den dezentralen Klein-Wärmepumpen wird das Temperaturniveau des Verteilsystems auf Warmwassertemperatur gehoben. Die Warmwasserbereitung erfolgt im Durchlaufprinzip, dadurch sind keine Hygienethemen der Speicherung gegeben.

Vorteile:

- Keine Verteilverluste, nur Speicherverluste innerhalb der Wohnung
- Die Zählung für die Warmwasserbereitung erfolgt über die Elektrozählung des Wohnungsanschlusses
- Keine Speicherung von WW: keine Gefahr von Hygieneproblemen (z.B. Legionellen)

Nachteile:

- Großer Platzbedarf und hohes Gewicht innerhalb der Wohnung (im Vergleich zu Frischwasserstationen)
- Die Kalt- und Warmwasser-Anschlüsse müssen angepasst werden
- Ein elektrischer Anschluss vom Wohnungsverteiler zur Klein-Wärmepumpe muss verlegt werden

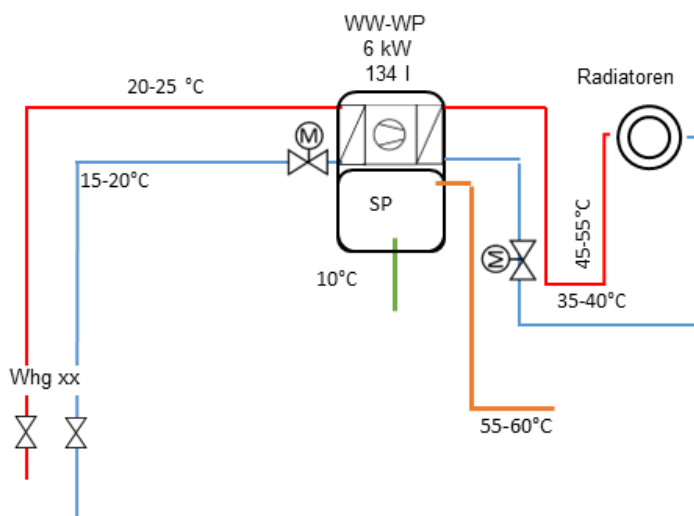


Abbildung 23: Schematische Darstellung dezentrale Klein-Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser (eigene Darstellung).

4.1.2 LÖSUNGSVARIANTEN

Ziel der Wärmeerzeugung ist es, die möglichen Quellen (siehe Potenzialanalyse Dianagasse 2 in Kapitel 3.1.3) dem prognostizierten Bedarf zuzuordnen und ein möglichst effizientes Gesamtsystem zu errichten. In der Dianagasse haben sich als Quellen die Geothermie und die Luft als technisch sinnvoll herauskristallisiert und werden daher in den Lösungsoptionen vertieft. Folgende Varianten (siehe Tabelle 34) wurden definiert: Die

- Referenzvariante (V1) wurde bei diesem Test-Case mit einer 100 % Luftwärme-Pumpe und Warmwasserbereitung über Frischwasserstationen festgelegt. Ausgehend von dieser Referenzvariante wurde eine
- Vergleichsvariante (V4) mit einem Mix aus Geothermie und Luft als Wärmequellen in Kombination mit einer Frischwasserstation für die Warmwasserbereitung berechnet.

Die Varianten V3, V6 und V7 beschreiben Varianten mit möglichst kaltem Verteilnetz, in diesem Anwendungsfall direkt nutzbar für die vorhandene Fußbodenheizung. Hierbei werden einerseits eine

- Mischung aus Luft- und Sole-Wärmepumpe (V6), sowie nur eine
- Sole-WP (V7) bzw. eine
- Luft-WP (V6) in Kombination mit dezentralen Wasser-Wasser Wärmepumpen (Klein-Wärmepumpen) in den Wohnungen gegenübergestellt.
- Die Varianten 2 und 5 gehen von einer Verteilnetztemperatur von 45 °C aus, die lediglich die Heizung des Gebäudes bedient, die Warmwasserbereitung ist entkoppelt über E-Speicher mit Wärmeübertrager vorgesehen.

Tabelle 34: Betrachtete Varianten für die Dianagasse.

Variante	Zentrale Wärmeerzeugung	Dezentrale Wärmeerzeugung	Warmwasserbereitung	Temperatur Verteilnetz	Entwärmung
V1 - Referenzvariante	100 % Luft-Wärmepumpe	---	Frischwasser-station	58 °C	---
V2 - monovalent	100 % Luft-Wärmepumpe	---	E-Speicher mit Wärmeübertrager	45 °C	Luft-WP und Fußbodenheizung bzw. Radiatoren
V3 - monovalent	100 % Luft-Wärmepumpe	Klein-Wärmepumpe	Klein-Wärmepumpe	30-35 °C	Klein-WP und Fußbodenheizung bzw. Radiatoren
V4 - multivalent	Geothermie in Kombination mit Luft-Wärmepumpe	---	Frischwasser-station	58 °C	---
V5 - multivalent	Geothermie in Kombination mit Luft-Wärmepumpe	---	E-Speicher mit Wärmeübertrager	45 °C	GT-WP bzw. Free-Cooling und Fußbodenheizung bzw. Radiatoren
V6 - multivalent	Geothermie in Kombination mit Luft-Wärmepumpe	Klein-Wärmepumpe	Klein-Wärmepumpe	30-35 °C	Klein-WP bzw. und Fußbodenheizung bzw. Radiatoren
V7 - monovalent	100 % Geothermie	Klein-Wärmepumpe	Klein-Wärmepumpe	30-35 °C	Klein-WP und Fußbodenheizung bzw. Radiatoren

In den folgenden Unterkapiteln werden die vorgestellten Varianten genauer beschrieben, wobei mit den multivalenten Varianten (V4, V5 und V6) begonnen wird und dann die monovalenten Vergleichsvarianten mit Geothermie als Quelle (V7) bzw. mit Luft als Quelle (V1, V2 und V3) beleuchtet werden.

Das Geothermiepotezial wird für die Betrachtung der Lösungsoptionen mit folgenden standortabhängigen Parametern berechnet:

- Die mittlere jährliche Bodentemperatur an diesem Standort beträgt laut Satellitendaten (MODIS) rund 12,1 °C.
- Die mittlere Temperatur des Untergrundes für die gewählte Sondentiefe beträgt rund 13,1 °C.
- Die mittlere konduktive Wärmeleitfähigkeit für die gewählte Sondentiefe beträgt rund 1,9 W/m*K.

Bei einer Anzahl von 10 Erdwärmesonden (Nutzung Eigengrund und öffentlicher Grund) ergibt sich eine mögliche Leistung von 65 kW. Eine monovalente Versorgung mittels Geothermie und Solewärmepumpe ist daher unter den Randbedingungen einer thermischen Sanierung des Gebäudes und einer damit einhergehenden Reduktion des Bedarfs und der Nutzung des öffentlichen Grundes für die Geothermie möglich. Die Errichtung von Sonden auf öffentlichem Grund ist einerseits mit höheren Kosten und auch einem deutlich erhöhten Aufwand in der Planung und Koordination während der Bauausführung verbunden, daher wird in einem ersten Schritt davon abgesehen und die Nutzung der Geothermie auf Eigengrund beschränkt. Auf Eigengrund können drei Sonden im Abstand von 7 m gebohrt werden (siehe Abbildung 24).

Sondenanzahl: 3

Mittlerer Sondenabstand (berechnet): 7 m

Lagekoordinaten der Bohrpunkte für Erdwärmesonden:

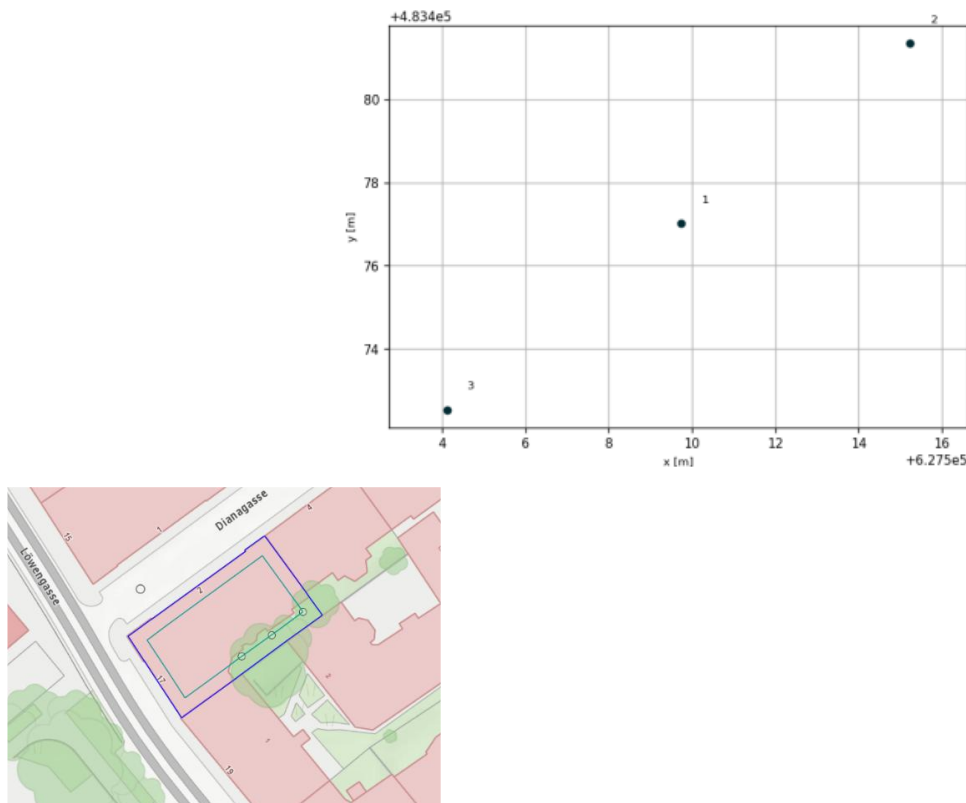


Abbildung 24: Position der Erdwärmesonden auf dem Grundstück und mittlerer Sondenabstand (eigene Darstellung).

Die Berechnung wurde in Abweichung zur Potenzialanalyse mit einer Sondenlänge von 150 m durchgeführt, da Sondentiefen bis 150 m erzielt werden können, dies jedoch im Einzelfall im Zuge einer Planung zu prüfen ist. Die Berechnung basiert auf den angegebenen Jahresbetriebsstunden für Heizen (2.200 h/a) und Kühlen (650 h/a) im saisonalen Wechselbetrieb auf 20 Betriebsjahre. Die Jahresbetriebsstunden sind hier anders gewählt als die Defaultwerte in der Potenzialanalyse. Das liegt daran, dass die Stundenangaben nochmals an Baustandard und Wohnungsgröße des spezifischen Objekts angepasst werden. Für die Berechnung werden die prognostizierte Untergrundtemperatur und Wärmeleitfähigkeit des Erdreichs am Standort sowie weitere fixe Parameter berücksichtigt. Die Ergebnisse zeigen die erreichbaren Leistungen in Kilowatt (kW) und die Energiemengen in Megawattstunden pro Jahr (MWh/a) des vorgegebenen Sondenfeldes mit der gewählten Betriebsweise. Durch den Leistungsbedarf des Gebäudes wird ein Deckungsgrad berechnet. Die Ergebnisse beinhalten eine Abschätzung der Effizienz der Wärmepumpe bei vorgegebenem Temperaturniveau der Heizung (Annahme Radiatoren 55 °C). Mit drei Erdwärmesonden kann der geforderte Heizbedarf nicht vollständig gedeckt werden, es ergibt sich eine Deckung von rund 35 %. Bei der erforderlichen Heizleistung von 65 kW würden 23 kW aus Geothermie stammen. Die zusätzlich erforderliche Leistung beträgt 42 kW. Die Ergebnisse sind im Energieflussdiagramm in Abbildung 25 dargestellt.

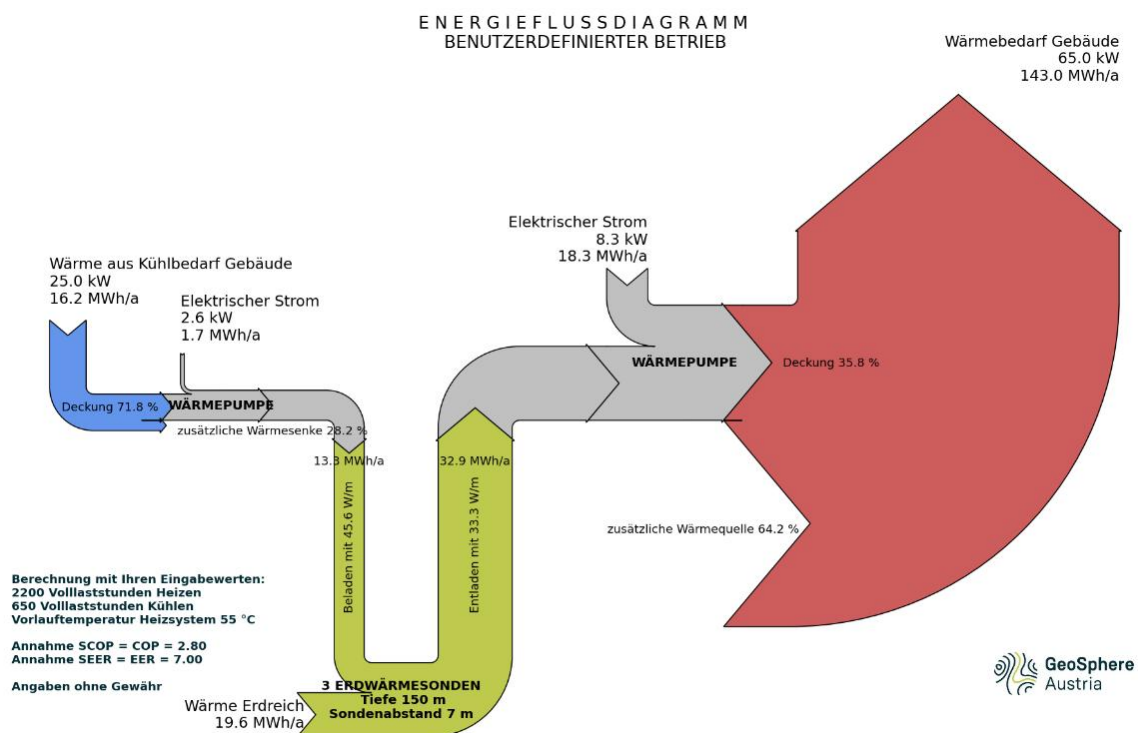


Abbildung 25: Energieflussdiagramm der Erdwärmesonden für die Dianagasse 2, Nutzung Eigengrund, 65 kW Heizleistung und Vorlauftemperatur von 55 °C (eigene Darstellung).

Als mögliche Lösungsoption ergibt sich eine Kombination aus Geothermie mit Solewärmepumpe mit 23 kW und Wärme aus der Umgebungsluft mittels zwei Luft-Wärmepumpen mit jeweils 21 kW (V4). In Summe wird eine maximale Leistung von 65 kW bereitgestellt. Die schematische Darstellung der Lösungsoption ist in Abbildung 26 dargestellt. Zu erkennen ist, dass für die Umsetzung der Lösungsoption ein Verteilnetz mit relativ hohem Temperaturniveau (55-58 °C) zu betreiben ist, damit

einhergehend sind hohe Verteilverluste. Zudem ist anzumerken, dass die Warmwasser-Bereitstellung in dieser Option über Frischwasserstationen erfolgt, d.h. vom Heizungsverteilstnetz gespeist wird. Dadurch wird das Heizungsverteilstnetz das gesamte Jahr benötigt und ein sogenannter Change-Over-Betrieb für die Entwärmung ist nicht möglich. Der Change-Over-Betrieb bezeichnet hierbei die saisonal abwechselnde Nutzung der Heizungspufferspeicher und des Verteilnetzes, die im Winter für die Heizung eingesetzt und im Sommer als Kältespeicher und -verteilung zur Entwärmung genutzt werden. Um trotzdem eine Entwärmung zu realisieren, kann entweder ein zusätzliches Leitungsnetz installiert werden oder das Verteilnetz im Change-Over-Betrieb für Heizung und Entwärmung durch eine Entkoppelung der Warmwasserbereitung genutzt werden. Die Varianten der Warmwassererzeugung werden in Kapitel 4.1.1.3 diskutiert. Im Variantenvergleich wird in Variante V5 eine Kombination aus Geothermie und Luft als Quelle für die Heizung bzw. Entwärmung und ein E-Speicher zur Warmwasserbereitung betrachtet.

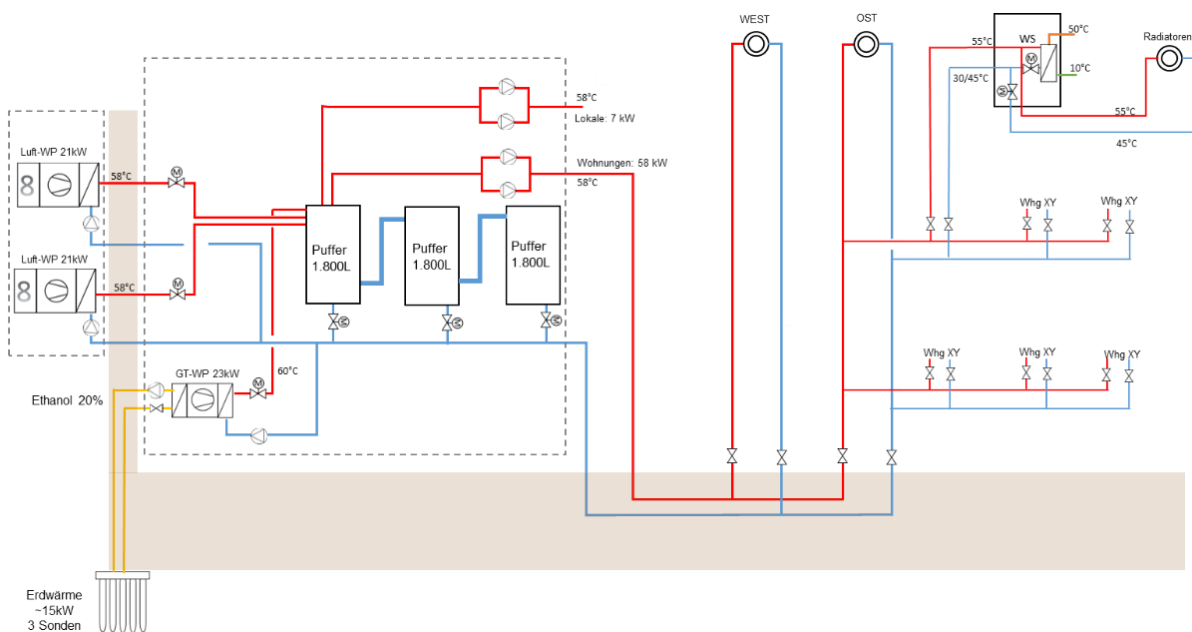


Abbildung 26: Schematische Darstellung der multivalenten Wärmeerzeugung mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen und Warmwasserbereitung über Frischwasserstationen (V4, eigene Darstellung).

Um eine Nutzung des Verteilnetzes im Change-Over-Betrieb für Heizung und Entwärmung zu erreichen, wurde die Warmwasserbereitung entkoppelt. Im Variantenvergleich wurde eine Lösungsoption mit dezentraler Warmwasserbereitung über E-Boiler untersucht. Die Variante V5 stellt eine Kombination aus Geothermie und Luft als Quelle für die Heizung bzw. Entwärmung und ein E-Speicher zur Warmwasserbereitung dar. Hierbei kann die installierte Leistung um den Anteil der Warmwasserbereitung reduziert werden. Ein weiterer Vorteil ist die Senkung der Vorlauftemperatur auf rund 45 °C, da keine Warmwasserbereitung darüber erfolgt. Damit ist das warme Leitungsnetz auch nur in der Heizperiode in Betrieb, wodurch die Leitungsverluste maßgeblich gesenkt werden können. Schematisch ist die Variante in Abbildung 27 dargestellt.

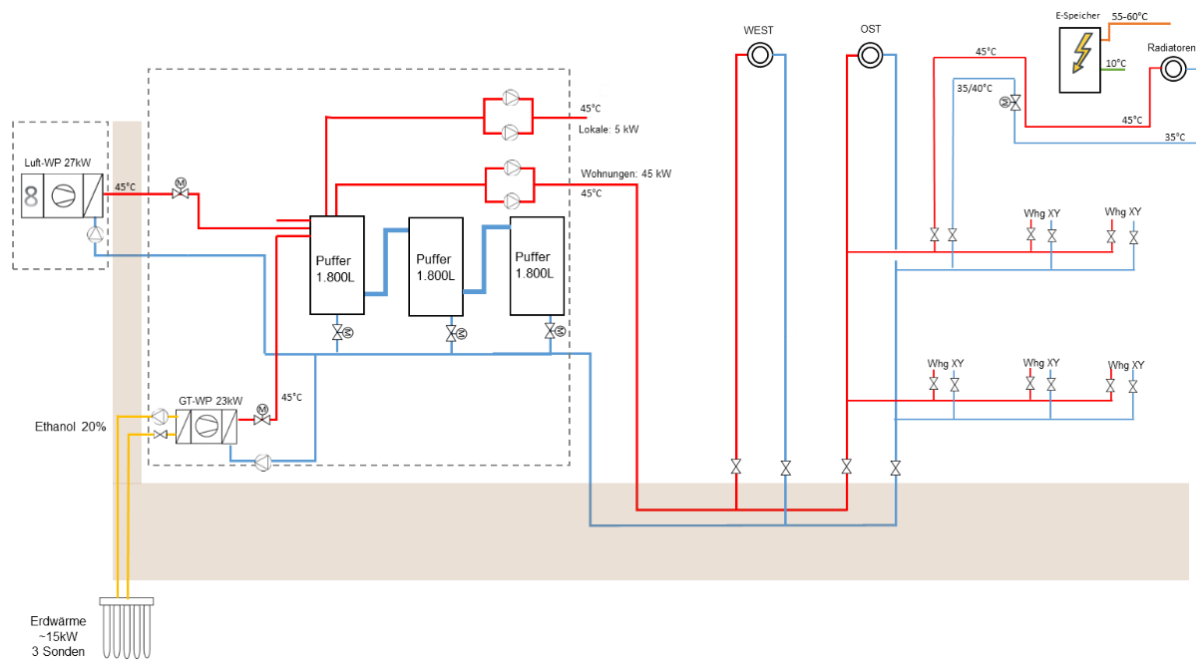


Abbildung 27: Schematische Darstellung der multivalenten Wärmeerzeugung mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen und dezentraler Warmwasserbereitung mittels E-Boiler (V5, eigene Darstellung).

Bei gesenktem Leistungsbedarf (50 kW) und Änderung der Vorlauftemperatur ändert sich der Deckungsgrad des Geothermiespotenzials. In Abbildung 28 sind die Ergebnisse als Energieflussdiagramm dargestellt. Die Ergebnisse beinhalten eine Abschätzung der Effizienz der Wärmepumpe bei vorgegebenem Temperaturniveau der Heizung (Annahme Radiatoren 45 °C). Mit drei Erdwärmesonden kann der geforderte Heizbedarf nicht vollständig gedeckt werden, es ergibt sich eine Deckung von rund 42 %, die zusätzlich erforderliche Leistung beträgt 27 kW.

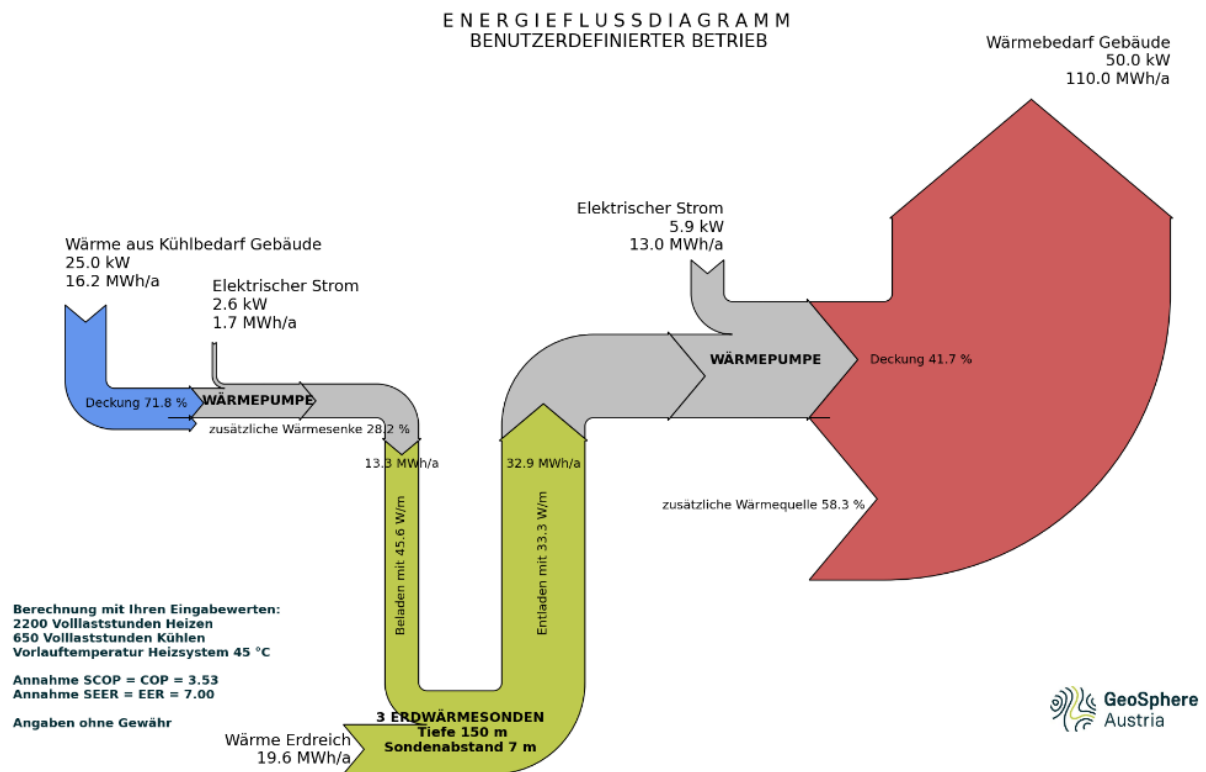


Abbildung 28: Energieflussdiagramm der Erdwärmesonden für die Dianagasse 2, Nutzung Eigengrund, 50 kW Heizleistung und Vorlauftemperatur von 45 °C (eigene Darstellung).

Aufgrund der Wohnungsgrundrisse und der hohen Raumhöhen (Altbau) wurden Varianten mit zusätzlich dezentralen Wärmeerzeugern (Brauchwasser-Wärmepumpe und Klein-Wärmepumpen) untersucht. Ein wesentlicher Vorteil der Klein-Wärmepumpen ist die Möglichkeit einer niedrigen Verteilnetztemperatur, die einerseits den Vorteil hat, dass die Verteilverluste minimiert werden und andererseits die einzelnen Wärmepumpen hocheffizient durch den geringen Temperaturhub arbeiten können. Auch bei dieser Variante ändert sich der Deckungsgrad des Geothermiespotenzials.

In Abbildung 29 sind die Ergebnisse als Energieflussdiagramm dargestellt. Die Ergebnisse beinhalten eine Abschätzung der Effizienz der Wärmepumpe bei vorgegebenem Temperaturniveau der Heizung (Annahme Fußbodenheizung 35 °C). Mit drei Erdwärmesonden kann der geforderte Heizbedarf nicht vollständig gedeckt werden, es ergibt sich eine Deckung von rund 38 %, die zusätzlich erforderliche Leistung beträgt 27 kW.

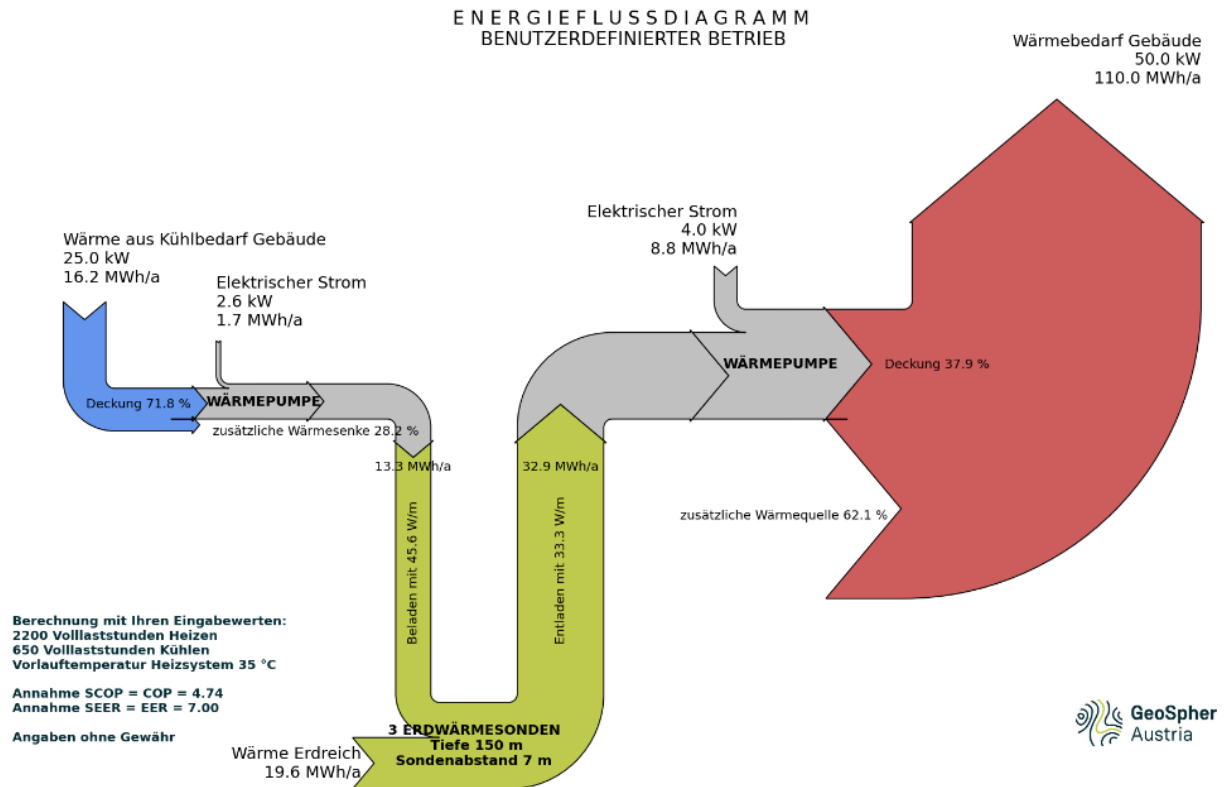


Abbildung 29: Energieflussdiagramm der Erdwärmesonden für die Dianagasse 2, Nutzung Eigengrund, 50 kW Heizleistung und Vorlauftemperatur von 35 °C (eigene Darstellung).

In Variante V6 erfolgt eine Grundtemperierung bzw. Umwandlung von Umweltwärme über Geothermie mittels einer Solewärmepumpe und einer Luftwärmepumpe für ein „kaltes“ Verteilnetz mit niedriger Temperatur (30 bis 35 °C). Die Temperatur im Verteilnetz wird in diesem Anwendungsfall so gewählt, dass die Fußbodenheizung direkt angeschlossen werden kann (siehe Abgang vor Klein-Wärmepumpe in der Wohneinheit). In den Wohnungen erfolgt die Installation von Klein-Wärmepumpen, die sowohl für Radiatoren (im Bedarfsfall auch mit hohen Temperaturen) und die Warmwasserbereitung verwendet werden sollen. In Abbildung 30 ist die Variante schematisch dargestellt.

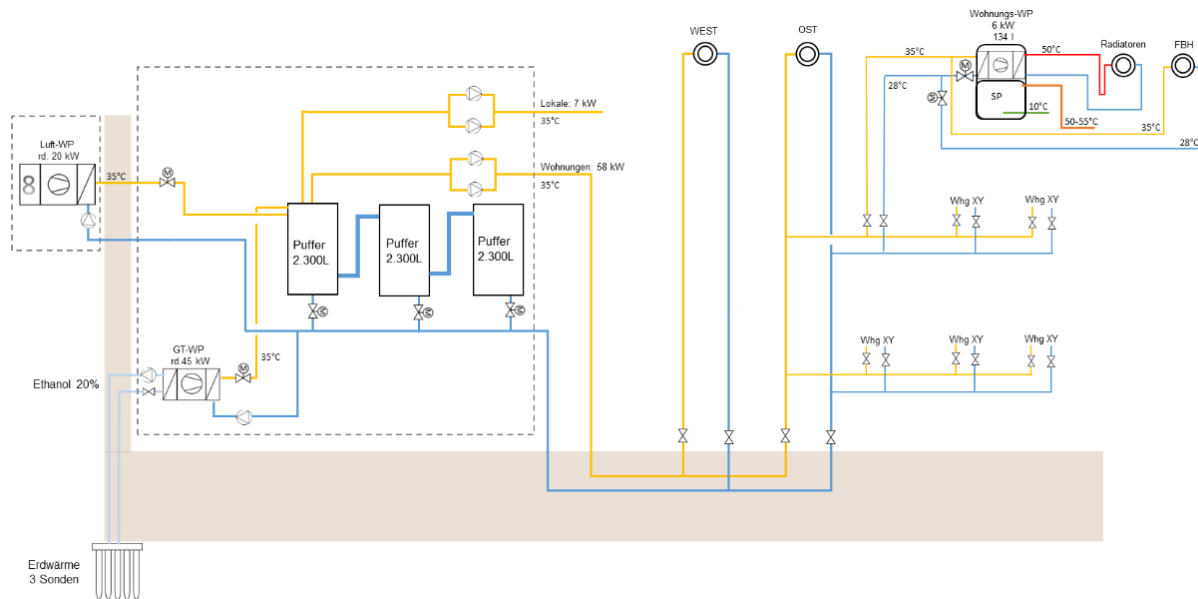


Abbildung 30: Schema einer kaskadenartigen Wärmeerzeugung mit zentralen Sole- und Luft-Wärmepumpen und dezentralen Wärmepumpen in den Wohnungen für die Heizung und die Warmwassererzeugung (V6, eigene Darstellung).

Die vorgeschlagene Wärmeerzeugung reduziert die Verteilverluste von der Zentrale zu den Wohnungen, da die Vorlauftemperatur auf einem niedrigen Niveau von 30 bis 35 °C liegt. Darüber hinaus arbeiten die Sole- und Luft-Wärmepumpen effizienter, da die Temperaturdifferenz zwischen Quelle und Verbraucher reduziert wird, beziehungsweise der erforderliche Temperaturhub mit der dezentralen Wohnungswärmepumpe geteilt wird. Von der Quelle (Erdwärmesonde) wird die Temperatur im 1. Schritt von 4 °C auf 30 °C durch die Solewärmepumpe gehoben und im 2. Schritt in den Wohnungen von 30 °C auf 55 °C von der Klein-Wärmepumpe gehoben.

In den Wohnungen können entweder die Bestandsheizkörper nach Prüfung für die Wärmeabgabe genutzt oder auf eine Fußbodenheizung umgestellt werden, welche direkt über das Verteilnetz (ohne Wärmepumpe) versorgt werden kann. Sofern keine Heizungsanforderung innerhalb der Wohnung mittels Klein-Wärmepumpe erforderlich ist, kann auch eine Brauchwasser-Wärmepumpe zum Einsatz kommen. Für Kleinstwohnungen (z.B. 1 Heizkörper) gibt es noch die Option der Kombination einer Brauchwasser-Wärmepumpe mit einer Kleinst-Wärmepumpe (Heizkörper mit integrierter Wärmepumpe).

Betriebsmodi

Wesentlich für die energieeffiziente Nutzung von multivalenten Systemen ist eine übergeordnete Regelung, die über vordefinierte Betriebsmodi den Betrieb sicherstellt. Üblicherweise liegt der Umschalttempunkt von kombinierten Systemen mit Geothermie und Außenluft als Quelle zwischen Sole- und Luftwärme-Pumpe zwischen 5 und 10 °C. Im Einzelfall richtet sich die Wahl der Umschalttemperatur nach der Heizlast des Gebäudes, deren Abdeckung durch die Geothermie (Erdsondenfeldgröße) und der Vorlauftemperatur, die im Endeffekt die Effizienz der genutzten Wärmeerzeuger bedingen. Hinweise zur Erstellung von Regelungskonzepten sind in Kapitel 7.2 zu finden.

Für die Dianagasse werden folgende 4 Betriebsarten vorgeschlagen:

- Betriebsmodus 1 (< 8 °C Außentemperatur): Sole-Wärmepumpe priorisiert (Sondenaustrittstemperatur > 4 °C)
- Betriebsmodus 2 (> 8 °C Außentemperatur): Luftwärme-Pumpe 100 %
- Betriebsmodus 3 (Kühlbetrieb, 24-28 °C Innenraumtemperatur): Passive Regeneration
- Betriebsmodus 4 (Kühlbetrieb, > 28 °C Innenraumtemperatur): Aktive Regeneration

Die Luftwärme-Pumpe hat unter einer Außentemperatur von 8 °C einen niedrigeren COP als die Sole-Wärmepumpe, daher wird für geringere Außentemperaturen ein vorrangiger Betrieb der Sole-Wärmepumpe vorgeschlagen. Bei Bedarf können für die Warmwasserbereitung die Luft-Wärmepumpen zusätzlich genutzt werden. Über einer Außentemperatur von 8 °C wird die Luftwärme-Pumpe priorisiert, um den Wärmeentzug aus dem Erdreich zu verringern. Der genaue Umschalttempunkt zwischen Geothermie und Luftwärmepumpe hängt von der benötigten Heizleistung, dem zu Verfügung stehenden Geothermiefeld und den sich daraus ergebenden Wärmepumpenmodellen zusammen und kann Abgänglich von der Auslegung (weiterer Planungsschritt) variieren. Bei einer Umsetzung soll darauf geachtet werden, dass der Wert in der Regelung als einstellbarer Sollwert veränderbar ist. Die Erdwärmesonden können im Sommer sowohl passiv als auch bei Bedarf aktiv über die Sole-Wärmepumpe regeneriert werden.

4.1.2.2 Geothermie ergänzt um Potenzial auf öffentlichem Grund (monovalent): V7

Sofern die Geothermienutzung um das Potenzial auf öffentlichem Grund erweitert wird, ist eine Abdeckung zu 100 % aus Geothermie möglich. Dies wird für die Variante mit zentralem Niedertemperatursystem und dezentralen Klein-Wärmepumpen in den Wohnungen im Variantenvergleich als Variante V7 aufgenommen. Für die Ausarbeitung der Variante werden die 3 Sonden auf Eigengrund um 4 Sonden in der Dianagasse und 2 Sonden in der Löwengasse mit jeweils 150 m Tiefe angeordnet (siehe Abbildung 31).

Sondenanzahl: 9

Mittlerer Sondenabstand (berechnet): 11 m

Lagekoordinaten der Bohrpunkte für Erdwärmesonden:

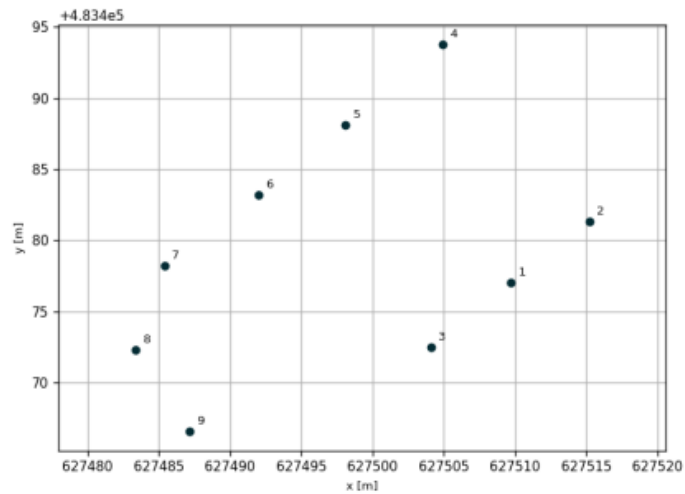


Abbildung 31: Position der Erdwärmesonden auf dem Grundstück und mittlerer Sondenabstand (eigene Darstellung).

Die Berechnung wurde mit neun Erdwärmesonden mit einem mittleren Abstand von 11 m berechnet, das vorhandene Potenzial von 10 Erdwärmesonden wurde nicht vollständig ausgeschöpft. Grund dafür ist, dass neun Sonden ausreichend Leistung liefern, um den Bedarf von 50 kW zu decken. Die Berechnung basiert auf den angegebenen Jahresbetriebsstunden für Heizen (2.200 h/a) und Kühlen (650 h/a) im saisonalen Wechselbetrieb auf 20 Betriebsjahre. Die Ergebnisse zeigen die erreichbaren Leistungen in Kilowatt (kW) und die Energiemengen in Megawattstunden pro Jahr (MWh/a) des vorgegebenen Sondenfeldes mit der gewählten Betriebsweise. Durch den Leistungsbedarf des Gebäudes wird ein Deckungsgrad berechnet. Die Ergebnisse beinhalten eine Abschätzung der Effizienz der Wärmepumpe bei vorgegebenem Temperaturniveau der Heizung (Annahme Fußbodenheizung 35 °C). Mit neun Erdwärmesonden kann der geforderte Heizbedarf vollständig gedeckt werden. Die Ergebnisse sind im Energieflussdiagramm in Abbildung 32 dargestellt.

Laut Ausschreibung sollen die ausgearbeiteten Lösungsvarianten mit einem monovalenten System mittels Luftwärme-Pumpe verglichen werden. Dazu wurden in den Lösungsvarianten V4, V5 und V6 jeweils eine Variante mit einer Versorgung mittels Luftwärme-Pumpe theoretisch gegenübergestellt. Eine Machbarkeit hinsichtlich vorhandener Aufstellungsfläche wurde dabei nicht überprüft, die Varianten dienen daher als hypothetische Vergleichsvarianten.

Bei der Referenzvariante V1 wurde davon ausgegangen, dass eine Luftwärme-Pumpe die gesamte Liegenschaft versorgt. Eine Kühloption ist bei dieser Variante nicht gegeben. Diese Variante wird in weitere Folge mit der Variante V4 (multivalentes System mit einer Sole-Wärmepumpe und 2 Luft-Wärmepumpen) verglichen.

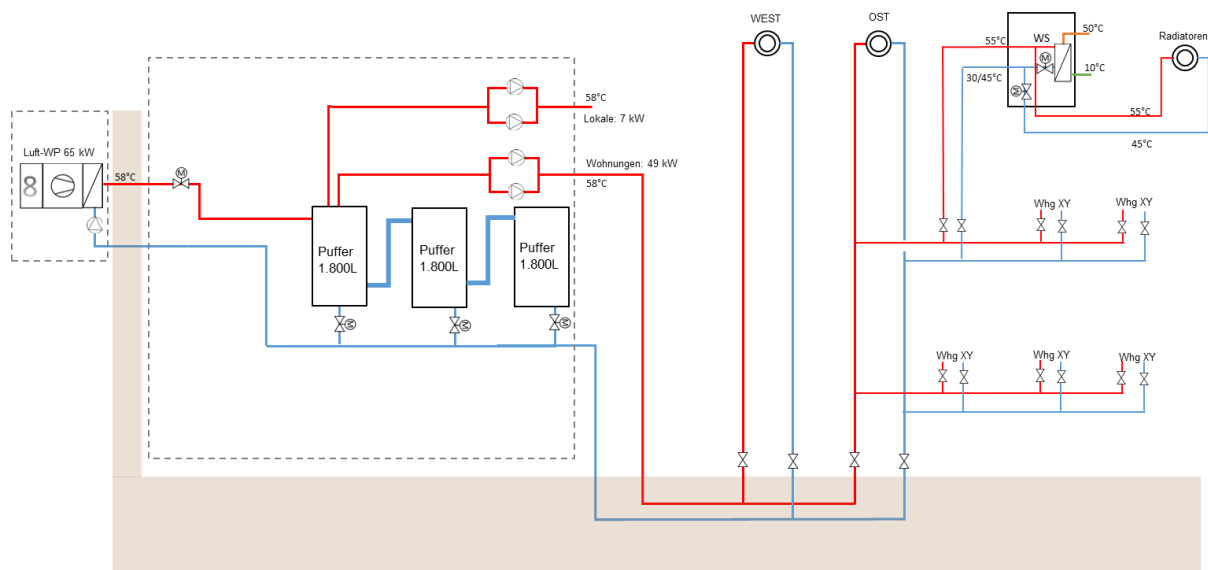


Abbildung 34: Schematische Darstellung der Referenzvariante mit einer monovalenten Versorgung über eine Luftwärme-Pumpe (V1, eigene Darstellung).

Die Variante V2 beschreibt die Variante mit Heizungsversorgung über Luft-Wärmepumpen und einer dezentralen Warmwasserbereitung über E-Boiler und ist vergleichbar mit Variante V5 (multivalentes System mit Kombination aus Geothermie und Luftwärme-Pumpe und E-Boiler zur Warmwasserbereitung).

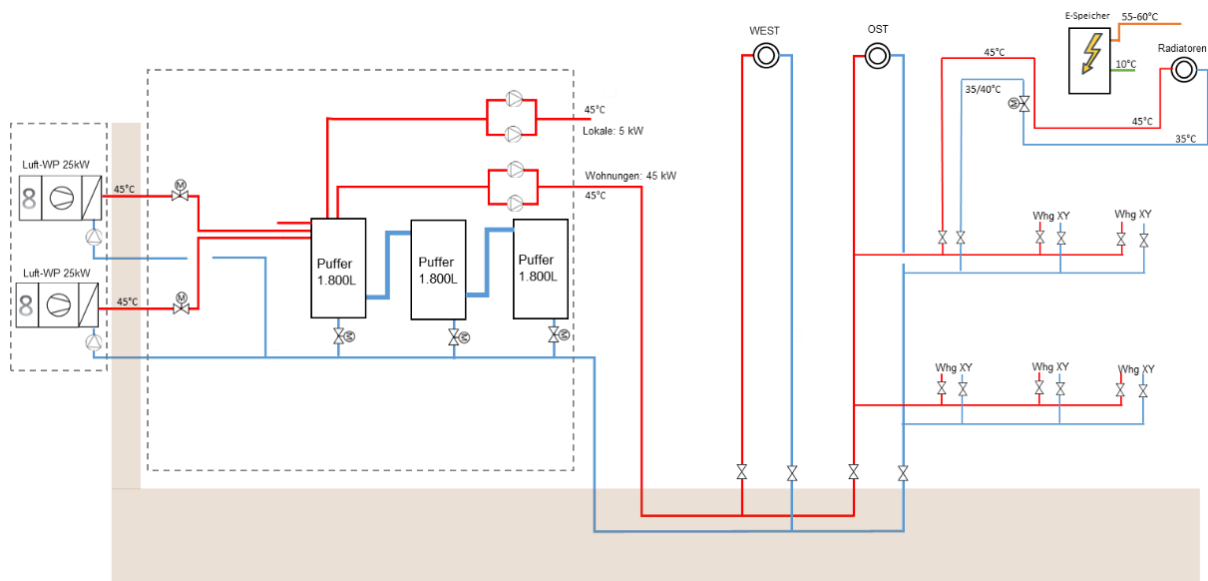


Abbildung 35: Schematische Darstellung der monovalenten Versorgung über Luft-Wärmepumpen und dezentrale Warmwasserbereitung über E-Speicher (V2, eigene Darstellung).

Die Variante V3 beschreibt die Variante mit Grundtemperierung über die Luftwärme-Pumpe (Vorlauftemperatur 30 bis 35 °C) und einer dezentralen Temperaturanhebung mittels Klein-Wärmepumpen in den Wohnungen für Radiatoren und die Warmwasserbereitung (siehe Abbildung 36). Vergleichbar ist Variante V3 mit den Varianten V6 (multivalentes System mit Kombination aus Geothermie und Luft) sowie der Variante V7 (monovalentes System mit Geothermienutzung).

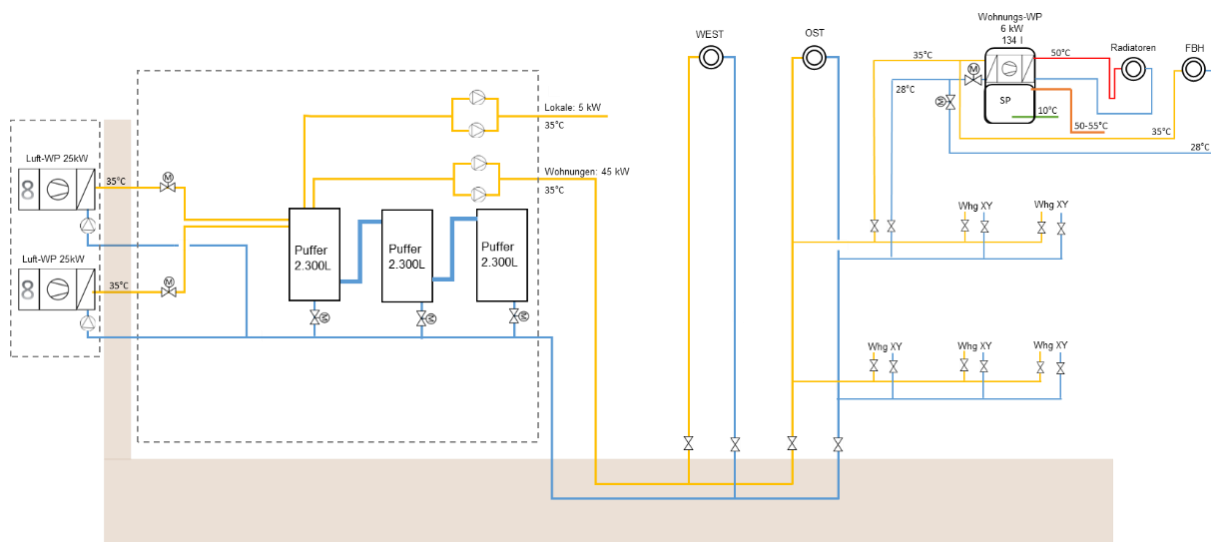


Abbildung 36: Schematische Darstellung der monovalenten Versorgung über Luft-Wärmepumpen und dezentrale Klein-Wärmepumpen (V3, eigene Darstellung).

4.1.3 VARIANTENVERGLEICH UND KOSTENRAHMEN

Die Investitionskosten je Variante sind in Abbildung 37 zusammenfassend dargestellt, die Randbedingungen dazu finden sich in Kapitel 2.3.1. Zu erkennen ist, dass die Bandbreite der Varianten innerhalb der Schwankungsbreite der Kosten liegt. Die Maximalkosten (Variante 6) belaufen sich auf rund 1.080.000 EUR, die Minimalkosten (Variante 1) auf rund 760.000 EUR (Differenz ca. 26 %).

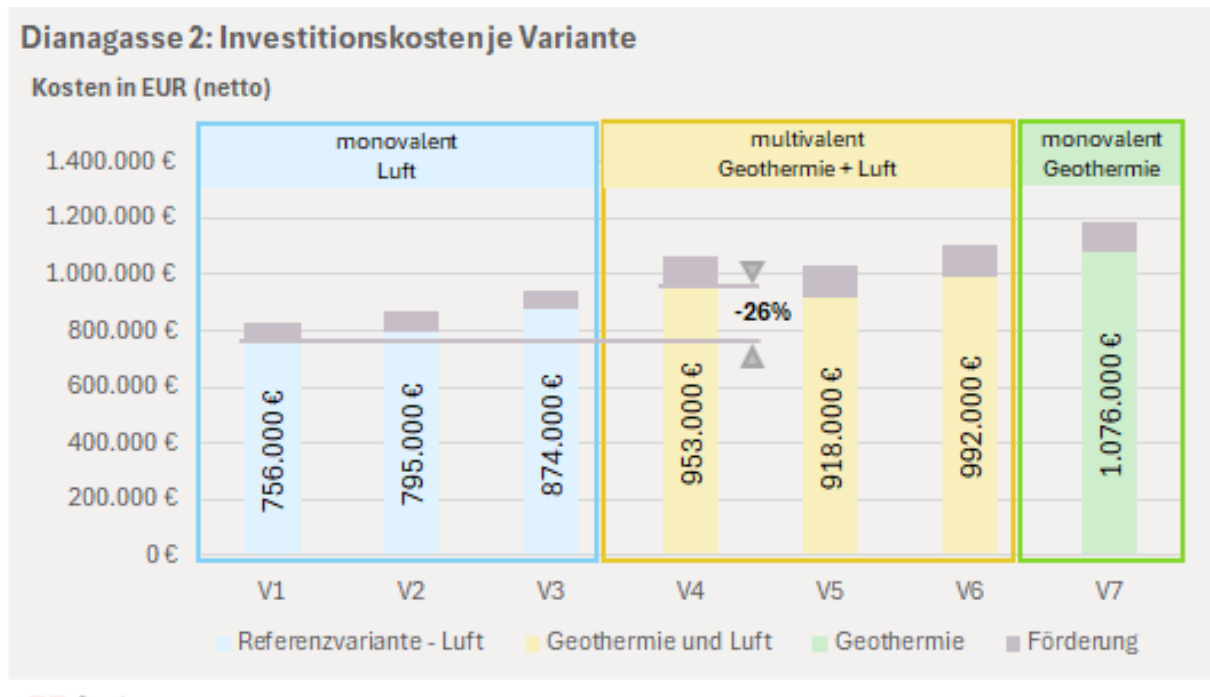


Abbildung 37: Investitionskosten je Variante inkl. Förderung (Landesförderung Wien), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

Die Aufteilung der Investitionskosten in die jeweiligen Anteile ist in Abbildung 38 für die einzelnen Varianten dargestellt. Es sind die Kosten exkl. Förderung ausgewiesen. Die Kosten sind unterteilt in Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung, Elektrotechnik, MSR, sowie die Wohnungsinstallation ausgewiesen. Die Position „Sonstiges“ beinhaltet Pauschalen für die Positionen Montageplanung und Dokumentation, Schutzmaßnahmen sowie die Inbetriebnahme und Baustellengemeinkosten mit 8 %. Der angenommene Anteil von 25 % Unvorhergesehenes ist anteilig auf die einzelnen Kostengruppen zugeteilt.

Im Vergleich der monovalenten Varianten mit Quelle Luft sind einerseits bei der Wärmeerzeugung Mehrkosten zu erwarten, da bei multivalenten Systemen hierbei eine Kombination mit Sole-Wärmepumpen und Luft-Wärmepumpen berücksichtigt wurde. Zudem sind Mehrkosten für die Verteilungen gegeben, dies einerseits aus den erforderlichen Erdleitungen, andererseits aus der Positionierung der Luft-Wärmepumpen im Dachbereich und der damit zusätzlich erforderlichen Verbindungsleitung inkl. Schacht. Weiters ist bei multivalenten Systemen derzeit die erforderliche übergeordnete Regelung ein Kostenfaktor, der bei monovalenten Systemen nicht gegeben ist. Bei

den Varianten mit dezentralen Klein-Wärmepumpen in den Wohnungen (V3, V6 und V7) zeigen sich höhere Kosten an der Wohnungsinstallation, dafür geringere Kosten an der zentralen Wärmeerzeugung.

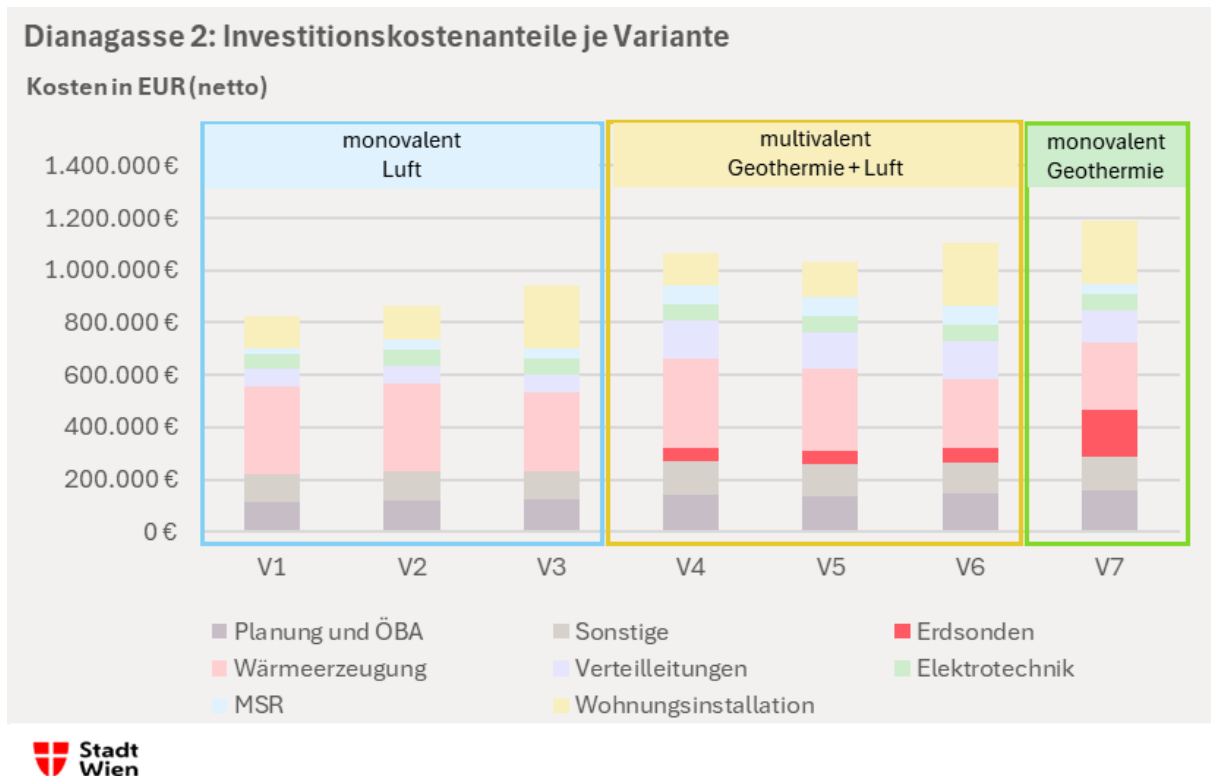


Abbildung 38: Investitionskosten je Variante inkl. Förderung (Landesförderung Wien), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

Für die Berechnung der Energiekosten wurden einerseits die Instandsetzungskosten berechnet, zudem wurden Wartungs- und Abrechnungskosten je Wohneinheit berücksichtigt (Berechnungsmethodik siehe Kapitel 2.3.1.2). Die jährlichen Kosten für den Betrieb sind in Abbildung 39 je Variante dargestellt. Zu erkennen ist, dass die jährlichen Wärmekosten bei den Varianten V3, V6 und V7 (Varianten mit Klein-Wärmepumpen) deutlich unter den Varianten V1, V4 (Frischwasserstation, hohe Verteiltemperatur) und V2 und V5 (E-Speicher) liegen.

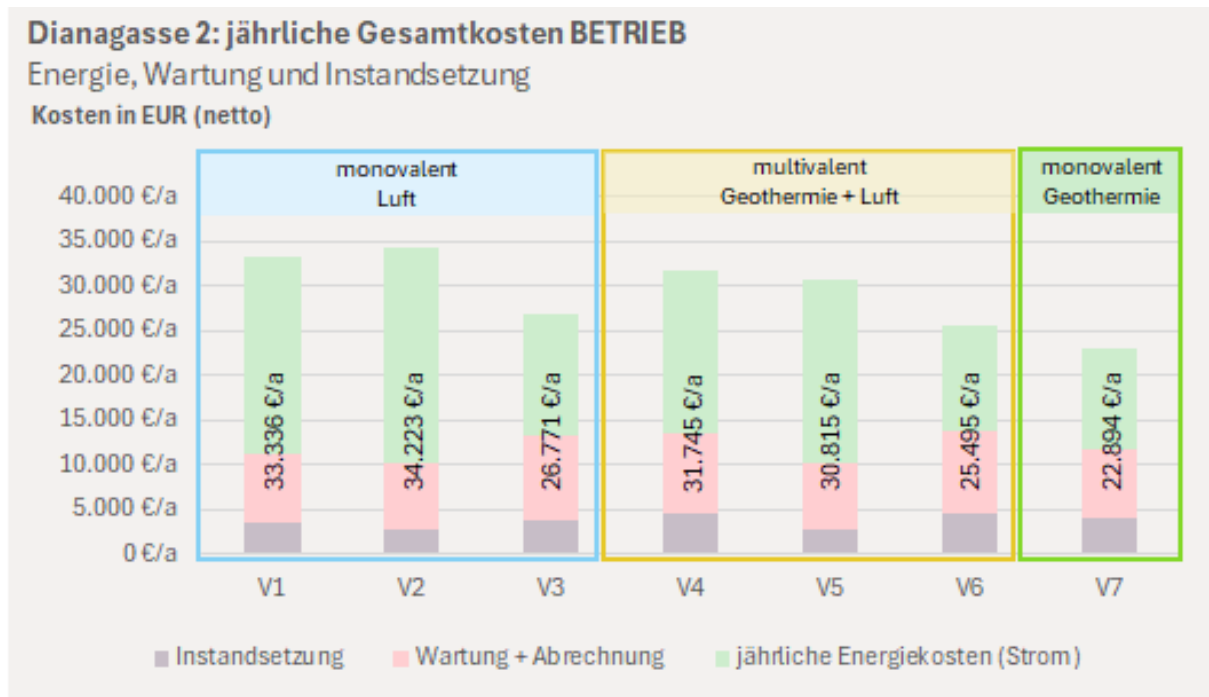


Abbildung 39: Jährliche Gesamtkosten BETRIEB (Energie, Wartung und Instandsetzung), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

Zur Vergleichbarkeit der jährlichen Wärmekosten der Varianten wurden die Stromkosten zur Wärmeerzeugung der einzelnen Varianten in Abbildung 40 gegenübergestellt. Zu erkennen ist, dass die monovalenten Varianten (V1, V2, V3) im Vergleich zu den multivalenten Varianten (V4, V5, V6) die höheren Stromkosten aufweisen. Zu erkennen ist, dass die Varianten mit Klein-Wärmepumpen (V3, V6, V7) aufgrund der niedrigen Verteiltemperaturen und der damit einhergehenden hohen Leistungszahlen den geringsten Stromverbrauch aufweisen. Die Varianten mit E-Speicher (V2, V5) sind im Betrieb teurer als die Varianten mit Frischwasserstationen (V1, V4). Sofern eine reine Geothermielösung möglich ist, weist diese die geringsten Stromkosten zur Abdeckung des Wärmebedarfs, wobei hierbei eine Regeneration der Erdsonden empfohlen wird.

Zudem ist ersichtlich, dass die Wahl der Variante einen erheblichen Einfluss (rund 45 %) bei den jährlichen Stromkosten ausmacht und das unabhängig davon, ob ein mono- oder multivalentes System zum Einsatz kommt. Im direkten Vergleich der monovalenten Variante mit Luftwärmepumpe und Frischwasserstationen (V1) zur multivalenten Variante mit Frischwasserstationen zeigt sich eine Einsparung der jährlichen Stromkosten von 18 %. Im Vergleich der monovalenten mit den multivalenten Varianten zeigt sich eine jährliche Einsparung der Stromkosten von rund 15 %.

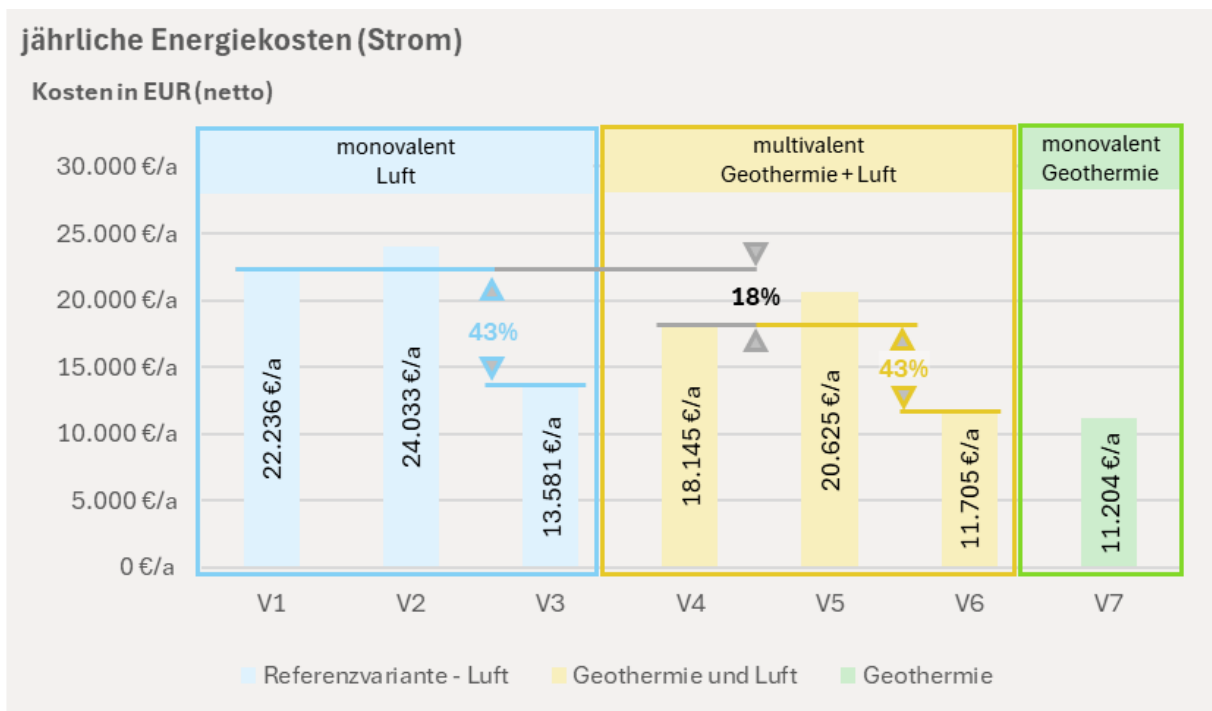


Abbildung 40: Jährliche Energiekosten (Strom) der einzelnen Varianten für Heizung und Warmwasserbereitung, Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

Zur Vergleichbarkeit der Varianten wurden den einzelnen Bauteilen Nutzungsdauern zugeordnet und somit die jährlichen Errichtungskosten ermittelt. Das Ergebnis ist in Abbildung 41 dargestellt, wobei auf die Varianten V7 (Klein-Wärmepumpen mit Nutzung von Geothermie als Umweltwärme) im Variantenvergleich die geringsten Gesamtkosten entfallen.

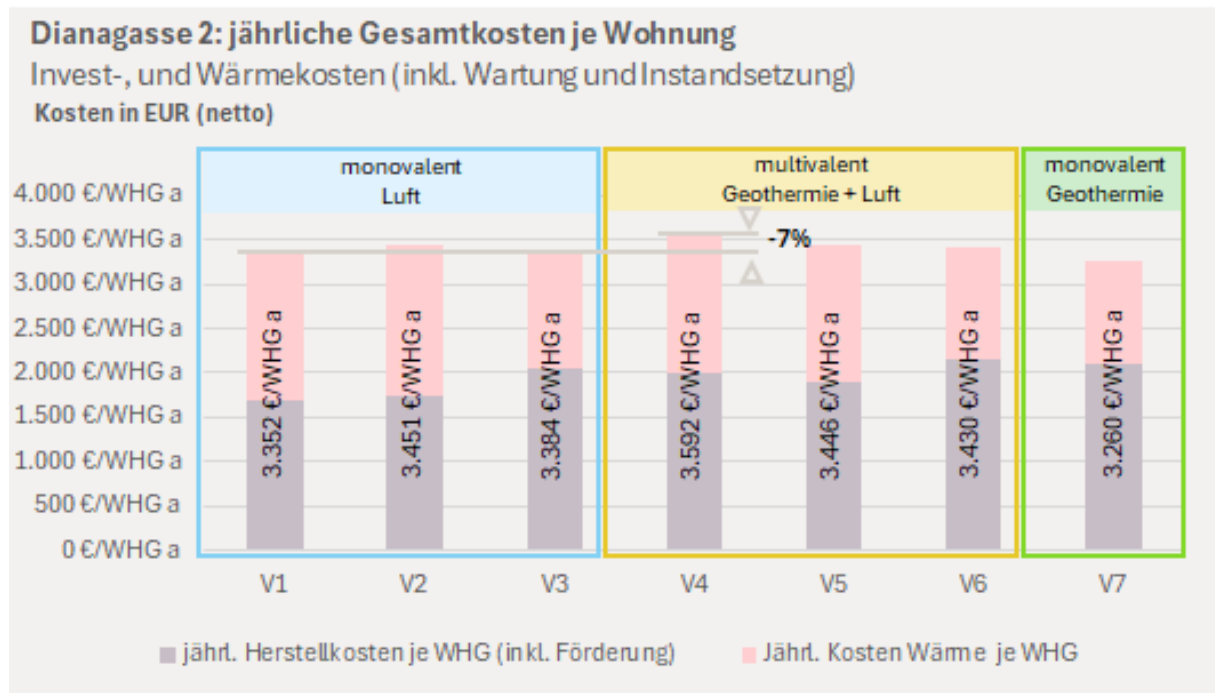


Abbildung 41: Jährliche Gesamtkosten je Wohnung (Investitions- und Wärmekosten), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

In Abbildung 42 sind die Gesamtkosten je m² der Varianten in der Dianagasse 2 visualisiert. Auch hier zeigt sich, dass die monovalente Varianten V7 (100 % Geothermie) um rund 2 €/m²*a günstiger abschneidet als die vergleichbare multivalente Variante V6.

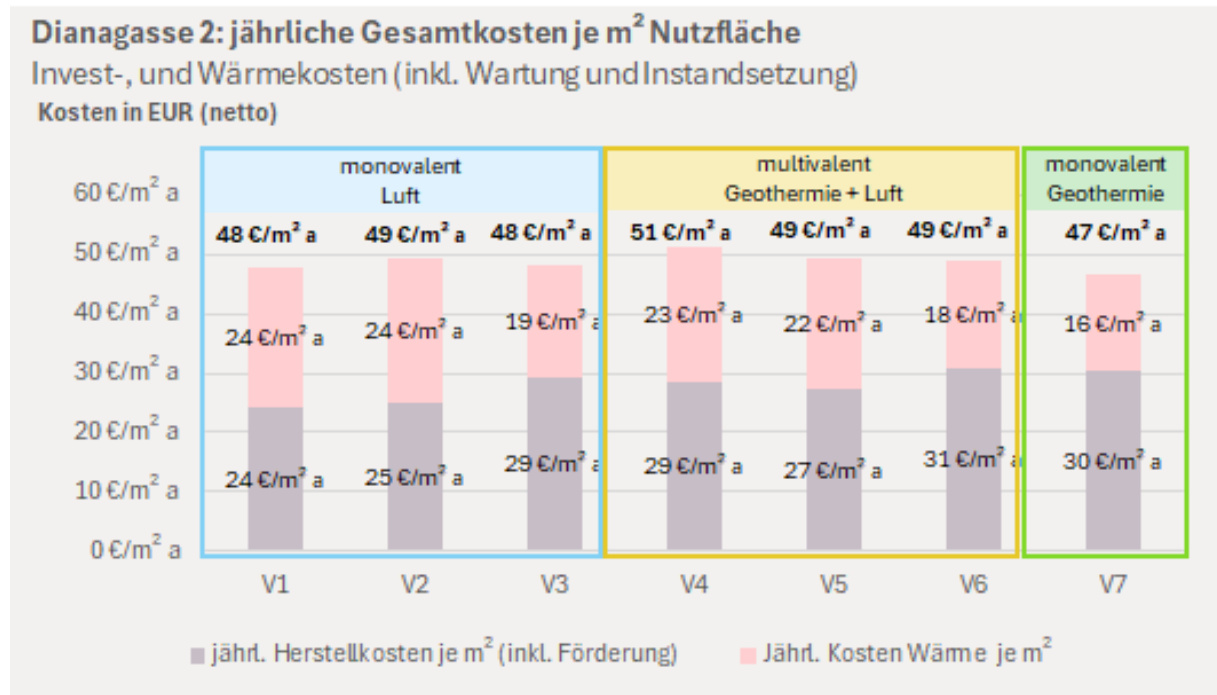


Abbildung 42: Jährliche Gesamtkosten je m² (Investitions- und Wärmekosten), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

4.1.4 FAZIT VARIANTENVERGLEICH

Der Variantenvergleich zeigt, dass die Investitionskosten (inkl. Berücksichtigung der Wiener Landesförderung, Stand 07/2025) bei multivalenten Systemen rund 25 % höher sind als monovalente Systeme. Ohne Berücksichtigung der Landesförderung ergibt sich eine Kostendifferenz von rund 30 %. Kostentreiber bei den multivalenten Systemen sind:

Höhere Anzahl an Komponenten (Wärmepumpen)

Verteilleitungen (Erdsonden und je nach Lage der Technikzentralen eine zusätzliche Verbindung zwischen Kellergeschoß und Dachgeschoß)

Übergeordnete Regelung

Die jährlichen Wärmekosten können durch multivalente Systeme um rund 5 % gesenkt werden, dabei berücksichtigt sind Instandsetzungs-, Wartungs- und Abrechnungskosten. Der Anteil der Instandsetzung sowie die Wartung ist bei multivalenten Systemen durch die größere Anzahl an Geräten mit höheren Kosten berücksichtigt. Beim reinen Vergleich der Stromkosten können durch multivalente Systeme im Vergleich zu einem monovalenten System rund 18 % an jährlichen Stromkosten eingespart werden.

Im Gesamtvergleich der Varianten zeigt sich, dass die multivalenten Systeme derzeit rund 7 % höhere jährliche Gesamtkosten (Investitions- und Wärmekosten) aufweisen. Ein Vorteil von multivalenten Systemen ist ein möglicher Doppelnutzen für die Entwärmung, hier kann beispielsweise die Luftwärme-Pumpe im Sommer zur Warmwasserbereitung und die Sole-Wärmepumpe zur Entwärmung verwendet werden, bei monovalenten Systemen wäre hierzu eine zusätzliche Wärmepumpe erforderlich, die sich auch in den Investitionskosten niederschlagen würde.

Für den Test-Case Dianagasse 2 ergibt sich, dass die Varianten mit Klein-Wärmepumpen aufgrund der Wohnungsgeometrie und der damit möglichen niedrigen Vorlauftemperaturen des zentralen Systems die effizientesten Lösungsoptionen darstellen. Damit sind die Anforderungen nach Beheizung, Warmwasserbereitung, sowie Entwärmung erfüllt. An dem Test-Case hat sich gezeigt, dass die monovalente Geothermienutzung in der Betrachtung der Gesamtkosten rund 1 €/m²*a geringere Kosten als die monovalente Nutzung von Luft als Quelle verursacht. Der Variantenvergleich der Lösungsoptionen zeigt, dass ein multivalentes System rund 1-2 €/m²*a teurer ist als ein monovalentes System. Einsparpotenziale sind in folgenden Positionen gegeben:

Wärmeverteilung: Lage der Wärmepumpen --> Luft-Wärmepumpen und Sole-Wärmepumpe möglichst nahe beieinander, Einsparpotenzial rund 0,5-1 €/m²*a

Übergeordnete Regelung: rund 1,5-2,0 €/m²*a

4.2. Gerlgasse 12-14

Die Lösungsentwicklung für das Objekt in der Gerlgasse umfasst in erster Linie eine Betrachtung der Lage des Objekts, der Bestimmungen der Flächenwidmung und Bauklasse sowie der Nutzungsform gefolgt von einer Beschreibung der Größe des Objekts sowie der einschlägigen Ergebnisse der Gebäudesimulation aus Kapitel 3.2.2 als Grundlage zur Konzipierung der Wärmeversorgung. Dann erfolgt die Anlagenauslegung für die Raumwärme- und Warmwasserversorgung sowie die Ausarbeitung der Lösungsvarianten aufbauend auf der Potenzialanalyse und unter Rücksichtnahme auf die Gegebenheiten der derzeitigen Systeme der Wärmeverteilung und -abgabe. Schließlich werden die Kosten der verschiedenen Varianten quantifiziert.

4.2.1 ECKDATEN, KENNZAHLEN UND RÄUMLICHE GEgebenHEITEN

Das Gebäude befindet sich der Gerlgasse 12-14 im 3. Bezirk. Anhand der vorgelegten Unterlagen hat die Liegenschaft eine Bruttogrundfläche von 7.692 m². Bei einem Umrechnungsfaktor von 0,8 ergibt sich eine Wohnnutzfläche von rund 6.154 m² mit 111 Wohneinheiten, die sich auf sechs Stiegen aufteilen. Details siehe auch Kapitel 3.2.1.

Im Keller des Gebäudes gibt es zwei mögliche Flächen, die sich als Technikraum eignen würden (siehe Abbildung 43). Zum einen das derzeit leerstehende Magazin bei Stiege 4 und zum anderen das Magazin bei Stiege 2, welches ebenfalls ungenutzt ist.

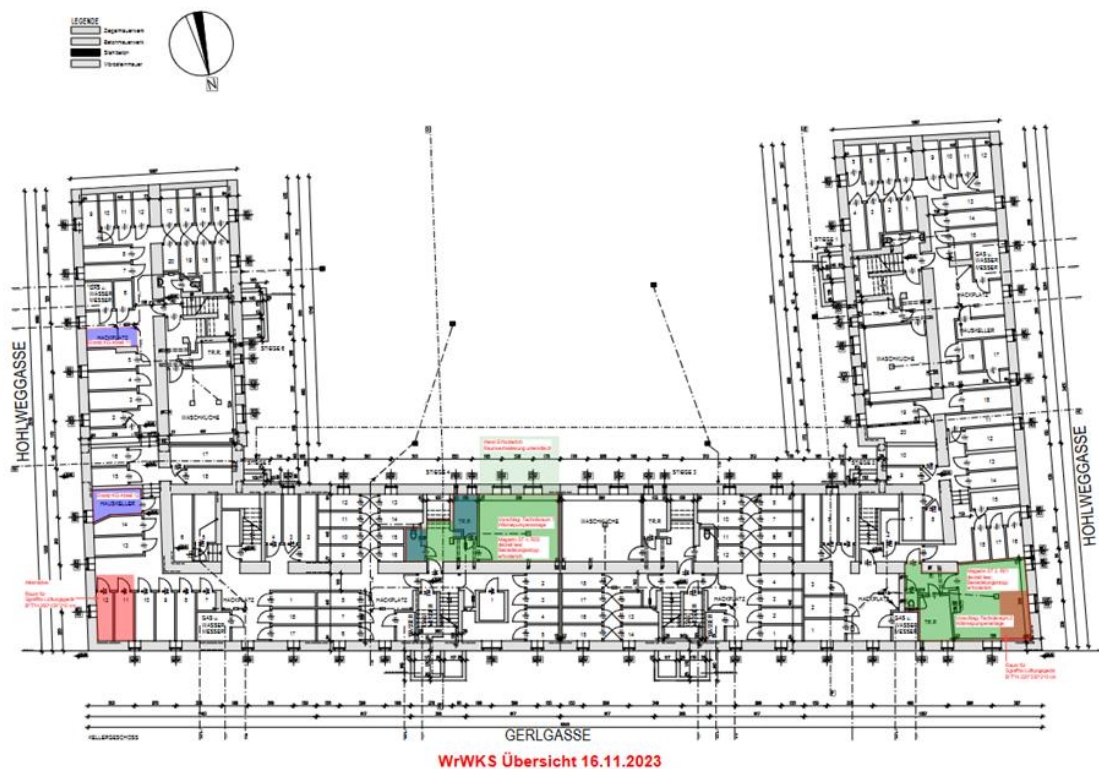


Abbildung 43: Mögliche Technikflächen im Kellergeschoß der Gerlgasse 12-14 (eigene Darstellung).

Die Grundrisse der Wohnungseinheiten sind in Abbildung 44 zu sehen. Die derzeitige Position der Wärmeerzeugung und Warmwasserbereitung sind rot markiert. Die durchschnittliche Wohnungsgröße beträgt rund 55 m² Nutzfläche. Aufgrund der vergleichsweise geringen durchschnittlichen Wohnnutzfläche und der geringeren Raumhöhen ist bei den weiteren Überlegungen darauf bedacht zu nehmen, dass die technischen Einbauten in den Wohnungen den Platzbedarf der derzeitigen Gastherme nicht übersteigen.

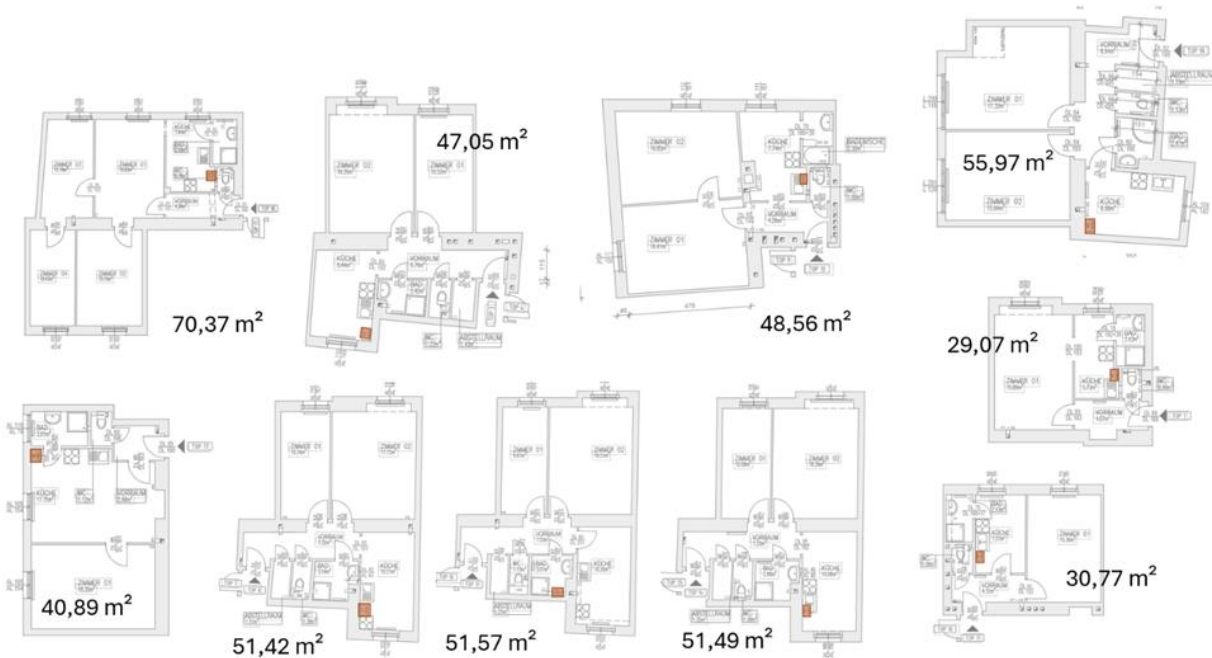


Abbildung 44: Grundrisse der Wohnungseinheiten in der Gerlgasse 12-14, Lage der Gastherme rot markiert (eigene Darstellung).

Auf die Analyse der Gebäudenutzung und Flächenaufteilung sowie Ermittlung der Anlagenleistung in Kapitel 3.2.2 folgt auch hier darauf aufbauend und unter Einbeziehung der Ergebnisse der Potenzialanalyse die Erarbeitung eines grundlegenden Konzepts zur Wärmeerzeugung. Dann werden die Aspekte der Wärmeverteilung und Abgabe analysiert und schließlich werden ausgehend vom grundlegenden Versorgungskonzept verschiedene mögliche Varianten zur Wärme- und Kälteversorgung ausgearbeitet, die ebenfalls hinsichtlich ihrer Kosten bewertet werden.

Für die betrachteten Lösungsoptionen wird von einer Heiz- und Kühllast des sanierten Gebäudes ohne Raumlufttemperierung ausgegangen, vgl. die Ergebnisse der Ist-Analyse in Kapitel 3.2.1 und 3.2.2.

Tabelle 35: Heizlast für das Objekt Dianagasse für den unsanierten und sanierten Zustand

Variante	Heizlast	Einheit	Spezifische Heizlast	Einheit
Bestand	329,8	kW	53,6	W/m²
saniert	154,5	kW	25,1	W/m²

Zusätzlich zur benötigten Heizlast des thermisch sanierten Gebäudes wurden die erforderlichen Leistungen des Warmwasserbedarfs und somit die benötigte Gesamtwärmeleistung ermittelt. Die Berechnungsgrundlagen sind in Kapitel 2.1.1 und 2.1.2 angeführt, in Summe ergibt sich eine erforderliche Wärmepumpenleistung von 145 kW und ein Pufferspeichervolumen von 9.500 Liter. Nachfolgend wird die Entwicklung der Lösungsoptionen in den Bereichen Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung und Wärmeabgabe diskutiert.

4.2.1.1 Wärmeverteilung

Da die derzeitige Wärmeerzeugung über dezentrale Gas-Kombithermen stattfindet, ist kein zentrales Leitungsnetz vorhanden. Von der neuen Technikzentrale ausgehend muss daher ein neues Leitungsnetz errichtet werden. Dies ist je nach betrachteter Wärmeerzeugungsvariante unterschiedlich und gliedert sich in folgende Optionen der Wärmeverteilung.

Bei den Varianten mit Frischwasserstationen zur Warmwasserbereitung wird das Verteilnetz über ein 2-Leiternetz mit Mitteltemperatur (rund 55 °C) betrieben und versorgt die Wohnungen mit Wärme für Heizung und Warmwasser.

Bei Nutzung der Fassadentemperierung wird zusätzlich ein Niedertemperaturnetz benötigt, das im Heizfall mit einer Temperatur von rund 30 °C betrieben wird. Im Kühlfall wird das Niedertemperaturnetz inklusive Speicher zum Kältenetz und temperiert die Wohneinheiten über die aktivierte Fassade. Die aus den Wohnungen entzogene Wärme wird zur Regeneration der Erdwärmesonden genutzt.

Bei der Variante mit kaltem Verteilnetz erfolgt eine ganzjährige Temperierung des zentralen Verteilnetzes auf rund 20 °C und die Wärmebereitstellung in den Wohnungen erfolgt über Klein-Wärmepumpen (Wasser-Wasser Wärmepumpen), die an den jeweiligen Bedarf angepasst Temperaturen bis zu 70 °C liefern können.

4.2.1.2 Wärmeabgabe

Ziel bei nachträglichen Umrüstungen bzw. Umstellungen des Energiesystems, speziell in bewohnten Gebäuden, ist es, die Eingriffe innerhalb der Wohnungen so gering wie möglich zu halten. Aufgrund des Verhältnisses der Fenster- und Wandflächen eignet sich die Gerlgasse 12-14 für eine Fassadenaktivierung. Hierfür werden an der Außenseite des Gebäudes Leitungen angebracht und darüber wird das Wärmedämmverbundsystem errichtet. Die Bewohner*innen können währenddessen in ihren Wohnungen bleiben. Der Vorteil einer aktivierten Fassade ist, dass der Heizungsaustausch minimiert werden kann, da ein Teil der Wärmeabgabe über die Wände stattfindet und die Vorlauftemperatur in einem Teil des Verteilnetzes auf 30 °C reduziert werden kann. Darüber hinaus kann Wärme von der aktivierten Fassade aufgenommen werden, womit sowohl eine aktive als auch eine passive Entwärmung ermöglicht wird. Eine Darstellung des Leitungsverlaufes in der Fassade der Gerlgasse 12-14 befindet sich in Abbildung 49. Mit einer Fassadenaktivierung kann das

Bestandsheizungssystem aufgrund des zusätzlichen Wärmeabgabesystems zumeist erhalten bleiben und ein Heizkörpertausch zur Reduktion der Vorlauftemperatur ist nicht erforderlich.

Kann keine Fassadenaktivierung realisiert werden, ist die Reduktion der Vorlauftemperatur stark abhängig von der thermischen Sanierung des Gebäudes. Je nach Ausführung und Dimensionierung der Radiatoren ist im Zuge einer weiterführenden Planung zu untersuchen, ob ein Tausch erfolgen muss oder der Bestand erhalten bleiben kann.

Bei der Lösung mit Klein-Wärmepumpen ist durch die möglichen hohen Vorlauftemperaturen (bis zu 70 °C) davon auszugehen, dass die Bestandsheizkörper erhalten bleiben können.

4.2.1.3 Warmwasserzeugung und Verteilung

Für die Gerlgasse 12-14 werden zwei Varianten vorgeschlagen, welche sich aufgrund der Verteilnetztemperatur unterscheiden. Bei einer Temperatur von 55 °C kann die Warmwasserbereitung mittels Frischwasserstationen erfolgen. Ist die Verteilnetztemperatur geringer, wird eine vom Heizungssystem entkoppelte Warmwasserbereitung benötigt. Im Falle der Gerlgasse 12-14 werden aufgrund der Wohnungsgrößen und des damit verbundenen Platzangebotes E-Speicher vorgeschlagen. Die Varianten sind in Abbildung 45 dargestellt. Darüber hinaus ist bei ausreichendem Platzangebot (dies wäre noch zu prüfen) auch die Nutzung dezentraler Klein-Wärmepumpen zur kombinierten Warmwasser- und Heizungswärmeerzeugung möglich, s. hierzu Kapitel 4.2.2.2 und Kapitel 4.2.2.3.

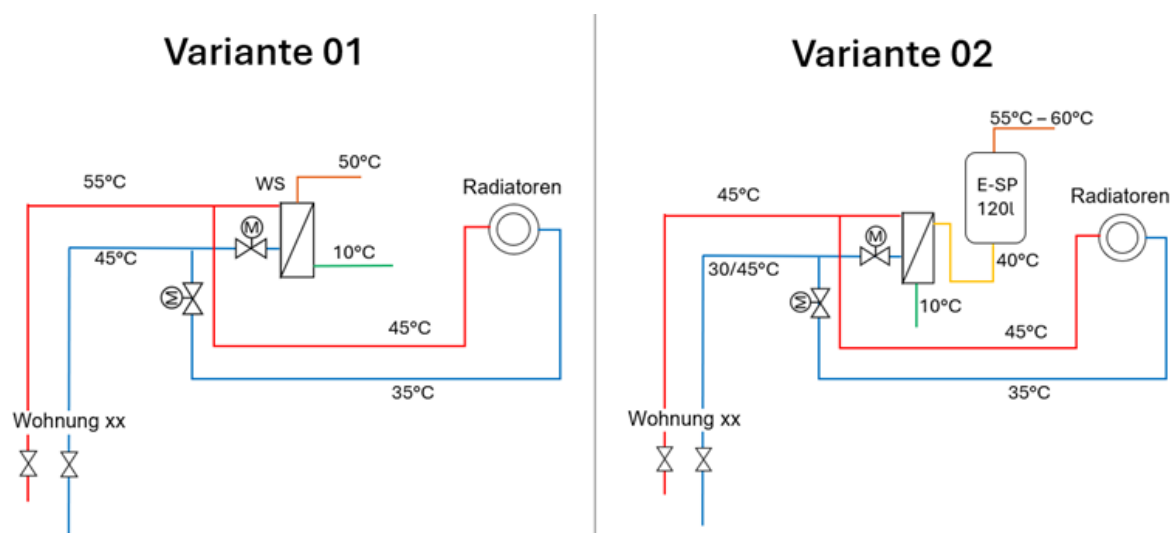


Abbildung 45: Schematische Darstellung der Warmwassererzeugung und der Wärmeabgabe in den Wohnungen der Gerlgasse 12-14 (eigene Darstellung).

4.2.2 LÖSUNGSVARIANTEN

Ziel der Wärmeerzeugung ist es auch hier, die möglichen Quellen (siehe Potenzialanalyse Kapitel 3.2.3) dem prognostizierten Bedarf zuzuordnen und ein möglichst effizientes Gesamtsystem zu errichten. In der Gerlgasse 12-14 haben sich als Quellen die Geothermie und die Luft als technisch sinnvoll herauskristallisiert und werden daher in den Lösungsoptionen vertieft. Grundsätzlich ist ein hohes Solarthermiefpotenzial vorhanden, dies wurde in den weiteren Betrachtungen nicht ausgeschöpft, da aus derzeitiger Sicht dadurch keine Leistungsreduktion möglich ist und somit ein zusätzliches System errichtet werden muss (vgl. Tabelle 36) wurden definiert: Die

- Referenzvariante (V1) wurde bei diesem Test-Case mit 100 % Geothermie in Kombination mit einer Sole-Wärmepumpe und WW-Bereitung über Frischwasserstationen definiert.
- Ausgehend von der Referenzvariante wurde eine Vergleichsvariante (V3) mit einem Mix aus Geothermie und Luft als Wärmequellen in Kombination mit einer Frischwasserstation für die Warmwasserbereitung berechnet (V3).
- Die Variante V4 beschreibt den Ersatz der Frischwasserstationen durch E-Speicher und damit einhergehend die Senkung der maximalen Vorlauftemperatur.
- Die Variante V5 geht von einer Verteilnetztemperatur von 45 °C aus, wie bei Variante V4 ist die Warmwasserbereitung entkoppelt über einen E-Speicher angedacht. Im Gegensatz zur Variante V4 wird bei V5 eine Wärmerückgewinnung bzw. Kaltwasser-Vorwärmung über einen Wärmetauscher im Heizungssystem in den Wintermonaten vorgesehen, um den Stromeinsatz für die Warmwasserbereitung zu minimieren.

Die Varianten V2 und V6 beschreiben die Varianten mit möglichst kaltem Verteilnetz. Hierbei werden einerseits eine

- Sole-WP (V2) bzw. eine
- Luft-WP (V6) in Kombination mit dezentralen Wasser-Wasser Wärmepumpen (Klein-Wärmepumpen) in den Wohnungen gegenübergestellt.

Die Entwärmung in den Varianten ohne Fassadenaktivierung kann ohne Tausch/Erweiterung der Wohnungsabgabesysteme in erster Linie über die vorhandenen Radiatoren erfolgen. Allerdings ist deren Entwärmungsleistung beschränkt, weshalb ein Heizungstausch etwa auf Wärmepumpenheizkörper in Erwägung gezogen werden könnte. Diese Möglichkeit wurde in der gegenständliche Studie allerdings nicht kostentechnisch bewertet, da zunächst eine Erhebung der vorhandenen Abgabesysteme und deren Leistung nötig wäre.

Tabelle 36: Betrachtete Varianten für die Gerlgasse 12-14.

Variante	Zentrale Wärme- erzeugung	Dezentrale Wärme- erzeugung	Warmwasser- bereitung	Tempera- tur Verteil- netz	Entwärmung
V1 - Referenzvarian- te, monovalent	100 % Geothermie	---	Frischwasser- station	58 °C	GT-WP bzw. Free-Cooling und Fassaden- aktivierung
V2 - monovalent	100 % Geothermie	Klein- Wärmepumpe	Klein- Wärmepumpe	25 °C	Klein-WP und Radiatoren
V3 – multivalent	Geothermie in Kombination mit Luft- Wärmepumpe	---	Frischwasser- station	58 °C	GT-WP bzw. Free-Cooling und Fassaden- aktivierung
V4 – multivalent	Geothermie in Kombination mit Luft- Wärmepumpe	---	E-Speicher ohne Wärmeübertra- ger	45 °C	GT-WP bzw. Free-Cooling und Radiatoren
V5 – multivalent	Geothermie in Kombination mit Luft- Wärmepumpe	---	E-Speicher mit Wärmeübertra- ger	45 °C	GT-WP bzw. Free-Cooling und Radiatoren
V6 - monovalent	100 % Luft- Wärmepumpe	Klein- Wärmepumpe	Klein- Wärmepumpe	25 °C	Klein-WP und Radiatoren

In den folgenden Unterkapiteln werden die vorgestellten Varianten genauer beschrieben, wobei mit den multivalenten Varianten (V3, V4 und V5) begonnen wird und dann die monovalenten Vergleichsvarianten mit Geothermie als Quelle (V1 und V2) bzw. mit Luft als Quelle (V6) beleuchtet werden.

Das Geothermiepotezial wird für die weiteren Betrachtungen mit folgenden standortabhängigen Parametern ermittelt:

- Die mittlere jährliche Bodentemperatur an diesem Standort beträgt laut Satellitendaten (MODIS) rund 12 °C.
- Die mittlere Temperatur des Untergrundes für die gewählte Sondentiefe beträgt rund 12,7 °C.
- Die mittlere konduktive Wärmeleitfähigkeit für die gewählte Sondentiefe beträgt rund 1,9 W/(m·K).

Bei einer Anzahl von 15 Erdwärmesonden (Nutzung Eigengrund) mit einem Abstand von 7 m (siehe Abbildung 46) ergibt sich eine Leistung von rund 86 kW. Eine monovalente Versorgung ist daraus nicht realisierbar.



Abbildung 46: Position des Sondenfeldes im Innenhof der Liegenschaft (eigene Darstellung).

Die Berechnung basiert auf einer angenommenen Sondentiefe von 120 m. Auch hier liegt dieser Wert höher als in der Potenzialanalyse, allerdings liegt er hier niedriger als die 150 m in der Dianagasse. Dies liegt daran, dass hier mit kleineren Bohrgeräten gearbeitet werden muss, die in der Regel keine so tiefen Bohrungen leisten können. Weiters basiert die Berechnung auf den angegebenen Jahresbetriebsstunden für Heizen (2.200 h/a) und Kühlen (1000 h/a, inkl. aktiver Regeneration im Sommer) im saisonalen Wechselbetrieb auf 20 Betriebsjahre. Die Jahresbetriebsstunden sind auch hier wegen der Anpassung an Baustandard und Wohnungsgröße des spezifischen Objekts anders gewählt als die Defaultwerte in der Potenzialanalyse. Bei der Berechnung werden die prognostizierte Untergrundtemperatur und Wärmeleitfähigkeit des Erdreichs am Standort sowie weitere fixe Parameter berücksichtigt. Die Ergebnisse zeigen die erreichbaren Leistungen in Kilowatt (kW) und die Energiemengen in Megawattstunden pro Jahr (MWh/a) des vorgegebenen Sondenfeldes mit der gewählten Betriebsweise. Durch den Leistungsbedarf des Gebäudes wird ein Deckungsgrad berechnet. Die Ergebnisse beinhalten eine

Abschätzung der Effizienz der Wärmepumpe bei vorgegebenem Temperaturniveau der Heizung (Annahme Radiatoren 55 °C). Mit 15 Erdwärmesonden kann der geforderte Heizbedarf nicht vollständig gedeckt werden, es ergibt sich eine Deckung von rund 60 %. Bei der erforderlichen Heizleistung von 145 kW würden 86 kW aus Geothermie stammen. Die zusätzlich erforderliche Leistung beträgt 59 kW. Die Ergebnisse sind im Energieflussdiagramm in Abbildung 47 dargestellt.

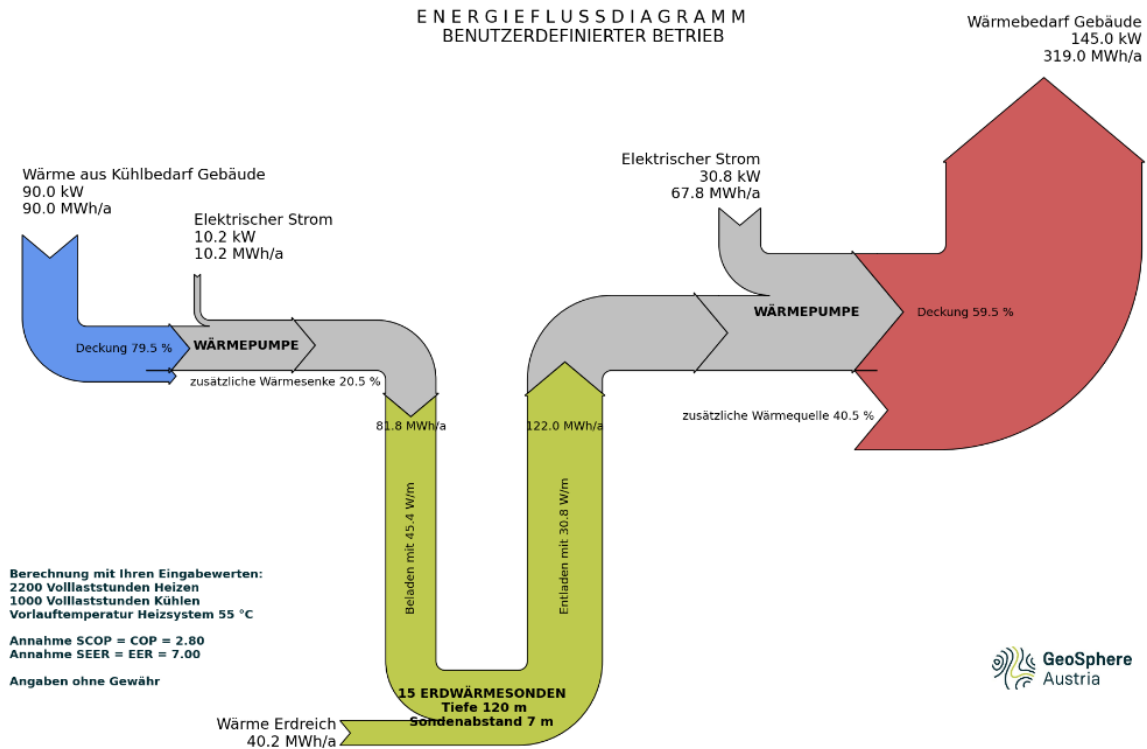


Abbildung 47: Energieflussdiagramm mit 15 Erdwärmesonden auf Eigengrund (eigene Darstellung).

Als mögliche Lösungsoption ergibt sich eine Kombination aus Geothermie mit Sole-Wärmepumpe mit 86 kW und Wärme aus der Umgebungsluft mittels zweier Luft-Wärmepumpen mit jeweils 30 kW. In Summe wird eine maximale Leistung von 145 kW bereitgestellt. Die schematische Darstellung der Lösungsoption V3 ist in Abbildung 48 dargestellt. Zu erkennen ist, dass für die Umsetzung der Lösungsoption ein Verteilnetz mit relativ hohem Temperaturniveau (55-58 °C) zu betreiben ist, damit einhergehend sind hohe Verteilverluste. Zudem ist anzumerken, dass die Warmwasser-Bereitstellung in dieser Option über Frischwasserstationen erfolgt, d.h. vom Heizungsverteilstrom gespeist wird. Dadurch wird das Heizungsverteilstrom das gesamte Jahr benötigt und ein Change-Over-Betrieb für die Entwärmung ist nicht möglich.

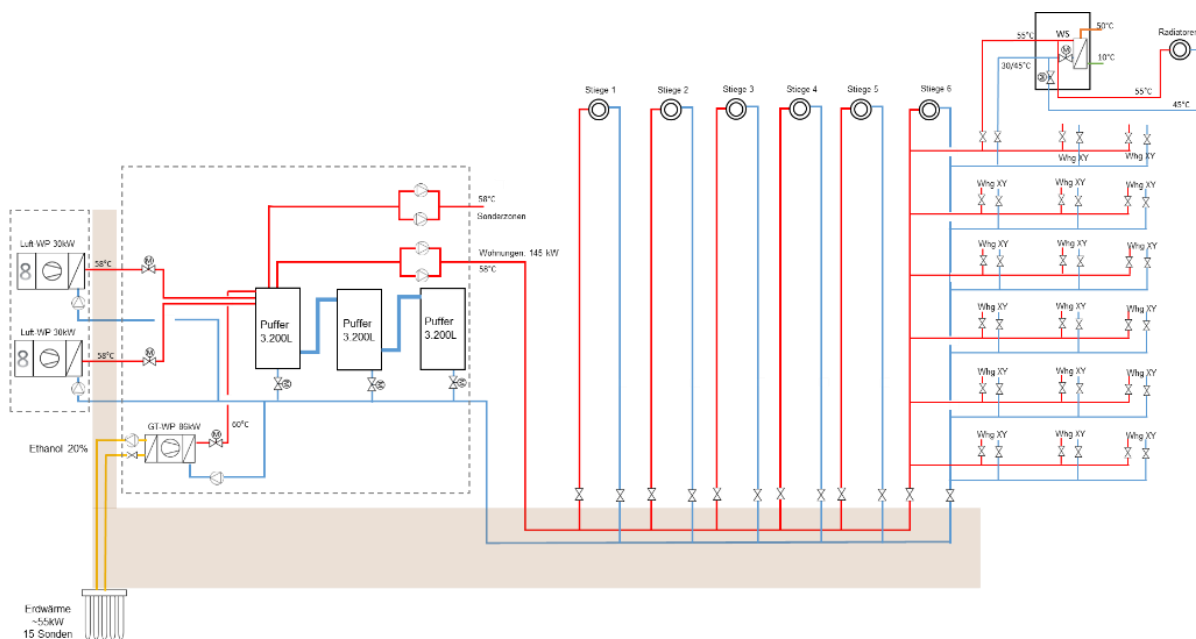


Abbildung 48: Schematische Darstellung der multivalenten Wärmeerzeugung mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen und Frischwasserstationen in der Gerlgasse 12-14 (V3, eigene Darstellung).

Um dennoch eine Temperierung des Gebäudes zu erreichen, ist eine Entkoppelung der Warmwasserbereitung vom zentralen Verteilnetz oder die Installation eines eigenen Entwärmungsnetzes nötig. Hier stellt eine Fassadenaktivierung in der Gerlgasse 12-14 im Zuge einer thermischen Sanierung der Fassade eine Möglichkeit dar, eine Kühloption entkoppelt von Heizung und Warmwasser zu realisieren. In Abbildung 49 ist beispielhaft der Verlauf der Verteilungen der aktivierten Fassaden in der Gerlgasse 12-14 dargestellt. Die Fassadenaktivierung kann im Winter auch zusätzlich als Heizungsunterstützung bzw. zusätzliche Wärmeabgabefläche verwendet werden. Dabei wird erwartet, dass ein Tausch der Bestandsheizkörper entfallen und damit der Eingriff in die Bestandswohnungen minimal invasiv erfolgen kann. Dieses Sanierungskonzept wird bereits im Forschungsprojekt *Sani6Oies* (vgl. FFG, S. A. A) erprobt.



Abbildung 49: Beispielhafter Verlauf der Verteilungen der aktivierten Fassade für die Temperierung in der Gerlgasse 12-14 (eigene Darstellung).

Schematisch ist bei der Variante einer Fassadenaktivierung, um den unterschiedlichen Temperaturniveaus gerecht zu werden und einen Change-Over-Betrieb (vgl. Abbildung 50) von Heizen und Kühlen im Bereich der Fassadenaktivierung realisieren zu können, darauf bedacht zu nehmen, einen Mitteltemperatur-Versorgungsstrang für Heizung und Warmwasser der Wohnungen und einen Niedertemperatur-Versorgungsstrang für die Fassadenaktivierung (Heizen und Kühlen) zu planen. Die zusätzlichen Kosten für den hierfür nötigen Niedertemperaturspeicher und das dazugehörige Verteilnetz hält sich abgesehen von der Fassadenaktivierung in Grenzen. Der Change-Over-Betrieb bezeichnet hier die saisonal abwechselnde Nutzung des Niedertemperaturspeichers, der im Winter für die Niedertemperaturheizung der Fassadenaktivierung eingesetzt wird und im Sommer als Kältespeicher zur Entwärmung genutzt wird.

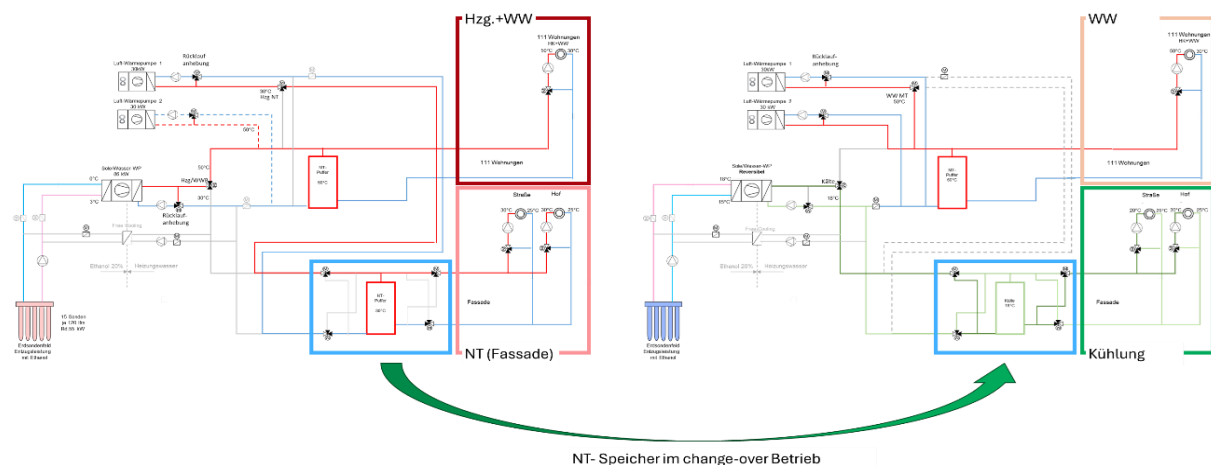


Abbildung 50: Schematische Darstellung des Change-Over-Betriebs des multivalenten Heizsystems in der Gerlgasse 12-14 mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen, welche mit den Frischwasserstationen sowie der Fassadenaktivierung gekoppelt sind (eigene Darstellung).

Für die Nutzung des Verteilnetzes im Change-Over-Betrieb für Heizung und Entwärmung kann die Warmwasserbereitung auch entkoppelt werden. Die Varianten der Warmwassererzeugung werden in Kapitel 6 diskutiert. Die Entkoppelung der Warmwasserbereitung ermöglicht die Nutzung des zentralen Verteilnetzes zur Entwärmung, während das Warmwasser dezentral bereitete wird. Schematisch ist in Abbildung 51 ein System mit E-Speicher zur Warmwasserbereitung (V4) dargestellt. Lösungen mit Warmwasser-Wärmepumpen benötigen deutlich mehr Platz in den Wohnungen und werden daher bei der Gerlgasse 12-14 nicht weiterverfolgt.

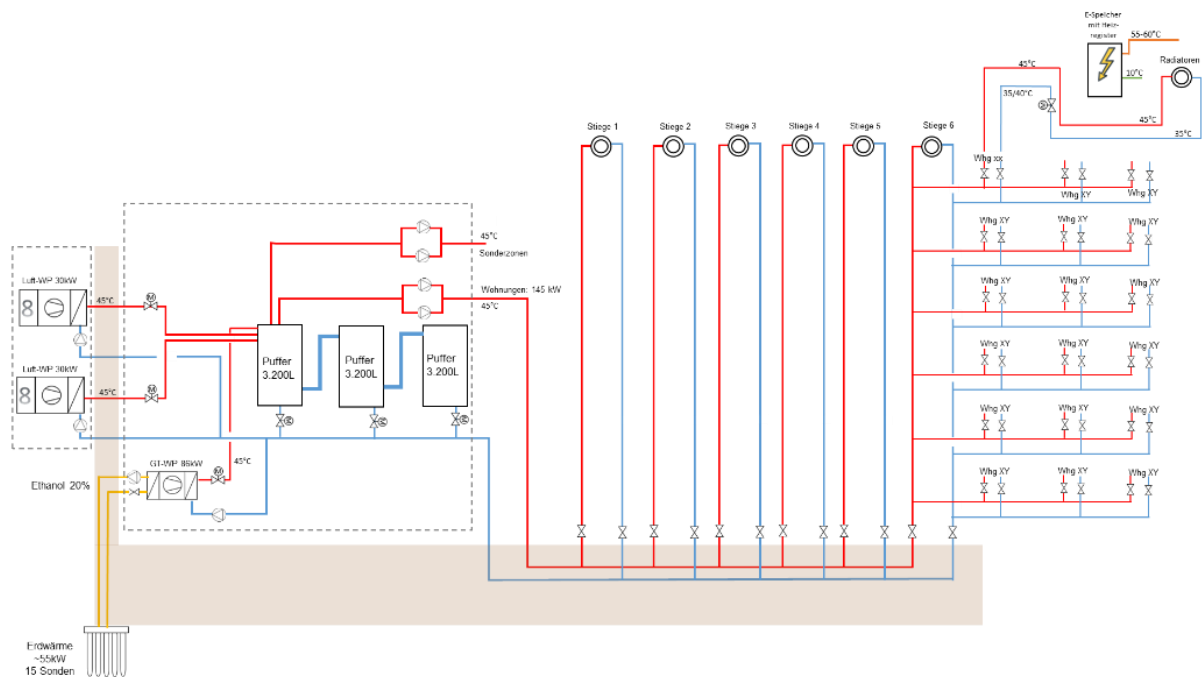


Abbildung 51: Schematische Darstellung der multivalenten Wärmeerzeugung mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen und E-Speicher in der Gerlgasse 12-14 (V4, eigene Darstellung).

Zur Minimierung des Energieaufwandes für die Warmwasserbereitung gibt es die Möglichkeit, das Kaltwasser im Winter mittels eines Wärmetauschers über das Heizungswasser im zentralen Verteilnetz vorzuwärmen. Diese Lösung arbeitet auch, wenn das zentrale Verteilnetz nicht als zusätzliche Wärmequelle genutzt wird. Zudem besteht bei dieser Variante die Möglichkeit, den Energieverbrauch für die Warmwasserbereitung im Sommer mittels PV-Anlage zu reduzieren. Die Variante wurde in der Variante V5 gegenübergestellt (siehe Abbildung 52).

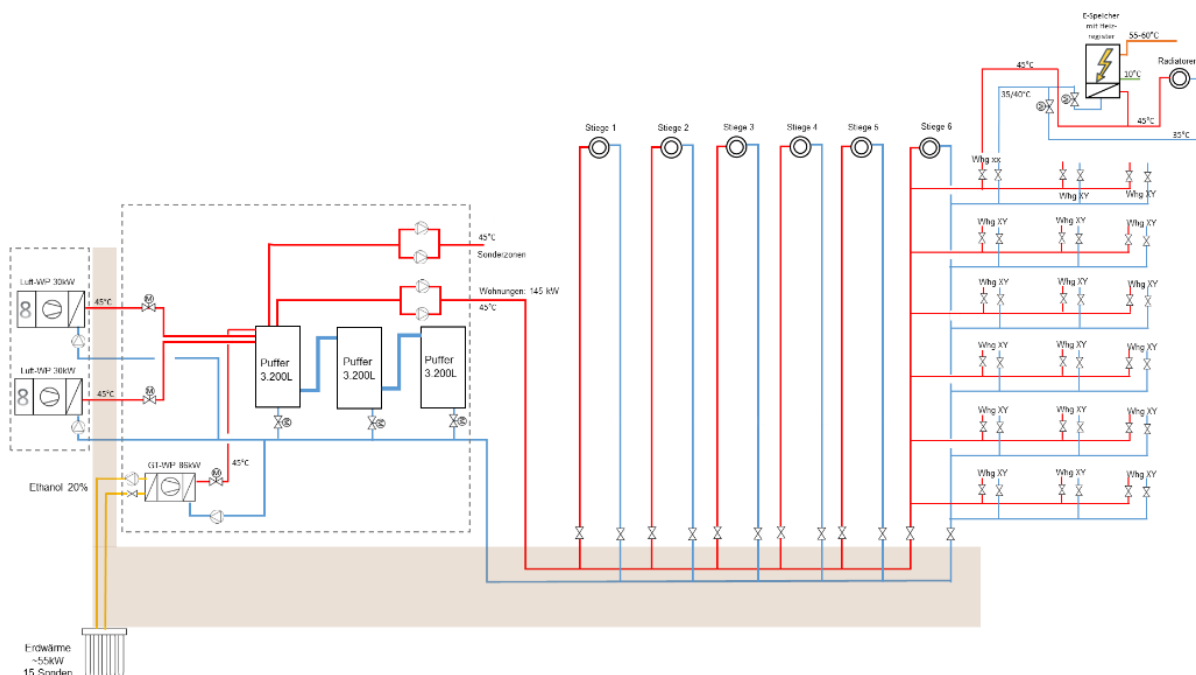


Abbildung 52: Schematische Darstellung der multivalenten Wärmeerzeugung mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen und E-Speicher mit WRG in der Gerlgasse 12-14 (V5, eigene Darstellung).

Betriebsmodi

Durch die Nutzung unterschiedlicher Wärmequellen und ein nach Vorlauftemperaturen getrenntes Verteilnetz werden sechs verschiedene Betriebsmodi ermöglicht, die in nachfolgender Liste angeführt und in Abbildung 53 graphisch dargestellt sind:

- Betriebsmodus 1A: Bei Außentemperaturen unter 0 °C
- Betriebsmodus 1B: Bei Außentemperaturen von 0 bis 6 °C
- Betriebsmodus 2A: Bei Außentemperaturen von 6 bis 14 °C
- Betriebsmodus 2B: Bei Außentemperaturen von 14 bis 22 °C
- Betriebsmodus 3A: Kühlbetrieb mittels Free-Cooling – ab Außentemperaturen von 26 °C
- Betriebsmodus 3B: Kühlbetrieb mittels aktiver Entwärmung – ab Außentemperaturen von 26 °C

Die Effizienz der Wärmepumpen hängt unmittelbar mit den Temperaturunterschieden zusammen. Je höher der Temperaturunterschied der Quellenseite zur Seite der Wärmeabgabe, desto geringer ist der COP der Wärmepumpe. Somit haben zum Beispiel Luft-Wärmepumpen eine geringe Effizienz, wenn die Außentemperatur absinkt. Für den Betrieb der Luftwärme-Pumpe ist ein Betrieb bis 6 °C Außentemperatur in Bezug auf die Effizienz sinnvoll. Unter einer Außentemperatur von 6 °C ist es besser, auf eine Wärmequelle umzusteigen, die unabhängig von der Außentemperatur ist. Dies soll in folgender Grafik veranschaulicht werden.

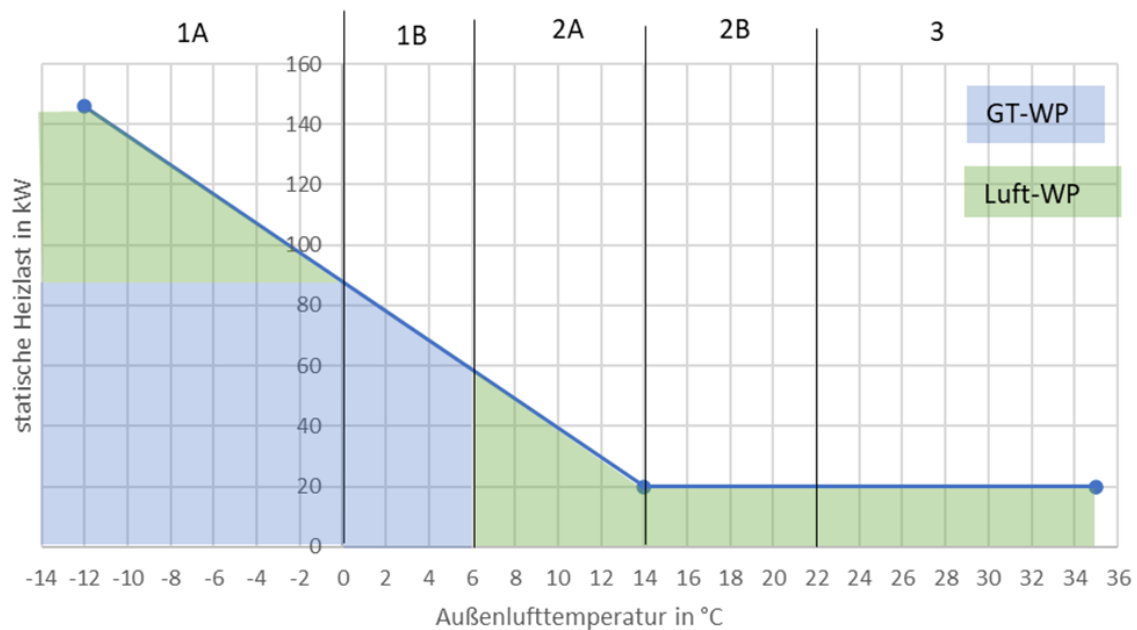


Abbildung 53: Betriebsmodi in Abhängigkeit der Außentemperatur. Im blauen Feld ist der Betrieb der Sole-Wärmepumpe effizienter als die Luftwärme-Pumpe (grün); 1A, 1B, 2A, 2B, 3 sind 5 mögliche Betriebsmodi (eigene Darstellung).

Bis zu einer Außentemperatur von 6 °C sind die Luft-Wärmepumpen für die Wärmeerzeugung allein geeignet. Im Temperaturbereich von 0-6 °C ist die Sole-Wärmepumpe allein für die Wärmeerzeugung sinnvoll. Unter einer Außentemperatur von 0 °C steigt die Heizlast des Gebäudes über 86 kW. Die Leistung der Sole-Wärmepumpe allein ist in dem Fall nicht mehr ausreichend. Die Luft-Wärmepumpen können in diesem Fall nach Bedarf einzeln oder gemeinsam in Betrieb genommen werden, um die Heizlast abdecken zu können. In den folgenden Schemata wird noch näher auf die unterschiedlichen Betriebsmodi eingegangen.

Das Verteilnetz trennt sich in zwei unterschiedliche Temperaturniveaus. Daher gibt es einen Speicher für das mittlere Verteilnetz (50 °C) und einen Speicher für das Niedertemperaturnetz (30 °C). Im Betriebsmodus 1A (Abbildung 54) lädt die Sole-Wärmepumpe vorrangig den Mitteltemperaturspeicher. Wenn der Mitteltemperaturpuffer geladen ist und der Niedertemperaturpuffer nicht geladen ist, wird dieser durch die Sole-Wärmepumpe geladen. Wenn die Leistung der Sole-Wärmepumpe nicht ausreichend ist, werden die Luft-Wärmepumpen aktiviert. In dem Fall versorgt eine Luftwärme-Pumpe den Niedertemperaturspeicher und die andere den Mitteltemperaturspeicher.

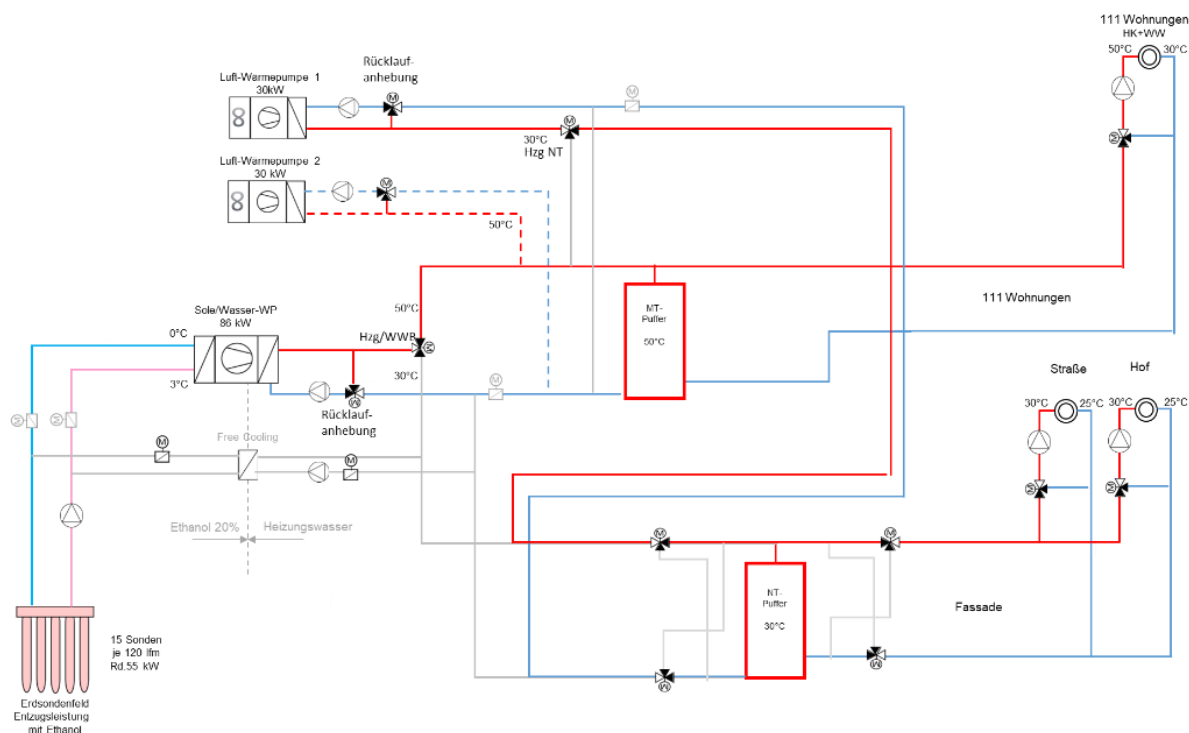


Abbildung 54: Betriebsmodus 1A Wärmebetrieb bei einer Außentemperatur <0 °C (eigene Darstellung).

Wenn die Außentemperaturen bis auf 6 °C steigen, ist ein alleiniger Betrieb der Sole-Wärmepumpe vorgesehen (Abbildung 55). Der Mitteltemperaturpuffer wird wie bei Betriebsmodus 1B zuerst geladen. Wenn dieser geladen ist, wird auf den Niedertemperaturpuffer umgestellt.

Abbildung 56: Betriebsmodus 2A (6 – 14 °C Außentemperatur, eigene Darstellung).

Bei Außentemperaturen von 14 °C bis 22 °C ist die Sole-Wärmepumpe ebenfalls ausgeschaltet (Abbildung 57). Das Niedertemperatur-Verteilnetz ist wie in

Abbildung 56 ebenfalls deaktiviert. In der Regel ist nur Luftwärme-Pumpe 2 aktiv und versorgt das Mitteltemperaturnetz für die Warmwasserbereitung. Bei Bedarf, zum Beispiel bei erhöhtem Warmwasserbedarf kann zusätzlich zu Luftwärme-Pumpe 2 die Luftwärme-Pumpe 1 den Mitteltemperaturpuffer laden.

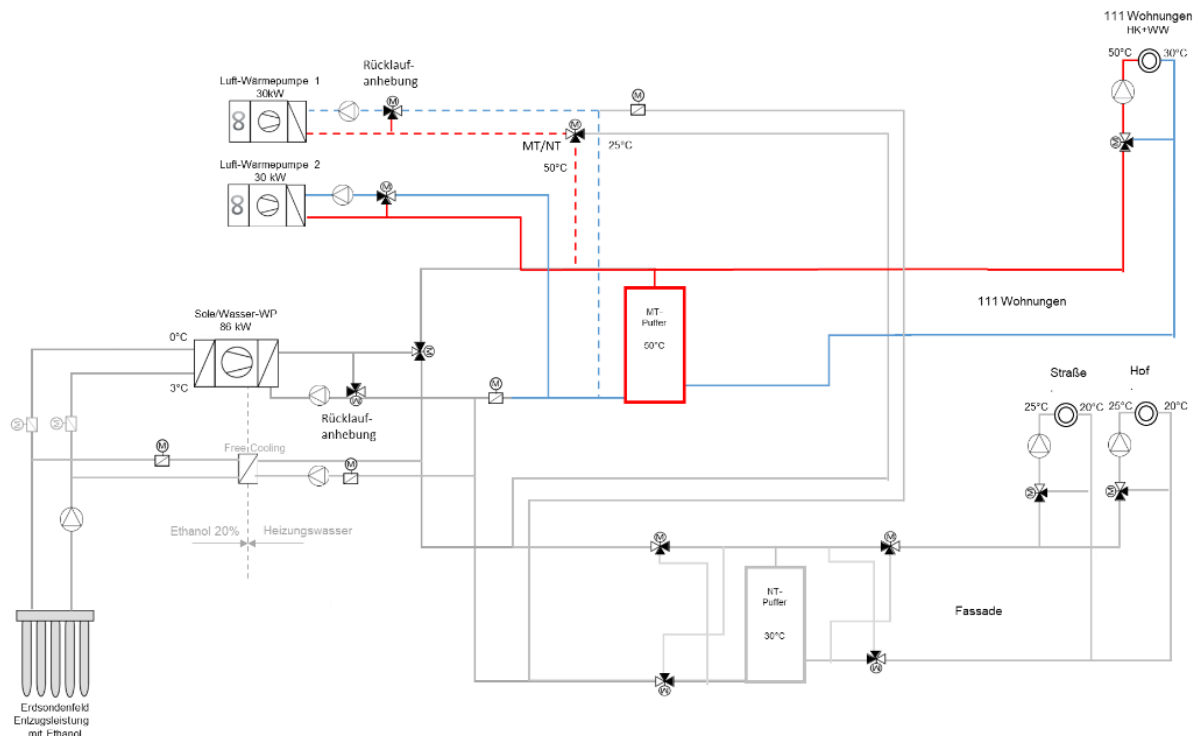


Abbildung 57: Betriebsmodus 2B (Wärmebetrieb) 14-22 °C Außentemperatur (eigene Darstellung).

Für den Kühlbetrieb wird das Niedertemperaturverteilnetz und der Niedertemperaturpuffer auf einem tieferen Temperaturniveau betrieben. Die Vor- und Rücklauftemperatur beträgt im Kühlfall 20 bzw. 25 °C. Die Luft-Wärmepumpen versorgen den Mitteltemperaturpuffer für die Warmwasserbereitung.

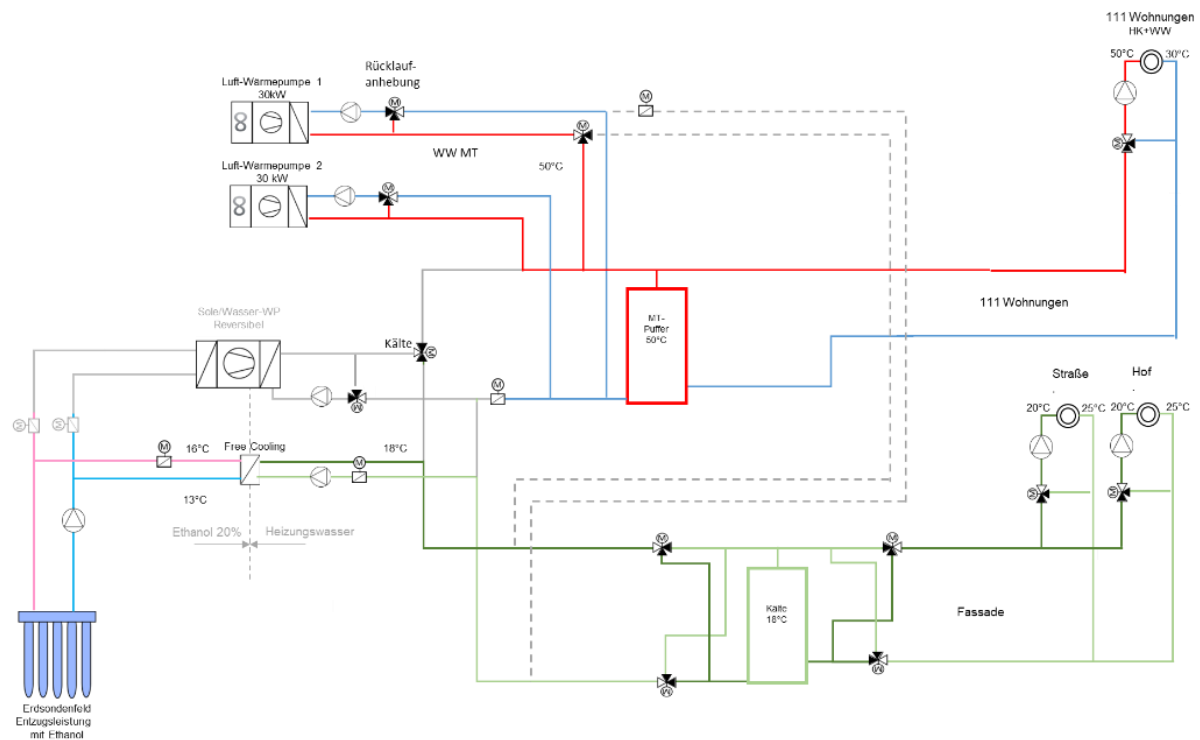


Abbildung 58: Betriebsmodus 3A mit passiver Entwärmung Außentemperaturen über 26 °C (eigene Darstellung).

Abbildung 58 zeigt die passive Entwärmung der Fassade über die Erdwärmesonden. Wärme wird von der Fassade aufgenommen und über die integrierten Leitungen abgeführt und über den Speicher zu einem Wärmeübertrager geleitet. Die hydraulische Trennung durch den Wärmeübertrager ist unter Anderem notwendig, da für die Erdwärmesonden eine Sole (20 % Ethanol) verwendet wird. Nach der Übertragung wird die Wärme in das Erdreich geleitet. Dort wird sie absorbiert und kann die Erdwärmesonden regenerieren. Die Vor- und Rücklauftemperaturen des Solekreises liegen beim passiven Kühlen bei 13 bzw. 16 °C. Mit einer reversiblen Sole-Wärmepumpe kann auch aktiv, bei höherer Vor- bzw. Rücklauftemperaturen des Solekreises regeneriert werden. Die Schematische Abbildung der aktiven Entwärmung befindet sich in Abbildung 59.

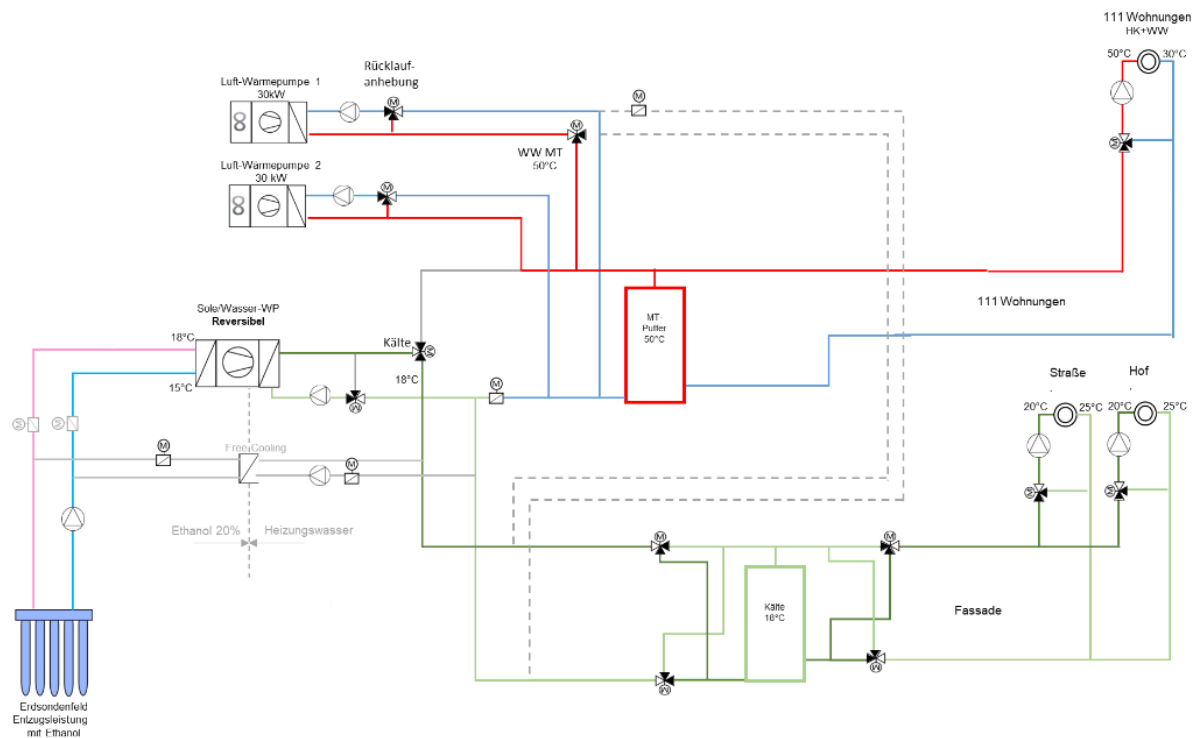


Abbildung 59: Betriebsmodus 3B mit aktiver Entwärmung über Sole-Wärmepumpe (eigene Darstellung).

4.2.2.2 Referenzvariante mit Geothermie ergänzt um Potenzial auf öffentlichem Grund (monovalent): V1 und V2

Laut Ausschreibung sollen die ausgearbeiteten Lösungsvarianten mit einem monovalenten System verglichen werden. Für die Gerlgasse 12-14 wurde festgelegt, dass die Referenzvariante mittels 100 % Geothermie in Kombination mit einer Sole-Wärmepumpe verglichen werden soll (V1). Diese Variante wird in weitere Folge mit der Variante V3 (multivalentes System mit einer Sole-Wärmepumpe und 2 Luft-Wärmepumpen) verglichen.

Sofern die Geothermienutzung um das Potenzial auf öffentlichem Grund erweitert wird, ist eine Abdeckung zu 100 % aus Geothermie möglich. Für die Ausarbeitung der Variante V1 (Referenzvariante) werden die 15 Sonden auf Eigengrund um 9 Sonden auf öffentlichem Grund erweitert (siehe Abbildung 60).

Das vorhandene Potenzial von 12 möglichen Sonden auf öffentlichem Grund muss hierbei nicht vollständig ausgeschöpft werden. Als mittlere Länge wurde eine Bohrlänge von 130 m angesetzt, dabei sind die Sonden auf Eigengrund mit 120 m und die auf öffentlichem Grund mit 150 m angenommen. Die tatsächlich mögliche Sondenlänge muss in der weiteren Planung überprüft werden und die Sondenanzahl ggf. entsprechend angepasst werden.

Sondenanzahl: 24

Mittlerer Sondenabstand (berechnet): 12 m

Lagekoordinaten der Bohrpunkte für Erdwärmesonden:

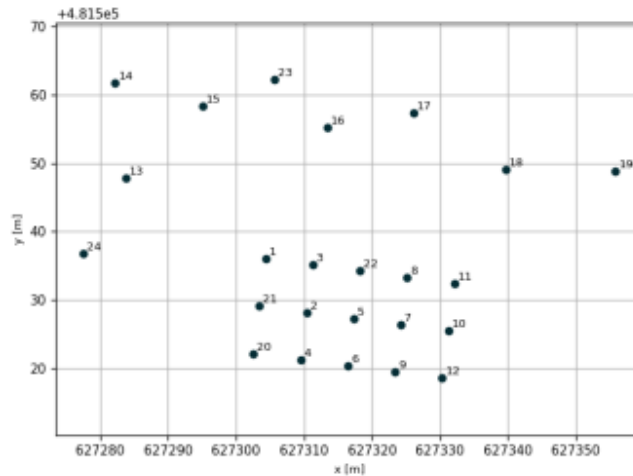


Abbildung 60: Position der Erdwärmesonden auf dem Grundstück, sowie im auf öffentlichem Grund und mittlerer Sondenabstand (eigene Darstellung).

Die Berechnung wurde mit 24 Erdwärmesonden mit einem mittleren Abstand von 12 m berechnet. Die Berechnung basiert auf den angegebenen Jahresbetriebsstunden für Heizen (2.200 h/a) und Kühlen (650 h/a) im saisonalen Wechselbetrieb auf 20 Betriebsjahre. Die geringere Anzahl an Betriebsstunden für die Kühlung liegt daran, dass keine aktive Regeneration erforderlich bzw. möglich ist. Die Ergebnisse zeigen die erreichbaren Leistungen in Kilowatt (kW) und die Energiemengen in Megawattstunden pro Jahr (MWh/a) des vorgegebenen Sondenfeldes mit der gewählten Betriebsweise. Durch den Leistungsbedarf des Gebäudes wird ein Deckungsgrad berechnet. Die Ergebnisse beinhalten eine Abschätzung der Effizienz der Wärmepumpe bei vorgegebenem Temperaturniveau der Heizung (Annahme Radiatoren mit 55 °C). Mit 24 Erdwärmesonden kann der geforderte Heizbedarf nahezu vollständig gedeckt werden. Die Ergebnisse sind im Energieflussdiagramm in Abbildung 61 dargestellt.

Aufgrund der großen Leitungslängen der Verteilleitungen ist die Vorlauftemperatur signifikant für die Verteilverluste und jede Senkung der Vorlauftemperatur daher vorteilhaft in Hinblick auf die Minimierung der Verteilverluste. Zudem ist mittels Klein-Wärmepumpen auch eine Temperierung über die Radiatoren der Wohnungen möglich und die Fassadenaktivierung in diesen Varianten nicht erforderlich. Daher werden auch hier die Varianten mit kaltem Verteilnetz und Klein-Wärmepumpen in den Wohnungen angedacht. Eingangs wurden zwar Systeme, die die Größe einer Gastherme überschreiten, ausgeschlossen. Trotzdem soll hier im Variantenvergleich ein guter Überblick der technischen Lösungsoptionen gegeben werden, weshalb dieses System hier betrachtet wird. Die Positionierung der Klein-Wärmepumpen in den einzelnen Wohneinheiten ist im Zuge einer vertieften Planung daher jedenfalls zu prüfen.

Es wurde eine 100 % Geothermie-Variante mit zentralem Niedertemperatursystem und dezentralen Klein-Wärmepumpen in den Wohnungen im Variantenvergleich als Variante V2 aufgenommen. Für die Ausarbeitung der Variante werden die 15 Sonden auf Eigengrund um 12 Sonden auf öffentlichem Grund angeordnet (siehe Abbildung 63), das vorhandene Geothermiefpotenzial wurde für diese Variante vollständig ausgeschöpft. Eine Reduktion der Sondenlänge wäre in einem weiteren Planungsschritt mittels dynamischer Simulationsberechnung empfehlenswert.

Sondenanzahl: 27

Mittlerer Sondenabstand (berechnet): 13 m

Lagekoordinaten der Bohrpunkte für Erdwärmesonden:

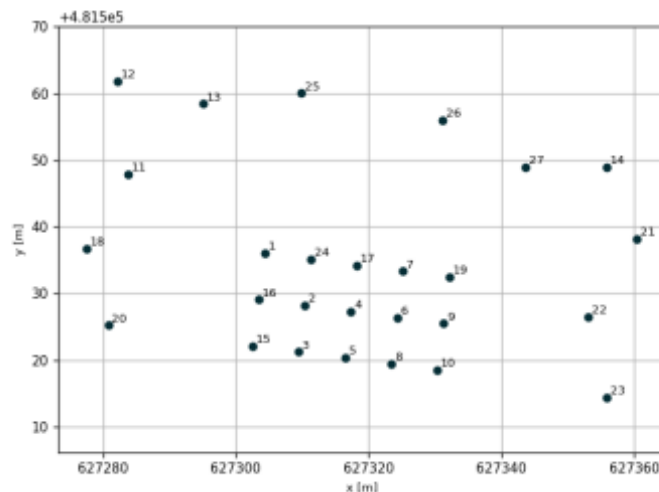


Abbildung 63: Position der Erdwärmesonden auf dem Grundstück und mittlerer Sondenabstand (eigene Darstellung).

Die Berechnung wurde mit 27 Erdwärmesonden mit einem mittleren Abstand von 13 m berechnet. Die Berechnung basiert auf den angegebenen Jahresbetriebsstunden für Heizen (2.200 h/a) und Kühlen (1000 h/a, aktive Regeneration im Sommer) im saisonalen Wechselbetrieb auf 20 Betriebsjahre. Der Grund für die höhere Anzahl an Betriebsstunden für das Kühlen ist die aktive Regeneration, ohne die zusätzliche Sonden erforderlich würden. Die Ergebnisse beinhalten eine Abschätzung der Effizienz der Wärmepumpe bei vorgegebenem Temperaturniveau der Heizung (Annahme Fußbodenheizung 35 °C). Mit 27 Erdwärmesonden kann der geforderte Heizbedarf vollständig gedeckt werden. Die Ergebnisse sind im Energieflussdiagramm in Abbildung 64 dargestellt.

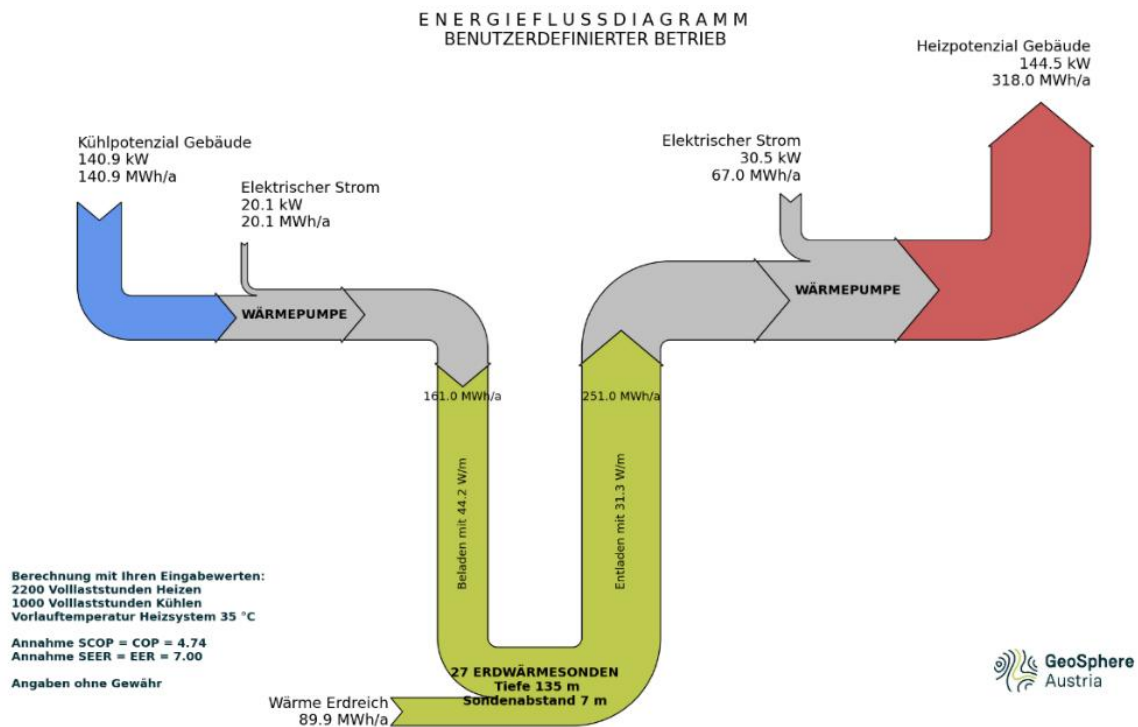


Abbildung 64: Energieflussdiagramm der Erdwärmesonden für die Gerlgasse 12-14, Erweiterung öffentlicher Grund und kaltes Verteilnetz (eigene Darstellung).

In Abbildung 65 ist die Variante V2 schematisch dargestellt. Die Variante beschreibt die Grundtemperierung (Vorlauftemperatur 20 bis 25 °C) und einer dezentralen Temperaturerhöhung mittels Klein-Wärmepumpen in den Wohnungen für Radiatoren und die Warmwasserbereitung. Vergleichbar ist Variante V2 mit der Variante V6 (monovalentes System mit Luft als Quelle).

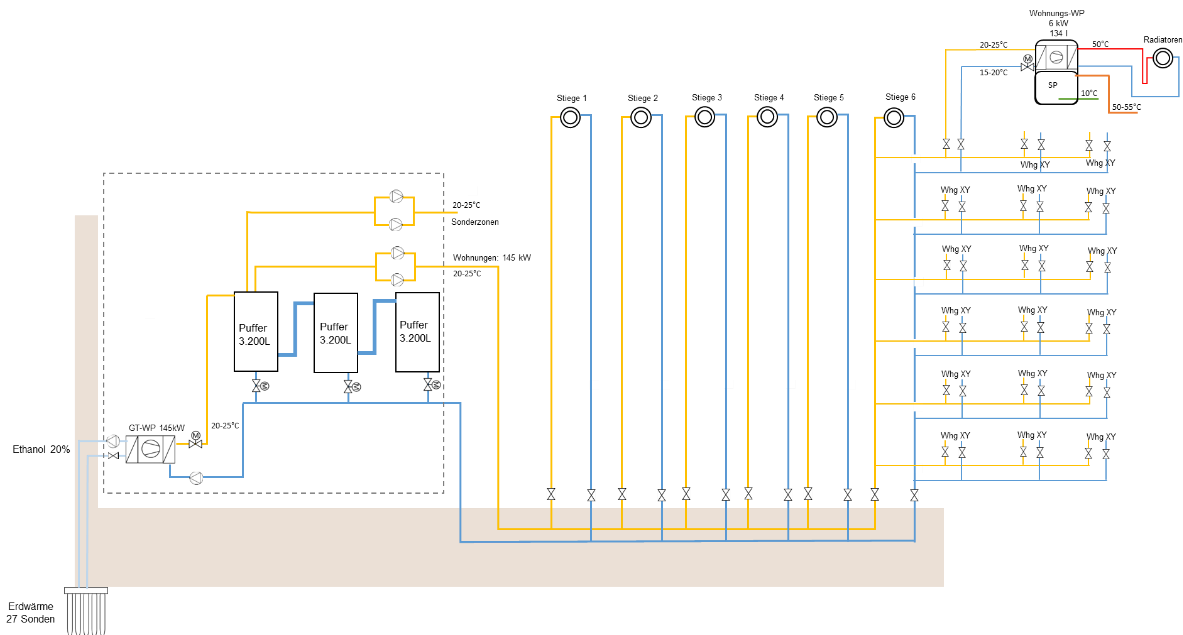


Abbildung 65: Schematische Darstellung der Wärmeerzeugung mittels Geothermie über Sole-Wärmepumpen und Klein-Wärmepumpen in der Gerlgasse 12-14 (V2, eigene Darstellung).

4.2.2.3 Luft-Wärmepumpen (monovalent): V6

Alternativ zu V2 (monovalentes System mittels Geothermie, kaltem Verteilnetz und Klein-Wärmepumpen in den Wohnungen) bietet sich eine Versorgung mittels Luft-Wärmepumpen, die im Dachbereich situiert sind, an. Im Rahmen der Studie wurde davon ausgegangen, dass die Versorgung über vier Luftwärme-Pumpe bereitgestellt wird (siehe schematische Darstellung V6 in Abbildung 66). Die Leistungsgröße der Luft-Wärmepumpen und daraus resultierend die Anzahl an Wärmepumpen müsste in einem weiteren Planungsschritt definiert werden.

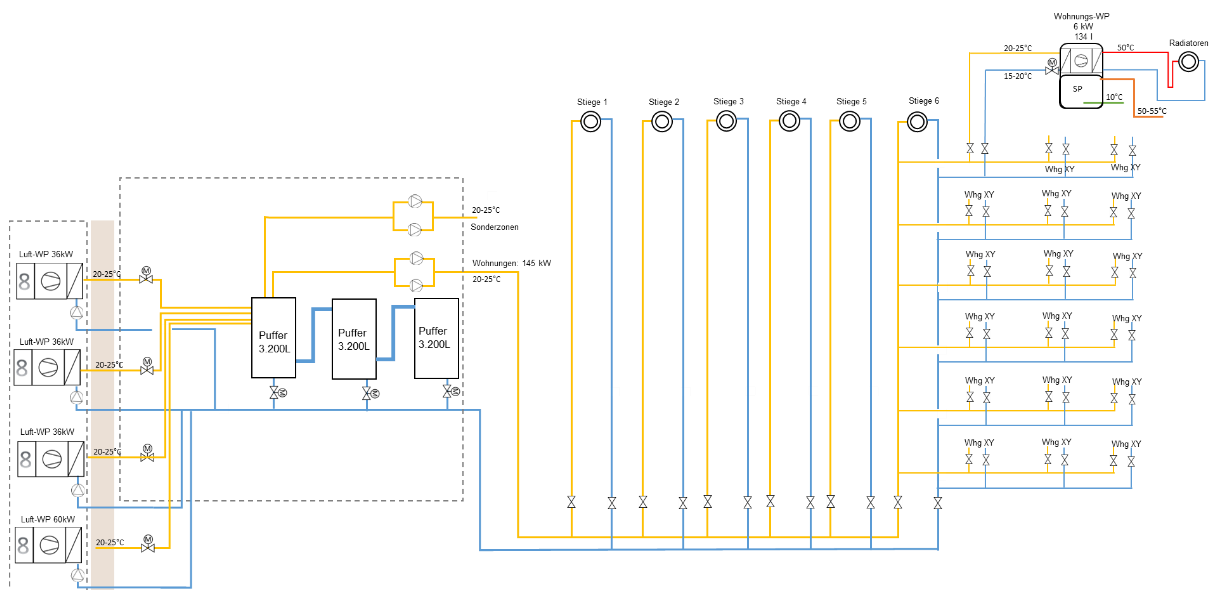


Abbildung 66: Schematische Darstellung der monovalenten Wärmeerzeugung mittels Luft-Wärmepumpen und Klein-Wärmepumpen in der Gerlgasse 12-14 (V6, eigene Darstellung).

4.2.3 VARIANTENVERGLEICH UND KOSTENRAHMEN

Die Investitionskosten je Variante sind in Abbildung 67 zusammenfassend dargestellt, die Randbedingungen dazu finden sich in Kapitel 2.3.1. Zu erkennen ist, dass die Bandbreite der Varianten innerhalb der Schwankungsbreite der Kosten liegt. Die Maximalkosten (Variante 2) belaufen sich auf rund 3.200.000 EUR, die Minimalkosten (Variante 4) auf rund 2.500.000 EUR (Differenz ca. 23 %).

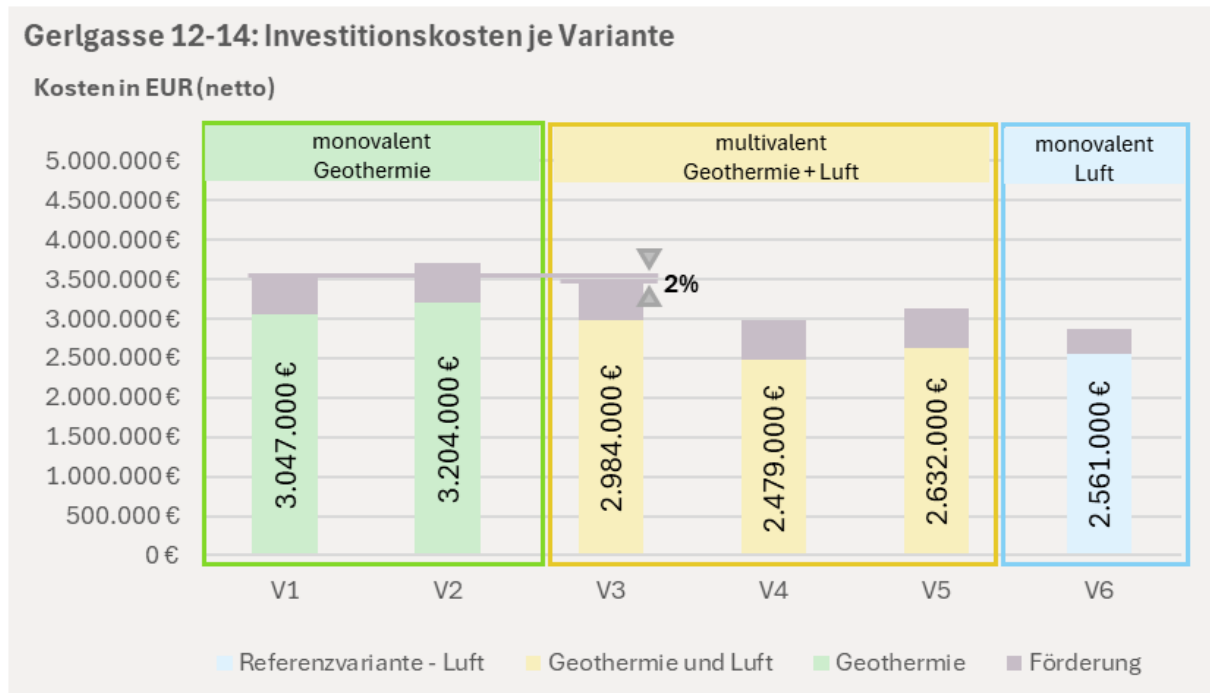


Abbildung 67: Investitionskosten je Variante inkl. Förderung (Landesförderung Wien), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

Die Aufteilung der Investitionskosten in die jeweiligen Anteile ist in Abbildung 38 für die einzelnen Varianten dargestellt. Es sind die Kosten exkl. Förderung ausgewiesen. Die Kosten sind unterteilt in Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung (inkl. Fassadenaktivierung), Elektrotechnik, MSR, sowie die Frischwasserstationen ausgewiesen. Die Position „Sonstiges“ beinhaltet Pauschalen für die Positionen Montageplanung und Dokumentation, Schutzmaßnahmen sowie die Inbetriebnahme und Baustellengemeinkosten mit 8 %. Der angenommene Anteil von 25 % Unvorhergesehenes ist anteilig auf die einzelnen Kostengruppen zugeteilt.

Im Vergleich sind die Kosten für die Bohrungen der monovalenten Varianten mit Quelle Geothermie (V1, Referenzvariante) signifikant (rund 50 %) höher als bei der Variante V3 (multivalentes System). Bei der Wärmeerzeugung sind Mehrkosten beim multivalenten System (V3) im Vergleich zum monovalenten System (V1) von rund 30 % zu erwarten. Zudem sind höhere Investitionskosten bei den Verteilungen zu erwarten, dies einerseits aus den erforderlichen Erdleitungen, andererseits aus der Positionierung der Luft-Wärmepumpen im Dachbereich und der damit zusätzlich erforderlichen Verbindungsleitung inkl. Schacht. Weiters ist bei multivalenten Systemen derzeit die

erforderliche übergeordnete Regelung ein Kostenfaktor, der bei monovalenten Systemen nicht gegeben ist. Bei den Varianten mit dezentralen Klein-Wärmepumpen in den Wohnungen (V2 und V6) zeigen sich höhere Kosten an der Wohnungsinstallation, dafür geringere Kosten an der zentralen Wärmeerzeugung. Die hohen Kosten der Verteilleitungen bei den Varianten V1 und V3 im Vergleich mit den restlichen Varianten ergeben sich aus dem Anteil der Fassadenaktivierung.

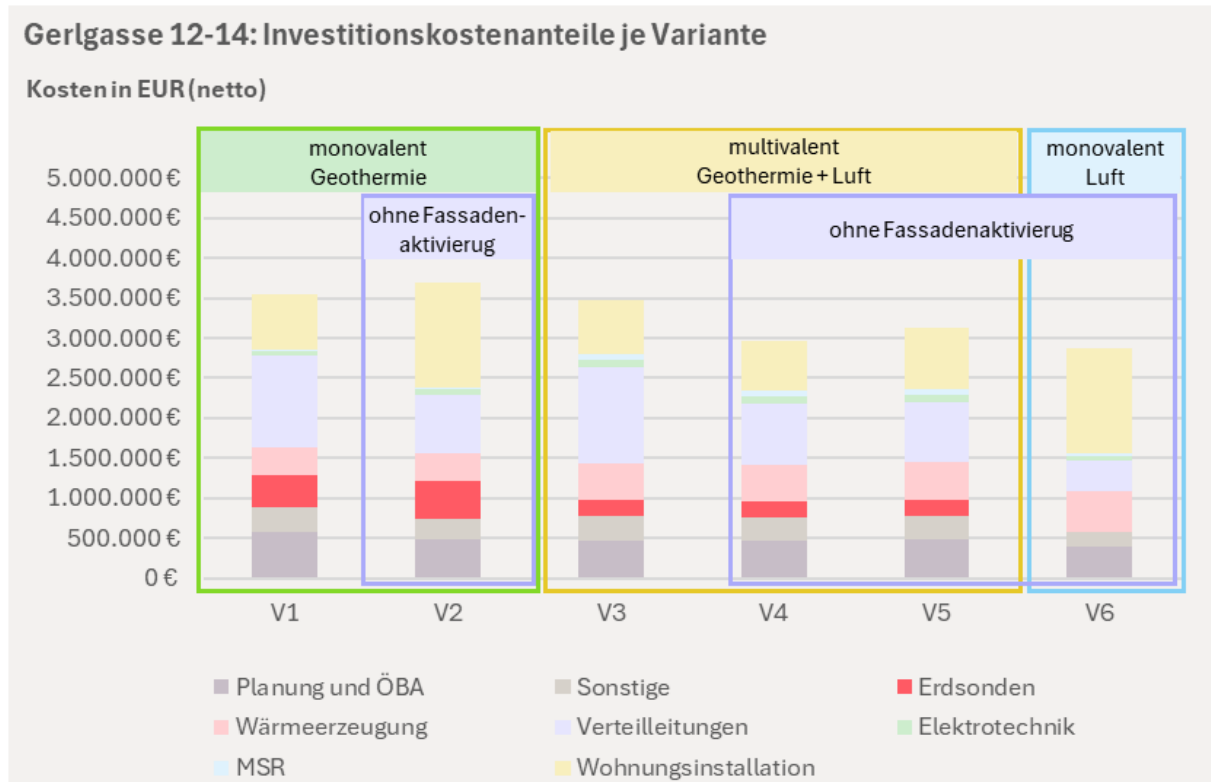


Abbildung 68: Investitionskosten je Variante inkl. Förderung (Landesförderung Wien), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

Für die Berechnung der Energiekosten wurden einerseits die Instandsetzungskosten berechnet, zudem wurden Wartungs- und Abrechnungskosten je Wohneinheit berücksichtigt (Berechnungsmethodik siehe Kapitel 2.3.1). Die jährlichen Kosten für den Betrieb sind in Abbildung 69 je Variante dargestellt. Zu erkennen ist, dass die jährlichen Wärmekosten bei den Varianten V1, V3 (Frischwasserstationen, hohe Verteiltemperatures) und V2 sowie V6 (Varianten mit Klein-Wärmepumpen) deutlich unter den Varianten V4, V5 (E-Speicher) liegen.

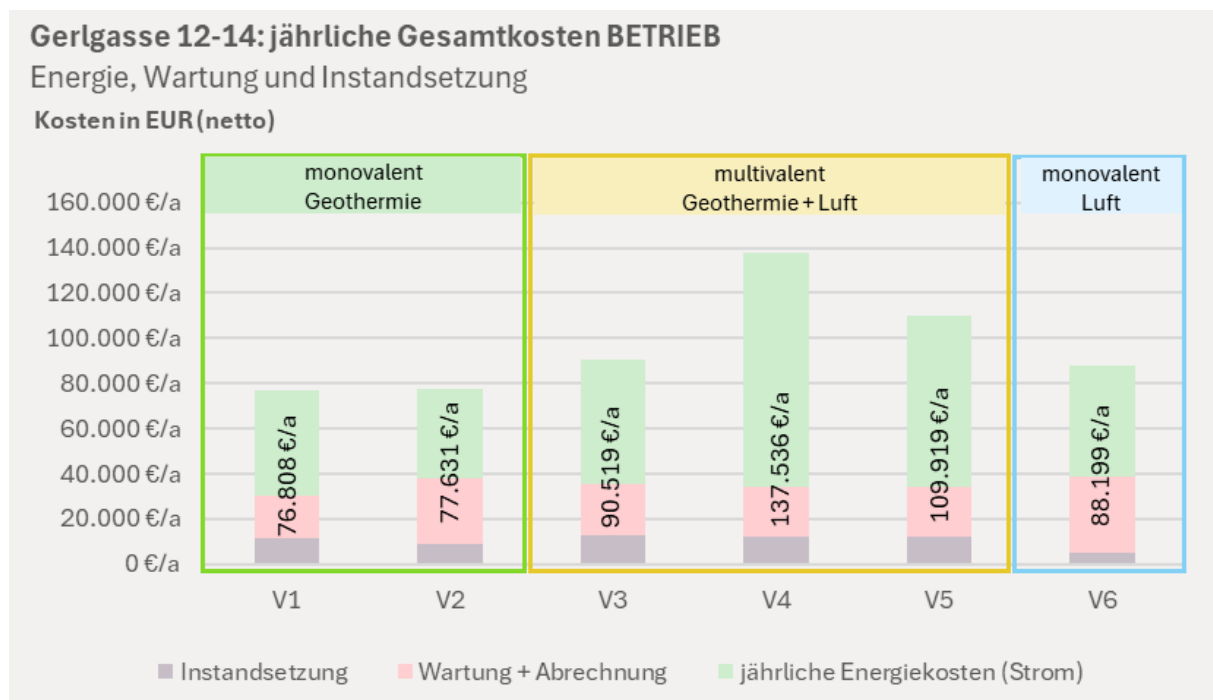


Abbildung 69: Jährliche Gesamtkosten BETRIEB (Energie, Wartung und Instandsetzung), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

Zur Vergleichbarkeit der jährlichen Wärmekosten der Varianten wurden die Stromkosten zur Wärmeerzeugung der einzelnen Varianten in Abbildung 40 gegenübergestellt. Zu erkennen ist, dass die Varianten mit E-Speicher (V4 und V5) deutlich höhere Stromkosten aufweisen. Die Varianten mit Klein-Wärmepumpen (V2 und V6) zeigen aufgrund der niedrigen Verteiltemperaturen und der damit einhergehenden hohen Leistungszahlen einen geringen Stromverbrauch.

Zudem ist ersichtlich, dass die Wahl der Variante einen erheblichen Einfluss (rund 55 %) bei den jährlichen Stromkosten ausmacht und das unabhängig davon, ob ein mono- oder multivalentes System zum Einsatz kommt. Im direkten Vergleich der monovalenten Variante mit Geothermie und

Sole-Wärmepumpe und Frischwasserstationen (V1) zur multivalenten Variante mit Frischwasserstationen (V3) ergibt sich eine Erhöhung der jährlichen Stromkosten von 16 %.

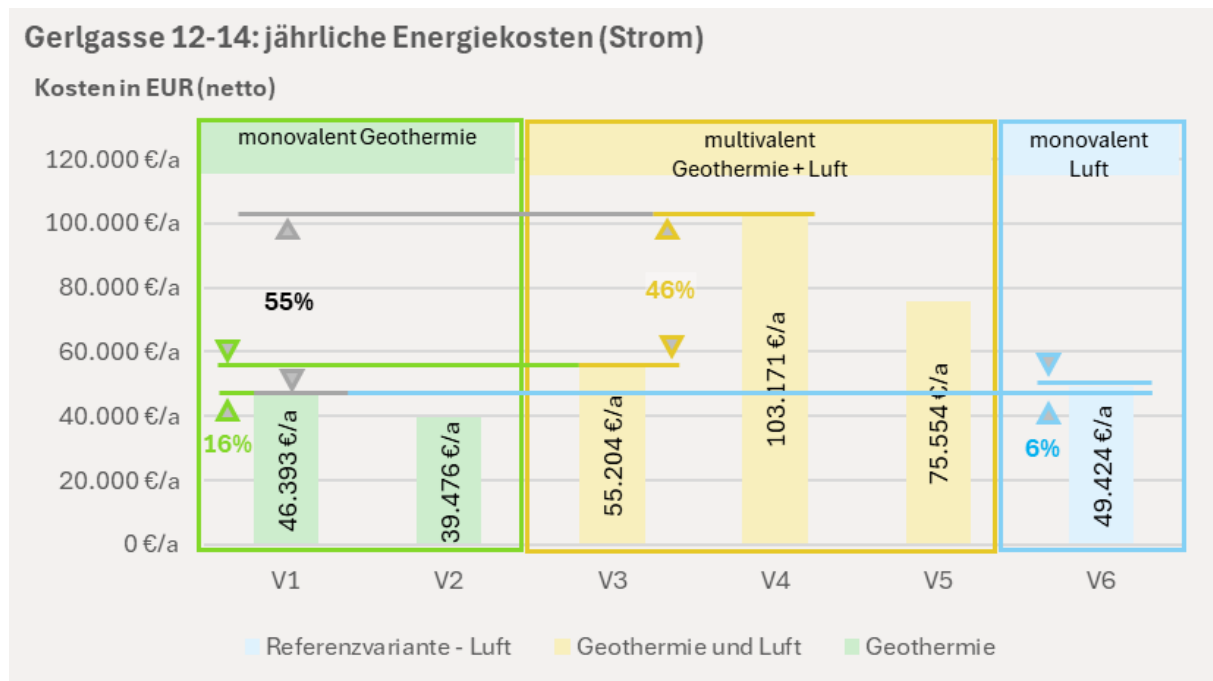


Abbildung 70: Jährliche Energiekosten (Strom) der einzelnen Varianten für Heizung und Warmwasserbereitung, Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

Zur Vergleichbarkeit der Varianten wurden den einzelnen Bauteilen Nutzungsdauern zugeordnet und somit die jährlichen Errichtungskosten ermittelt, die Methodik der Berechnung ist in Kapitel 2.3.1 beschrieben. Das Ergebnis ist in Abbildung 71 dargestellt, wobei die V4 (Kombination Sole- und Luftwärme-Pumpe mit E-Speichern) durch die deutlich höheren Energiekosten im Vergleich zu den anderen Varianten negativ zu beurteilen ist. Die monovalente Lösung in V1 (Basisvariante, 100 % Geothermie und Frischwasserstationen) ist im Vergleich zur multivalenten Lösung V3 (Kombination aus Sole- und Luftwärme-Pumpe mit Frischwasserstationen) um rund 12 % günstiger. Die Errichtung der multivalenten Wärmeversorgung ist durch die Reduktion der Bohrungen bei der Anlage selbst günstiger, hinzu kommen jedoch Mehrkosten für die zusätzlich erforderlichen Verteilungen und die notwendige übergeordnete Gebäudeleittechnik, die eine Kommunikation im Sinne einer energieeffizienten Regelung möglich macht. Zusätzlich wirken sich in diesem konkreten Vergleich die Energiekosten durch die etwas geringere Jahresarbeitszahl bei der multivalenten Lösung im Vergleich zu einer 100 % Geothermielösung negativ aus.

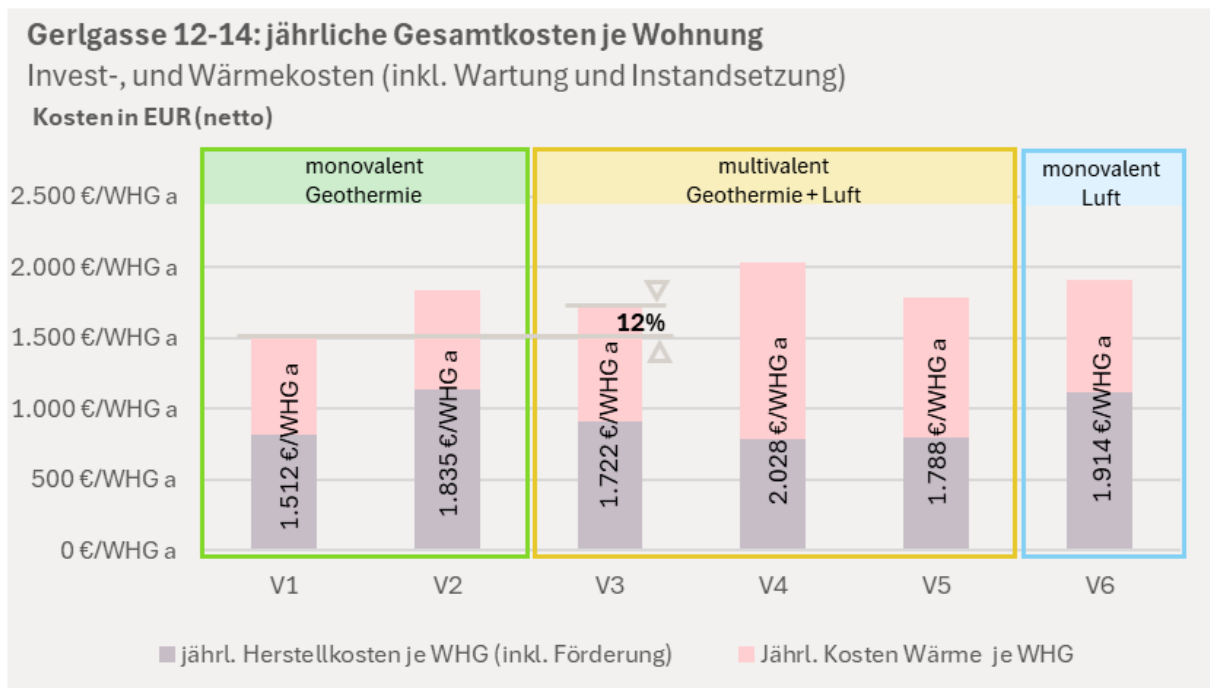


Abbildung 71: Jährliche Gesamtkosten je Wohnung (Investitions- und Wärmekosten), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

In Abbildung 72 sind die Gesamtkosten pro m² je Variante in der Gerlgasse 12-14 gegenübergestellt. Auch hier zeigt sich die monovalente Lösung mit 100 % Geothermie und wohnungsweisen Frischwasserstationen als die günstigste Variante mit jährlichen Gesamtkosten von 27 €/m².

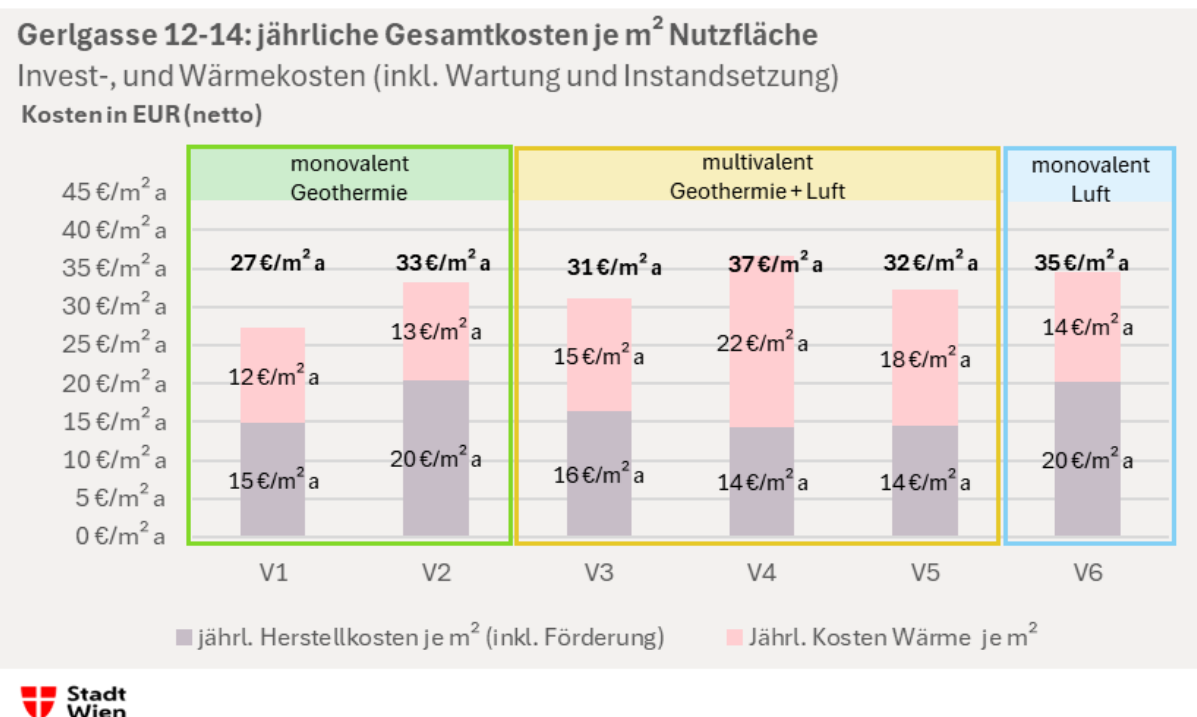


Abbildung 72: Jährliche Gesamtkosten je m² (Invest- und Wärmekosten), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

4.2.4 FAZIT VARIANTENVERGLEICH

Der Variantenvergleich zeigt, dass die Investitionskosten (inkl. Berücksichtigung der Wiener Landesförderung, Stand 07/2025) bei multivalenten Systemen rund 2 % niedriger sind als monovalente Systeme mit Geothermie. Ohne Berücksichtigung der Landesförderung ergibt sich eine Kostendifferenz von rund 3 %. Das monovalente Vergleichssystem ist in diesem Fall 100 % Geothermienutzung und durch die Erweiterung der Fläche auf den öffentlichen Grund ein kostenintensives System.

Beim Vergleich der Kostenanteile sind auch bei diesem Test-Case die Kostentreiber bei den multivalenten Systemen:

- Höhere Anzahl an Komponenten (Wärmepumpen)

- Verteilleitungen (Erdsonden und je nach Lage der Technikzentralen eine zusätzliche Verbindung zwischen Kellergeschoß und Dachgeschoß)

- Übergeordnete Regelung

Die jährlichen Wärmekosten sind im Vergleich mit einer 100 % Geothermielösung bei einem multivalenten System (Kombination aus Geothermie und Luft als Quelle) um rund 18 % höher, dabei berücksichtigt sind Instandsetzungs-, Wartungs- und Abrechnungskosten. Der Anteil der Instandsetzung sowie die Wartung ist bei multivalenten Systemen durch die größere Anzahl an Geräten mit höheren Kosten berücksichtigt.

Im Gesamtvergleich der Varianten zeigt sich, dass die multivalenten Systeme derzeit rund 5 % höhere jährliche Gesamtkosten (Investitions- und Wärmekosten) aufweisen. Ein Vorteil von multivalenten Systemen ist ein möglicher Doppelnutzen für die Entwärmung, hier kann beispielsweise die Luftwärme-Pumpe im Sommer zur Warmwasserbereitung und die Sole-Wärmepumpe zur aktiven Entwärmung verwendet werden. Bei monovalenten Systemen hingegen wäre im konkreten Beispiel mit Frischwasserstationen eine zusätzliche Wärmepumpe für eine aktive Entwärmung erforderlich, die sich auch in den Investitionskosten niederschlagen würde. Bei mono- als auch multivalenten Systemen wäre die passive Entwärmung über Free-Cooling technisch möglich, ist allerdings in der Leistung aufgrund des sich durch den Kühlbetrieb erwärmenden Erdsondenfelds begrenzt. Das multivalente System hat in diesem Fall den Vorteil, dass ggf. auch eine aktive Regeneration der Erdsonden mittels Luft-Wärmepumpen im Sommer erfolgen kann. In dem speziellen Anwendungsfall fallen bei den Varianten ohne Fassadenaktivierung noch zusätzliche Investitionskosten für ein mögliches Kälteabgabesystem an.

Für den Test-Case Gerlgasse 12-14 ergibt sich, dass die Variante V1 mit 100 % Geothermie und zentraler Sole-Wärmepumpe die effizienteste Lösungsoption darstellt. Zu beachten ist hierbei, dass Mehrkosten aufgrund eines erhöhten Planungs- bzw. allfälligen erhöhten Bauaufwandes für Erdsonden im öffentlichen Bereich nicht berücksichtigt wurden. In den Kosten sind lediglich die Mehrkosten, die aufgrund der Gebühren anfallen, berücksichtigt.

An dem Test-Case hat sich gezeigt, dass die Varianten mit E-Speichern zur Warmwasserbereitung in den Investitionskosten wesentlich günstiger ausfallen, im Betrieb hingegen signifikante Mehrkosten aufweisen. Hierbei wird empfohlen, den erhöhten Strombedarf mittels PV-Anlage zu kompensieren.

Der Variantenvergleich der Lösungsoptionen zeigt, dass ein multivalentes System rund 4 €/m²*a teurer ist als ein monovalentes System. Einsparpotenziale sind in folgenden Positionen gegeben:

Wärmeverteilung: Lage der Wärmepumpen --> Luft-Wärmepumpen und Sole-Wärmepumpe möglichst nahe beieinander, Einsparpotenzial rund 0,5 €/m²*a

Übergeordnete Regelung: rund 0,5-1,0 €/m²*a

Elektrotechnik durch die Anzahl an Wärmepumpen rund 0,3 €/m²*a

5. Analyse der Übertragbarkeit auf weitere Gebäude

Die im Rahmen dieser Studie entwickelten Konzepte auf Basis definierter Test-Cases bilden eine Grundlage für die Übertragbarkeit auf andere vergleichbare Gebäude. Im Zuge der Analyse wurden relevante Teilaspekte identifiziert, die bei der Planung und Umsetzung von Dekarbonisierungsmaßnahmen mit multivalenten Wärmequellen im Gebäudebereich berücksichtigt werden müssen. Aufbauend auf den identifizierten Teilaspekten wurden Entscheidungsbäume zur Erleichterung bei der Vorgehensweise bei der System- bzw. Wärmequellenauswahl ausgearbeitet. Ergänzend wird in diesem Kapitel auf die Bedeutung und Möglichkeiten thermischer Sanierungsmaßnahmen sowie auf die verschiedenen Kriterien zur Auswahl der Wärmequellen eingegangen. Die in diesem Kapitel vorgestellten Ergebnisse sollen es so den Leser*innen ermöglichen, das in ihrer Liegenschaft vorhandene Potenzial zur Sanierung bzw. Heizungsumstellung zu erkennen sowie konkrete Fragen zur optimierten Systemauslegung zu stellen.

5.1. Teilaspekte der Übertragbarkeit

Im Allgemeinen lassen sich 9 Teilaspekte der Übertragbarkeit aus der Analyse der Test-Cases identifizieren:

1. Thermische Eigenschaften des Gebäudes: Schlechter gedämmte Gebäude haben einen höheren Wärmebedarf, sind schwerer mit lokal verfügbaren erneuerbaren Wärmequellen zu versorgen und benötigen höhere Vorlauftemperaturen.
2. Wärme- und Kälteabgabesysteme im Gebäude: Je weniger vorhandene Abgabefläche, desto höher muss die Vorlauftemperatur gewählt werden, was die Effizienz der wärmepumpenbasierten Wärmeerzeugung verschlechtert bzw. den Einsatz von Wärmepumpen kosten- und effizienztechnisch unmöglich macht.
3. Zentrale / dezentrale Heizungswärme- / Warmwasser- / Kälteerzeugung: Für den Einsatz lokaler erneuerbarer Wärmequellen bzw. -senken ist eine Zentralisierung zumindest des Heiz- bzw. Kühlsystems unabdingbar. Für die Warmwassererzeugung stehen neben der zentralen Versorgung auch verschiedene dezentrale Lösungen zur Verfügung.
4. Platzbedarf für Erdkollektoren / Erdwärmesonden / Entnahme- und Schluckbrunnen / Luft-Wärmepumpenaußengerät / Solarthermieanlage: Liegenschaften mit geringerem Platzangebot sind deutlich schwieriger aus lokalen erneuerbaren Wärmequellen zu versorgen und erfordern mit größerer Wahrscheinlichkeit eine multivalente anstatt einer monovalenten Systemlösung (z. B. in Kombination mit Luft-Wärmepumpen). Eine platzsparende Möglichkeit stellt die Nutzung von lokal verfügbarer Abwärme (etwa aus dem öffentlichen Kanalnetz, dem im eigenen Gebäude anfallenden Grauwasser, aus

- Lüftungsanlagen oder lokal verfügbarer gewerblicher Abwärme) dar, die lediglich einen zentralen Anschlusspunkt, einen Wärmeübertrager und ggf. eine Wärmepumpe erfordert.
5. Platz für Technikräume und Verteilnetz: Technikräume und Verteilleitungen sind zur Zentralisierung des Heizsystems notwendig und finden häufig in Kellern und Dachböden bzw. bestehenden oder neu angebauten Schächten Platz.
 6. Erschließbarkeit der Wärmequellen (Platz für Bohrgeräte): Ist der Antransport der notwendigen Maschinen zur Wärmequellenerschließung (Brunnen-/Sondenbohrung) aufgrund zu enger / niedriger Durchfahrten erschwert, kann eine Verhebung mittels Krans in Betracht gezogen werden.
 7. Lage in Schutzzonen: Befindet sich ein Gebäude in einer Schutzzone, sind in Abstimmung mit der zuständigen Behörde besondere Vorkehrungen zur optischen Integration von Anlagenteilen zu treffen (etwa bei Außengeräten von Luft-Wärmepumpen). Dies stellt insbesondere einen Kostenfaktor dar (etwa für Einhausungen, speziell gefärbte Fabrikate).
 8. Beschaffenheit des Untergrundes (archäologische Bestände, unterirdische Infrastruktur): Steht ein Grundstück aufgrund vorhandener archäologischer Bestände unter Denkmalschutz, ist in jedem Fall eine Genehmigung des Bundesdenkmalamtes für die Durchführung von Erdbewegungs- / Bohrungsarbeiten einzuholen. Auch bei Vorliegen von archäologisch relevanten, nicht unter Schutz gestellten Flächen ist das Bundesdenkmalamt im Vorhinein vom Vorhaben zu informieren, um notwendige Maßnahmen und ggf. nötige Bewilligungspflichten abzuklären. Archäologische Bestände können die verfügbare Fläche zur Erschließung des geothermischen Potenzials reduzieren. Auf Liegenschaften mit besonders dichter Leitungsinfrastruktur (speziell im öffentlichen Raum) reduziert sich die verfügbare Fläche ebenfalls.
 9. Verglaste Flächen und passive Kühlmöglichkeiten: Je höher der Anteil transparenter Flächen in der Gebäudehülle, desto größer ist der zu erwartende Kältebedarf. Maßnahmen zur Reduktion dieses Bedarfs umfassen etwa Verschattungsvorrichtungen oder Lüftungsstrategien. Besonders in denkmalgeschützten Gebäuden ist die optische Integration außenliegender Verschattungsvorrichtungen zu bedenken. Je höher der Kältebedarf des Gebäudes, desto größer muss auch die Wärmesenkenleistung sein.

Zur strukturierten Darstellung dieser Aspekte und ihrer Wechselwirkungen werden in weiterer Folge Entscheidungsbäume als visuelle Werkzeuge herangezogen. Sie dienen dazu, die oben genannten Teilaspekte systematisch miteinander zu verknüpfen und Planungsentscheidungen zu unterstützen.

5.2. Multi- oder monovalente Wärmeversorgung

Der erste Entscheidungsbaum mit dem Titel „Multi- oder monovalente Wärmeversorgung“ ermöglicht eine grundlegende Bewertung, ob eine multivalente Wärmeversorgung (mehrere Wärmequellen) erforderlich ist oder ob eine monovalente Auslegung (einzelne Wärmequelle) des Wärmesystems ausreicht. In der gebäudetechnischen Praxis wird häufig eine monovalente Wärmeversorgung bevorzugt. Diese Präferenz ergibt sich aus mehreren Gründen:

- Reduktion der Systemkomplexität durch eine geringere Anzahl unterschiedlicher Fabrikate und Hersteller
- Verringerung potenzieller Fehlerquellen sowie der allgemeinen Störanfälligkeit
- Gewährleistung einheitlicher Systemarchitekturen
- Erleichterte Strukturierung und Parametrierung der Regelung, z. B. hinsichtlich der Definition von Umschaltpunkten
- Verbesserte Gerätekommunikation bei herstellerhomogenen Systemen, was bei multivalenten Anlagen nicht durchgängig gewährleistet ist

Für das Konzept der multivalenten Wärmeversorgung sprechen insbesondere die Aspekte der Redundanz sowie das Potenzial zur Dekarbonisierung von Gebäuden durch die Integration mehrerer Wärmequellen. Dadurch 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 teils fossilen bivalenten Systemen dar, bei denen Wärmepumpen lediglich durch konventionelle Kesselsysteme (z. B. Gaskessel) ergänzt werden. Die in der vorliegenden Studie involvierten Projektpartner*innen sind an mehreren Projekten beteiligt, in denen multivalente Systemlösungen zum Einsatz kommen. Im Forschungsprojekt *Sani6Oies* (vgl. FFG, S. A. A) etwa mussten aufgrund zu geringer Platzverfügbarkeit für Erdwärmesonden ergänzend Luft-Wärmepumpen eingeplant werden. Die Luft-Wärmepumpen können nun zusätzlich im Sommer zur aktiven Regeneration des Sondenfelds herangezogen werden, um ausreichend Wärme für die langfristige Erhaltung der Leistungsfähigkeit des Sondenfelds rückzuspeichern. Auch in der *Deutschordenstraße* (*Wiener Wohnen*, vgl. MA20, 2025) kommt eine Kombination aus Erdwärmesonden und Luft-Wärmepumpen zum Einsatz. Im Forschungsprojekt *ZQ3Demo* wurde die Leistung aus dem verfügbaren Potenzial für Erdwärmesonden mittels einer Grundwasser-Wärmepumpe ergänzt (FFG-Nr.: FO999886997, Konsortialleitung: UIV Urban Innovation Vienna GmbH, vgl. FFG, S. A. B). Die Sondierungsstudie *Decarb Alt Erlaa* (FFG-Nr.: 913485, Konsortialleitung: IBR & I Institute of Building Research & Innovation ZT GmbH, vgl. FFG, S. A. C) ergab eine Systemkonfiguration aus Abluft- und Abwasserwärmerückgewinnung zur Warmwasserbereitung sowie Erdwärmesonden zur Heizungswärmebereitung mit Luft-Wärmeübertragern zur zusätzlichen Sondenregeneration.

Abbildung 73 zeigt nun den Entscheidungsbaum für den Einsatz von multi- oder monovalenter Wärmeversorgung. Der Entscheidungsbaum ist wie folgt anzuwenden:

- Der Entscheidungsbaum beginnt mit dem Startpunkt ***Dekarbonisierung Gebäude***.

Danach durchläuft der Prozess klassische Planungsschritte:

- Als erstes erfolgt die **Erhebung der thermischen Qualität der Gebäudehülle**. Dieser Schritt zielt darauf ab, den Zustand der Gebäudehülle zu analysieren und dessen Qualität über Kennzahlen zu quantifizieren.
- Anschließend folgt die **Ausarbeitung von Sanierungsmaßnahmen zur Senkung des Wärmebedarfs bzw. der Vorlauftemperatur** im Heizsystem. Hier werden potenzielle Sanierungsmaßnahmen entwickelt, um den Wärmebedarf des Gebäudes und die Vorlauftemperatur zu senken.
- Es wird eine **Heizlastrechnung** durchgeführt bzw. der **Energieausweis** des Gebäudes mit den möglichen Sanierungsmaßnahmen erstellt, um die Effizienzkennzahlen und den Wärmebedarf des sanierten Gebäudes zu ermitteln. Dieser Schritt liefert jenen Energiebedarf, der jedenfalls durch die Wärmequellen zu decken ist.
- Im nächsten Schritt werden die am Standort verfügbaren **Wärmequellen** systematisch identifiziert und hinsichtlich ihres thermischen Leistungsvermögens sowie des nutzbaren Energiepotenzials bewertet.
- Die erhobenen Wärmequellen werden dann nach deren Effizienz, dem thermischen Leistungsvermögen und hinsichtlich des nutzbaren Energiepotenzials gereiht („**Reihung nach Effizienz und Potenzial**“).

Nach diesem Schritt wird der erste Entscheidungszweig erreicht, bei dem die Frage gestellt wird, ob der Wärmebedarf des Gebäudes mit einer Quelle effizient gedeckt werden kann.

- Wenn die Antwort Ja lautet, führt der Baum zu einer **monovalenten Wärmeversorgung**. Das bedeutet, eine einzige Wärmequelle reicht aus, um den Wärmebedarf effizient zu decken.
- Wenn die Antwort Nein lautet, geht der Prozess zur nächsten Entscheidungsebene über.

Kann das Gebäude mit den getroffenen Sanierungsmaßnahmen nicht effizient mit einer Wärmequelle gedeckt werden, besteht die Möglichkeit, die Erhebung des Wärmebedarfs unter angepassten Randbedingungen durchzuführen („**Optimierte Heizlastrechnung – thermische Gebäudesimulation**“). Relevante Aspekte, die bei dieser Art der Auslegung zu berücksichtigen sind, werden anschließend genauer erläutert.

Nach Durchführung einer optimierten Heizlastrechnung mittels dynamischer Gebäudesimulation kann die Frage, ob der Wärmebedarf des Gebäudes unter angepassten Randbedingungen mit einer Quelle effizient gedeckt werden kann, wiederholt werden.

- Bei Antwort Ja, kann unter diesen optimierten Bedingungen eine **monovalente Wärmeversorgung** – also mit einer Wärmequelle – erfolgen. Allerdings sind die im Anschluss angeführten Aspekte zu berücksichtigen.
- Bei Antwort Nein, führt der Entscheidungszweig zu einer **multivalenten Wärmeversorgung**. Dies impliziert, dass selbst nach einer optimierten Heizlastberechnung mehrere Wärmequellen notwendig sind, um den Bedarf effizient zu decken.

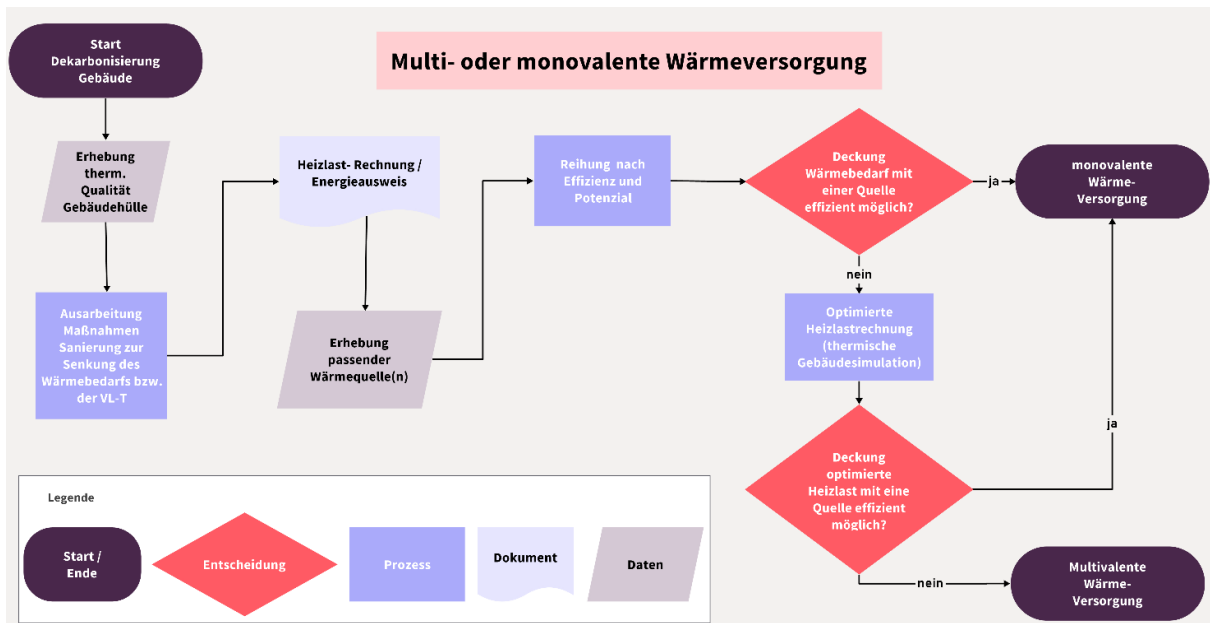


Abbildung 73: Entscheidungsbaum für die Fragestellung, ob ein Gebäude multi- oder monovalent wärmeversorgt werden kann (eigene Darstellung).

OPTIMIERTE HEIZLASTBERECHNUNG MITTELS DYNAMISCHER GEBÄUDESIMULATION

Die thermische Gebäudesimulation stellt einen methodischen Ansatz dar, um Gebäude als virtuelle Modelle – im Sinne eines Digitalen Zwillings – abzubilden. Damit lassen sich energetische und raumklimatische Auswirkungen baulicher und anlagentechnischer Maßnahmen (z. B. Sanierungen oder Änderungen im Heizsystem) quantitativ analysieren. Bereits in der Planungsphase können somit relevante techno-ökonomische und ökologische Kennzahlen abgeleitet und fundierte Entscheidungen getroffen werden.

Im Gegensatz zur klassischen statischen Heizlastberechnung ermöglicht die thermische Gebäudesimulation eine dynamische Analyse, bei der zeitabhängige Einflussgrößen wie Wetterdaten, Regelstrategien oder Eigenschaften der Gebäudehülle berücksichtigt werden. Dies erlaubt eine realitätsnähere Bewertung des thermischen Verhaltens und der Heizleistungsanforderungen unter wechselnden Randbedingungen.

Trotz des hohen Erkenntnisgewinns erfordert die Anwendung entsprechender Simulationssoftware – wie etwa TRNSYS oder IDA ICE – umfangreiche Kenntnisse in der Modellierung und Parametrierung gebäudetechnischer Systeme. Der Aufbau eines validen Simulationsmodells ist deutlich komplexer als bei herkömmlichen Tools zur Heizlastberechnung. Es ist daher ratsam, bereits in der frühen Planungsphase zu klären, ob das zuständige Fach- oder Planungsbüro über entsprechende Kompetenzen in der thermischen Gebäudesimulation verfügt.

Ein wesentlicher Vorteil dieser Methode liegt in der Möglichkeit, die Heizlast nicht nur für einen normativ definierten Betriebspunkt zu ermitteln, sondern über einen Zeitraum hinweg unter realen Klimabedingungen zu analysieren. So kann die Auslegung des Wärmeerzeugungssystems auf Basis der tatsächlich am Standort aufgetretenen Außentemperaturen der vergangenen Jahre erfolgen. Dies führt zu einer bedarfsgerechteren Dimensionierung und reduziert das Risiko einer Überdimensionierung, wie sie häufig bei normbasierten Auslegungen (z. B. für eine Norm-

Außentemperatur von etwa -12 °C laut ÖNORM B 8110-5 für Wien) auftritt – obwohl solche tiefen Temperaturen in der Realität nur selten erreicht werden. Eine überdimensionierte Auslegung kann insbesondere bei Wärmepumpensystemen zu ineffizientem Teillastbetrieb und damit zu energetischen Verlusten führen. Daneben sind die Investitionskosten für größere Maschinen auch teurer als für kleinere.

HINWEIS ZUR AUSLEGUNG ABWEICHEND VON DER STATISCHEN HEIZLASTBERECHNUNG LAUT ÖNORM B 8110-5

Im vorliegenden Bericht etwa wurde für die Test-Cases in Abweichung zur Norm die Annahme getroffen, dass die an benachbarte Gebäude angrenzenden Mauern keine Wärmeverluste haben (da diese ebenfalls bewohnt sind und daher davon ausgegangen werden kann, dass diese ähnlich temperiert sind). Weiters können Heizungsanlagen auch auf höhere Außentemperaturen als der Norm-Außentemperatur ausgelegt werden. Bei derartigen Annahmen zur Auslegung außerhalb der geltenden Normvorgaben sollte beachtet werden, dass in seltenen Fällen mit sehr tiefen Außentemperaturen eine Unterdeckung der Heizlast auftreten kann. Dieses Risiko lässt sich durch die Integration eines Backup-Systems – etwa eines elektrischen Heizstabs im Pufferspeicher – technisch absichern, um im Bedarfsfall zusätzliche Wärme bereitzustellen.

Zudem ermöglicht die Simulation eine gezielte Analyse besonders empfindlicher Zonen innerhalb des Gebäudes (z. B. Nordorientierung, geringe Wärmeabgabeflächen, hohe Transmissionsverluste). Unterschreiten diese über längere Zeiträume kritische Komfortgrenzwerte, sind entsprechende Anpassungen in der Systemauslegung oder Raumversorgung erforderlich.

5.3. Thermische Qualität der Gebäudehülle und Abgabesysteme

Ein zentraler Einflussfaktor für die Auswahl und Auslegung eines geeigneten Wärmeerzeugungssystems ist der spezifische Wärmebedarf des Gebäudes. Mit steigendem Wärmebedarf erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass mehrere Wärmequellen erforderlich werden, um eine vollständige Deckung sicherzustellen. Aus diesem Grund stellt die thermische Qualität der Gebäudehülle einen wesentlichen Parameter in der Systemplanung dar.

Zur Bewertung der thermischen Gebäudequalität ist zunächst eine detaillierte Analyse der Hüllflächen durchzuführen. Eng damit verknüpft ist das notwendige Temperaturniveau des Heizsystems, welches maßgeblich die Effizienz wärmepumpenbasierter Systeme beeinflusst. Ein niedrigeres Vorlauftemperaturniveau erhöht die Systemeffizienz erheblich.

Daher ist es grundsätzlich empfehlenswert, in einem ersten Projektschritt energetische Sanierungsmaßnahmen umzusetzen, die sowohl den Heizwärmebedarf als auch das erforderliche Vorlauftemperaturniveau des Heizsystems senken. Ziel ist es, eine Versorgung mit Niedertemperaturwärme (typischerweise ≤ 55 °C) zu ermöglichen.

Zu den vorrangig zu prüfenden Maßnahmen zählen insbesondere:

- 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.

Bereits einzelne dieser Maßnahmen können den Heizwärmebedarf signifikant reduzieren und somit die Voraussetzung für einen wirtschaftlichen und effizienten Wärmepumpenbetrieb schaffen.

Ergänzend zu gebäudehüllenseitigen Verbesserungen kann eine Anpassung des Wärmeabgabesystems zur weiteren Senkung des erforderlichen Vorlauftemperaturniveaus beitragen. Mögliche Maßnahmen zur Reduktion der Vorlauftemperatur sind:

- Austausch konventioneller Heizkörper durch gebläseunterstützte Niedertemperaturradiatoren („Wärmepumpenheizkörper“) – bei Gebäuden ohne aktive Entwärmung im Sommer stellt diese Maßnahme eine zentrale Voraussetzung dar,
- Ergänzung durch Flächenheizsysteme (z. B. Fußboden- oder Wandheizung),
- thermische Aktivierung von Fassadenelementen (vorausgesetzt, es handelt sich nicht um stark gegliederte Fassaden).

Sollten diese Anpassungen nicht realisierbar sein und das notwendige Vorlauftemperaturniveau über 55 °C liegen, ist von der Nutzung eines wärmepumpenbasierten Systems abzuraten. In solchen Fällen sind alternative Wärmeversorgungslösungen wie Fernwärme oder Biomasseheizsysteme zu prüfen. Ist hingegen eine Niedertemperaturversorgung technisch möglich, folgt im nächsten Planungsschritt die standortbezogene Potenzialanalyse verfügbarer Wärmequellen.

5.4. Standortanalyse zur Ermittlung verfügbarer Wärmequellen für die Gebäudewärmeversorgung

Zur Identifikation und Bewertung potenziell nutzbarer Wärmequellen im Rahmen einer nachhaltigen Wärmeversorgung von Gebäuden wird eine systematische Standortanalyse durchgeführt. Allgemein lassen sich folgende regenerative oder anthropogene Wärmequellen berücksichtigen:

- 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
- Sonnenenergie

Zunächst werden relevante raumbezogene Informationen zu den potenziellen Wärmequellen zusammengetragen. Hierzu zählen insbesondere digitale Geoinformationssysteme (GIS) und Katasterdaten, die in vielen Fällen öffentlich und frei zugänglich sind. Aufbauend auf der Datenerhebung erfolgt eine quantitative Bewertung des theoretisch und technisch nutzbaren Wärmepotenzials der identifizierten Quellen. Diese Potenzialanalyse bildet die Grundlage für eine weiterführende energetische Planung.

Als Datenquelle können unter anderem folgende Kataster herangezogen werden:

Tabelle 37: Datenquellen für raumbezogene Informationen zu den potenziellen Wärmequellen.

Kataster / Datenquelle	Enthaltene Informationen	Link
Wien Umweltgut	Umfangreiche Datenbank für relevante Informationen betreffend Erdwärmepotenzial, Abwärme, Grundwasser, Solarpotenzial	https://www.wien.gv.at/umweltschutz/umweltgut/
Geothermie-Atlas	Flächendeckende geologische und hydrogeologische Informationen sowie grundstücksbezogene Potenzialabfrage	https://geothermieatlas.geosphere.at/
Flächenwidmungs- und Bebauungsplan	Grundstücksgrenzen, Bebauungsdichte und Bauweise, Nutzungskategorien von Gebäuden	https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/flaechenwidmung/auskunftssystem.html
Digitaler zentraler Leitungskataster	Informationen über die eingelegte Infrastruktur im öffentlichen Straßenraum (kostenfreie Auskunft via Antrag bei MA28)	https://www.wien.gv.at/verkehr/strassen/pdf/zlk-auskunft-antrag.pdf
Wärmeatlas Österreich	Visualisierung des Wärmebedarfs von Gebäuden und Potenzial für Fernwärme und dezentrale Wärmelösungen für ganz Österreich	https://waermeplanung.at/waermeatlas/
Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)	Informationen zur Solarstrahlung, der Performance von PV-Anlagen und meteorologischen Daten	https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photo-voltaic-geographical-information-system-pvgis_en

Zur systematischen Identifikation und Auswahl geeigneter Wärmequellen für die multivalente Wärmeversorgung von Gebäuden wird ein Entscheidungsbaum entwickelt. Dieser stellt den Auswahlprozess in einer übersichtlichen, grafischen Form dar und bündelt die wesentlichen Entscheidungsfragen, die sich Planerinnen und Planer im Rahmen der Wärmequellenwahl stellen müssen. Dabei werden potenzielle Wärmequellen hinsichtlich ihres energetischen Potenzials sowie ihrer voraussichtlichen Effizienz bewertet und auf dieser Grundlage geeignete Einzel- oder Kombinationslösungen abgeleitet. Der gesamte Entscheidungsbaum befindet sich aus Platzgründen im Anhang in Kapitel 0, weshalb im Folgenden dessen Struktur und Lesart nur anhand von Ausschnitten erläutert werden.

Der Entscheidungsbaum beginnt mit der übergeordneten Fragestellung nach der Auswahl einer geeigneten Wärmequelle zur Deckung des Heizwärme- und Warmwasserbedarfs eines Gebäudes. Darauf aufbauend erfolgt eine sequenzielle Prüfung möglicher Wärmequellen, wobei die Reihenfolge der Betrachtung auf Basis der zu erwartenden Quellentemperatur erfolgt. Diese hat einen entscheidenden Einfluss auf die Effizienz des Wärmepumpenbetriebs. Abschließend kann auch die Solarthermie als ergänzende Wärmequelle – insbesondere für die Warmwasserbereitung – herangezogen werden, um so die Energiekosten zu senken. Es sei angemerkt, dass eine ganzjährige Warmwasserversorgung aus Solarthermie allein im urbanen Bereich aufgrund des geringen Flächenangebots schwer realisierbar ist. Für jede Wärmequelle wird zunächst das verfügbare Potenzial auf Basis öffentlich zugänglicher Katasterdaten und zusätzlicher Informationen abgeschätzt. Dieser Prüfschritt wird im Entscheidungsbaum als „**Check Potenzial**“ bezeichnet.

Beispielhaft gestaltet sich die Entscheidungslogik am Knotenpunkt „**Check Potenzial Abwasser**“ wie folgt:

- Zunächst wird das theoretische Potenzial der Wärmequelle Abwasser auf Grundlage von Katasterdaten, verfügbaren Temperaturprofilen und bekannten Volumenströmen abgeschätzt.

Im Anschluss werden spezifische technische und infrastrukturelle Voraussetzungen geprüft, die für eine mögliche Nutzung erfüllt sein müssen. Für Abwasser sind dies beispielsweise (vgl. Abbildung 74):

1. Ist ein Anschlusspunkt an das öffentliche Kanalnetz mit ausreichendem Durchfluss in vertretbarer Reichweite vorhanden?
 2. Ist ein Anschlusspunkt für die zentrale Abwassernutzung im Gebäude vorhanden, sodass eine Grauwassernutzung möglich ist?
- Wird mindestens eine dieser Voraussetzungen erfüllt, kann der **Einsatz von Abwasserwärmerückgewinnung** grundsätzlich in Betracht gezogen werden.
 - Daraufhin wird geprüft, ob das erschlossene Potenzial ausreichend ist, um die erforderliche Heizleistung für das betrachtete Gebäude zu decken („**Ausreichend Leistung vorhanden?**“). Dabei ist zu beachten, dass die Potenziale aller bis dahin geprüften Wärmequellen kumulativ betrachtet werden.
 - Sofern das identifizierte Potenzial als technisch und wirtschaftlich erschließbar eingeschätzt wird, erfolgt eine Bewertung und Priorisierung der Wärmequellenoptionen. Die Kriterien für diese Priorisierung werden nachfolgend erläutert.
 - Falls das Potenzial einer geprüften Wärmequelle nicht ausreicht oder bestimmte Bedingungen nicht erfüllt sind, führt der Entscheidungsbaum zur nächsten verfügbaren Wärmequelle („**Prüfung weitere Wärmequelle**“). Im konkreten Beispiel folgt auf die Abwasseranalyse die Potenzialprüfung für die Wärmequelle Abluft sowie weiteren Wärmequellen, bis ein Zielknoten erreicht wird.
 - Am Ende des Prozesses steht die Bewertung und Priorisierung sinnvoller Kombinationen der Potenziale. Sollten keine geeigneten Wärmequellen gefunden worden sein oder die Potenziale nicht ausreichen, wird nach einer "**Alternative Wärmeversorgung**" gesucht.

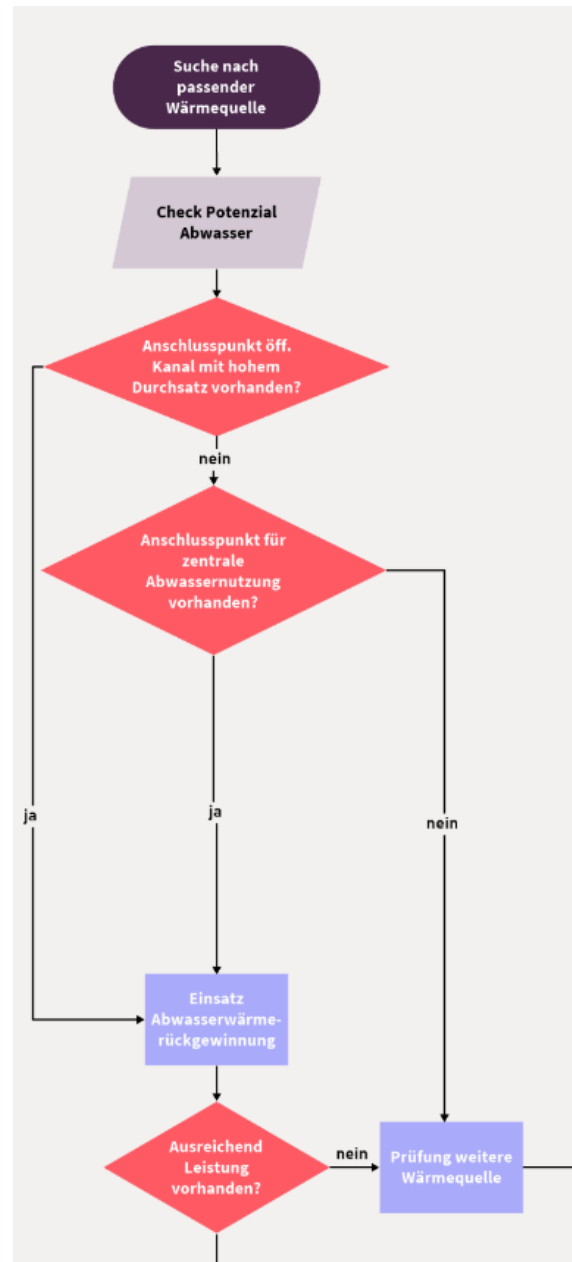


Abbildung 74: Entscheidungszweig für die Wärmequelle Abwasser (eigene Darstellung).

Folgende Teilaspekte bzw. Fragen ergeben sich bei der Potenzialerhebung der unterschiedlichen Wärmequellen:

Abluftwärme (vgl. Abbildung 75 links):

1. Ist ein zentrales Lüftungssystem vorhanden, aus dem die Wärme der Abluft ohne großen technischen und baulichen Aufwand möglich ist?
2. Ist eine Zentralisierung der Abluft möglich?
3. Ist eine dezentrale Nutzung der Abluft auf Wohnungsebene ohne großen technischen und baulichen Aufwand sinnvoll möglich?

Grundwasserwärme (vgl. Abbildung 75 rechts):

1. Sind Freiflächen für die Errichtung von Förder- und Schluckbrunnen vorhanden?
2. Gibt es keine Einschränkung bestehender Nutzungsrechte von anderen Objekten bzw. Grundstücken?
3. Liegt ein archäologischer Bestand am Grundstück vor und wenn ja, ist eine Bohrbewilligung vorhanden?
4. Gibt es ausreichend Platz für die Einbringung der Bohrgeräte?

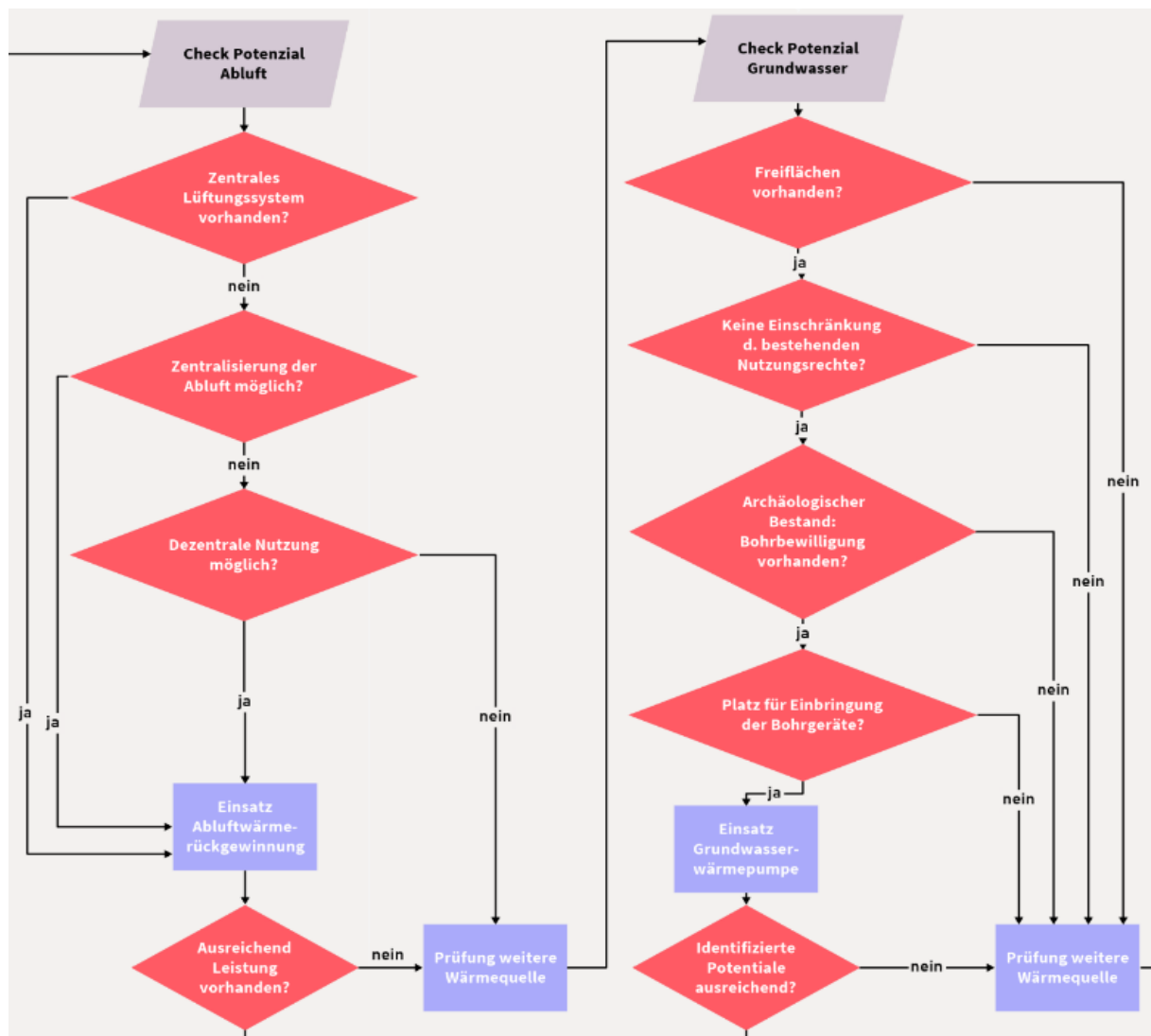


Abbildung 75: Entscheidungszweig für die Wärmequellen Abluft und Grundwasser (eigene Darstellung).

Erdsonden (vgl. Abbildung 76 links):

1. Sind ausreichend Freiflächen am Eigengrund vorhanden?
2. Sind Freiflächen am öffentlichen Gut (z. B. Straße, Gehsteig, Park- oder Grünanlagen) vorhanden?
3. Liegt ein archäologischer Bestand am Grundstück vor und wenn ja, ist eine Bohrbewilligung vorhanden?
4. Gibt es ausreichend Platz für die Einbringung der Bohrgeräte?

Luftwärme-Pumpe (vgl. Abbildung 76 rechts):

1. Ist ein Aufstellungsplatz für das Außengerät vorhanden?
2. Liegt das Gebäude in einer Schutzzone?
3. Kann die Einhaltung des erlaubten Schallmaßes gewährleistet werden?
4. Gibt es die Möglichkeit der Aufstellung über Dach?
5. Gibt es die Möglichkeit schalldämpfender Maßnahmen?

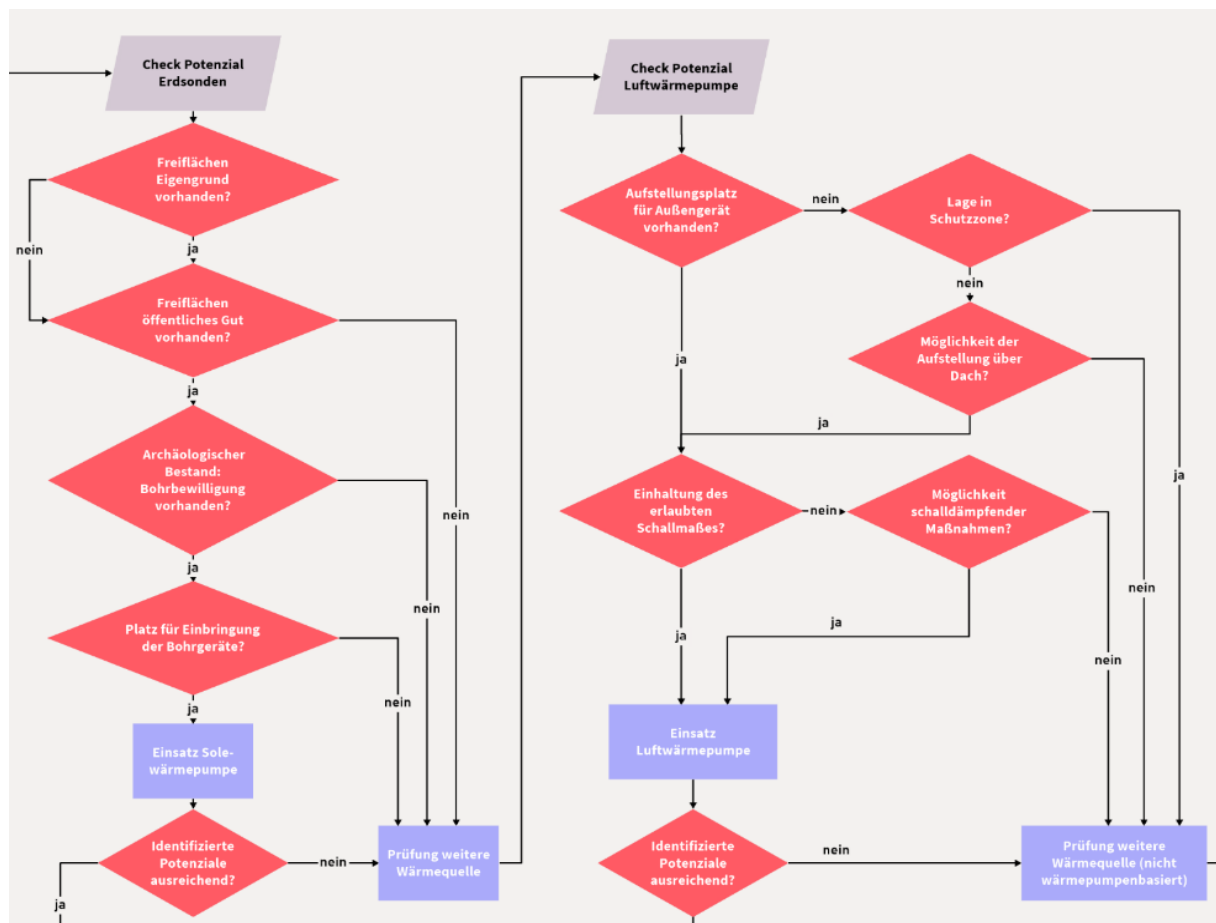


Abbildung 76: Entscheidungszweig für die Wärmequellen Erdsonden und Luftwärme-Pumpe (eigene Darstellung).

Solarthermie (vgl. Abbildung 77):

1. Ist ausreichend freie Dachfläche in entsprechender Ausrichtung (Ost, Süd oder West) vorhanden?
2. Ist die Tragkraft des Daches ausreichend oder nachrüstbar?

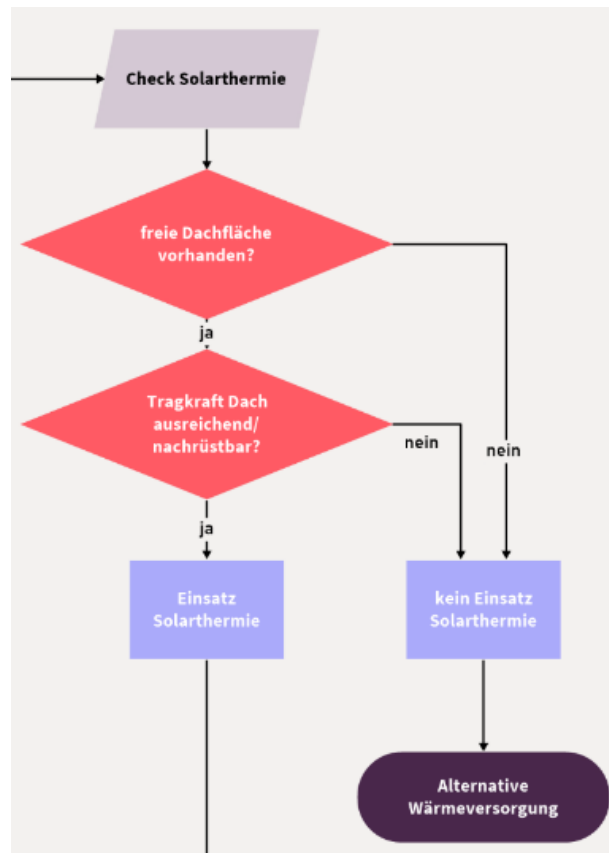


Abbildung 77: Entscheidungszweig für die Wärmequelle Solarthermie (eigene Darstellung).

Zusammenfassend ist der Entscheidungsbaum ein systematisches Werkzeug, das basierend auf einer Reihe von technischen, rechtlichen und räumlichen Kriterien dabei hilft, die Machbarkeit und Eignung verschiedener Wärmequellen für ein Gebäude zu überprüfen.

Prioritär wird eine Reihung auf Basis der Quelltemperaturen vorgeschlagen, da dieser maßgebliche Einfluss auf die Effizienz der Wärmebereitung hat. Darüber hinaus lassen sich weitere Kriterien ableiten:

Tabelle 38: Kriterien für die Reihung der Wärmequellen.

Kriterium	Beschreibung
Temperaturniveau & Effizienz	Je höher die Quelltemperatur, desto höher die Effizienz: Hoch: Grauwasser, Abluft Mittel: Grundwasser, Erdwärmesonden Niedrig: Umgebungsluft (stark schwankend - am kältesten, wenn der Wärmebedarf am höchsten ist)
Zeitliche Verfügbarkeit & Konstanz	Ganzjährig verfügbare Wärme oder nur saisonal: Hoch: Grundwasser, Geothermie, Abwasser – Grundlastabdeckung Mittel: Abluft (abhängig von Betriebszeiten der Lüftungsanlage) Niedrig/Intermittierend: Solarthermie (Tag/Nacht, Sommer/Winter), Umgebungsluft (Temperatur schwankt stark, am kältesten, wenn der Wärmebedarf am höchsten ist) - Spitzenlastdeckung oder als Zusatzquelle für Warmwasser
Erschließungskosten	Kosten für die Erschließung der Wärmequelle: Hoch: Geothermie, zentrale Abwasserwärmenutzung Mittel: Grundwasser, Solarthermie Niedrig: Luft-Wärmepumpen
Platzbedarf und räumliche Koppelung	Wie viel Fläche benötigt wird: Hoch: Erdwärmenutzung durch Flachkollektoren Mittel: Erdwärmesonden, Solarthermie Niedrig: Luft-Wärmepumpen, Grauwassernutzung im Gebäude
Genehmigungsaufwand	Erforderliche Genehmigungen: Hoch: Geothermie, Grundwasser und öffentliches Abwasser (wasserrechtliche/bergrechtliche Genehmigungen) Niedrig: Solarthermie, Luft-Wärmepumpe, gebäudeinterne Abluft-/Abwassernutzung.

Die Kombinierbarkeit der verschiedenen Wärmequellen kann dabei als Kombinationsmatrix dargestellt werden, siehe Tabelle 39. Diese zeigt die Eignung verschiedener Wärmequellenkombinationen unter der Prämisse der Sinnhaftigkeit und Nutzung von Synergieeffekten. Die Bewertung wurde unter der Annahme, dass lediglich gebäudeeigene Abwärmequellen (Abluft, Abwasser) genutzt werden und dass das Gebäude ein reines Wohngebäude ist, in dem keine gewerblichen Abwärmequellen vorhanden sind.

Tabelle 39: Bewertung der Eignung verschiedener Wärmequellenkombinationen.

	Abwasser	Abluft	Grundwasser	Geothermie	Umgebungsluft	Solarthermie
Abwasser	-	✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓	✓
Abluft	✓	-	✓✓✓	✓✓✓	✓✓	✓
Grundwasser	✓✓✓	✓✓✓	-	✓	✓✓✓	✓✓
Geothermie	✓✓✓	✓✓✓	✓	-	✓✓✓	✓✓
Umgebungs- luft	✓✓	✓✓	✓✓✓	✓✓✓	-	✓
Solarthermie	✓	✓	✓✓	✓✓	✓	-

Wie ersichtlich, ist **Abwasser** gut mit allen anderen Wärmequellen kombinierbar, allerdings wird gebäudeeigenes Abwasser nicht für gesamten Wärmebedarf ausreichen und deshalb wäre die Kombination mit Solarthermie weniger sinnvoll. Auch die Kombination aus Abwasser und Abluft als reines Wärmerückgewinnungssystem wird den Bedarf nicht voll decken, weshalb diese Kombination auch als weniger sinnvoll bewertet wird, solange nur gebäudeeigenes Abwasser und gebäudeeigene Abluft vorhanden sind. Die Kombination aus Abwasser mit Grundwasser bzw. Geothermie verspricht eine Systemeffizienz als eine Kombination mit Umgebungsluft.

Abluft in Kombination mit Grundwasser und Geothermie ist als sehr effizient zu bewerten. Zudem kann Abluft im Sommer zu Regeneration der Sonden genutzt werden. Die Kombination mit Umgebungsluft möglich, aber nicht die effizienteste Lösung, da die Abluft-Wärmerückgewinnung wahrscheinlich für die Warmwasserbereitung und die Umgebungsluft für Heizungswärmebereitung genutzt wird; in diesem Fall würde dann nur die Warmwassererzeugung ganzjährig effizient arbeiten.

Grundwasser ist sehr gut mit allen Wärmequellen kombinierbar, weil dieses auch als monovalentes System sehr effizient ist und die Ergänzung anderer Wärmequellen ohne Effizienzeinbußen gut möglich ist. Die Kombination mit Solarthermie würde auch wieder nur im Sommer einen Effizienzgewinn bieten und die Grundwasser-Wärmepumpe müsste als monovalentes System im Winter ausreichend Leistung zur Verfügung stellen können.

Geothermie in Kombination mit Abluft, Abwasser bzw. Umgebungsluft eignet sich besonders gut, weil alle Quellen ganzjährig relativ stabile Temperaturen haben und vor allem Abluft und Umgebungsluft im Sommer einen höheren Wärmeanfall haben, der regeneriert werden kann. Solarthermie ist gut kombinierbar und bietet auch die Möglichkeit als Wärmequelle zur

Regeneration, kann allerdings in der Regel nicht maßgeblich im Winter zur Wärmebereitung beitragen. Die Kombination aus Geothermie und Grundwasser bringt nicht unbedingt einen Effizienzgewinn und zieht u. U. thermische Wechselwirkungen im Untergrund nach sich; dürften bei fachgerechter Planung diese aber vermeidbar sein.

Umgebungsluft ist besonders gut mit Grundwasser und Geothermie zu kombinieren, weil die Warmwassererzeugung im Sommer effizient mit der Umgebungsluft gemacht werden kann. Eine Kombination mit Abluft und Abwasser ist gut möglich, allerdings reichen beide Quellen nicht zur ganzjährigen Wärmebedarfsdeckung aus und es ist immer ein Beitrag aus der Umgebungsluft nötig. Die Kombination mit Solarthermie läuft im Winter ineffizient, weil das System hier de facto als monovalentes Luft-Wärmepumpensystem arbeitet.

Solarthermie eignet sich gut als Ergänzung für Grundwasser und Geothermie, kann allerdings nur im Sommer und in der Übergangszeit ergänzen und nicht im Winter. Die Grundwasser- bzw. Sole-Wärmepumpe müsste also im Winter als monovalentes System fungieren, der Effizienzgewinn besteht also nur im Sommer. Im Sommer eignet sich Solarthermie besonders gut zur Regeneration von Geothermie. Im Vergleich hat sie aber weniger Vorteile in Kombination mit der im Winter ineffizienten Umgebungsluft, weil sie die Effizienzeinbußen der Umgebungsluft im Winter nicht abfangen kann, bzw. in Kombination mit gebäudeeigenem Abwasser und gebäudeeigener Abluft, weil damit die nötigen Leistungen wahrscheinlich nicht zur Verfügung gestellt werden können.

Es zeigt sich also, dass prinzipiell jede Kombination möglich ist, allerdings starke Einschränkungen hinsichtlich der zu erwartenden Leistungen bestehen (insbesondere Solarthermie, aber auch gebäudeeigene Abwärmequellen), deren (saisonale) Defizite durch weitere Wärmequellen ausgeglichen werden müssen. Nach erfolgter Auswahl geeigneter Wärmequellen und ggf. der Entscheidung für eine Wärmequellenkombination richtet sich der planerische Fokus sodann auf die gebäudeinterne Wärmeverteilung sowie die Warmwasserbereitung. Im folgenden Kapitel werden hierfür verschiedene technische Lösungsansätze im Kontext unterschiedlicher haustechnischer Systemkonfigurationen vorgestellt.

6. Lösungsoptionen für weitere typische Gebäude

Es ist schwierig, eine pauschale Aussage darüber zu treffen, ob die hier präsentierten Lösungsoptionen auf ähnliche Gebäude übertragbar sind. Dies liegt unter anderem daran, dass sich die zu sanierenden Gebäude nicht nur in ihrer Architektur, sondern auch in ihrem Standort und dessen spezifischen Eigenschaften wie z. B. Bodentemperatur, Grundwasserergiebigkeit, geographische Ausrichtung etc. unterscheiden. Dennoch wurde in diesem Kapitel versucht, die derzeit relevanten Möglichkeiten der Heizungssanierung darzustellen und die Vor- bzw. Nachteile im Hinblick auf unterschiedliche Zielsetzungen zu strukturieren.

Als Zielvorgabe der Wärmeerzeugung wurde im Rahmen des Projektes definiert, die möglichen Quellen dem prognostizierten Bedarf zuzuordnen und ein möglichst effizientes Gesamtsystem zu errichten. Zudem sind die Vor- und Nachteile einer multivalenten Energieversorgung und das Herausarbeiten von technisch sinnvollen Systemkombinationen im Fokus der Arbeit gestanden.

6.1. Kurzzusammenfassung der Optionen zu Wärmequellen, Wärmeabgabe und Warmwassererzeugung

Einleitend werden die Optionen der Wärmeabgabesysteme und Warmwassererzeugung sowie der Wärmequellen allgemein zusammengefasst und im Anschluss typische Wärmequellenkombinationen als Ergebnis diskutiert.

6.1.1 VARIANTEN DES WÄRMEABGABESYSTEMS UND DER WARMWASSERERZEUGUNG

Generell steht man vor der Herausforderung, das Temperaturniveau der Verteilleitungen abzusenken, um die damit einhergehenden Verteilverluste zu minimieren. Insbesondere die zentrale Warmwasserbereitung mit einer zusätzlichen Zirkulationsleitung bietet großes Einsparungspotenzial, da bei dem herkömmlichen System mit zwei Heißwasserleitungen von der Zentrale bis zu den einzelnen Wohnungen hohe Wärmeverluste entstehen. Insbesondere dann, wenn diese Leitungen eine unzureichende Wärmedämmung aufweisen. Dadurch ist es sinnvoll, die Warmwasserbereitung dezentral in die Wohnungen zu verlegen. Systeme, die derzeit für die Wärmeabgabe und die Warmwassererzeugung im Zuge einer Sanierung möglich wären, sind:

- Variante 01: Radiatoren und Frischwasserstation
- Variante 02: Radiatoren und E-Speicher mit Wärmeübertrager
- Variante 03: Radiatoren und Brauchwasser-Wärmepumpe
- Variante 04: Kleinst-Wärmepumpe und Brauchwasser-Wärmepumpe
- Variante 05: Klein-Wärmepumpe und Bestandsabgabesystem

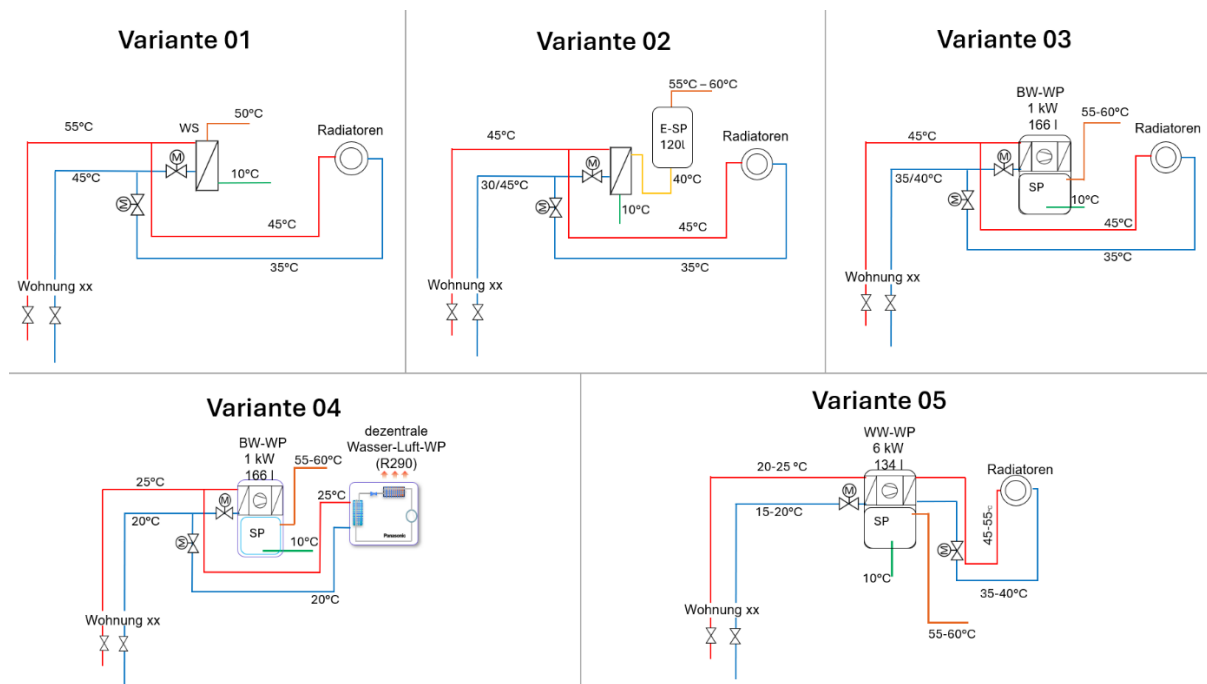


Abbildung 78: Schematische Darstellung der möglichen Varianten des Wärmeabgabesystems und der Warmwassererzeugung (eigene Darstellung).

In Abbildung 78 sind die Varianten 01 bis 05 der Wärmeabgabesysteme und der Warmwasserbereitung schematisch dargestellt. Der einfachste Weg, die Warmwasserbereitung zu dezentralisieren, bieten Frischwasserstationen wie in Abbildung 78 (Variante 01) ersichtlich. Hierfür wird das heiße Verteilnetz der Heizung genutzt, um das Frischwasser über einen Wärmeübertrager zu erwärmen. Die herkömmlichen Radiatoren können in dem Fall für die Wärmeabgabe beibehalten werden. Wenn die Gebäudehülle nicht thermisch saniert wird und die Transmissionswärmeverluste gleichbleiben, müssen die Bestandsradiatoren bei Absenken der Vorlauftemperatur auf 55 °C auf die geänderte Wärmeabgabeleistung geprüft werden. Radiatoren vom Typ 10 (ohne Konvektionsbleche) müssen beim Absenken der Vorlauftemperatur jedenfalls getauscht werden.

Bei Variante 02 und 03 wird die Vorlauftemperatur auf 45 °C gesenkt. Für die Warmwasserbereitung wird nun entweder ein E-Speicher oder eine dezentrale Wärmepumpe notwendig, um die erforderliche Mindesttemperatur des Warmwassers von 55 °C zu erzeugen. Die Radiatoren können, wenn deren Leistung ausreicht, bei einer thermischen Sanierung beibehalten werden. Die Wärmeabgabe der Bestandsradiatoren ist für jeden Raum zu prüfen und die neue Abgabeleistung bei verringerter Vorlauftemperatur zu errechnen. Hierfür werden die Abmessungen und Typ der Radiatoren benötigt. Alternativ kann auch das Datenblatt die notwendigen Informationen liefern. Ist die Leistung der Bestandsradiatoren kleiner als die für den spezifischen Raum erforderliche, muss ein Tausch erfolgen.

Variante 04 der Abbildung 78 ermöglicht eine weitere Reduktion der Vorlauftemperatur auf 25 °C. Die Warmwassererwärmung findet wie bereits in Variante 03 über eine dezentrale Wärmepumpe statt. Die Bestandsradiatoren werden bei dieser Variante durch Kleinst-Wärmepumpen ersetzt. Diese werden über das 25 °C warme Netz mit Wärme versorgt. Zusätzlich wird ein Stromanschluss neben jedem Radiator benötigt. Eine Kühloption ist durch die Kleinst-Wärmepumpen gegeben.

In Variante 05 ist das Verteilnetz auf Quelltemperatur bzw. etwas darüber. Die Warmwasser- und Heizwärmeerzeugung für die Wohnung wird in diesem Fall dezentral von einer Wärmepumpe mit höherer Leistung bereitgestellt. Die Bestandsradiatoren können wie für Variante 02 und 03 beibehalten werden, wenn das Gebäude thermisch saniert wird. Ansonsten ist die Abgabelleistung zu prüfen. Bei reversiblen Wärmepumpen ist für Variante 05 eine Kühloption gegeben.

In den Varianten 04 und 05 erfolgt der Großteil der Wärmeerzeugung direkt in der Wohnung. Dadurch lassen sich Verteilverluste deutlich reduzieren – ein Vorteil insbesondere bei vielen Wohneinheiten und langen Leitungswegen. Bei wenigen Wohneinheiten und/oder kompakter Bauweise hingegen fallen die Leitungsverluste geringer aus. In solchen Fällen empfiehlt sich ein warmes Verteilnetz mit den Wärmeabgabe-Varianten 01 bis 03.

6.1.2 VARIANTEN DER WÄRMEQUELLE

Neben dem Wärmeabgabesystem ist die Wahl der Wärmequelle ein wichtiges Kriterium, um eine Heizungsanlage zu sanieren und dauerhaft effizient betreiben zu können. Folgende Auflistung zeigt die zurzeit gängigen Wärmequellen im Wohnbereich für die Wärmeerzeugung mittels Wärmepumpen.

- Variante 01: Umgebungsluft
- Variante 02: Erdwärmesonden
- Variante 03: Thermische Grundwassernutzung

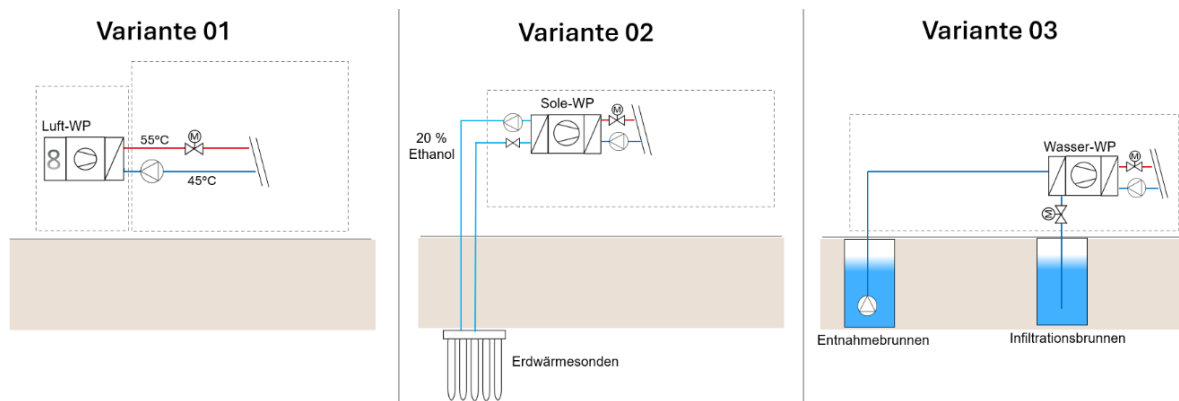


Abbildung 79: Schematische Darstellung der Varianten der Wärmequelle (eigene Darstellung).

In Abbildung 79 sind 3 Varianten als Wärmequellen aufgeführt:

Variante 01 - Umgebungsluft bietet die meiste Flexibilität, da der Aufstellungsort (bezogen auf die Wärmequelle) frei gewählt werden kann, ohne dass Leitungen für die Quellenseite benötigt werden. Darüber hinaus haben Luft-Wärmepumpen geringe Investitionskosten, wenn das Gerät allein (ohne Schallschutz) betrachtet wird. Die Effizienz ist bei Außenlufttemperaturen von über 8 °C gut. Allerdings sinkt die Effizienz über das Jahr gesehen wegen der sich verändernden Außentemperaturen. Dadurch entstehen auch höhere Betriebskosten im Vergleich zur Geothermie. Darüber hinaus muss geprüft werden ob für den gewählten Standort ein Schallschutz erforderlich ist.

Im städtischen Raum an stark befahrenen Straßen, wo der Nachtschallpegel über dem der Wärmepumpe liegt, ist in der Regel kein Schallschutz erforderlich. In ruhigen Zonen beispielsweise in Innenhöfen ist ggf. ein Schallschutz erforderlich.

Variante 02 zeigt Erdwärmenutzung als Wärmequelle für die Wärmeerzeugung. Vorteilhaft ist der gute COP über das ganze Jahr hinweg und die geringen Betriebskosten bei relativ geräuschem Betrieb im Vergleich zu Luft-Wärmepumpen. Allerdings ist die Herstellung der Sonden mit einem Aufwand verbunden, da ein entsprechendes Bohrgerät benötigt wird. Ebenfalls ist ein ausreichender Abstand der Sonden zueinander notwendig und entsprechende Fläche für das Sondenfeld notwendig.

Die thermische Nutzung von Grundwasser ist in **Variante 03** der Abbildung 79 dargestellt. Durch das Temperaturniveau von ca. 8-12 °C bietet sich die Grundwassernutzung für ein kaltes Verteilsystem ohne eine zentrale Wärmepumpe an. In Kombination mit einer dezentralen Wärmeerzeugung wie in Variante 04 und 05 aus Kapitel 6.1 ist dieses System mit geringsten Verteilverlusten sehr effizient. Eine Kühloption ist sowohl aktiv als auch passiv bei entsprechenden Wärmeaufnahme-Systemen (Kleinst-Wärmepumpen) möglich. Mit Bestandsradiatoren kann allerdings nur wenig bis gar nicht gekühlt werden. Bei der Platzierung ist nicht nur auf einen ausreichenden Abstand zwischen den Entnahme- und dem Infiltrationsbrunnen zu achten, sondern auch auf bereits bestehende thermische Grundwassernutzungen in der Umgebung. Die thermischen Auswirkungen sind abhängig von der Entnahmeleistung und der Fließgeschwindigkeit des Grundwassers. Bei der Rückgabe des Wassers auf einem anderen Temperaturniveau entstehen Thermalfahnen, die sich bis zu mehreren hundert Metern Stromabwärts des Grundstücks auswirken können. Für die Errichtung eines Brunnens ist jedenfalls eine wasserrechtliche Bewilligung einzuholen.

6.2. Typische Wärmequellenkombinationen

Aus den Optionen der Wärmequellen werden die Vor- und Nachteile bei der Nutzung von typischen Wärmequellenkombinationen zusammenfassend dargestellt. Die Auswahl der Wärmequellen folgt entlang nachfolgender Kriterien (Details dazu siehe Kapitel 5.4):

- Temperaturniveau und Effizienz: „Je höher die Quelltemperatur, desto höher die Effizienz“
- Zeitliche Verfügbarkeit und Konstanz: Ganzjährig verfügbare Wärme oder nur saisonal
- Erschließungskosten
- Platzbedarf und räumliche Koppelung: z.B. Geothermie und verfügbare Technikfläche im Dachbereich und damit einhergehende zusätzliche Steigleitung
- Genehmigungsaufwand

Solarthermie wurde bei den Kombinationen ausgeschlossen, da derzeit keine Reduktion der zu installierenden Gesamtleistung durch eine Solarthermie-Anlage möglich ist. Eine Reduktion ist erst in Kombination mit Speichertechnologien, die eine Überbrückung von sonnenfreien Tagen gewährleisten, gegeben.

6.2.1 GEOTHERMIE UND LUFT

Ein kombinierter Betrieb von Variante 01 und 02 aus Abschnitt 6.1.2 (Luft und Geothermie) ist bezogen auf die Effizienz sinnvoll. In Abhängigkeit von der Außentemperatur können sowohl die Sole- als auch die Luftwärme-Pumpe mit hohen Arbeitszahlen betrieben werden. Gleichzeitig kann das Erdsondenfeld ökonomisch optimiert werden, da für die wenigen Stunden im Jahr, in denen eine hohe Leistung benötigt wird, die Luftwärme-Pumpe dazugeschaltet werden kann. In diesem Zeitraum wird bewusst ein energietechnisch ineffizienterer Betrieb der Luftwärme-Pumpe in Kauf genommen, um die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems zu optimieren. Nachfolgend werden die Vor- und Nachteile zusammenfassend gegenübergestellt.

Vorteile:

- Ganzjährig hohe Effizienz der Wärmepumpe
- Free-Cooling-Option: Temperierungs- bzw. Kühlmöglichkeit bei gleichzeitiger Regeneration der Erdsonden
- Zusätzliche Regeneration über Luftwärme-Pumpe im Sommer möglich
- Geringere Investitionskosten für Wärmequellenerschließung durch Reduktion der Größe des Sondenfeldes

Nachteile:

- Investitionskosten Erdsonden
- Regeneration nötig zur langfristigen Erhaltung der Leistungsfähigkeit
- Soleleitung

6.2.2 GRUNDWASSER UND LUFT

Die zweite typische Systemkombination ist Umgebungsluft und Grundwasser, sofern der Standort für die Grundwassernutzung geeignet ist und keine anderen thermisch genutzten Brunnen in der Umgebung beeinträchtigt werden. Aus energietechnischer Sicht ist eine Brunnennutzung einer Geothermienutzung auf Grund der höheren Effizienz vorzuziehen. Luft hat sich aufgrund der permanenten Verfügbarkeit und der unkomplizierten Nutzung als eine sehr praktikable Zusatzquelle herauskristallisiert. Nachfolgend werden die Vor- und Nachteile zusammenfassend gegenübergestellt.

Vorteile:

- Höhere Quelltemperatur bei Grundwasser als bei Geothermie
- Keine Soleleitung erforderlich
- Kein Solekreislauf und dadurch geringere Wärmeverluste
- Effiziente Warmwasserbereitung im Sommer über Luft-Wärmepumpe
- Keine Regeneration notwendig
- Kühlmöglichkeit

Nachteile:

- Mindestabstand zwischen den beiden Brunnen und damit Mindestanforderungen an die Grundstücksgröße
- Genehmigungsverfahren
- Beeinflussung von bestehenden Nutzungsrechten
- Wartungsintensiver im Vergleich mit einem Sondenfeld (Geothermienutzung)

6.2.3 GEOTHERMIE UND GRUNDWASSER

Eine Kombination von Variante 02 und 03 aus Abschnitt 6.1.2 (Grundwasser und Geothermie) ist grundsätzlich möglich, allerdings ist die thermale Grundwassernutzung nicht für jeden Standort sinnvoll (siehe auch 6.1.2). Die Kombinationsmöglichkeit ist bei den drei ausgewählten Optionen die unüblichste und kommt dann zum Einsatz, wenn durch die Brunnennutzung eine signifikante Anzahl an Erdsonden und damit Bohrungen entfallen kann. Nachfolgend werden die Vor- und Nachteile zusammenfassend gegenübergestellt.

Vorteile:

- konstante Quelltemperatur bei Grundwasser
- Free-Cooling-Option: Temperierungs- bzw. Kühlmöglichkeit bei gleichzeitiger Regeneration der Erdsonden
- keine ganzjährige "Belastung" des Sondenfeldes
- geringere Kosten für Wärmequellenerschließung durch Reduktion der Größe des Sondenfeldes

Nachteile:

- Regeneration nötig zur langfristigen Erhaltung der Leistungsfähigkeit
- mögliche gegenseitige Beeinflussung Grundwasser/Erdwärmesonden
- Investitionskosten

6.3. Exkurs: Wärmespeicher

Im Gebäudebereich gibt es verschiedene Formen von Wärmespeichern, die zum Teil von vornherein vorhanden sind (thermische Masse des Gebäudes oder Erdsondenfeld bei Sole-Wärmepumpen) bzw. in der Haustechnik eingeplant werden (Warmwasser- und Heizungswärmespeicher). Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl verschiedener weiterer Wärmespeicher. Hierzu zählen insbesondere Eisspeicher und Latentwärmespeicher, die sich in beiden Fällen das Phänomen der isothermen Phasenänderung von Wasser bzw. speziellen sogenannten Phase Change Materials (PCMs) zunutze machen. Zusätzliche Wärmespeicher werden dazu eingesetzt, die Energieflexibilität des Gebäudes zu erhöhen, den Eigenbedarf an lokal erzeugter Energie (etwa PV-Strom) zu maximieren und Kosten bzw. CO₂-Emissionen einzusparen. Prinzipiell können zusätzliche Wärmespeicher in mono- und multivalenten Systemen eingesetzt werden.

Eisspeicher und Latentwärmespeicher werden als zusätzliche Komponenten zu ohnehin bereits vorhandenen Pufferspeichern geplant und sind daher als reine Wärmespeicher gedacht, während standardmäßig eingeplante Pufferspeicher gleichzeitig verschiedene hydraulische Zwecke erfüllen (etwa als hydraulische Weiche). Pufferspeicher sind lediglich in sehr großen Gebäuden mit langen Leitungsnetzen entbehrlich, weil hier das in den Leitungen vorhandene Wasservolumen bereits zum Ausgleich von Bedarf und Erzeugung ausreicht. Der unmittelbarste limitierende Faktor für Eis- und Latentwärmespeicher ist der Platzbedarf, der insbesondere im mehrgeschoßigen Wohnbau im urbanen Bereich ein großes Hindernis darstellt. Am häufigsten werden Eis- und Latentwärmespeicher als Kurzzeitspeicher (Tagesspeicher) ausgelegt (vgl. REINHART UND ARNEMANN, 2022 sowie EICKER, 2022). Eisspeicher benötigen aufgrund der geringeren Speicherdichte etwa doppelt so viel Platz wie Latentwärmespeicher (Speicherdichte: ca. 50 bzw. 120 kWh/m³, vgl. ebd.). Der Einsatz derartiger Speicher hängt also hauptsächlich von der Platzverfügbarkeit ab, aber auch von den durch die erhöhte Entkoppelung von Wärmeerzeugung und -bedarf (etwa zur Steigerung des Eigenverbrauchs bei Vorhandensein von Anlagen zur Nutzung von Sonnenenergie) erwarteten Kosteneinsparungen. Eine Sonderform von Latentwärmespeichern sind bauteilintegrierte Latentwärmespeicher, die in der Bauphase direkt in Gebäudeteile eingelassen werden. Hier agieren sie als Puffer zur Verringerung von Temperaturschwankungen und können als Wärme- oder Kältespeicher betrieben werden (vgl. BLAND ET. AL., 2017). Diese Systeme sind noch relativ neu und daher nur in Demonstrationsobjekten probeweise umgesetzt (vgl. etwa WEINLÄDER ET AL., 2019).

Die thermische Masse des Gebäudes als Wärmespeicher ist eine von der Bauweise des Objekts abhängige Größe. Gebäude in massiver Bauweise (etwa Stahlbeton- oder Ziegelbauten) haben ein höheres Speicherpotenzial als Gebäude in leichter Bauweise (etwa Fertigteilbauten in Holzskelettbauweise). Die Wärmezufuhr kann indirekt über freie Heizflächen (Heizkörper) oder direkt über Flächenheizungen oder Bauteilaktivierungen erfolgen. Die gezielte Be- bzw. Entladung kann mithilfe wetterprognosebasierter Ansätze erfolgen, die einen vorausschauenden Betrieb des Heiz- bzw. Kühlsystems erlaubt und zudem Energie- und Kosteneinsparungen ermöglicht. Dieser Ansatz wird etwa im Projekt *ZQ3Demo* im Versuchsquartier Campo Breitenlee erprobt (vgl. FFG, S. A. B).

Erdsondenfelder sind eine Sonderform thermischer Speicher, da diese nicht gänzlich geschlossene Systeme darstellen. Sie haben allerdings den Vorteil, dass sie längerfristig Wärme speichern können und somit die einzige verbreitete Form saisonaler Wärmespeicher sind. In diesem Zusammenhang kommt der ausreichenden Regeneration besondere Bedeutung zu. Zusätzlich haben Wärmeflüsse im Untergrund eine Auswirkung auf den Speicherhaushalt, die unter dem Sammelbegriff natürliche Regeneration subsumiert sind. Diese umfasst Wärme-Zu- und -Abflüsse durch Bewegungen von Wasser (Niederschlag/Grundwasser) sowie Wärmezuflüsse aus dem Erdinneren (vgl. RIVERA ET AL., 2015). In der wissenschaftlichen Literatur wird ein Unterschied zwischen klassischen Erdsondenfeldern zur Gebäudetemperierung und eigens für die Wärmespeicherung ausgelegten Sondenfeldern gemacht (vgl. etwa AHMADFARD UND BANIASADI, 2025): durch die gezielte Beladung in der warmen Jahreszeit können die Sonden in Erdwärmespeichern enger gesetzt werden (mind. 2 m Abstand) und die Durchströmung erfolgt derart, dass in der Mitte liegende Sonden stark und am Rand liegende Sonden weniger stark beladen werden, sodass eine Temperatur-Stratifizierung nach außen hin mit hohen Temperaturen in Innenbereich entsteht.

7. Exkurs zu Monitoring und Regelungstechnik

Dieses Kapitel behandelt den zentralen Bestandteil des Monitorings und der Regelungstechnik multivalenter Heiz- und Kühlsysteme. Ziel ist es, einen Überblick über die wichtigsten zu beachtenden Aspekte für Monitoring- und Regelungssysteme sowie damit in Zusammenhang stehende Empfehlungen zu geben.

7.1. Monitoring

In den folgenden Abschnitten werden die wesentlichen Aspekte des Monitorings erläutert. Danach wird zur Veranschaulichung ein Monitoringsystem für die vorgeschlagene multivalente Systemlösung im Objekt Gerlgasse konzipiert und abschließend auch auf den Aspekt der Betriebsführung eingegangen.

7.1.1 ALLGEMEINES

Ziel des Anlagenmonitorings ist eine möglichst lückenlose Überwachung aller wesentlicher Anlagenteile, die es ermöglicht, die Anlage in ihrer Funktion und Effizienz zu evaluieren. Es soll daher etwa möglich sein, Energiebilanzen für das betrachtete System aufzustellen, Effizienzen zu ermitteln und die Funktionstüchtigkeit von Anlagenteilen zu überwachen. Weiters bildet das Monitoring eine wichtige Grundlage zur Regelung des Heizungssystems. Bei Erdsondenfeldern etwa erlaubt die Temperatur- und Energiemessung eine an den Zustand des Sondenfelds angepasste Regelung des Systems für einen möglichst effizienten Betrieb und eine Überwachung der Regeneration. Weiters erlaubt die flächendeckende Messung von Energieströmen im Gebäude (Heizung, Warmwasser) eine Evaluierung der Wärmeverteilung und Wärmeverluste. Ein funktionierendes Monitoringsystem ermöglicht so neben einem grundlegenden Energiemonitoring auch die Analyse von im Betrieb auftretenden Fehlern und schafft die Grundlage zur Betriebsoptimierung.

Der Prozess der Datenerfassung zur Analyse und Optimierung ist in Abbildung 80 dargestellt. Ausgangspunkt ist die Mess-Sensorik, deren Ausgangssignale an ein Datenerfassungssystem gemeldet werden, welches die erfassten Werte im Idealfall auf Trend legt, d. h. über längere Zeiträume erfassen und speichern kann. Darauf aufbauend ist eine Visualisierung der Messdaten zur Systemanalyse notwendig, die eine intuitive Interpretation der Daten ermöglichen soll und in weiterer Folge dazu dient, etwaige suboptimale Betriebszustände zu optimieren.

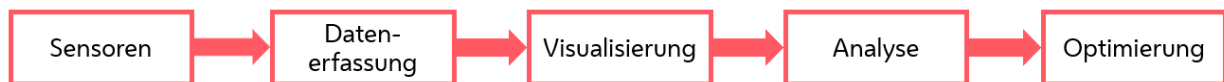


Abbildung 80: Monitoringprozess von der Messung bis zur Optimierung (eigene Darstellung).

DAUERHAFTE ÜBERWACHUNG

Eine dauerhafte Systemüberwachung ermöglicht eine frühzeitige Erkennung von Problemen und erlaubt bei laufender Speicherung der erfassten Messdaten eine genaue Analyse des Systems. Gleichzeitig unterstützt sie die Systemoptimierung zur Vermeidung ineffizienter Betriebszustände und zur Kosteneinsparung.

MESSPUNKTE

Für eine möglichst vollständige Überwachung des Systems sind alle relevanten Messpunkte vorzusehen. Diesem Bericht ist eine Messpunktliste beigelegt, die in der Planung eines Monitoringsystems als umfangreiche Checkliste herangezogen werden kann. Weiters ist auch als Empfehlung eine Aufstellung der in der Gebäudeleittechnik (GLT) einstellbaren Sollwerte angefügt, die angibt, welche Sollwerte vom Gebäudebetreiber/Eigentümer verändert werden können sollen. Beides ist im Anhang (Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) zu finden. Je nach System sind nicht alle in der Checkliste angeführten Messpunkte notwendig; die Liste soll lediglich dazu dienen, möglichst alle Messpunkte für die wichtigsten Systemtypen zu sammeln. Ziel der Definition aller relevanter Messpunkte ist die Gewährleistung einer lückenlosen Nachvollziehbarkeit der Energieströme im Heiz- und Kühlsystem. Jedenfalls erfasst werden sollten in Form von Temperatur, Durchfluss und/oder Wärmemenge:

- Aufgenommene Leistung Wärme-/Kälteerzeuger (für Wärmepumpen elektrische Leistung)
- Abgegebene Leistung Wärme-/Kälteerzeuger
- Wärmeströme in/aus Pufferspeicher erzeuger-/abgabeseitig
- Abgegebene Leistung Abgabesysteme

Weiters wird zur leichteren Zuordnung von Betriebszuständen zu den regelungstechnischen Modi empfohlen, auch folgende Werte zu erfassen:

- Sollwerte
- Grenzwerte
- Betriebsmodi

PLANUNGSPHASE

Es ist anzustreben, die notwendige Messinfrastruktur bereits in der Planungsphase des Heiz-/Kühlsystems möglichst vollständig zu berücksichtigen. Dies umfasst nicht nur die Hardware, sondern auch die Software und die nötigen Anschlüsse. Eine Nachrüstung sowohl hardware- als auch softwareseitig ist häufig mit hohem Aufwand und Kosten verbunden.

HARDWARE UND SOFTWARE

Die Hardware umfasst die Messtechnik und Sensoren inkl. der Anschlussleitungen sowie eine Plattform für die zentrale Gebäudeleittechnik (GLT). Im Vorhinein sind insbesondere die Anschlussmöglichkeiten an die GLT sicherzustellen, etwa durch die Berücksichtigung von Steigleitungen und Schächten. Softwaretechnisch ist eine Programmierung durch eine Mess- und Regelungstechnik (MSR)-Firma zur Einbindung aller Messfühler sowie zur Automatisierung des Datenmanagements erforderlich.

HERAUSFORDERUNGEN BEI NACHRÜSTUNGEN

Da die nachträgliche Einbringung von Messtechnik, wie bereits erwähnt, kostenintensiv ist, wird dazu geraten, die nötige Infrastruktur bereits in die Ausschreibung aufzunehmen. Das inkludiert alle relevanten Sensoren, Datenpunkte und Sollwerte für die Regelung sowie Angaben zum Aufzeichnungsintervall und dem gewünschten Datenformat. So wird sichergestellt, dass die erforderlichen Leistungen bereits in der Planung berücksichtigt und mit den erwarteten Kosten angeboten werden. Bei Nachrüstungen umfassen die zusätzlichen Kosten vor allem Aufwände für die Neuverlegung von Anschlussleitungen durch Installateur und Elektriker sowie für Ergänzungen und Updates in der GLT-Software durch die MSR-Firma.

KOSTENFAKTOREN

Die entstehenden Kosten für die Implementierung eines Monitoringsystems lassen sich kategorisieren in:

- Investitionskosten: Anschaffung der Hardware
- Installationskosten: Aufwand für Montage und Verkabelung
- Integrationskosten: Einbindung in die zentrale Gebäudeleittechnik (GLT)

EMPFEHLUNGEN FÜR NÜTZLICHE FUNKTIONEN DES MONITORINGSYSTEMS

Besonders folgende Funktionen sind für eine leichtere Interpretation der Messdaten sowie der Ausschöpfung der maximalen Nutzbarkeit der gewonnenen Daten hilfreich:

- Visualisierung in der GLT: Darstellung aller Messpunkte als Trendlinie (Erfassung und Speicherung des Messwerts ab Messbeginn und Darstellung als Graph mit der Zeit als x-Achse). Dies erleichtert die Fehlerfindung und Optimierung.
- Datenexport und Berichte: Die Konfiguration von Exportfunktionen für Daten und Berichte ermöglicht eine Weiterverarbeitung der Daten für verschiedenste Analysen und die Zusammenfassung wesentlicher Informationen für das Reporting.

NUTZEN UND ERKENNTNISSE DES MONITORINGS

Die im Monitoring gewonnenen Daten ermöglichen folgende Analysen:

- Energiebilanzen der einzelnen Bilanzkreise sowie die Gesamtenergiebilanz des Gebäudes
- Darstellung der Energieströme durch ein Energieflussdiagramm
- Temperaturanalyse des Sondenfelds und Überwachung der Regeneration
- Effizienzbewertung der Wärmeerzeuger (z. B. Jahresarbeitszahl bei Wärmepumpen)
- Evaluierung der Wärmeverteilung im Gebäude (Heizung, Warmwasser, Zirkulationsverluste)
- Analyse der Wärmeabgabe
- Behaglichkeitsanalyse zur Bewertung des thermischen Komforts
- Performance-Analyse von PV-Anlagen und Solarthermie

Im Anhang (Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) befindet sich ein allgemeiner Vorschlag relevanter Messpunkte, die bei der Planung und Konzeption berücksichtigt werden sollten. Die Liste dient als Unterstützung in der Planungsphase und enthält jene Messpunkte, die für die jeweiligen Wärmequellen von Bedeutung sein können. Ergänzt wird die Messpunktliste durch Vorschläge für die Eingabe von Sollwerten in das Gebäude- bzw. Regelungssystem. Diese Eingabewerte sollten bereits in der Planungs- und Ausschreibungsphase vorgesehen werden, um später hohe Kosten für nachträgliche Ergänzungen im Regelungssystem zu vermeiden. Sowohl die Messpunktliste als auch die Liste der Sollwerteingaben wurden mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt, erheben jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

7.1.2 VORSCHLAG FÜR DAS MONITORINGSYSTEM IM OBJEKT GERLGASSE

Das in der Gerlgasse vorgeschlagene System umfasst eine Kombination aus Sole- und Luft-Wärmepumpen und eine Erweiterung der Abgabeflächen über eine nachträgliche außenliegende Fassadenaktivierung. Die jedenfalls vorzusehenden Messpunkte sind in Abbildung 81 und Abbildung 82 dargestellt. Diese umfassen:

- Elektrische Leistung jeder einzelner Wärmepumpe
- Druck, Temperatur und Wärmemenge primärseitig (Solekreis Sondenfeld) an der Sole-Wärmepumpe
- Temperatur und Wärmemenge am Free-Cooling-Wärmeübertrager auf der Sole- und Wasserseite
- Druck, Temperatur und Wärmemenge sekundärseitig (abgabeseitig) jeder einzelner Wärmepumpe
- Druck, Temperatur und Wärmemenge auf der Erzeuger- und Abgabeseite an Mittel- und Niedertemperaturpuffer
- Temperatur und Wärmemenge an den Verbrauchern

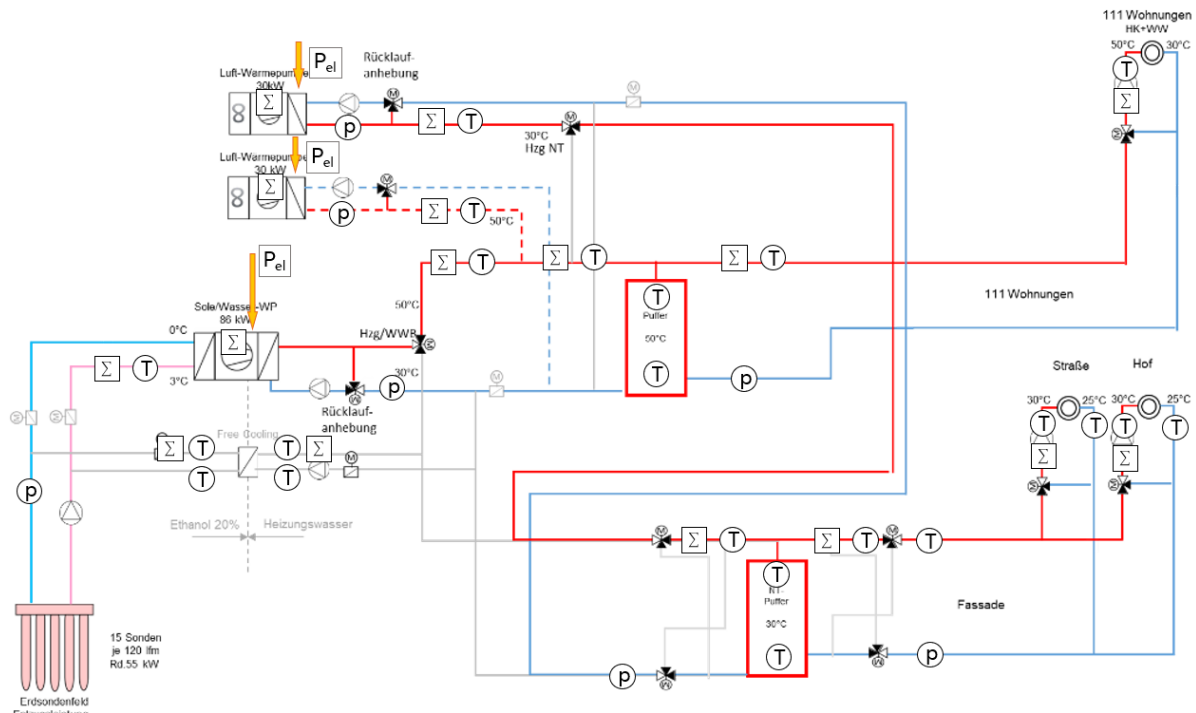


Abbildung 81: Verortung der Messfühler im Hydraulikschema des Objekts Gerlgasse (eigene Darstellung).

Im Detail wird zur Überwachung einer eventuell vorhandenen Fassadenaktivierung einerseits vorgeschlagen, Temperatursensoren in regelmäßigen Abständen in der Wand zwischen Bestandswand und Wärmedämmverbundsystem anzubringen (T_w in der Abbildung 82). Dies ermöglicht die Überwachung der Wandinnentemperatur an verschiedenen Stellen in der Fassade und gibt Aufschluss über die Gleichmäßigkeit der Wärmeverteilung in der Wand. Andererseits wird vorgeschlagen, die Rücklaufftemperatur an jedem in der Fassade verlegten Heizkreis zu messen (T in der Abbildung 82). Dies ermöglicht die Überwachung des Durchflusses in jedem einzelnen Kreis. Ergänzend ist eine optische Überwachung mittels Schauglas am Verteiler möglich. Die Einbindung der Rücklaufftemperaturen hat den Vorteil der Möglichkeit der Fernüberwachung.



Abbildung 82: Verortung der Messfühler zur Überwachung der Fassadenaktivierung im Objekt Gerlgasse (eigene Darstellung).

Grobe Richtwerte für die Kosten für die Messtechnik exkl. Kosten für Anbindung und exkl. USt. sind in Tabelle 40 ersichtlich.

Tabelle 40: Kosten für Messtechnik exkl. Anbindung und exkl. USt.

Komponente	Kosten exkl. Anbindung exkl. USt.
Wärmemengenzähler	~ 350 EUR / Stk.
Temperatursensor	~ 100 EUR / Stk.
Drucksensor	~ 200 EUR / Stk.
Stromzähler	~ 250 EUR / Stk.
Kosten GLT (Schaltschrank, PC)	~ 20.000 EUR gesamt

Mithilfe der installierten Messtechnik können innerhalb des Gebäudes verschiedene Bilanzkreise abgegrenzt werden, aus deren Summe sich die Gesamtenergiebilanz des Gebäudes ableitet, vgl. Abbildung 83. Dies umfasst den Bilanzkreis der Erdwärmesonden, der Sole- und Luft-Wärmepumpen sowie der Abgabesysteme für die Radiatorenheizung und das Warmwasser sowie die Flächenheizung in der Fassade.

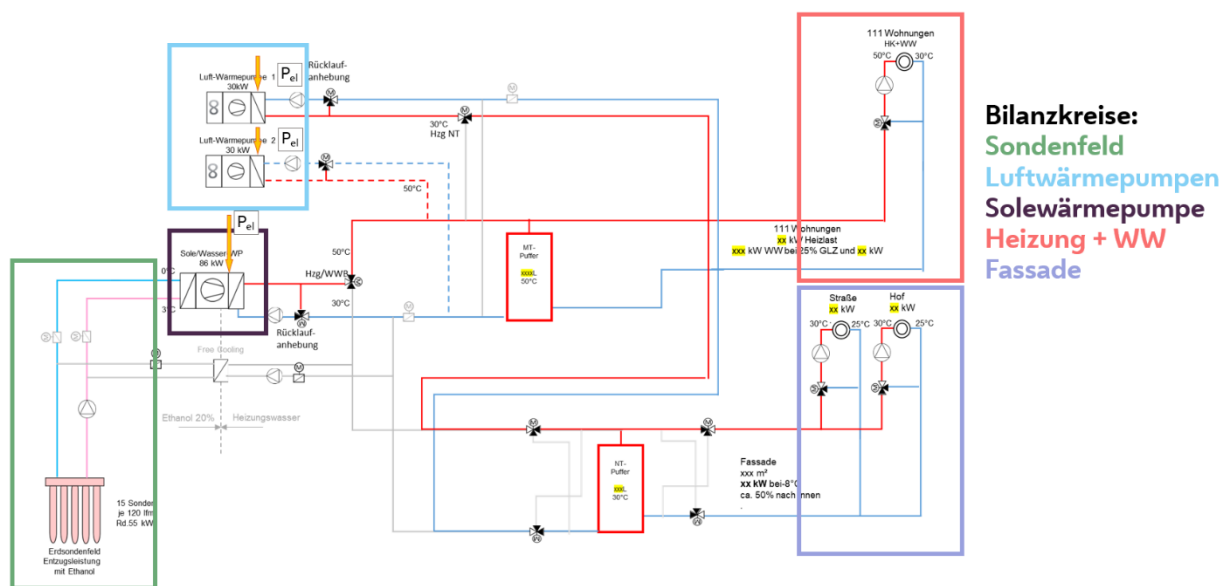


Abbildung 83: Bilanzkreise für das System in der Gerlgasse (eigene Darstellung).

Aus der Erfassung der in den Messpunkten definierten Messdaten ist eine Bilanzierung der Wärmemengen möglich. Eine beispielhafte Darstellung des Ergebnisses mit einer Aufschlüsselung nach Bilanzkreis und Monaten ist in Abbildung 84 zu sehen.

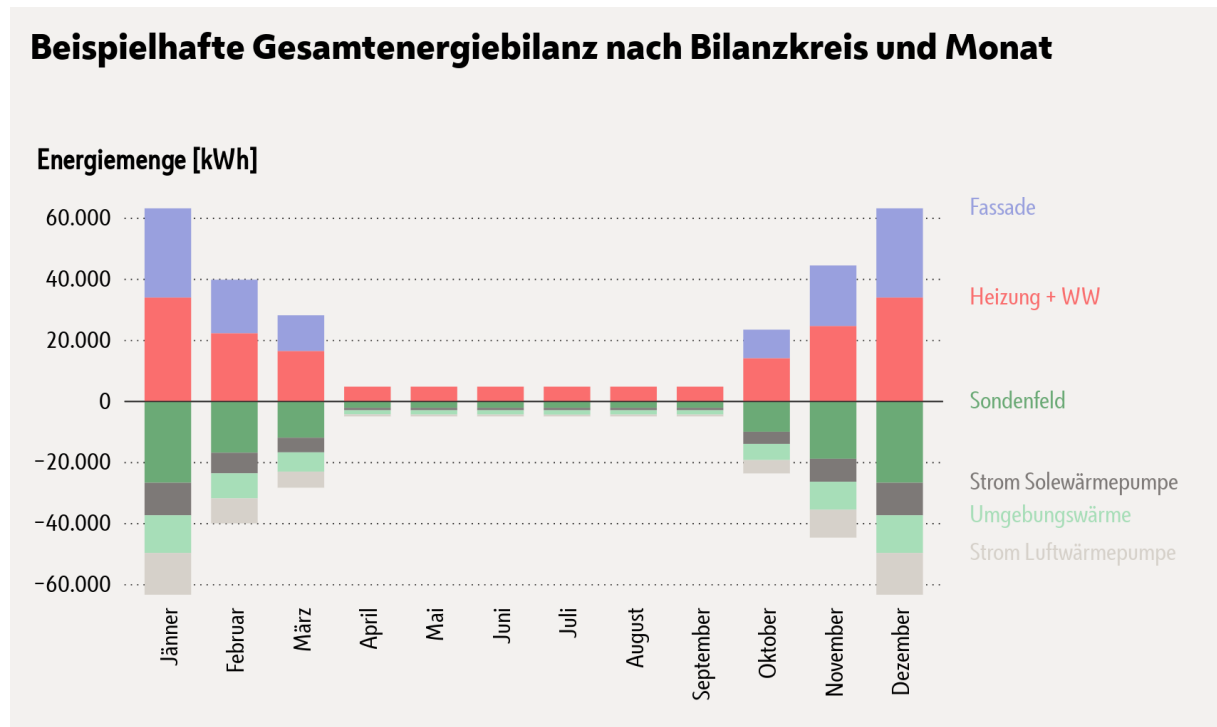


Abbildung 84: Beispielhafte Darstellung einer Gesamtenergiebilanz nach Bilanzkreis und Monaten. Die dargestellten Werte sind beispielhafte Werte und dienen rein der Veranschaulichung (eigene Darstellung).

Weiters können mit den erfassten Energiemengen Energieflussdiagramme (Sankey-Diagramme) erstellt werden. Diese bieten eine übersichtliche Darstellung der aufgenommenen und abgegebenen Energiemengen sowie der im Umwandlungs- und Verteilungsprozess entstehenden Verluste, vgl. Abbildung 85.

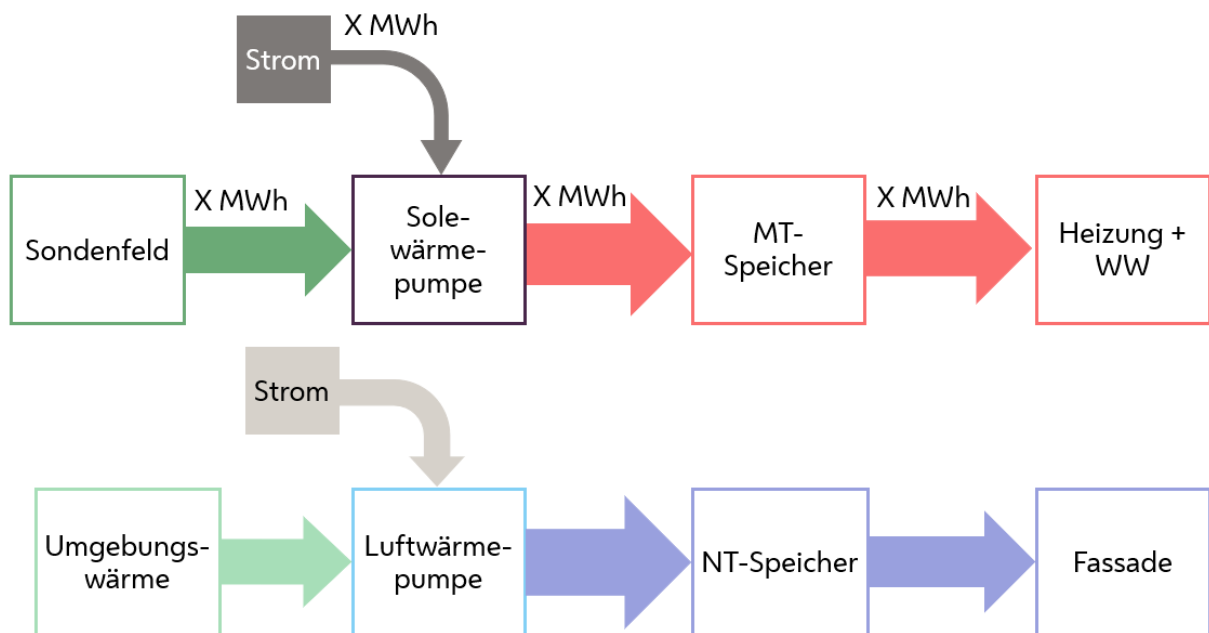


Abbildung 85: Beispielhaftes Energieflussdiagramm für das Objekt Gerlgasse. Die Breite der Pfeile in einem Energieflussdiagramm korrespondiert mit der zwischen zwei Komponenten transportierten Energiemenge (eigene Darstellung).

7.1.3 EXKURS: BETRIEBSFÜHRUNG

Die technische Betriebsführung bezeichnet die Bedienung und Überwachung der technischen Anlagen und hat den effizienten und reibungslosen Betrieb der Anlagen zum Ziel. Da die Anlagenkonfiguration in multivalenten Systemen notwendigerweise komplexer ist, ist auch eine laufende Überwachung und Optimierung durch eine technische Betriebsführung von großer Bedeutung. Im Wohnungssektor spielt die Betriebsführung aufgrund des hohen Anteils noch dezentral versorgter Wohnungen derzeit zwar noch eine untergeordnete Rolle. Allerdings ist in Objekten mit zentraler Wärme- und/oder Kälteversorgung eine Betriebsführung notwendig und wird meist durch internes Personal des Eigentümers oder seltener durch beauftragte externe Firmen übernommen.

Die wesentlichen Aufgaben einer technischen Betriebsführung sind:

- Optimierung des Betriebsverhaltens: Eine Betriebsführung sorgt dafür, dass die Wärmeerzeugung immer im optimalen Betriebspunkt arbeitet, was die Effizienz erhöht.
- Frühzeitige Fehlererkennung: Eine Betriebsführung kann Abweichungen im Betrieb erkennen und frühzeitig auf mögliche Störungen hinweisen.
- Datenanalyse: Betriebsdaten können analysiert werden, um langfristig Optimierungspotenziale zu identifizieren.
- Reduzierung der Betriebskosten: Durch die Optimierung des Energieverbrauchs und die Nutzung günstiger Stromtarife sinken die laufenden Kosten.
- Schnellere Amortisation: Die Einsparungen durch effiziente Betriebsführung können Investitionskosten für die Wärmepumpen schneller amortisieren.

7.2. Regelungstechnik

Monovalente Lösungen erfordern keine übergeordnete Regelung, da hier die maschineninterne Regelung ausreichend ist. Multivalente Systeme benötigen derzeit noch eine übergeordnete Regelungsebene, von der aus alle im System vorhandenen Erzeuger angesteuert werden. Diese Systeme sind naturgemäß komplexer und auch teurer, weshalb einer klugen Konzipierung zur Maximierung der Systemeffizienz und Funktionstüchtigkeit besondere Bedeutung zukommt. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die wichtigsten Aspekte von Regelungssystemen multivalenter Heiz- und Kühltssysteme und soll den Leser*innen insbesondere die Vorgehensweise bei der Konzipierung von Regelungskonzepten näherbringen.

7.2.1 ALLGEMEINES

Die Regelung multivalenter Heiz- und Kühltssysteme ist von zentraler Bedeutung, um die Gesamteffizienz des Systems im Betrieb zu maximieren und die Einbindung aller erschlossener Wärmequellen zu optimieren. So schreibt ein Regelungskonzept die Regelung aller wesentlichen Anlagenteile, wie Wärme- und Kälteerzeuger, Heizungspumpen, Mischventile oder Solepumpen vor. Die wichtigsten Ziele eines Regelungskonzepts sind also:

- Der möglichst (kosten)effiziente Betrieb der Erzeuger
- Die Erhaltung der Leistungsfähigkeit der Wärmequellen (Regeneration von Erdsondenfeldern)
- Die Sicherstellung einer langen Lebensdauer der Anlagen

Weiters enthält ein Regelungskonzept verschiedene Vorkehrungen im Falle von Störungen, Notabschaltungen oder Wartungsarbeiten. Das Kernstück eines Regelungskonzeptes ist jedoch die Definition von Betriebsmodi, innerhalb derer die Wärmeerzeuger gereiht werden, um einen möglichst effizienten Betrieb abhängig von der Betriebssituation, also dem Betriebsmodus, sicherzustellen. Jeder Betriebsmodus beschreibt eine bestimmte Bedarfssituation und einen

bestimmten Zustand der Wärmequellen. Abhängig von diesen Faktoren werden die verschiedenen Wärmeerzeuger nach ihrer Effizienz gereiht, um zuerst jene Kapazitäten zu nutzen, die unter den gegebenen Umständen am effektivsten arbeiten.

Regelungskonzepte werden bei der Planung vom Planungsunternehmen oder durch eine mit der Planung und Umsetzung des Regelungssystems beauftragte MSR-Firma erarbeitet.

7.2.2 INHALT EINES REGELUNGSKONZEPTS

In diesem Abschnitt werden die wichtigsten inhaltlichen Punkte eines Regelungskonzepts erläutert. Üblicherweise wird hierbei gesondert auf die Regelung der einzelnen Komponentenkategorien eingegangen. Daran angelehnt werden nun die wichtigsten Aspekte bei der Regelung der einzelnen Komponentenkategorien erläutert.

HEIZUNGSPUMPEN

Bei der Regelung von Heizungspumpen wird bei Systemen mit mehreren Pumpen die Führungspumpe je nach Bedarfslage (zu fördernde Volumenströme) und Vorrangschaltung definiert. Darüber hinaus ist die Ansteuerung mittels Ein-/Ausschaltsignal zu definieren; häufig geschieht das über den Wärmeerzeuger mit einer definierten Nachlaufzeit beim Ausschalten. Weiters wird die Art der Pumpenregelung selbst (z. B. über den Konstant-, Proportional- oder Differenzdruck) festgelegt.

MISCHVENTILE

Die sekundärseitig (abgabeseitig) der Wärmepumpen installierten Mischventile zur Rücklaufanhebung spielen eine wichtige Rolle zur Einhaltung der gewünschten Vorlauftemperatur. Diese Ventile regeln auf die Temperatur am Eintritt in den Kondensator der Wärmepumpe, da üblicherweise immer nur eine fixe Spreizung über den Kondensator möglich ist, d. h. die Wärmepumpe hebt das Temperaturniveau immer um einen konstanten Wert (etwa 5 K). Um ein ausreichend hohes Temperaturniveau im Vorlauf zu erhalten, wird daher abhängig von der Temperatur im Rücklauf ein Teil des Vorlaufes zugemischt. Weiters ist die Sicherstellung des Mindestdurchflusses über den Kondensator ein wichtiger Aspekt, da jede Wärmepumpe erst ab einem gewissen Schwellenwert zu arbeiten beginnt.

SOLEPUMPEN

Für den Betrieb der Solepumpen wird die Regelungsart für Heiz- und Regenerationsbetrieb festgelegt. Hier kann etwa ein Festwertbetrieb im Heizbetrieb gefahren werden und bei der Regeneration auf die Erdsondeneintrittstemperatur geregelt werden.

WÄRMEERZEUGER

Die Regelung der Wärme- und Kälteerzeuger stellt das Kernstück eines Regelungskonzepts dar. Zur Regelung der Wärme- und Kälteerzeuger werden verschiedene Betriebsmodi definiert. Wie bereits erwähnt, gibt jeder Betriebsmodus die Priorisierung der Erzeuger vor. Innerhalb eines Betriebsmodus ist definiert, wann weitere Erzeuger zum erstgereihten zugeschalten werden. Dies wird auch als "Kaskade" bezeichnet. Diese Zuschaltpunkte innerhalb des Betriebsmodus ergeben

sich nach dem aktuellen Bedarf (bspw. Nach Volumenstrom, Leistung, Puffertemperatur), d. h. je mehr Bedarf vorliegt, desto mehr Erzeuger werden zugeschaltet. Der erstgereichte Erzeuger ist jener, der unter den gegebenen Bedingungen (Zustand der Wärmequellen / -senken) am effizientesten arbeitet. Weiters werden zeitliche Sperren bei Zu- und Wegschaltvorgängen vorgesehen, um ein zu häufiges Takten der Maschinen zu vermeiden und deren Lebensdauer zu verlängern.

Die Definition der Betriebsmodi basiert auf:

- Dem Bedarfsfall:
 - Heizen
 - Kühlen
 - Regeneration
- Dem Zustand der Wärmequellen: üblicherweise die Außenlufttemperatur und ggf. zusätzliche Größen, wie etwa die Sondenfeldtemperatur. Zur Definition der Umschaltunkte zwischen den verschiedenen Betriebsmodi werden Grenzwerte festgelegt. Diese sind in enger Abstimmung mit der MSR-Firma zu definieren und in der GLT (Gebäudeleittechnik) als vordefinierte einstellbare Grenzwerte zu implementieren.

Innerhalb der Betriebsmodi wird die Reihung der Erzeuger nach verschiedenen Gesichtspunkten vorgenommen:

- Heizen und Kühlen: nach Effizienz, bei Wärmepumpen abhängig von der Wärmequellentemperatur. Hierbei sollten zuerst die (fast) kostenlos zur Verfügung stehenden Erträge genutzt werden, und dann in dieser Reihenfolge Abwasser, Grundwasser, Sole und Luft.
- Kühlen: In zentralisierten Systemen ist die ganzjährige effiziente Warmwasserbereitung sicherzustellen, für die Kühlung werden dann verbleibende freie Kapazitäten genutzt.
- Regeneration: Free-Cooling-Betrieb vor aktiver Regeneration. Die Wohnungsentwärmung sollte soweit möglich ausgeschöpft werden. Zur Sicherstellung der ausreichenden Regeneration im Sommer kann über weitere Wärmequellen erfolgen, etwa die Nutzung vorhandener Luft-Wärmepumpen.

Im Allgemeinen kann bei der Definition von Betriebsmodi wie folgt vorgegangen werden (vgl. auch Abbildung 86): Zuerst erfolgt im Rahmen der Anlagenplanung eine Erhebung der Wärme- und Kältebedarfe und Temperaturniveaus auf der Abgabeseite sowie eine Definition der Wärme- und Kälteerzeuger inkl. deren Leistung und Effizienzverhalten abhängig vom Betriebspunkt. Danach wird eine Reihung der Wärme- und Kälteerzeuger nach ihrer Effizienz abhängig von der Quellen- und Abgabetemperatur vorgenommen und darauf aufbauend Umschaltunkte abhängig von der erzeugerspezifischen Effizienz definiert. Dann kann die Definition der Betriebsmodi erfolgen, von denen jeder jeweils eine Kombination aus Bedarfsfall und Wärmequellentemperaturniveau beschreibt. Jedem dieser Betriebsmodi wird abhängig von diesen Randbedingungen der jeweils effizienteste Wärmeerzeuger zugeordnet und schließlich auch die Kaskade (zuzuschaltende Wärmequellen bei Nichtausreichen der Leistung des ersten Wärmeerzeugers) innerhalb jedes Betriebsmodus definiert.

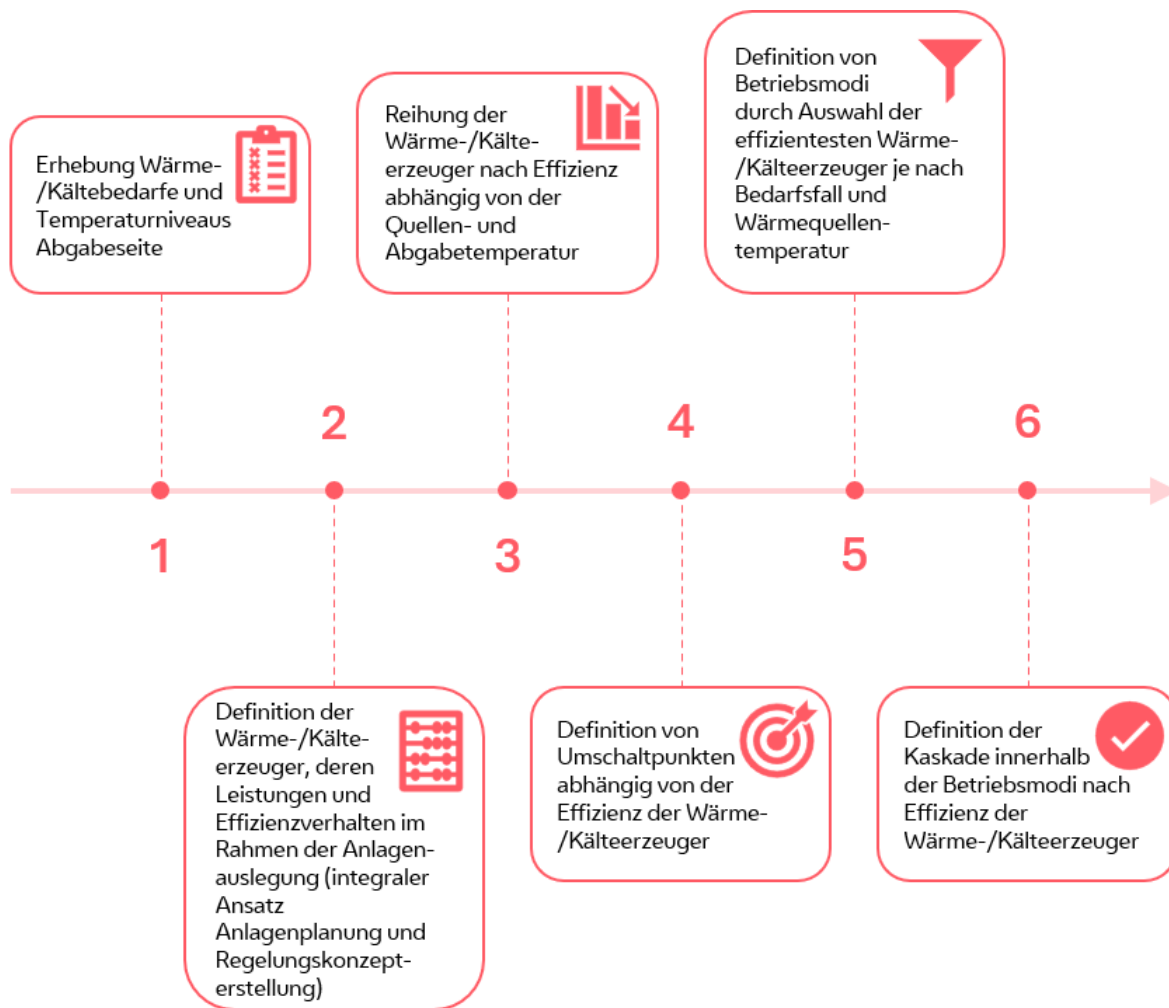


Abbildung 86: Schritte bei der Erstellung eines Regelungskonzept für Wärme- und Kälteerzeuger (eigene Darstellung).

Da sich bei multivalenten Systemen die grundsätzliche Frage stellt, mit welchen Wärmequellen bzw. -erzeugern welcher Bedarf gedeckt werden soll, können als Anhaltspunkt bei der Zuordnung zusätzlich folgende Prinzipien angewendet werden:

- Reihung je Betriebsmodus derart, dass der größte Bedarf (Heizung oder Warmwasser) aus jener Quelle mit der höchsten Temperatur gedeckt wird bzw.
- Reihung derart, dass der Bedarf mit der höheren nötigen Vorlauftemperatur (z. B. Warmwasser) aus Quellen mit höheren Temperaturen (Abluft, Abwasser, Solarthermie) gedeckt wird.

Beides dient der Sicherstellung der höchsten Effizienz der Anlage (System-Jahresarbeitszahl sowie Betriebskosten). Weitere sinnvolle Vorkehrungen sind:

- Bei gleichzeitigem Anfall von Heizungswärme- und Warmwasserbedarf sind Heizungssysteme bei Erzeugungsengpässen generell so geregelt, dass der Warmwasserbedarf vorrangig behandelt wird (da mangelndes Angebot an Warmwasser von den Bewohner*innen als akuter wahrgenommen wird und das Gebäude selbst eine puffernde Wirkung durch Wärmespeicherung in massiven Bauteilen bereitstellt).

- Falls Erdwärmesonden vorhanden sind, kann der Warmwasserbedarf aus anderen Quellen gedeckt werden, um den Entzug aus den Erdwärmesonden in Grenzen zu halten und so die Regeneration zu erleichtern.
- Bei Vorhandensein von Abwärme, Solarthermie oder anderer direkt einbindbarer Wärmequellen ist eine Vorrangregelung für diese Quellen sinnvoll, sodass die Wärmepumpe erst nach Ausschöpfung dieser Quellen aktiv wird.

Zur Veranschaulichung der Definition von Betriebsmodi für multivalente Heiz- und Kühlsysteme werden zwei einfache Beispiele vorgestellt.

Beispiel 1

Als Beispiel für eine Anlage bestehend aus einer Sole- und einer Luftwärme-Pumpe können die Grenzwerte und Betriebsmodi etwa wie folgt definiert werden:

Für dieses Beispiel ist der Grenzwert für die Außenluft-Mitteltemperatur mit 10 °C definiert und das Erdsondenfeld gilt als warm, wenn die Erdsondenfeld-Mitteltemperatur 5 °C oder mehr beträgt.

Heizen - Unterschreitung Grenzwert Außenluft-Mitteltemperatur, Erdsondenfeld warm:

1. Sole-Wärmepumpe, 2. Luft-Wärmepumpe

Heizen - Unterschreitung Grenzwert Außenluft-Mitteltemperatur, Erdsondenfeld kalt:

1. Luft-Wärmepumpe, 2. Sole-Wärmepumpe

Heizen - Überschreitung Grenzwert Außenluft-Mitteltemperatur:

1. Luft-Wärmepumpe, 2. Sole-Wärmepumpe

Kühlen:

Sole-Wärmepumpe für Kühlung, Luftwärme-Pumpe für Warmwasser

Regeneration:

Außenluft (Sole gesperrt)

Beispiel 2

Als Beispiel für eine Anlage bestehend aus einer Grundwasser- und einer Luftwärme-Pumpe können die Grenzwerte und Betriebsmodi etwa wie folgt definiert werden:

Für dieses Beispiel ist der Grenzwert für die Außenluft-Mitteltemperatur mit 10 °C definiert.

Heizen - Unterschreitung Grenzwert Außenluft-Mitteltemperatur:

1. Grundwasserwärmepumpe, 2. Luft-Wärmepumpe

Heizen - Überschreitung Grenzwert Außenluft-Mitteltemperatur:

1. Luft-Wärmepumpe, 2. Grundwasserwärmepumpe

Kühlen:

Grundwasserwärmepumpe für Kühlung, Luftwärme-Pumpe für Warmwasser

REGENERATIONSBETRIEB VON ERDWÄRMESONDEN

Erdwärmesonden können mit mehreren Wärmequellen regeneriert werden. Ist eine Gebäude-Entwärmung vorgesehen, kann die überschüssige Wärme aus den Wohnungen zur Regeneration der Sonden genutzt werden. Üblicherweise liegt der jährliche Kühlbedarf jedoch weit unter dem Wärmebedarf eines Gebäudes, weshalb zusätzliche Wärmequellen (etwa Luft-Wärmepumpen oder Solarthermie) zur Regeneration herangezogen werden sollten, um die langfristige Leistungsfähigkeit des Sondenfelds zu erhalten.

Beim Regenerationsbetrieb von Erdwärmesonden sind mehrere Aspekte zu beachten. Einerseits ist eine Abstimmung der aktiven (mit Wärmepumpe) und passiven Regeneration (ohne Wärmepumpe, nur über Free-Cooling-Wärmeübertrager) notwendig. Diese erfolgt als zeitliche Abstimmung, da das Erdsondenfeld nach einem aktiven Regenerationsbetrieb durch die höheren Rückgabetemperaturen bereits stärker erwärmt ist und daher eine passive Regeneration mit niedrigeren Rückgabetemperaturen nicht mehr funktionieren würde. Daher wäre vor der Heizsaison keine passive Regeneration mehr möglich. Es ist also genau zu planen, ab wann vor der Heizsaison nur noch aktiv regeneriert wird. Bei der passiven Regeneration mittels überschüssiger Wärme aus den Wohnungen erfolgt die Freigabe des Free-Cooling-Betriebs nach der Wärmequellentemperatur (also der Raumtemperatur). Dies stellt sicher, dass das Wärmeträgermedium wärmer als das Erdreich ist und so ein Wärmetransport ins Erdreich stattfinden kann. Beim aktiven Regenerationsbetrieb mittels Wärmepumpe ist ebenfalls die Einhaltung des Sollwerts über der Sondenfeldtemperatur sicherzustellen, andererseits aber auch der maximal erlaubten Rückgabetemperatur ins Erdreich. In Wien etwa liegt dieser Wert bei 30 °C (vgl. NIEDERBRUCKER UND HASLINGER, 2016). Allgemein können die Betriebsmodi zur Regeneration wie folgt definiert werden:

Kühlen 1: passive Regeneration („Free-Cooling“) aus Gebäude-Entwärmung, Warmwasser aus anderen Quellen (Luft, Abluft, Abwasser, Abwärme, Solarthermie etc.)

Kühlen 2: aktive Regeneration mittels Sole-Wärmepumpe aus Gebäude-Entwärmung, Warmwasser aus anderen Quellen (Luft, Abluft, Abwasser, Abwärme, Solarthermie etc.)

STÖRBETRIEB

Vorkehrungen bei Störungen sollen dazu dienen, die Funktionsfähigkeit des Systems weiter aufrecht zu erhalten, bis der Schaden behoben werden kann. Dies umfasst insbesondere die Definition des Ersatzbetriebs bei Wärmeerzeugern und Pumpen. Im Fall von Störungen bei messwertbetriebene Regelungseinrichtungen (etwa Messfühlerausfall) kann etwa ein ersatzweiser Festwertbetrieb festgelegt werden.

7.2.3 BEISPIELE FÜR REGELUNGSKONZEPTE AUS ANDEREN PROJEKTEN

In mehreren Wiener Liegenschaften werden bereits multivalente Systeme eingesetzt bzw. geplant. Am häufigsten werden Erdwärmesonden mit weiteren Quellen kombiniert und die Gebäude-Entwärmung im Sommer zur Regeneration genutzt.

Im Projekt *Sani6Oies* (in Betrieb, FFG-Nr.: 889521, Konsortialleitung: IBR & I Institute of Building Research & Innovation ZT GmbH, vgl. FFG, S. A. A) kann durch eine nachträgliche Aktivierung der Außenwände sowohl die nötige Vorlauftemperatur abgesenkt werden als auch im Sommer entwärmt werden. In den drei am Projekt teilnehmenden Liegenschaften kommt jeweils eine Kombination aus Sole- und Luft-Wärmepumpen zum Einsatz. Diese werden so geregelt, dass die Sole-Wärmepumpe bei tieferen Temperaturen den Wärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser deckt. Bei Bedarf können die Luft-Wärmepumpen dazugeschaltet werden. Bei höheren Außentemperaturen wird der Wärmebedarf über die nun effizienteren Luft-Wärmepumpen bereitgestellt. Im Sommer wird das Erdsondenfeld auf zwei Arten regeneriert: Der Free-Cooling-Betrieb über den Free-Cooling-Wärmeübertrager wird zu Beginn der Kühlsaison eingesetzt, während später aktiv mittels Sole-Wärmepumpe entwärmt wird.

In der Wiener Wohnen-Liegenschaft *Deutschordenstraße* (in Betrieb, vgl. MA20, 2025) kommt ebenfalls eine Kombination aus Sole- und Luftwärme-Pumpe zum Einsatz. Die Regelung funktioniert hier ähnlich wie für die Liegenschaften des *Sani6Oies*-Projekts, allerdings ist hier die Erdsondenfeldtemperatur explizit als Grenzwert im Regelungskonzept enthalten, um sicherzustellen, dass das Erdsondenfeld nur bei ausreichend hohen Untergrundtemperaturen verwendet wird.

Für den Wohnpark Alt Erlaa (in Planung FFG-Nr.: 913485, Konsortialleitung: IBR & I Institute of Building Research & Innovation ZT GmbH, vgl. FFG, S. A. C) wurde im Rahmen der Sondierungsstudie *Decarb Alt Erlaa* ein Haustechnikkonzept erarbeitet, das eine Raumwärmeversorgung aus Geothermie und eine Warmwasserbereitung aus Abwasser- und Abluftwärmerückgewinnung vorsieht. Die Abwasser- und Abluftwärmerückgewinnung bieten sich hier gut als relativ gleichmäßig über das Jahr hinweg verfügbare Wärmequellen für den weniger schwankenden Warmwasserbedarf an. Die Raumwärmebereitung kann so gänzlich aus einem Erdsondenfeld erfolgen. Ein Teil der Sole-Wärmepumpen kann auch zur Warmwasserbereitung eingesetzt werden. Im Sommer wird das Erdsondenfeld zur Entwärmung eingesetzt und so über Free-Cooling regeneriert. Die vollständige Regeneration der Erdwärmesonden wird weiters über Luft-Wärmeübertrager sichergestellt.

In der Wohnanlage D12 der Seestadt Aspern (in Betrieb, vgl. ASCR, 2024 und IDM, 2025) wurde eine Kombination aus Erdwärme, Grundwasser und Abluftwärmerückgewinnung umgesetzt. Die hauseigene PV-Anlage wird mittels Sole gekühlt und so als Wärmequelle genutzt. Die übergeordnete Regelungslogik wählt abhängig von den Quellenbedingungen die jeweils effizienteste Wärmequelle zur Bedarfsdeckung aus.

Die wissenschaftliche Literatur beschäftigt sich seit mehreren Jahren mit der Konzipierung und Weiterentwicklung von Regelungsstrategien für Heiz- und Kühlsysteme mit mehreren Wärmequellen. Eine der am häufigsten untersuchten Kombinationen ist jene aus Geothermie- und Luftwärme-Pumpe unter Nutzung von Sonnenenergie (etwa PV oder Solarthermie). ZHENG ET AL. (2022) schlagen etwa eine Kombination aus Sole- und Luftwärme-Pumpe vor, deren Energiebedarf teils über eine PV-Anlage gedeckt wird. In den kalten Monaten wird die Sole-Wärmepumpe mit Unterstützung durch die Luftwärme-Pumpe eingesetzt, während in der Übergangszeit die Sole-Wärmepumpe bei kälteren Außentemperaturen vorrangig genutzt wird und bei wärmeren Außentemperaturen die Luft-Wärmepumpe. Im Sommer wird die Sole-Wärmepumpe zur Entwärmung des Gebäudes eingesetzt, wobei die Wärme entweder in die Erdsonden zur Regeneration oder in den Hochtemperaturspeicher zur Warmwasserbereitung geschoben wird. PELELLA ET AL. (2023) untersuchen ebenfalls eine Sole- und Luft-Wärmepumpenkombination mit Nutzung von Solarthermie, für die verbraucherseitige und erzeugerseitige Regelungsstrategien kombiniert werden. Die Sole-Wärmepumpe kann alternativ einen Solarthermie-Speicher, der primär aus der Solarthermieanlage geladen wird, als Wärmequelle nutzen. Hier wird der erwartete COP automatisiert für die Wärmequellen Luft, Geothermie und Solarthermie-Speicher ermittelt und so die effizientere Wärmequelle ausgewählt. ZHANG ET AL. (2024) entwickeln eine Regelungsstrategie für eine Systemkombination aus einer Sole- und Luftwärme-Pumpe sowie einer Biomassefeuerung. Auch hier wird die Sole-Wärmepumpe für die Wärmeerzeugung priorisiert und bei höherem Leistungsbedarf abhängig von der Außentemperatur entweder die Luftwärme-Pumpe oder die Biomassefeuerung dazugeschaltet. Bei sehr hohem Bedarf werden alle drei Quellen eingesetzt. Die Zuschaltpunkte sind über die notwendige Vorlauftemperatur definiert, anhand deren die jeweiligen Wärmeerzeuger zugeschaltet werden. Die Regelung multivalenter Systeme kann auch vorausschauend unter Einbeziehung von Wetterprognosedaten erfolgen. Diese sogenannte modellprädiktive Regelung (Model Predictive Control) hat insbesondere die Erhöhung der Energieflexibilität von Gebäuden zum Ziel, um einerseits das Stromnetz zu entlasten und andererseits den Eigenverbrauchsanteil gebäudeeigner Energieproduktionsanlagen zu erhöhen und Kosten sowie Emissionen einzusparen. Als Regelsignale werden häufig der Emissionsfaktor des Netzstroms oder der Strompreis herangezogen. MBUWIR ET AL. (2024) etwa entwickeln eine modellprädiktive Regelung für ein System bestehend aus einer Wärmepumpe, die einen Erdwärmespeicher, einen Solarspeicher sowie die Außenluft als Wärmequelle nutzen kann. Der Regler nutzt die Wetterdaten zur Lastprofilvorhersage und unter Einbeziehung der Systemgrenzen zur Entscheidung, welche Wärmequelle wann (bei welchem Bedarf) genutzt werden soll. Das Ergebnis wird hinsichtlich der Zielgröße der Minimierung des Energiebedarfs der Wärmepumpe unter Einhaltung der Komfortgrenzen und der Deckung des Warmwasserbedarfs optimiert.

7.2.4 HERAUSFORDERUNGEN REGELUNGSTECHNIK MULTIVALENTER SYSTEME UND AUSBLICK

Die Umsetzung multivalenter Systeme bringt verschiedene regelungstechnische Herausforderungen mit sich. Derzeit liegt das größte Hindernis in der Kostspieligkeit der Regelung multivalenter Systeme. Ursache hierfür ist die derzeit noch nicht realisierte direkte Interoperabilität zwischen verschiedenen Wärme-/Kälteerzeugerfabrikaten. Das bedeutet, dass multivalente Systeme im

Moment noch über eine übergeordnete Plattform (GLT Gebäudeleittechnik) geregelt werden müssen, was erhebliche Kosten für Material (Schaltschränke, Regler etc.) und Software sowie Programmierung nach sich zieht. Die Kosten für die übergeordnete Regelungsinfrastruktur eines multivalenten Systems bestehend aus zwei Wärmeerzeugern belaufen sich derzeit laut Erfahrungen des Projektteams auf etwa 30.000-50.000 €. Daher liegen multivalente Systeme in der Regel auf einem höheren Kostenniveau als monovalente Systeme.

Ein weiterer Aspekt ist die Komplexität multivalenter Systeme, was auch bedeutet, dass es keine Standardlösungen für die Regelung gibt. Es ist daher eine enge Abstimmung mit MSR-Firmen zur Sicherstellung der Integration aller gewünschter Regelungsmöglichkeiten, Grenzwerte und Datenpunkte notwendig.

In Bezug auf den Betrieb ist auch zu beachten, dass durch die Individualität in der Umsetzung der Systemregelung (Software, Programmiersprache, Kommunikationsprotokolle, etc.) lediglich die ausführende MSR-Firma mit der softwareseitigen Umsetzung der Regelung vertraut ist und daher Anpassungen im Nachhinein nur von derselben Firma leicht bewerkstelligt werden können. Es besteht daher eine gewisse Abhängigkeit von der umsetzenden MSR-Firma.

In Zukunft ist damit zu rechnen, dass die direkte Einbindbarkeit verschiedener Wärmeerzeugerfabrikate ohne übergeordnete Regelung steigen wird und daher auch die Kosten für die Regelung multivalenter Systeme sinken werden.

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 zu 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.

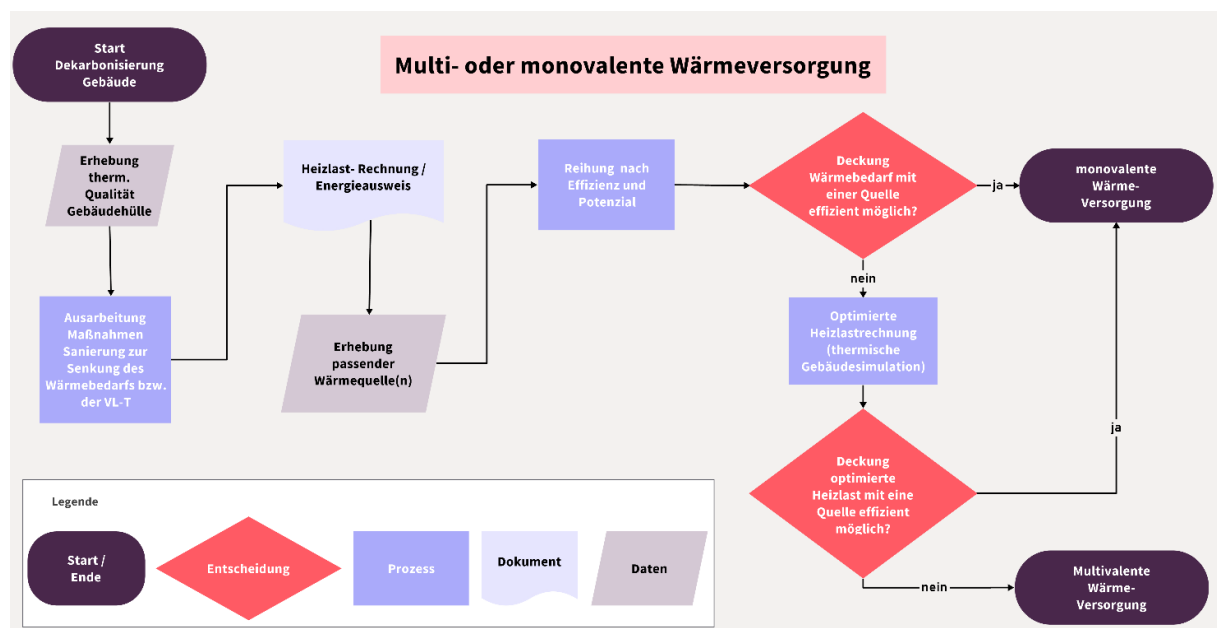


Abbildung 87: Entscheidungsbaum für die Fragestellung, ob ein Gebäude multi- oder monovalent wärmeversorgt werden kann (eigene Darstellung).

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 Bereitung 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.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verwendeter Grundriss für den Modellaufbau in IDA ICE der Dianagasse. Es wurde der Grundrissplan des 2. Stockwerks verwendet (eigene Darstellung).	16
Abbildung 2: Verwendeter Grundrissplan des 3. Stockwerks für den Modellaufbau in IDA ICE in der Gerlgasse (eigene Darstellung).	16
Abbildung 3: Aufbau einer beispielhaften Tramdecke (vgl. TU WIEN, S. A.).	17
Abbildung 4: Definition der beispielhaften Tramdecke aus Abbildung 3 in IDA ICE (eigene Darstellung).	17
Abbildung 5: 3D-Ansicht der Gebäudemodelle in IDA ICE. Links: Dianagasse, rechts: Gerlgasse (eigene Darstellung).	19
Abbildung 6: Gleichzeitigkeitskurven in Anlehnung an den Technologieleitfaden Warmwasser der MA20 (vgl. ALLPLAN, 2016).	20
Abbildung 7: Tagesverbrauchsprofile gem. BLATTER ET.AL., 1993.	21
Abbildung 8: Ausschnitt Berechnung jährl. Herstellkosten (eigene Darstellung).	29
Abbildung 9: Ansicht der Nordwestfassade der Liegenschaft in der Dianagasse (BOKU).	32
Abbildung 10: Ansicht der in QGIS importierten Bohrpunkte aus der von STEINER ET AL., 2023 durchgeführten Studie sowie der Leitungen auf öffentlichem Grund aus dem zentralen Leitungskataster (eigene Darstellung).	38
Abbildung 11: Maximale nutzbare Länge in der Dianagasse und Fließrichtung des Grundwasserkörpers (vgl. STADT WIEN, S. A. E sowie STADT WIEN, S. A. F).	41
Abbildung 12: Brunnenabstände und Entnahmemengen umliegender Anlagen im Bereich Dianagasse (schriftliche Auskunft von Geosphere Austria vom 19.03.2025, Trendlinie selbst eingefügt, eigene Darstellung).	42
Abbildung 13: Ansicht der Nordfassade der Liegenschaft in der Gerlgasse (BOKU).	47
Abbildung 14: Ansicht der in QGIS importierten Bohrpunkte aus der von STEINER ET AL., 2023 bearbeiteten Studie sowie der Leitungen auf öffentlichem Grund aus dem zentralen Leitungskataster (eigene Darstellung).	53
Abbildung 15: Grundriss des westlichen Durchganges (links) und Aufriss durch den östlichen Durchgang (rechts, eigene Darstellung).	53
Abbildung 16: Lage des Objekts Gerlgasse in einem Bereich der römischen Zivilsiedlung (vgl. STADT WIEN, S. A. D).	55
Abbildung 17: Die für die solarthermische Nutzung zur Verfügung stehenden Dachflächen im Objekt Gerlgasse. Die hofseitigen Flächen weisen eine Dachneigung von 33 ° auf, die straßenseitigen Flächen eine von 45 ° (eigene Darstellung).	59
Abbildung 18: Mögliche Technikfläche im Kellergeschoß (eigene Darstellung).	64
Abbildung 19: Aufteilung der Wohnungseinheiten des 1. Obergeschoßes und die geographische Ausrichtung der Liegenschaft (eigene Darstellung).	64
Abbildung 20: Schema der Warmwasserbereitstellung mit einer Frischwasserstation (eigene Darstellung).	67
Abbildung 21: Schematische Darstellung der Brauchwasser-Wärmepumpe (eigene Darstellung).	68
Abbildung 22: Schematische Darstellung des E-Speichers mit Heizregister (eigene Darstellung).	69

Abbildung 23: Schematische Darstellung dezentrale Klein-Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser (eigene Darstellung).....	70
Abbildung 24: Position der Erdwärmesonden auf dem Grundstück und mittlerer Sondenabstand (eigene Darstellung).....	73
Abbildung 25: Energieflussdiagramm der Erdwärmesonden für die Dianagasse 2, Nutzung Eigengrund, 65 kW Heizleistung und Vorlauftemperatur von 55 °C (eigene Darstellung).	74
Abbildung 26: Schematische Darstellung der multivalenten Wärmeerzeugung mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen und Warmwasserbereitung über Frischwasserstationen (V4, eigene Darstellung). ..	75
Abbildung 27: Schematische Darstellung der multivalenten Wärmeerzeugung mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen und dezentraler Warmwasserbereitung mittels E-Boiler (V5, eigene Darstellung). ..	76
Abbildung 28: Energieflussdiagramm der Erdwärmesonden für die Dianagasse 2, Nutzung Eigengrund, 50 kW Heizleistung und Vorlauftemperatur von 45 °C (eigene Darstellung).	77
Abbildung 29: Energieflussdiagramm der Erdwärmesonden für die Dianagasse 2, Nutzung Eigengrund, 50 kW Heizleistung und Vorlauftemperatur von 35 °C (eigene Darstellung).	78
Abbildung 30: Schema einer kaskadenartigen Wärmeerzeugung mit zentralen Sole- und Luft-Wärmepumpen und dezentralen Wärmepumpen in den Wohnungen für die Heizung und die Warmwassererzeugung (V6, eigene Darstellung).	79
Abbildung 31: Position der Erdwärmesonden auf dem Grundstück und mittlerer Sondenabstand (eigene Darstellung).....	81
Abbildung 32: Energieflussdiagramm der Erdwärmesonden für die Dianagasse 2, Erweiterung öffentlicher Grund (eigene Darstellung).	82
Abbildung 33: Schematische Darstellung der monovalenten Versorgung über Sole-Wärmepumpen und dezentrale Klein-Wärmepumpen (V7, eigene Darstellung).	82
Abbildung 34: Schematische Darstellung der Referenzvariante mit einer monovalenten Versorgung über eine Luftwärme-Pumpe (V1, eigene Darstellung).	83
Abbildung 35: Schematische Darstellung der monovalenten Versorgung über Luft-Wärmepumpen und dezentrale Warmwasserbereitung über E-Speicher (V2, eigene Darstellung).	84
Abbildung 36: Schematische Darstellung der monovalenten Versorgung über Luft-Wärmepumpen und dezentrale Klein-Wärmepumpen (V3, eigene Darstellung).	84
Abbildung 37: Investitionskosten je Variante inkl. Förderung (Landesförderung Wien), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).....	85
Abbildung 38: Investitionskosten je Variante inkl. Förderung (Landesförderung Wien), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).	86
Abbildung 39: Jährliche Gesamtkosten BETRIEB (Energie, Wartung und Instandsetzung), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).	87
Abbildung 40: Jährliche Energiekosten (Strom) der einzelnen Varianten für Heizung und Warmwasserbereitung, Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).....	88
Abbildung 41: Jährliche Gesamtkosten je Wohnung (Investitions- und Wärmekosten), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).	89
Abbildung 42: Jährliche Gesamtkosten je m ² (Investitions- und Wärmekosten), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).	90
Abbildung 43: Mögliche Technikflächen im Kellergeschoß der Gerlgasse 12-14 (eigene Darstellung).	92

Abbildung 44: Grundrisse der Wohnungseinheiten in der Gerlgasse 12-14, Lage der Gastherme rot markiert (eigene Darstellung).	93
Abbildung 45: Schematische Darstellung der Warmwassererzeugung und der Wärmeabgabe in den Wohnungen der Gerlgasse 12-14 (eigene Darstellung).	95
Abbildung 46: Position des Sondenfeldes im Innenhof der Liegenschaft (eigene Darstellung).	98
Abbildung 47: Energieflussdiagramm mit 15 Erdwärmesonden auf Eigengrund (eigene Darstellung).	99
Abbildung 48: Schematische Darstellung der multivalenten Wärmeerzeugung mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen und Frischwasserstationen in der Gerlgasse 12-14 (V3, eigene Darstellung).	100
Abbildung 49: Beispielhafter Verlauf der Verteilungen der aktivierten Fassade für die Temperierung in der Gerlgasse 12-14 (eigene Darstellung).	100
Abbildung 50: Schematische Darstellung des Change-Over-Betriebs des multivalenten Heizsystems in der Gerlgasse 12-14 mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen, welche mit den Frischwasserstationen sowie der Fassadenaktivierung gekoppelt sind (eigene Darstellung).	101
Abbildung 51: Schematische Darstellung der multivalenten Wärmeerzeugung mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen und E-Speicher in der Gerlgasse 12-14 (V4, eigene Darstellung).	102
Abbildung 52: Schematische Darstellung der multivalenten Wärmeerzeugung mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen und E-Speicher mit WRG in der Gerlgasse 12-14 (V5, eigene Darstellung).	102
Abbildung 53: Betriebsmodi in Abhängigkeit der Außentemperatur. Im blauen Feld ist der Betrieb der Sole-Wärmepumpe effizienter als die Luftwärme-Pumpe (grün); 1A, 1B, 2A, 2B, 3 sind 5 mögliche Betriebsmodi (eigene Darstellung).	103
Abbildung 54: Betriebsmodus 1A Wärmebetrieb bei einer Außentemperatur $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (eigene Darstellung).	104
Abbildung 55: Betriebsmodus 1B Wärmebetrieb ($0 - 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ Außentemperatur, eigene Darstellung). ..	105
Abbildung 56: Betriebsmodus 2A ($6 - 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ Außentemperatur, eigene Darstellung).	106
Abbildung 57: Betriebsmodus 2B (Wärmebetrieb) $14 - 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ Außentemperatur (eigene Darstellung).	106
Abbildung 58: Betriebsmodus 3A mit passiver Entwärmung Außentemperaturen über $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ (eigene Darstellung).	107
Abbildung 59: Betriebsmodus 3B mit aktiver Entwärmung über Sole-Wärmepumpe (eigene Darstellung).	108
Abbildung 60: Position der Erdwärmesonden auf dem Grundstück, sowie im auf öffentlichem Grund und mittlerer Sondenabstand (eigene Darstellung).	109
Abbildung 61: Energieflussdiagramm der Erdwärmesonden für die Gerlgasse 12-14, Erweiterung öffentlicher Grund (eigene Darstellung).	110
Abbildung 62: Schematische Darstellung der Referenzvariante mit einer monovalenten Versorgung über Geothermie mittels Sole-Wärmepumpe (V1, eigene Darstellung).	110
Abbildung 63: Position der Erdwärmesonden auf dem Grundstück und mittlerer Sondenabstand (eigene Darstellung).	111
Abbildung 64: Energieflussdiagramm der Erdwärmesonden für die Gerlgasse 12-14, Erweiterung öffentlicher Grund und kaltes Verteilnetz (eigene Darstellung).	112
Abbildung 65: Schematische Darstellung der Wärmeerzeugung mittels Geothermie über Sole-Wärmepumpen und Klein-Wärmepumpen in der Gerlgasse 12-14 (V2, eigene Darstellung).	113

Abbildung 66: Schematische Darstellung der monovalenten Wärmeerzeugung mittels Luft-Wärmepumpen und Klein-Wärmepumpen in der Gerlgasse 12-14 (V6, eigene Darstellung).	113
Abbildung 67: Investitionskosten je Variante inkl. Förderung (Landesförderung Wien), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).	114
Abbildung 68: Investitionskosten je Variante inkl. Förderung (Landesförderung Wien), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).	115
Abbildung 69: Jährliche Gesamtkosten BETRIEB (Energie, Wartung und Instandsetzung), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).	116
Abbildung 70: Jährliche Energiekosten (Strom) der einzelnen Varianten für Heizung und Warmwasserbereitung, Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).	117
Abbildung 71: Jährliche Gesamtkosten je Wohnung (Investitions- und Wärmekosten), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).	118
Abbildung 72: Jährliche Gesamtkosten je m ² (Invest- und Wärmekosten), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).	118
Abbildung 73: Entscheidungsbaum für die Fragestellung, ob ein Gebäude multi- oder monovalent wärmeversorgt werden kann (eigene Darstellung).	125
Abbildung 52: Entscheidungszweig für die Wärmequelle Abwasser (eigene Darstellung).	130
Abbildung 75: Entscheidungszweig für die Wärmequellen Abluft und Grundwasser (eigene Darstellung).	131
Abbildung 76: Entscheidungszweig für die Wärmequellen Erdsonden und Luftwärme-Pumpe (eigene Darstellung).	132
Abbildung 77: Entscheidungszweig für die Wärmequelle Solarthermie (eigene Darstellung).	133
Abbildung 78: Schematische Darstellung der möglichen Varianten des Wärmeabgabesystems und der Warmwassererzeugung (eigene Darstellung).	138
Abbildung 79: Schematische Darstellung der Varianten der Wärmequelle (eigene Darstellung).	139
Abbildung 80: Monitoringprozess von der Messung bis zur Optimierung (eigene Darstellung).	146
Abbildung 81: Verortung der Messfühler im Hydraulikschema des Objekts Gerlgasse (eigene Darstellung).	149
Abbildung 82: Verortung der Messfühler zur Überwachung der Fassadenaktivierung im Objekt Gerlgasse (eigene Darstellung).	149
Abbildung 83: Bilanzkreise für das System in der Gerlgasse (eigene Darstellung).	150
Abbildung 84: Beispielhafte Darstellung einer Gesamtenergiebilanz nach Bilanzkreis und Monaten. Die dargestellten Werte sind beispielhafte Werte und dienen rein der Veranschaulichung (eigene Darstellung).	151
Abbildung 85: Beispielhaftes Energieflussdiagramm für das Objekt Gerlgasse. Die Breite der Pfeile in einem Energieflussdiagramm korrespondiert mit der zwischen zwei Komponenten transportierten Energiemenge (eigene Darstellung).	152
Abbildung 86: Schritte bei der Erstellung eines Regelungskonzept für Wärme- und Kälteerzeuger (eigene Darstellung).	156
Abbildung 87: Entscheidungsbaum für die Fragestellung, ob ein Gebäude multi- oder monovalent wärmeversorgt werden kann (eigene Darstellung).	168
Abbildung 88: Entscheidungsbaum zur Auswahl der lokal verfügbaren erneuerbaren Wärmequellen (eigene Darstellung).	186

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Seitens der Eigentümer*innen bereitgestellte Unterlagen.	14
Tabelle 2: Übliche Warmwassermenge (vgl. ALLPLAN, 2016).	20
Tabelle 3: Erhobene Potenziale in den beiden Liegenschaften und wesentliche dafür verwendete Quellen. Anmerkungen: a= Erhebung Grundwassernutzungspotenzial aufgrund fehlender Informationen zum komplexen Grundwasserkörper im Atlas nicht möglich, b= keine Waschküchen vorhanden, c= verfügbare Dachfläche für PV-Anlage reserviert.	23
Tabelle 4: Zusammenfassung der technischen Daten für den Buderus Flachkollektor Logasol SKT 1.0-s (vgl. BUDERUS, S. A.).	27
Tabelle 5: Wichtigste Eckdaten der Liegenschaft in der Dianagasse. Quellen: a= Energieausweis, b= Grundstückskataster, c= Grundrisspläne.	32
Tabelle 6: Ergebnisse der dynamischen Gebäudesimulation für die notwendige Heiz- und Kühlleistung sowie für den Wärme- und Kältebedarf des Objekts Dianagasse im unsanierten und sanierten Fall.	33
Tabelle 7: Ergebnisse der dynamischen Gebäudesimulation für die notwendige Heiz- und Kühlleistung sowie für den Wärme- und Kältebedarf des Objekts Dianagasse im unsanierten und sanierten Fall bei zusätzlicher Implementierung einer außenliegenden Verschattung für den Sommer im sanierten Fall.	34
Tabelle 8: Heizlast für das Objekt Dianagasse für den unsanierten und sanierten Zustand.	34
Tabelle 9: Berechnung der erforderlichen Wärmepumpenleistung und des Pufferspeichervolumens.	35
Tabelle 10: Allgemeine Daten zur thermischen Qualität des am Standort der Liegenschaft in der Dianagasse (vgl. STADT WIEN, S. A. A).	37
Tabelle 11: Zusammenfassung der Ergebnisse der Erdsondenpotenzialerhebung für die Dianagasse.	39
Tabelle 12: Allgemeine Daten zu den Grundwasserkörpern am Standort Dianagasse (vgl. GEOSPHERE AUSTRIA, S. A. B. Vgl. dazu auch STADT WIEN, S. A. A (nicht dargestellt)).	40
Tabelle 13: Ergebnisse der Potenzialerhebung zur thermischen Nutzung des Grundwassers in der Dianagasse.	43
Tabelle 14: Daten des der Liegenschaften in der Dianagasse nächstgelegenen Kanals laut Wiener Abwasserwärmepotenzialkataster (vgl. STADT WIEN, S. A. B).	43
Tabelle 15: Ergebnisse der Potenzialerhebung zur Wärmerückgewinnung aus Grauwasser für das Objekt Dianagasse mit der angenommenen Bewohner*innenzahl von 48 Personen. WP = Wärmepumpe.	44
Tabelle 16: Zusammenfassung der Ergebnisse der Bedarfsermittlung sowie die ermittelten maximalen lokalen Potenziale (gerundet). 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.	45
Tabelle 17: Wichtigste Eckdaten der Liegenschaft in der Gerlgasse. Quellen: a= Energieausweis, b= Grundstückskataster, c= Grundrisspläne.	47

Tabelle 18: Ergebnisse der dynamischen Gebäudesimulation für die notwendige Heiz- und Kühlleistung sowie für den Wärme- und Kältebedarf des Objekts Gerlgasse im unsanierten und sanierten Fall.	48
Tabelle 19: Ergebnisse der dynamischen Gebäudesimulation für die notwendige Heiz- und Kühlleistung sowie für den Wärme- und Kältebedarf des Objekts Gerlgasse im unsanierten und sanierten Fall bei zusätzlicher Implementierung einer außenliegenden Verschattung für den Sommer im sanierten Fall.	48
Tabelle 20: Heizlast für das Objekt Gerlgasse für den unsanierten und sanierten Zustand.	49
Tabelle 21: Ermittlung der erforderlichen Leistung und Pufferspeichervolumens.	50
Tabelle 22: Allgemeine Daten zur thermischen Qualität des Untergrundes am Standort der Liegenschaft in der Gerlgasse (vgl. STADT WIEN, S. A. A).	52
Tabelle 23: Technische Daten beispielhafter Mini-Bohrgeräte lt. BAYER ET AL. 2020.	54
Tabelle 24: Technische Daten beispielhafter Bohrgeräte lt. HAGLEITNER, S.A.	54
Tabelle 25: Zusammenfassung der Ergebnisse der Erdsondenpotenzialerhebung lt. STEINER ET AL., 2023 auf öffentlichem sowie eigenem Grund bzw. lediglich auf öffentlichem Grund für die Gerlgasse.	54
Tabelle 26: Allgemeine Daten zu den Grundwasserkörpern am Standort Gerlgasse (vgl. GEOSPHERE AUSTRIA, S. A. B. Vgl. dazu auch STADT WIEN, S. A. A (nicht dargestellt)).	56
Tabelle 27: Daten des der Liegenschaften in der Gerlgasse nächstgelegenen Kanals laut Wiener Abwasserwärmepotenzialkataster (vgl. STADT WIEN, S. A. B).	57
Tabelle 28: Ergebnisse der Potenzialerhebung zur Wärmerückgewinnung aus Grauwasser für das Objekt Gerlgasse mit der angenommenen Bewohner*innenzahl von 236 Personen.	57
Tabelle 29: Information zu Leistung und Energieverbrauch der in den Waschküchen der Gerlgasse befindlichen Geräten.	58
Tabelle 30: Ergebnisse der Erhebung des solarthermischen Potenzials für die Gerlgasse unter der Annahme des Buderus Logasol SKT 1.0-s Flachkollektors in T*SOL.	60
Tabelle 31: Ergebnisse der Vergleichsrechnung zwischen Solarthermie und PV für die Gerlgasse im sanierten Fall.	61
Tabelle 32: Zusammenfassung der Ergebnisse der Bedarfsermittlung sowie der ermittelten maximalen lokalen Potenziale (gerundet). 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.	62
Tabelle 33: Heizlast für das Objekt Dianagasse für den unsanierten und sanierten Zustand.	65
Tabelle 34: Betrachtete Varianten für die Dianagasse.	72
Tabelle 35: Heizlast für das Objekt Dianagasse für den unsanierten und sanierten Zustand	93
Tabelle 36: Betrachtete Varianten für die Gerlgasse 12-14.	97
Tabelle 37: Datenquellen für raumbezogene Informationen zu den potenziellen Wärmequellen.	128
Tabelle 38: Kriterien für die Reihung der Wärmequellen.	134
Tabelle 39: Bewertung der Eignung verschiedener Wärmequellenkombinationen.	135
Tabelle 40: Kosten für Messtechnik exkl. Anbindung und exkl. USt.	150

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).....	162
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.	163
Tabelle 43 : Zusammenfassung der Lösungsoptionen für die Dianagasse.	164
Tabelle 44: Zusammenfassung der Lösungsoptionen für die Gerlgasse.	166

Literaturverzeichnis

Allplan, 2016. Warm! wasser effizient bereitstellen. Technologieleitfaden Warmwasser. Wien:

Magistrat der Stadt Wien MA20 – Energieplanung. Verfügbar unter https://www.erneuerbare-energie.wien/wp-content/uploads/Technologieleitfaden-Warmwasser_Stadt-Wien.pdf; zuletzt aufgerufen am 08.10.2025 um 10:15h

ASCR = Aspern Smart City Research GmbH & Co KG, 2024. Abschlussbericht. ASCR 2023. Wien:

ASCR. Verfügbar unter: <https://www.ascr.at/wp-content/uploads/2024/05/AB-ascr-190x260mm-2023-de-RZ-web.pdf>; zuletzt aufgerufen am 03.10.2025 um 16:00h

Bayer, G.; Pfefferer, B.; Götzl, G.; Fuchsluger, M.; Hoyer, S.; Kalasek, R.; Brus, T. und Zeininger, J., 2020. Projektbericht AnergieUrban – Stufe 1. Die Stadt als Energiespeicher. Wien. Verfügbar unter https://www.oegut.at/downloads/pdf/anergie-urban_projektbericht_2020.pdf?m=1598275909&; heruntergeladen am 13.03.2025 um 16:30h

Bland, A.; Khzouz, M.; Statheros, T. und Gkanas, E. I., 2017. PCMs for Residential Building Applications: A Short Review Focused on Disadvantages and Proposals for Future Development. Buildings 7(3), Art. Nr. 78. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings7030078>

Blatter, M.; Borel, M.; Hediger, H. und Simmler, P., 1993. Materialien zu RAVEL.

Warmwasserbedarfszahlen und Verbrauchscharakteristik. Bern: Bundesamt für Konjunkturfagen.

BMLUK = Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz Regionen und Wasserwirtschaft, 2024. Lärmregelungen zu Luftwärmepumpen. Webseite, abrufbar unter <https://www.laerminfo.at/ueberlaerm/laermquellen/luftwaermepumpen.html>; zuletzt aufgerufen am 06.06.2025 um 11:40h

BMWET = Bundesministerium für Wirtschaft, Energie und Tourismus, s. a. Wie ist das Heizverhalten in den Bundesländern? Webseite, abrufbar unter <https://energie.gv.at/verbrauch/wie-ist-das-heizverhalten-in-den-bundeslaendern#:~:text=Insgesamt%20werden%20in%20%C3%96sterreich%20noch%2035%20Prozent,Fernw%C3%A4rme%20und%2018%20Prozent%20mit%20Holzheizungen%20beheizt;> zuletzt aufgerufen am 05.06.2025 um 16:45h, nach Statistik Austria, 2023. Mikrozensus 2021/22.

Buderus, s.a. Solar-Flachkollektor Logasol SKT 1.0. Webseite mit Datenblatt-Download, abrufbar unter <https://www.buderus.com/ch/de/ocs/wohngebaeude/logasol-skt-10-632013-p/#page.product.downloadsection>; zuletzt aufgerufen am 25.02.2025 um 10:45h

Bundesdenkmalamt, 2024. Infoblatt Nr. 2 – Bauvorhaben und archäologische Denkmale. Verfügbar unter https://www.bda.gv.at/dam/jcr:681bbe92-7f62-4f9e-886b-a24600d0b3d9/Infoblatt_2_Bauvorhaben_und_arch%C3%A4ologische_Denkmale.pdf; zuletzt aufgerufen am 28.03.2025 um 14:00h

Eicker, U., 2022. Solarthermische Anlagen zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung. In: Albers, K.-J. [Hrsg.]: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik einschließlich Trinkwasser- und Kältetechnik sowie Energiekonzepte. 81. Aufl. Kleinaitingen: ITM InnoTech Medien GmbH, S. 1075-1096.

FFG = Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft, s. a. a. FFG Projektdatenbank. Sani60ies. Webseite, abrufbar unter <https://projekte.ffg.at/projekt/4227285>; zuletzt aufgerufen am 06.06.2025 um 09:50h

FFG = Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft, s. a. b. FFG Projektdatenbank. ZQ3Demo. Webseite, abrufbar unter <https://projekte.ffg.at/projekt/4123865>; zuletzt aufgerufen am 30.09.2025 um 16:00h

FFG = Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft, s. a. c. FFG Projektdatenbank. Decarb Alt Erlaa. Webseite, abrufbar unter <https://projekte.ffg.at/projekt/5124587>; zuletzt aufgerufen am 30.09.2025 um 16:10h

FH Salzburg = Fachhochschule Salzburg, s.a. Salzburger Multifunktionsfassade. Webseite, abrufbar unter <https://pure.fh-salzburg.ac.at/de/projects/salzburger-multifunktionsfassade>; zuletzt aufgerufen am 06.06.2025 um 9:20h

Geosphere Austria, s. a. a. Willkommen beim Geothermie-Atlas! Webseite, abrufbar unter <https://geothermieatlas.geosphere.at/>; das Tool ist unter Erdwärmesonden – Potenzialberechnung verfügbar; zuletzt aufgerufen am 08.04.2025 um 14:00h.

Geosphere Austria, s. a. b. Webseite, abrufbar unter <https://geothermieatlas.geosphere.at/gwwp/grundlagenkarte>; zuletzt aufgerufen am 29.01.2025 um 18:30h

Hagleitner, s. a. Maschinenpark. Webseite, abrufbar unter <https://www.hagleitner-bohrungen.at/maschinenpark/>; zuletzt aufgerufen am 13.03.2025 um 16:45h

iDM = iDM Energiesysteme GmbH, 2025. Referenzanlagen Objektbau. Verfügbar unter: https://www.idm-energie.at/wp-content/uploads/2025/04/Referenzhandbuch_2025_ANSICHT.pdf; zuletzt aufgerufen am 03.10.2025 um 16:15h

MA 20 – Magistratsabteilung 20 – Energieplanung, 2025. 100 Projekte Raus aus Gas. In dieser Publikation sind 61 von 100 Projekten enthalten. Stand Juni 2025. Verfügbar unter <https://www.wien.gv.at/pdf/ma20/raus-aus-gas-projekte.pdf>; zuletzt aufgerufen am 30.09.2025 um 15:30h

Mbuwir, B. V.; Geysen, D.; Kosmadakis, G.; Pilou, M.; Meramveliotakis, G. und Toersche, H., 2024. Optimal control of a heat pump-based energy system for space heating and hot water provision in buildings: Results from a field test. Energy & Buildings 310, Art. Nr. 114116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114116>

- Niederbrucker, R. und Haslinger, E., 2016. Erdwärme! voraus. Technologieleitfaden Erdwärme. Wien: Magistrat der Stadt Wien. Magistratsabteilung 20 – Energieplanung. Verfügbar unter <https://www.digital.wienbibliothek.at/urn/urn:nbn:at:AT-WBR-416575>; zuletzt aufgerufen am 06.06.2025 um 10:50h
- Nolde, E., 2021. Dezentrale Wärmerückgewinnung aus Grauwasser – Erprobung, Optimierung und Monitoring verschiedener Technologien an unterschiedlichen Standorten. Berlin: DBU. Verfügbar unter https://opac.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-34056_01-Hauptbericht.pdf; zuletzt aufgerufen am 28.02.2025 um 08:15h
- OIB = Österreichisches Institut für Bautechnik, 2008. OIB-RL 6, NAT Excel, 2008. Verfügbar unter <https://www.oib.or.at/richtlinien/oib-richtlinien-2023/oib-richtlinie-6-nat-excel>; zuletzt aufgerufen am 16.09.2025 um 10:45h
- Reinhart, A. und Arnemann, M., 2022. Kältetechnik. In: Albers, K.-J. [Hrsg.]: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik einschließlich Trinkwasser- und Kältetechnik sowie Energiekonzepte. 81. Aufl. Kleinaitingen: ITM InnoTech Medien GmbH, S. 2397-2556.
- Rivera, J. A.; Blum, P. und Bayer, P., 2015. Ground energy balance for borehole heat exchangers: Vertical fluxes, groundwater and storage. Renewable Energy 83, S. 1341-1351. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2015.05.051>
- Stadt Wien, s. a. a. Wien Umweltgut. Webseite, abrufbar unter <https://www.wien.gv.at/umweltgut/public/>; zuletzt aufgerufen am 30.01.2025 um 11:15h
- Stadt Wien, s. a. b. Wien Umweltgut. Webseite, abrufbar unter <https://www.wien.gv.at/umweltgut/public/grafik.aspx?bookmark=MUzfRXM8wEXi8J9Gu1ARjnC-cs6-crOsX3Z-cJ1b3VCe8VZZP2o-cKSUyDCj9L6uS8mPcxuMUiqGZi4MR0OYLenRqe1PpnRgCe9emaPU5jJWd0S5Gri9jSfISR3d2xyQ6zHaP-cYbMgAOi7g-c7mICVA-c>; zuletzt aufgerufen am 30.01.2025 um 12:45h
- Stadt Wien, s. a. c. Methodik und Erstellung des Abwasserwärmepotenzialkatasters. Webseite, abrufbar unter <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/themenstadtplan/abwasserwaerme/methodik.html>; zuletzt aufgerufen am 31.01.2025 um 14:45h
- Stadt Wien, s. a. d. Wien Kulturgut. Webseite, abrufbar unter <https://www.wien.gv.at/kulturportal/public/>; zuletzt aufgerufen am 27.02.2025 um 16:15h
- Stadt Wien, s. a. e. Stadtplan. Webseite, abrufbar unter <https://www.wien.gv.at/stadtplan/>; zuletzt aufgerufen am 26.02.2025 um 15:30h
- Stadt Wien, s. a. f. GW-Schichtenpläne 3.+11. Bezirk. Mittlere Grundwasserverhältnisse. Interpolation der Messwerte 14.04.2015. Verfügbar unter <https://www.wien.gv.at/umwelt/gewaesser/schutz/hydrografie/pdf/schichtenplan-03-11-mittlere.pdf>; heruntergeladen am 26.02.2025 um 16:15

Stadt Wien, s. a. g. Wien Kanal heizt und kühlt mit Abwasser. Webseite, abrufbar unter <https://www.wien.gv.at/umwelt/kanal/abwasser-energiegewinnung.html>; zuletzt aufgerufen am 26.02.2025 um 16:15h

Stadt Wien, s. a. h. Merkblatt für die Herstellung von Erdsonden auf öffentlichem Straßengrund für Gebäude längeren Bestands mit angezeigtem Baubeginn ab 01/2022. Verfügbar unter <https://www.wien.gv.at/verkehr/strassen/ahs-info/pdf/merkblatt-erdsonden.pdf>; zuletzt aufgerufen am 06.06.2025 um 11:15h

Stadt Wien, s.a. i. Schutzzonen Wien. Webseite, verfügbar unter <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/grundlagen/schutzzonen/>; zuletzt aufgerufen am 06.06.2025 um 13:15h

Steiner, C.; Nyeki, E.; Kalasek, R.; Brus, T.; Hemis, H. und Lichtenwöhrer, P., 2023. Endbericht betreffend Projekt EWSP Wien. Flächendeckende Potentialerhebung für Erdwärmesonden auf Baublockebene in Wien. Wien: Stadt Wien, Geosphere Austria, TU Wien.

TU Wien, s. a. Kapitel 03. Decken im Bestand. Verfügbar unter https://denkmalpflege.tuwien.ac.at/wp-content/uploads/2017/05/17_Denkmal_03_Decken-im-BestandTeil1.pdf; zuletzt aufgerufen am 20.01.2025 um 17:30h

Weinläder, H.; Klinker, F.; Pawelz, F.; Wollheim, T.; Gross, R.; Maas, A.; Schlitzberger, S.; Kempkes, C.; Lyding, H.; Haussmann, T.; Stein, A. und Renner, A., 2019. PCM-Demo II. PCM in Demonstrationsanwendungen. Schlussbericht. Hannover: Technische Informationsbibliothek Hannover. Verfügbar unter https://www.tib.eu/en/search?tx_tibsearch_search%5Baction%5D=download&tx_tibsearch_search%5Bcontroller%5D=Download&tx_tibsearch_search%5Bdocid%5D=TIBKAT%3A1691569607&cHash=e9a2d6ba8a137e02d0ddb673d7aa870e#download-mark; zuletzt aufgerufen am 06.10.2025 um 16:30h

Wiener Wohnen, s. a. Gerlgasse 14. Webseite, abrufbar unter <https://www.wienerwohnen.at/hof/463/Gerlgasse-14.html>; zuletzt aufgerufen am 28.03.2025 um 14:20h

Wimmer, F.; Pummer, A.; Holzer, P.; Beigelböck, B.; Eder, K.; Abart-Heriszt, L.; Wolf, M.; Rzhacek, C.; Keller, T. und Kling, B., 2024. Urbaner Kältebedarf in Österreich 2030/2050. UKÖ 2030/2050. Endbericht, verfügbar unter https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2025-3-ukoe.pdf; zuletzt aufgerufen am 06.06.2025 um 10:10h

Zhang, L.; Guo, J.; Li, J.; Yu, X.; Hui, G.; Zhong, J.; Liu, N.; Ren, D. und Wang, J., 2024. A Unified Method for Multi-Source Complementary Heating Systems Based on a Transient Simulation. Electronics 13(7), Art. Nr. 1206. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics13071206>

Zheng, Z.; Zhou, J.; Xu, F.; Zhang, R. und Deng, G., 2022. Integrated operation of PV assisted ground source heat pump and air source heat pump system: Performance analysis and economic optimization. Energy Conversion and Management 169, Art. Nr. 116091. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.116091>

Anhang: Entscheidungsbaum Wärmequellen

Dieser Entscheidungsbaum dient der strukturierten Abprüfung von verfügbaren Wärmequellen am Standort und folgt der zu erwartenden Anlageneffizienz als reihendes Kriterium. Daher werden die Abwärme-Rückgewinnungs-Technologien mit ihren relativ hohen zu erwartenden Quellentemperaturen zuerst betrachtet und dann mit Quellen mit abnehmender Temperatur fortgesetzt. Die Solarthermie wird zuletzt als ergänzende Technologie betrachtet, die wohl zwar nicht den gesamten Wärmebedarf einer Liegenschaft abdecken wird können, aber als ergänzende Quelle zur Steigerung der Effizienz im Sommer und der Übergangszeit dienen kann. Der Baum wird in Kapitel 5.4 näher erläutert.

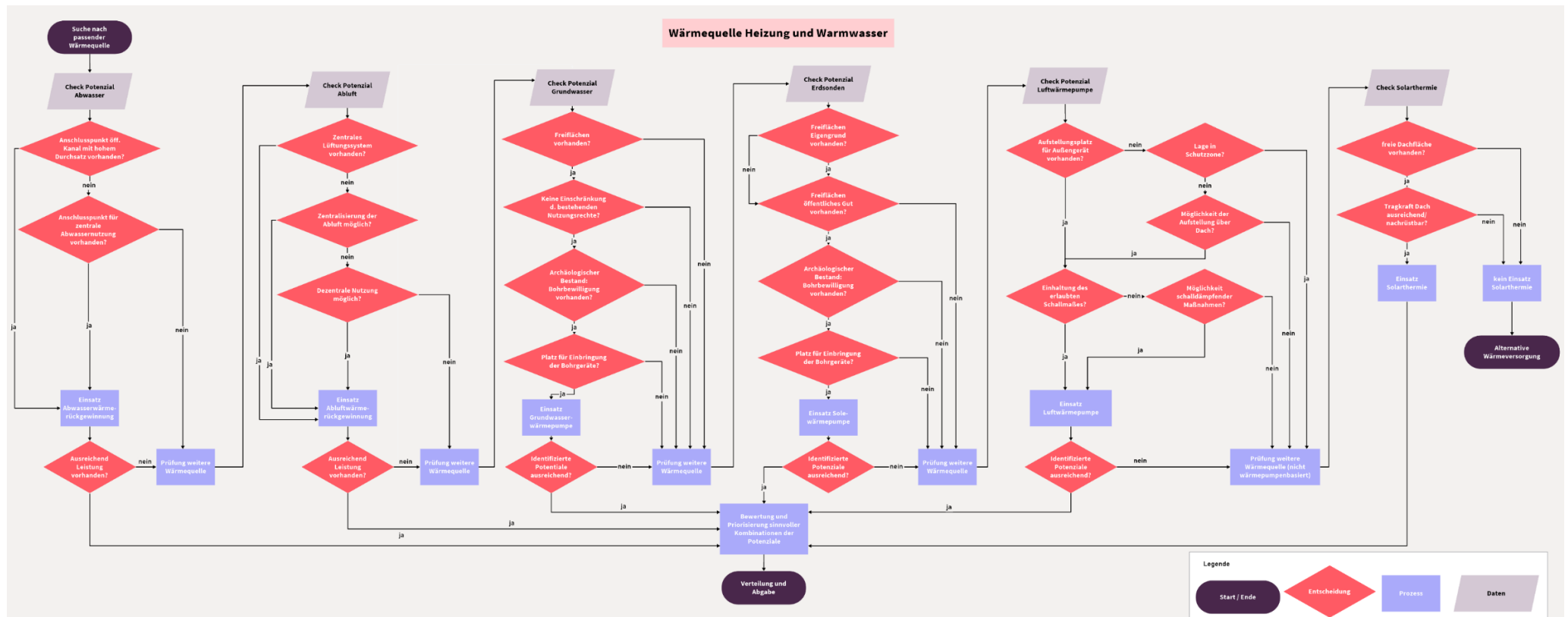


Abbildung 88: Entscheidungsbaum zur Auswahl der lokal verfügbaren erneuerbaren Wärmequellen (eigene Darstellung).

Anhang: Messpunktliste und einstellbare Werte in GLT

EMPFOHLENE MESSPUNKTELISTE

Es wird empfohlen, alle Messpunkte und in der GLT hinterlegten Sollwerte auf Trend zu legen, da nur so eine effektive Systemüberwachung und Optimierung möglich ist. Die angeführte Liste dient als Vorschlag und muss je nach Projektumfang individuell angepasst werden.

Die hochgestellten Verweise auf Anmerkungen beziehen sich auf:

*¹ Außenluft, Sole, Grundwasser, Solarthermie

*² wenn vorhanden

*³ mehre Temperaturfühler über Wand verteilt zwischen den Rohrleitungen - müssen bei Installation der Fassadenaktivierung eingebracht werden

*⁴ Regelsignal

*⁵ primärseitige Messpunkte siehe Wärmequelle(n) allgemein sowie Erdsonden / Grundwasser / Solarthermie / Abluft / Abwasser

Bezeichnung	Messung	Einheit
Wärmequelle(n) allgemein		
Temperatur Austritt Wärmequelle(n)* ¹	VL-Temperatur	°C
Temperatur Eintritt Wärmequelle(n)* ¹	RL-Temperatur	°C
Wärmemengenzähler Wärmequelle(n)	Volumenstrom	m ³ /h
Wärmemengenzähler Wärmequelle(n)	Leistung	kW
Wärmemengenzähler Wärmequelle(n)	Wärmeenergie Entzug	kWh
Wärmemengenzähler Wärmequelle(n)	Wärmeenergie Regeneration* ²	kWh
Wärmemengenzähler Wärmequelle(n)	RL-Temperatur	°C
Wärmemengenzähler Wärmequelle(n)	VL-Temperatur	°C
Erdsonden / Grundwasser / Solarthermie / Abluft / Abwasser		
Sondenpumpe / Brunnenpumpe / Solarpumpe / Verdichter Lüftung / Förderpumpe Abwasser	Schaltsignal* ⁴	-

Bezeichnung	Messung	Einheit
Sondenpumpe / Brunnenpumpe / Solarpumpe / Verdichter Lüftung / Förderpumpe Abwasser	Störung	-
Sondenpumpe / Brunnenpumpe / Solarpumpe / Verdichter Lüftung / Förderpumpe Abwasser	Betrieb	-
Sondenpumpe / Brunnenpumpe / Solarpumpe / Verdichter Lüftung / Förderpumpe Abwasser	Stellsignal* ⁴	-
Sondenpumpe / Brunnenpumpe / Solarpumpe / Verdichter Lüftung / Förderpumpe Abwasser Stromverbrauch	E-Zähler	kWh
Sondenfeld / Brunnen / Solarthermie / Lüftung / Abwasserwärmerückgewinnung primärseitig Druckdifferenz	p-Sensor	bar
Brunnen / Abwasserwärmerückgewinnung primärseitig	Störmeldung Filter	-
Solarthermie	Modultemperatur	°C
Free-Cooling Erdsonden / Grundwasser		
Wärmeübertrager Primärseite	RL-Temperatur	°C
Wärmeübertrager Primärseite	VL-Temperatur	°C
Wärmeübertrager Sekundärseite	RL-Temperatur	°C
Wärmeübertrager Sekundärseite	VL-Temperatur	°C
Wärmerückgewinnung aus Abluft / Abwasser* ⁵		
Temperatur Austritt Sekundärseite Wärmeübertrager	VL-Temperatur	°C
Temperatur Eintritt Sekundärseite Wärmeübertrager	RL-Temperatur	°C

Bezeichnung	Messung	Einheit
Wärmemengenzähler Sekundärseite Wärmeübertrager	Volumenstrom	m³/h
Wärmemengenzähler Sekundärseite Wärmeübertrager	Leistung	kW
Wärmemengenzähler Sekundärseite Wärmeübertrager	Wärmeenergie Entzug	kWh
Wärmemengenzähler Sekundärseite Wärmeübertrager	RL-Temperatur	°C
Wärmemengenzähler Sekundärseite Wärmeübertrager	VL-Temperatur	°C
Pumpe sekundärseitiger Kreis Wärmeübertrager	Schaltbefehl* ⁴	-
Pumpe sekundärseitiger Kreis Wärmeübertrager	Störung	-
Pumpe sekundärseitiger Kreis Wärmeübertrager	Betrieb	-
Pumpe sekundärseitiger Kreis Wärmeübertrager	Stellsignal* ⁴	-
Pumpe sekundärseitiger Kreis Wärmeübertrager Stromverbrauch	E-Zähler	kWh
Pumpe sekundärseitiger Kreis Wärmeübertrager Druckdifferenz	p-Sensor	bar
Wärmepumpe(n) (Heizung- und Warmwasser)		
Wärmepumpe(n) allgemein	Schaltbefehl* ⁴	-
Wärmepumpe(n) allgemein	Sollwertvorgabe* ⁴	°C
Wärmepumpe(n) allgemein	Laufzeit Kompressor(en)	h
Wärmepumpe(n) allgemein	Einschaltzyklen	-
Wärmepumpe(n) allgemein	Störmeldung Kompressor(en)	-
Wärmepumpe(n) allgemein	E-Zähler	kWh
Wärmepumpe(n) Verdampfer	Volumenstrom	m³/h
Wärmepumpe(n) Verdampfer	Leistung	kW
Wärmepumpe(n) Verdampfer	Wärmeenergie übertragen	kWh

Bezeichnung	Messung	Einheit
Wärmepumpe(n) Verdampfer	Temperatur Eintritt	°C
Wärmepumpe(n) Verdampfer	Temperatur Austritt	°C
Wärmepumpe(n) Kondensator	Volumenstrom	m³/h
Wärmepumpe(n) Kondensator	Leistung	kW
Wärmepumpe(n) Kondensator	Wärmeenergie übertragen	kWh
Wärmepumpe(n) Kondensator	Temperatur Eintritt	°C
Wärmepumpe(n) Kondensator	Temperatur Austritt	°C
Technikzentrale		
Puffer (NT, MT, HT) / Hydraulische Weiche	Temperatur oben	°C
Puffer (NT, MT, HT) / Hydraulische Weiche	Temperatur unten	°C
Wärmemengenzähler Puffer / Hydraulische Weiche Primärseite	Volumenstrom	m³/h
Wärmemengenzähler Puffer / Hydraulische Weiche Primärseite	Leistung	kW
Wärmemengenzähler Puffer / Hydraulische Weiche Primärseite	Wärmeenergie	kWh
Wärmemengenzähler Puffer / Hydraulische Weiche Primärseite	RL-Temperatur	°C
Wärmemengenzähler Puffer / Hydraulische Weiche Primärseite	VL-Temperatur	°C
Wärmemengenzähler Puffer / Hydraulische Weiche Sekundärseite	Volumenstrom	m³/h
Wärmemengenzähler Puffer / Hydraulische Weiche Sekundärseite	Leistung	kW
Wärmemengenzähler Puffer / Hydraulische Weiche Sekundärseite	Wärmeenergie	kWh
Wärmemengenzähler Puffer / Hydraulische Weiche Sekundärseite	RL-Temperatur	°C
Wärmemengenzähler Puffer / Hydraulische Weiche Sekundärseite	VL-Temperatur	°C

Bezeichnung	Messung	Einheit
Regelgruppe Heizsystem	RL-Temperatur	°C
Regelgruppe Heizsystem	VL-Temperatur	°C
Regelgruppe Heizsystem	Stellsignal Regelventil* ⁴	-
Regelgruppe Heizsystem	Volumenstrom	m ³ /h
Regelgruppe Heizsystem	Leistung	kW
Regelgruppe Heizsystem	Wärmeenergie	kWh
Regelgruppe Kühltssystem* ²	RL-Temperatur	°C
Regelgruppe Kühltssystem* ²	VL-Temperatur	°C
Regelgruppe Kühltssystem* ²	Stellsignal Regelventil* ⁴	-
Regelgruppe Kühltssystem* ²	Stellsignal Change Over* ⁴	-
Regelgruppe Kühltssystem* ²	Volumenstrom	m ³ /h
Regelgruppe Kühltssystem* ²	Leistung	kW
Regelgruppe Kühltssystem* ²	Wärmeenergie	kWh
Heizkreispumpe(n) / Kühlkreispumpe(n)	Schaltbefehl* ⁴	-
Heizkreispumpe(n) / Kühlkreispumpe(n)	Störung	-
Heizkreispumpe(n) / Kühlkreispumpe(n)	Betrieb	-
Heizkreispumpe(n) / Kühlkreispumpe(n)	Stellsignal* ⁴	-
Heizkreispumpe(n) / Kühlkreispumpe(n) Stromverbrauch	E-Zähler	kWh
Heizkreispumpe(n) / Kühlkreispumpe(n) Druckdifferenz	p-Sensor	bar
Warmwasserbereitung		
Warmwasserspeicher	Temperatur oben	°C
Warmwasserspeicher	Temperatur unten	°C
Warmwasserspeicher	Kaltwasserzähler	m ³
Warmwasserspeicher	Kaltwassereintrittstemperatur	°C

Bezeichnung	Messung	Einheit
Warmwasserspeicher	Zirkulation VL-Temperatur* ²	°C
Warmwasserspeicher	Zirkulation RL-Temperatur* ²	°C
Wärmemengenzähler Warmwasser	Volumenstrom	m³/h
Wärmemengenzähler Warmwasser	Leistung	kW
Wärmemengenzähler Warmwasser	Wärmeenergie	kWh
Wärmemengenzähler Warmwasser	RL-Temperatur	°C
Wärmemengenzähler Warmwasser	VL-Temperatur	°C
Warmwasser Ladepumpe primär	Schaltsbefehl	-
Warmwasser Ladepumpe primär	Störung	-
Warmwasser Ladepumpe primär	Betrieb	-
Warmwasser Ladepumpe primär	Stellsignal* ⁴	-
Warmwasser Ladepumpe primär	E-Zähler	kWh
Warmwasser Ladepumpe primär	p-Sensor	bar
Warmwasser Verteilpumpe* ²	Schaltsbefehl* ⁴	-
Warmwasser Verteilpumpe* ²	Störung	-
Warmwasser Verteilpumpe* ²	Betrieb	-
Warmwasser Verteilpumpe* ²	Stellsignal* ⁴	-
Warmwasser Verteilpumpe* ²	E-Zähler	kWh
Warmwasser Verteilpumpe* ²	p-Sensor	bar
Sani60ies-System		
Temperaturprofil Wand* ³	Temperatursensor	°C
Sammelstrang	VL-Temperatur	°C
Abgang Verteiler	RL-Temperatur	°C
Wetterstation		
Wetterstation Wind	Windgeschwindigkeit	m/s
Wetterstation Sonne	Solare Einstrahlung	W/m²
Wetterstation Außentemperatur	Außentemperatur	°C
Wetterstation Feuchte	Luftfeuchtigkeit	%

Bezeichnung	Messung	Einheit
Photovoltaik*2		
Ertrag aus Photovoltaik	Wechselrichter	kWh
Netzbezug	E-Zähler	kWh

EINSTELLBARE WERTE IN GLT

Es wird empfohlen, alle Messpunkte und in der GLT hinterlegten Sollwerte auf Trend zu legen, da nur so eine effektive Systemüberwachung und Optimierung möglich ist.

Der hochgestellte Verweis bezieht sich auf folgende Anmerkung:

*1 wenn ein Referenz-Temperaturfühler vorhanden

Eingabe Sollwert	Einheit	Anmerkung
Raumtemperatur Heizbetrieb*1	°C	Bereichsbeschränkung: 18 °C-26 °C
Raumtemperatur Entwärmung	°C	Bereichsbeschränkung: 26 °C-30 °C
Vorlauftemperatur Heizbetrieb	°C	
Vorlauftemperatur Entwärmung	°C	
Manueller Change Over Heizung / Kühlung	-	0 oder 1
Heizung / Kühlung ein / aus	-	0 oder 1, relevant in Übergangszeit
Temperatur Pufferspeicher (NT, MT, HT)	°C	Bereichsbeschränkung: 20 °C-70 °C
Umschalttemperatur(en) Wärmequelle(n)	°C	Anzahl abhängig von den erschlossenen Wärmequellen
Eingabe Heizkurve Fußpunkt	-	
Eingabe Heizkurve Steigung	-	
Eingabe Kühlkurve Fußpunkt	-	
Eingabe Kühlkurve Steigung	-	

Impressum

Medieninhaberin und Herausgeberin:

Stadt Wien – Energieplanung

1120 Wien, Wilhelmstraße 68

Strategische Gesamtkoordination und Redaktion:

Stadt Wien – Energieplanung

Erstellung:

BOKU University

Vasko+Partner Ziviltechniker für Bauwesen und Verfahrenstechnik GesmbH

Betreuung:

UIV Urban Innovation Vienna GmbH

Rechtlicher Hinweis und Haftungsausschluss:

Die enthaltenen Daten, Tabellen, Grafiken und Bilder sind urheberrechtlich geschützt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität des Inhalts.

Die Verbreitung ist nur mit Quellenangabe gestattet.

Um vorherige Information der Medieninhaberin wird gebeten.

Wien, 26.03.2026

