

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.

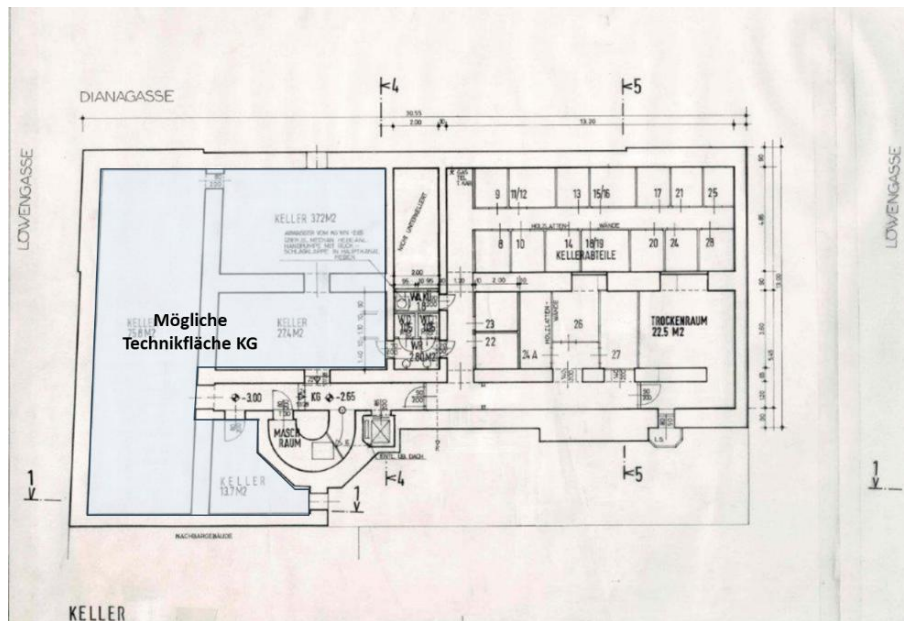


Abbildung 18: Mögliche Technikfläche im Kellergeschoß (eigene Darstellung).

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.

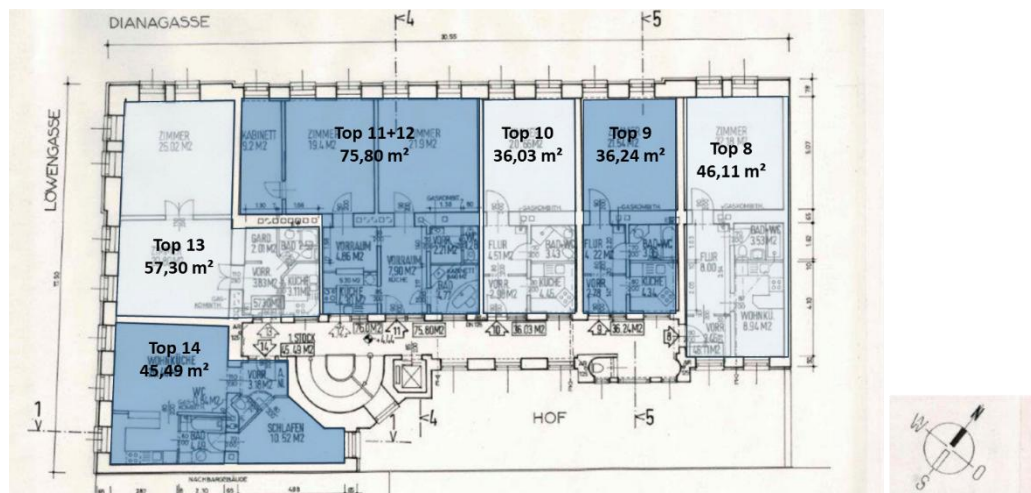


Abbildung 19: Aufteilung der Wohnungseinheiten des 1. Obergeschoßes und die geographische Ausrichtung der Liegenschaft (eigene Darstellung).

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 Wärmeenergieerzeugung 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.

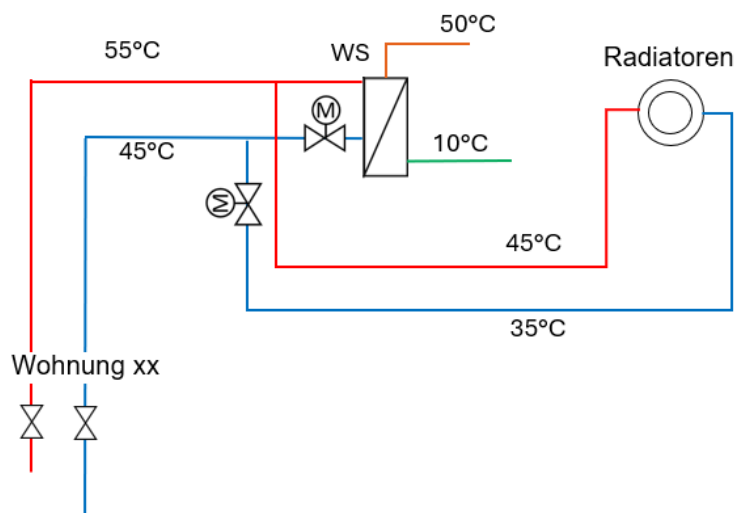


Abbildung 20: Schema der Warmwasserbereitung mit einer Frischwasserstation (eigene Darstellung).

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.

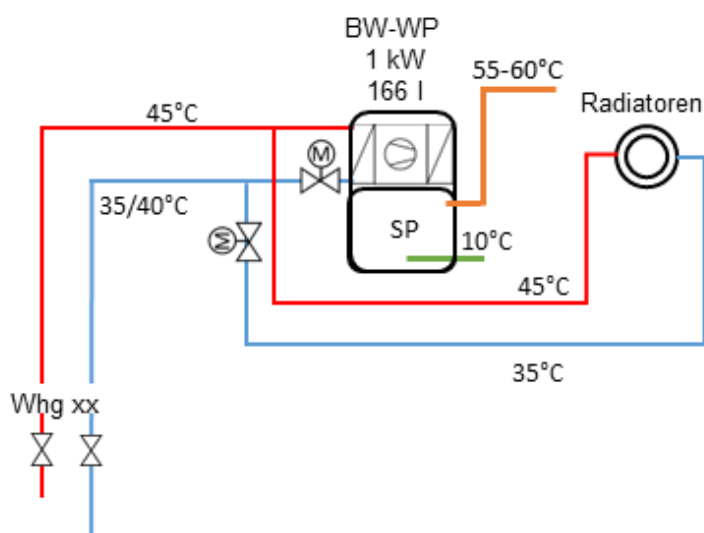


Abbildung 21: Schematische Darstellung der Brauchwasser-Wärmepumpe (eigene Darstellung).

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

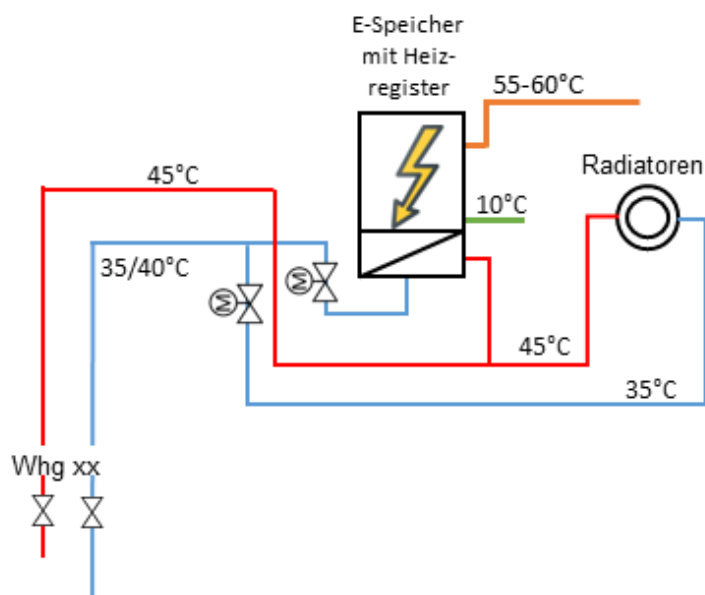


Abbildung 22: Schematische Darstellung des E-Speichers mit Heizregister (eigene Darstellung).

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

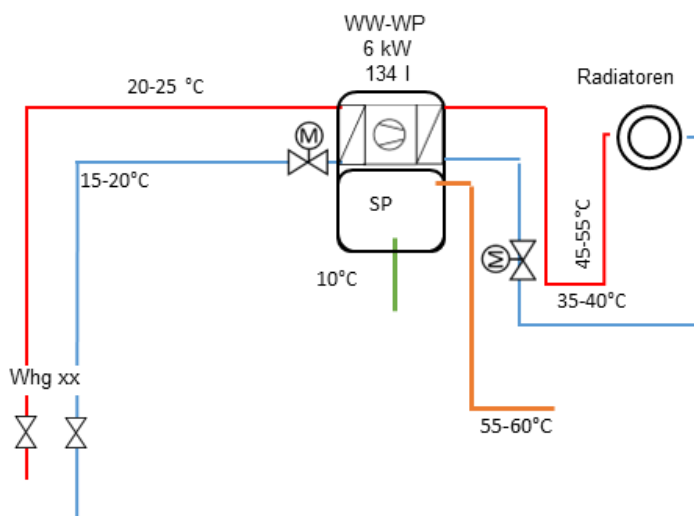


Abbildung 23: Schematische Darstellung dezentrale Klein-Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser (eigene Darstellung).

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:

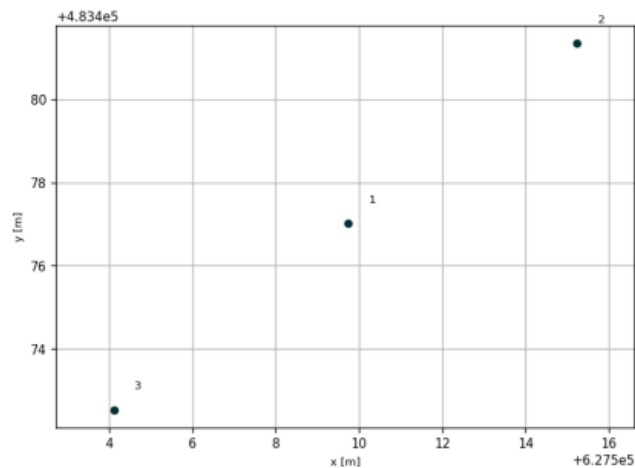


Abbildung 24: Position der Erdwärmesonden auf dem Grundstück und mittlerer Sondenabstand (eigene Darstellung).

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.

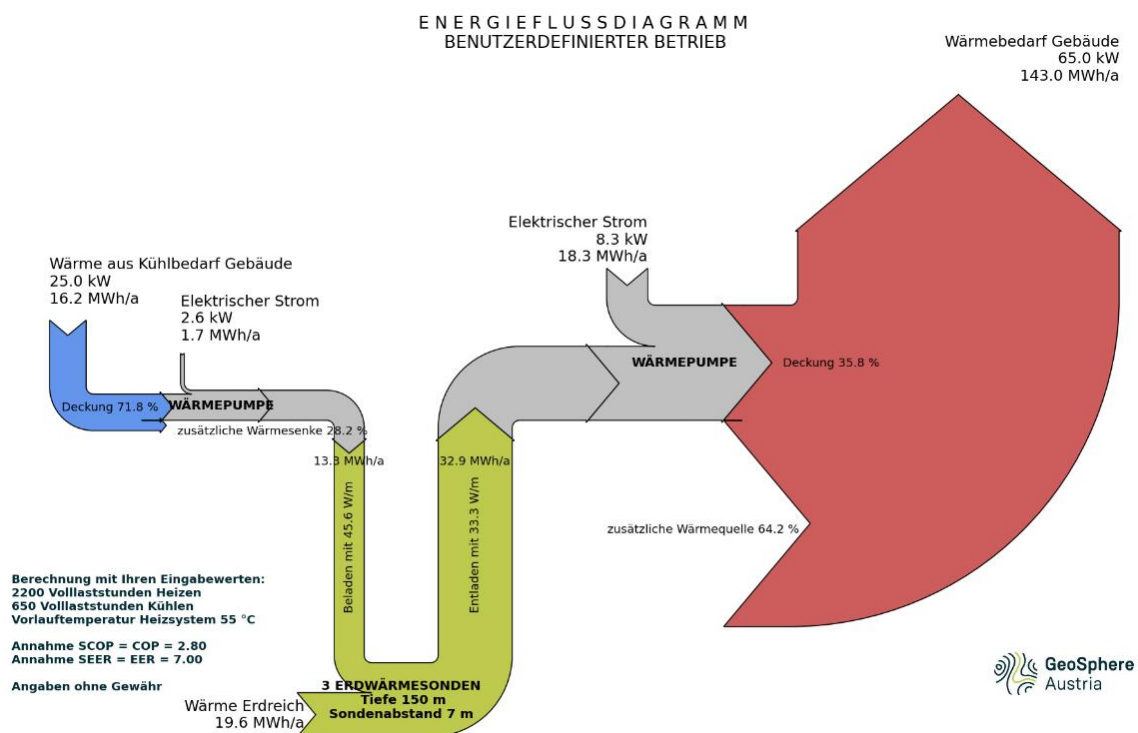


Abbildung 25: Energieflussdiagramm der Erdwärmesonden für die Dianagasse 2, Nutzung Eigengrund, 65 kW Heizleistung und Vorlauftemperatur von 55 °C (eigene Darstellung).

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.

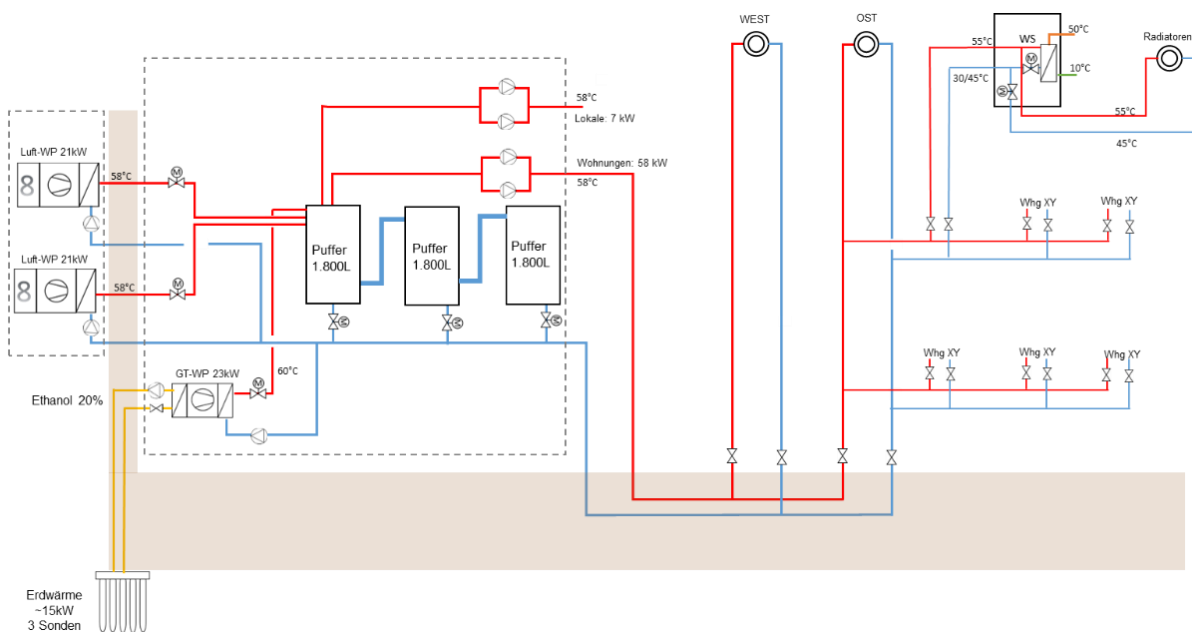


Abbildung 26: Schematische Darstellung der multivalenten Wärmeerzeugung mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen und Warmwasserbereitung über Frischwasserstationen (V4, eigene Darstellung).

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.

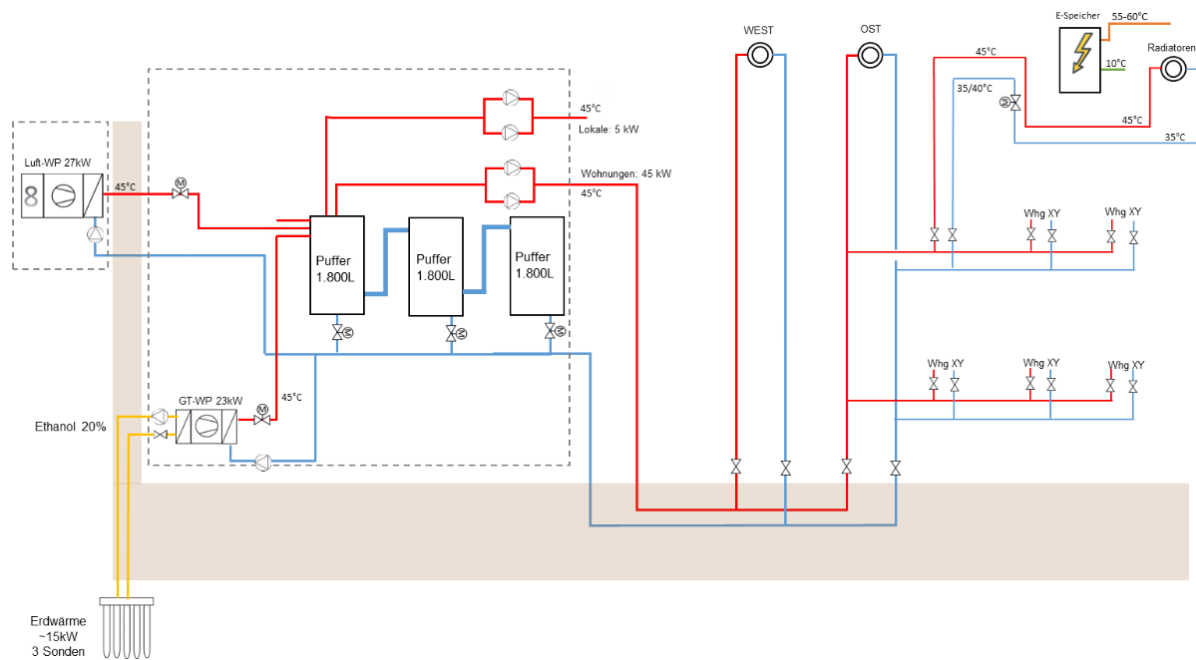


Abbildung 27: Schematische Darstellung der multivalenten Wärmeerzeugung mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen und dezentraler Warmwasserbereitung mittels E-Boiler (V5, eigene Darstellung).

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.

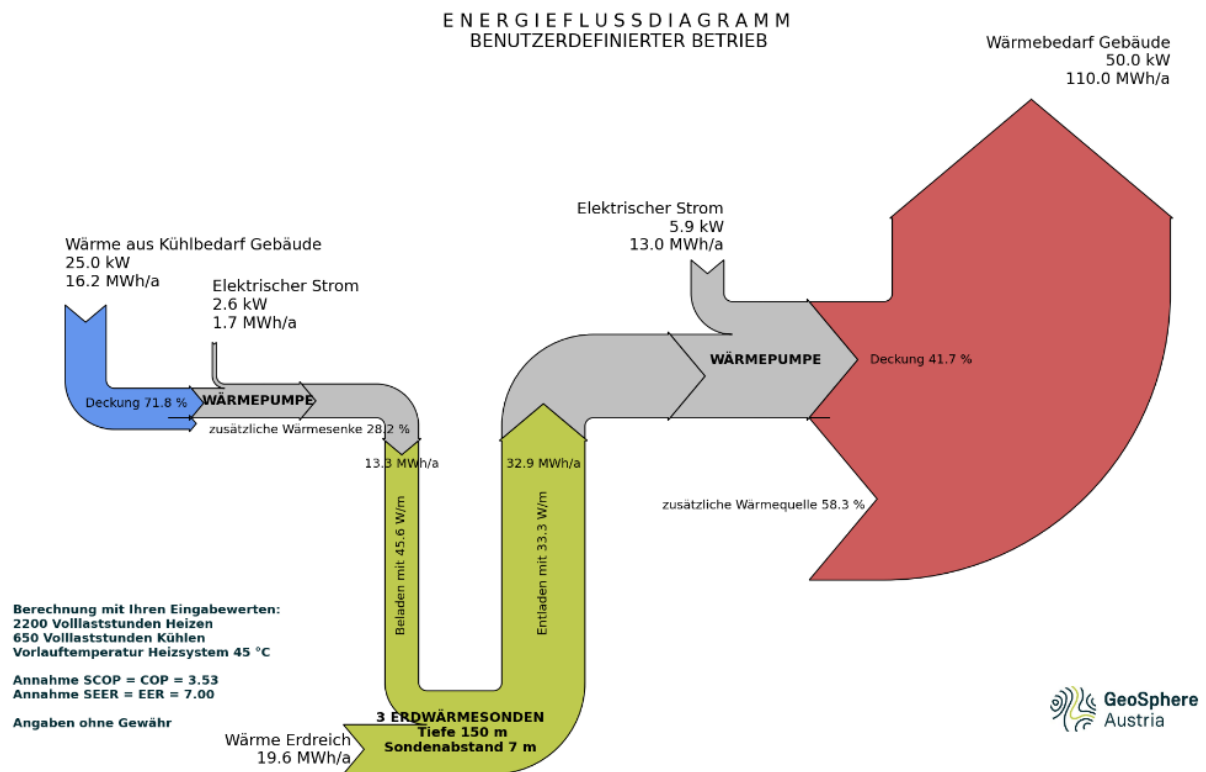


Abbildung 28: Energieflussdiagramm der Erdwärmesonden für die Dianagasse 2, Nutzung Eigengrund, 50 kW Heizleistung und Vorlauftemperatur von 45 °C (eigene Darstellung).

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.

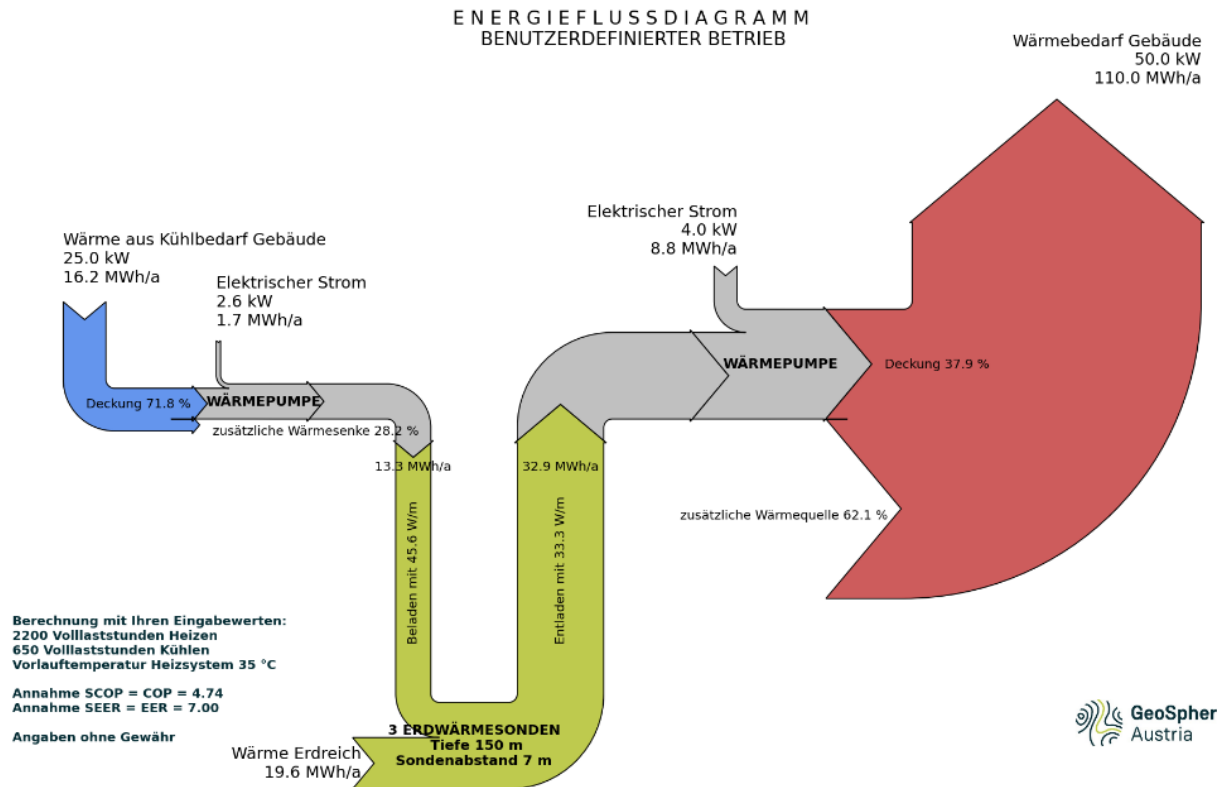


Abbildung 29: Energieflussdiagramm der Erdwärmesonden für die Dianagasse 2, Nutzung Eigengrund, 50 kW Heizleistung und Vorlauftemperatur von 35 °C (eigene Darstellung).

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.

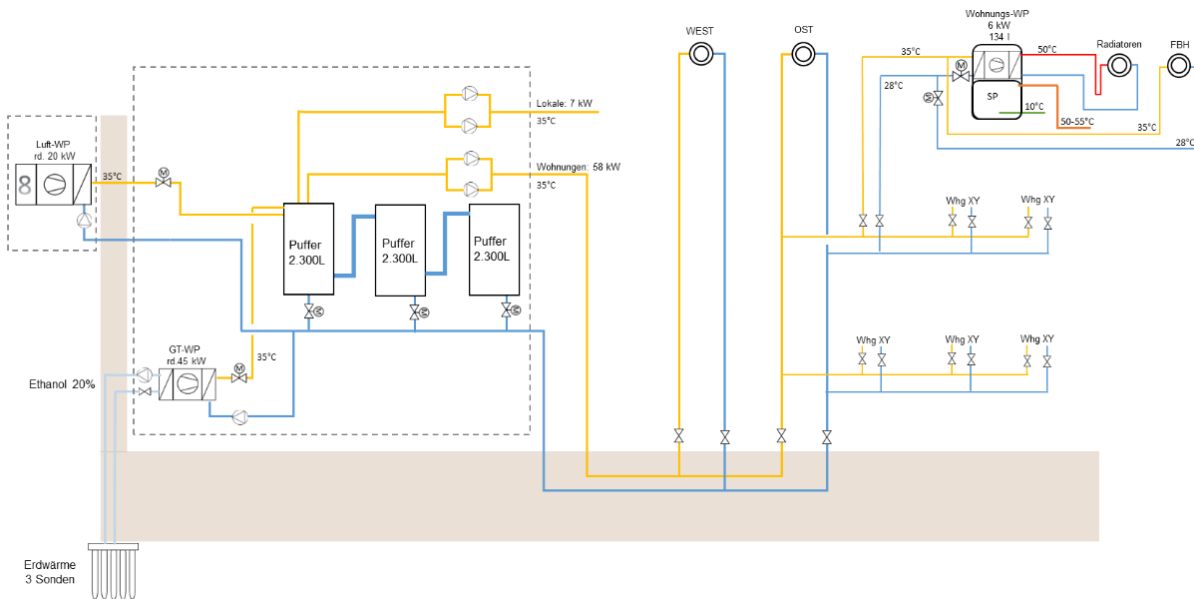


Abbildung 30: Schema einer kaskadenartigen Wärmeerzeugung mit zentralen Sole- und Luft-Wärmepumpen und dezentralen Wärmepumpen in den Wohnungen für die Heizung und die Warmwassererzeugung (V6, eigene Darstellung).

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:

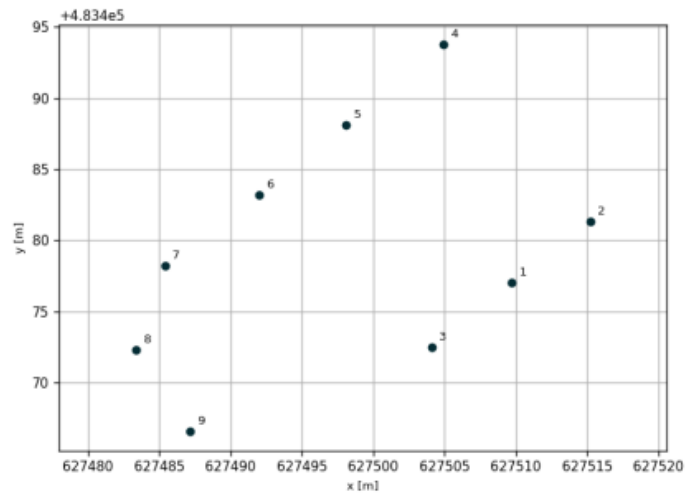


Abbildung 31: Position der Erdwärmesonden auf dem Grundstück und mittlerer Sondenabstand (eigene Darstellung).

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.

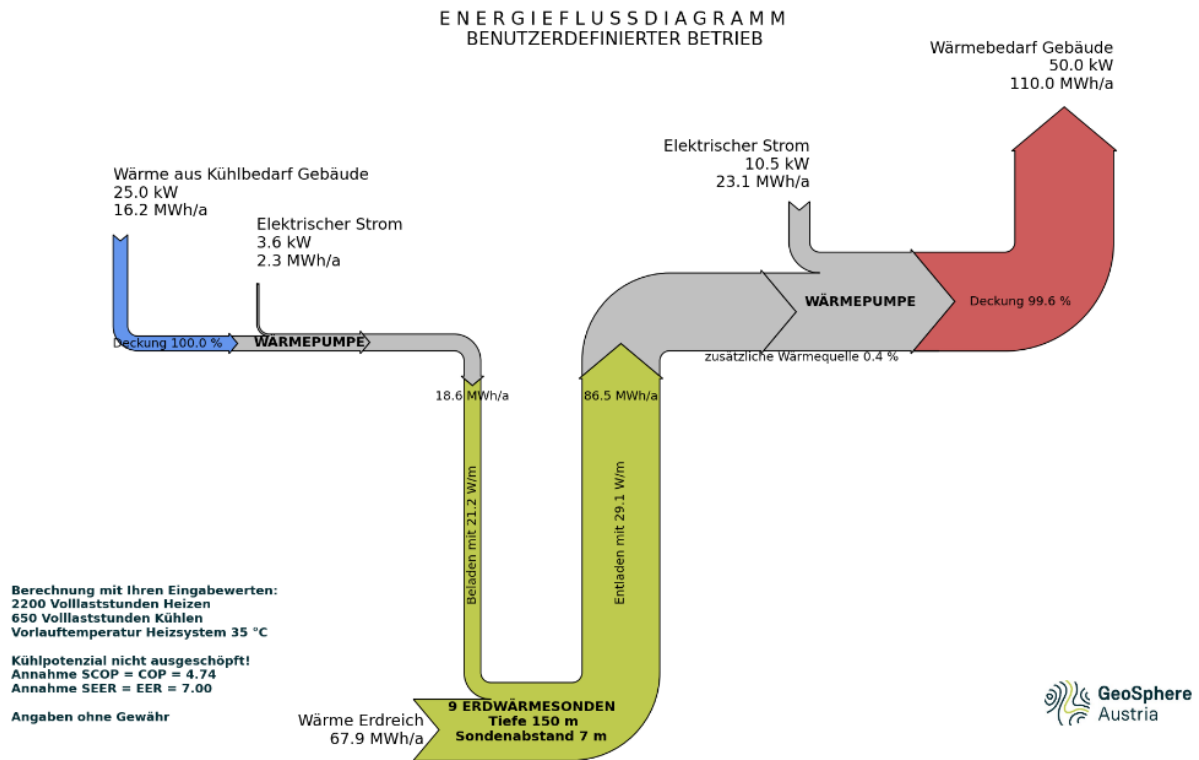


Abbildung 32: Energieflussdiagramm der Erdwärmesonden für die Dianagasse 2, Erweiterung öffentlicher Grund (eigene Darstellung).

In Abbildung 33 ist die Vergleichsvariante V7 schematisch dargestellt. Zu erkennen ist die höhere Anzahl an Erdsonden im Vergleich zu der multivalenten Variante mit Geothermie und Luft als Quelle (V6).

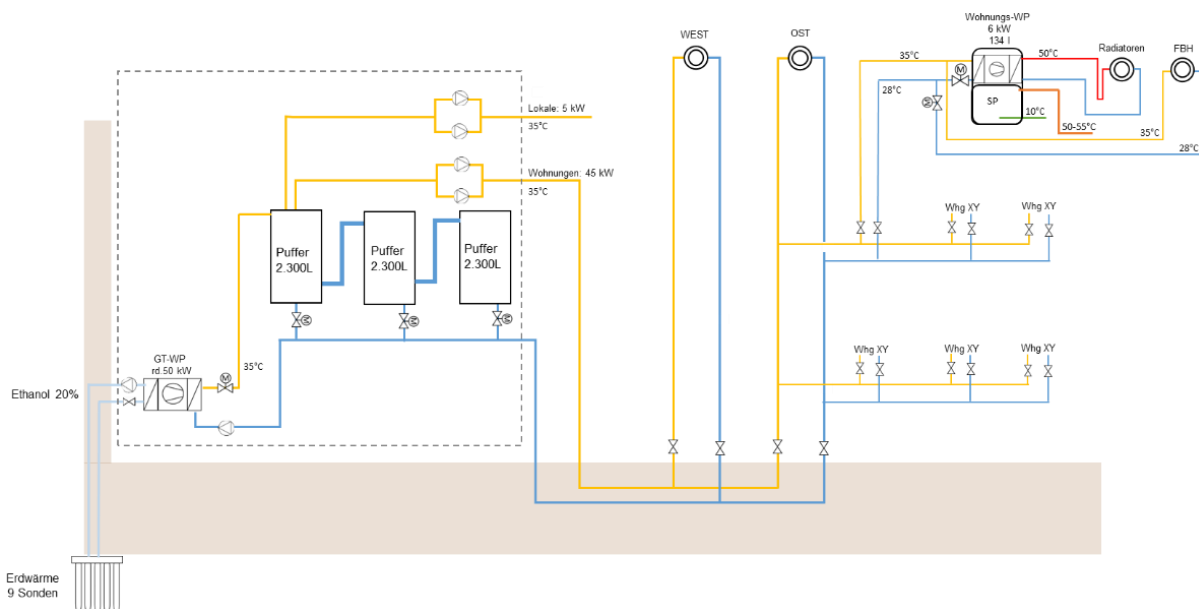


Abbildung 33: Schematische Darstellung der monovalenten Versorgung über Sole-Wärmepumpen und dezentrale Klein-Wärmepumpen (V7, eigene Darstellung).

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.

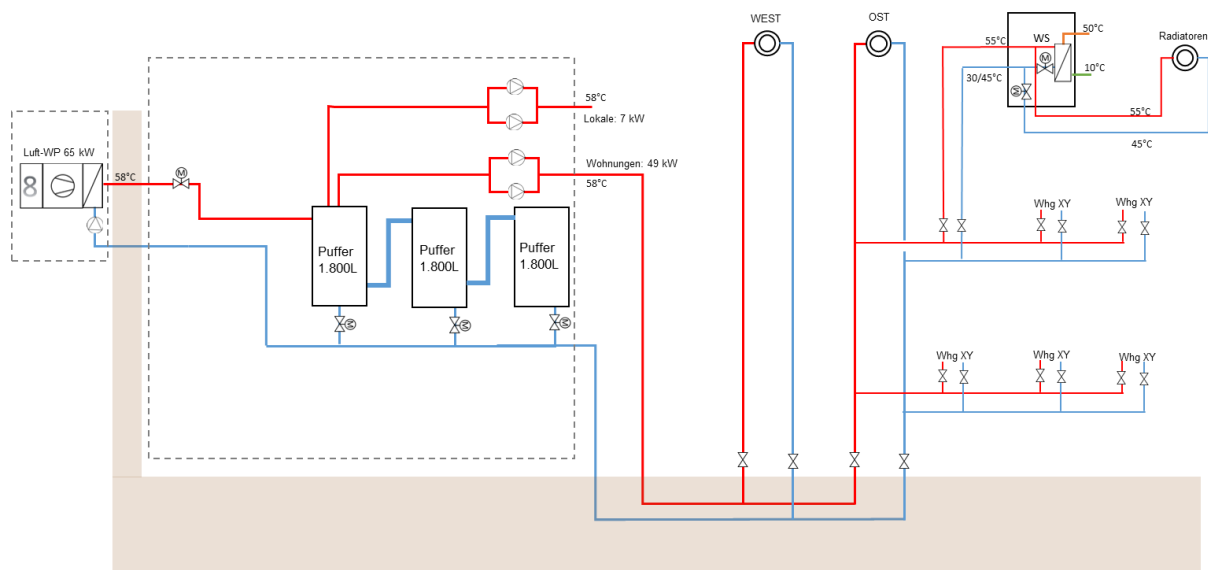


Abbildung 34: Schematische Darstellung der Referenzvariante mit einer monovalenten Versorgung über eine Luftwärme-Pumpe (V1, eigene Darstellung).

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).

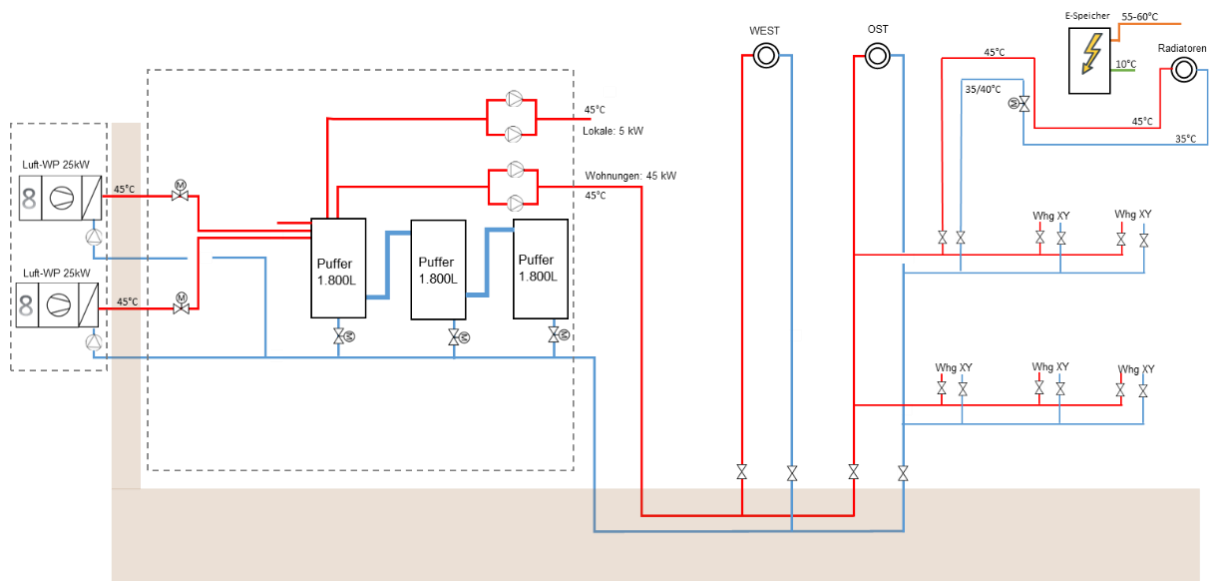


Abbildung 35: Schematische Darstellung der monovalenten Versorgung über Luft-Wärmepumpen und dezentrale Warmwasserbereitung über E-Speicher (V2, eigene Darstellung).

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).

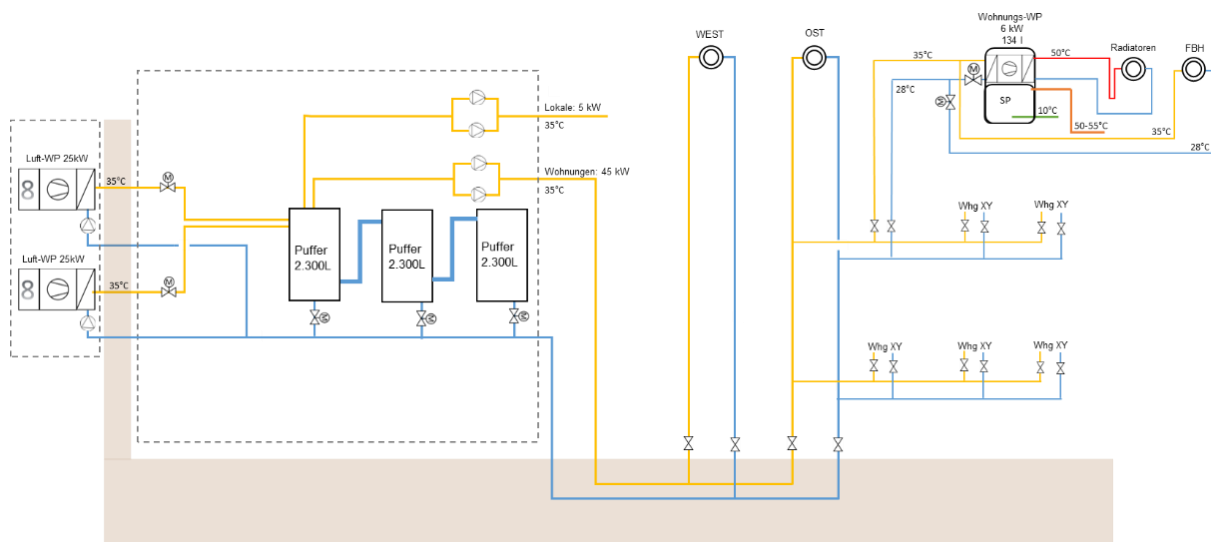


Abbildung 36: Schematische Darstellung der monovalenten Versorgung über Luft-Wärmepumpen und dezentrale Klein-Wärmepumpen (V3, eigene Darstellung).

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 %).

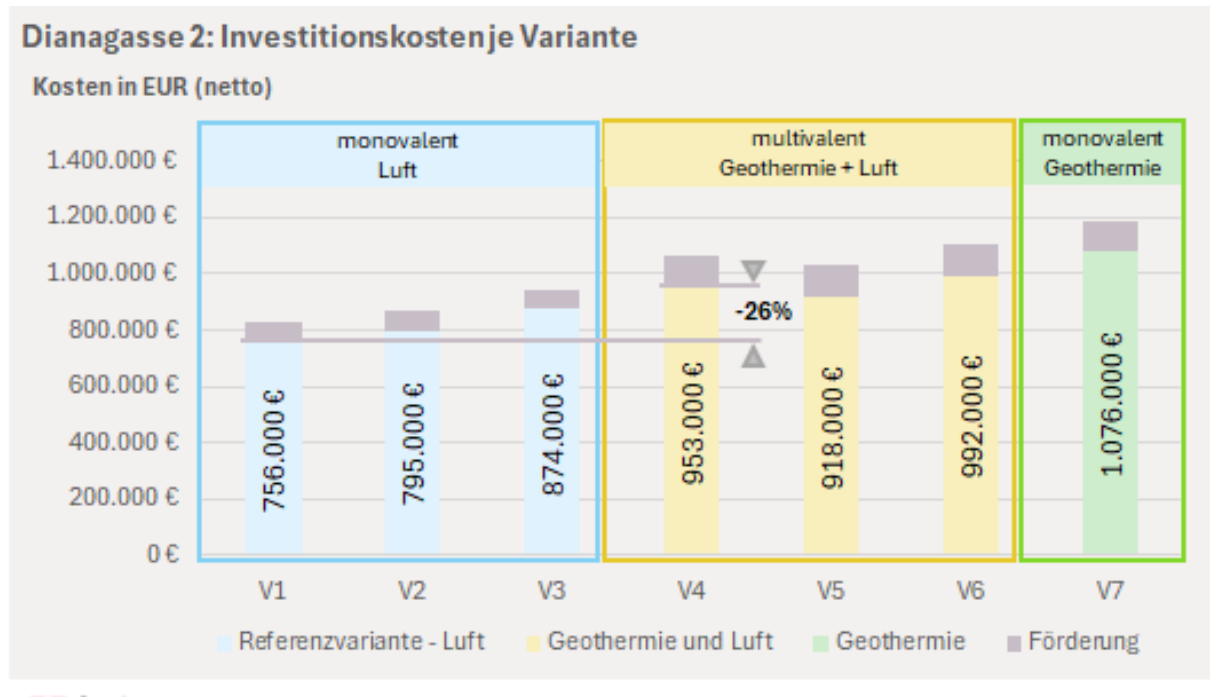


Abbildung 37: Investitionskosten je Variante inkl. Förderung (Landesförderung Wien), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

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.

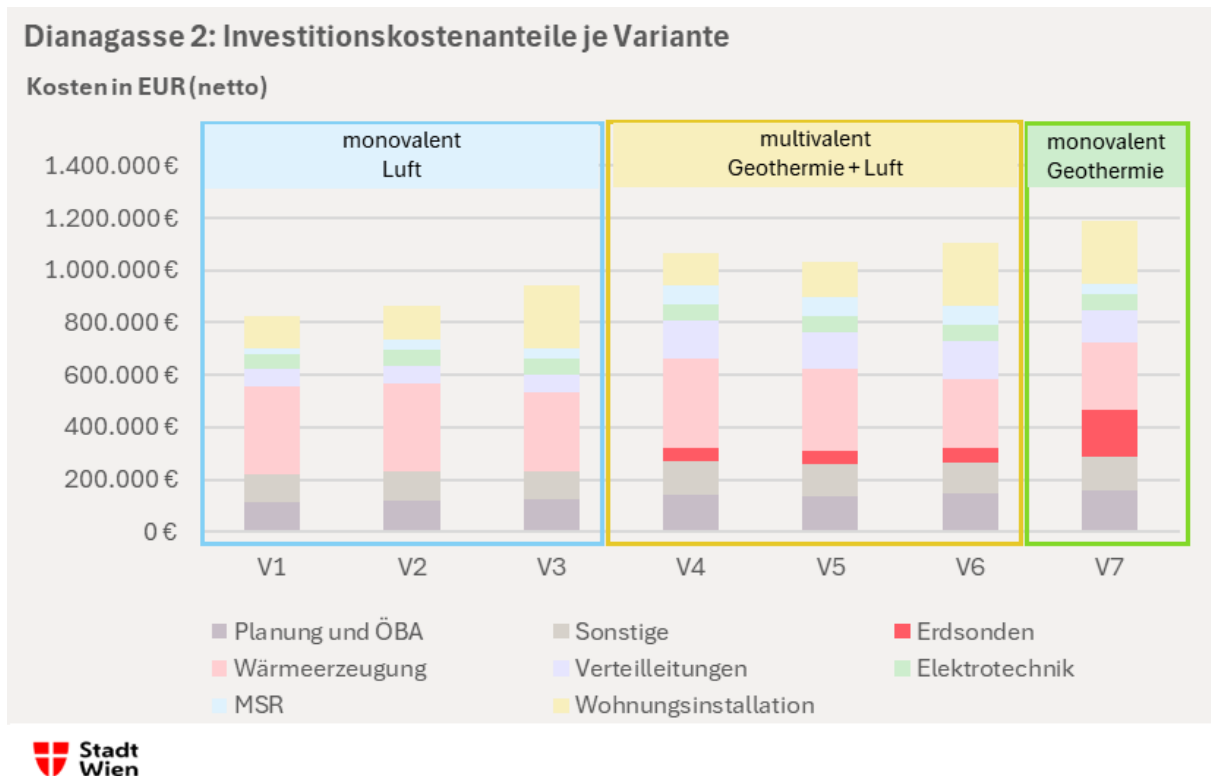


Abbildung 38: Investitionskosten je Variante inkl. Förderung (Landesförderung Wien), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

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.

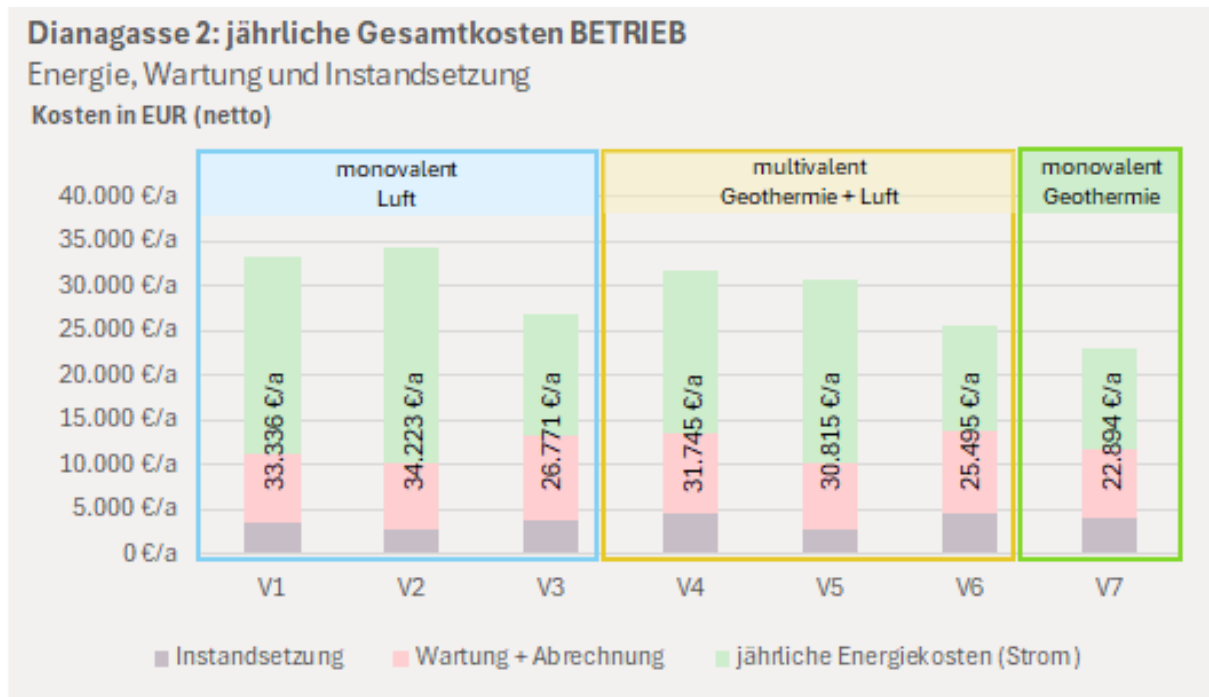


Abbildung 39: Jährliche Gesamtkosten BETRIEB (Energie, Wartung und Instandsetzung), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

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 %.

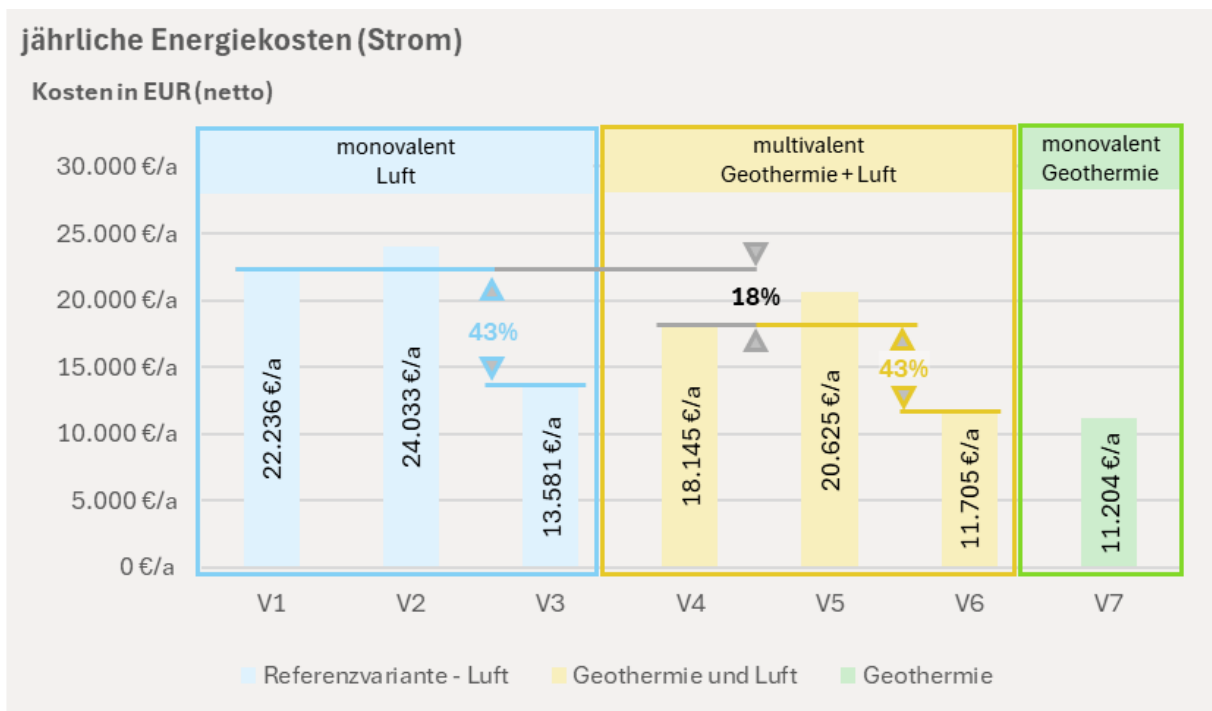


Abbildung 40: Jährliche Energiekosten (Strom) der einzelnen Varianten für Heizung und Warmwasserbereitung, Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

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.

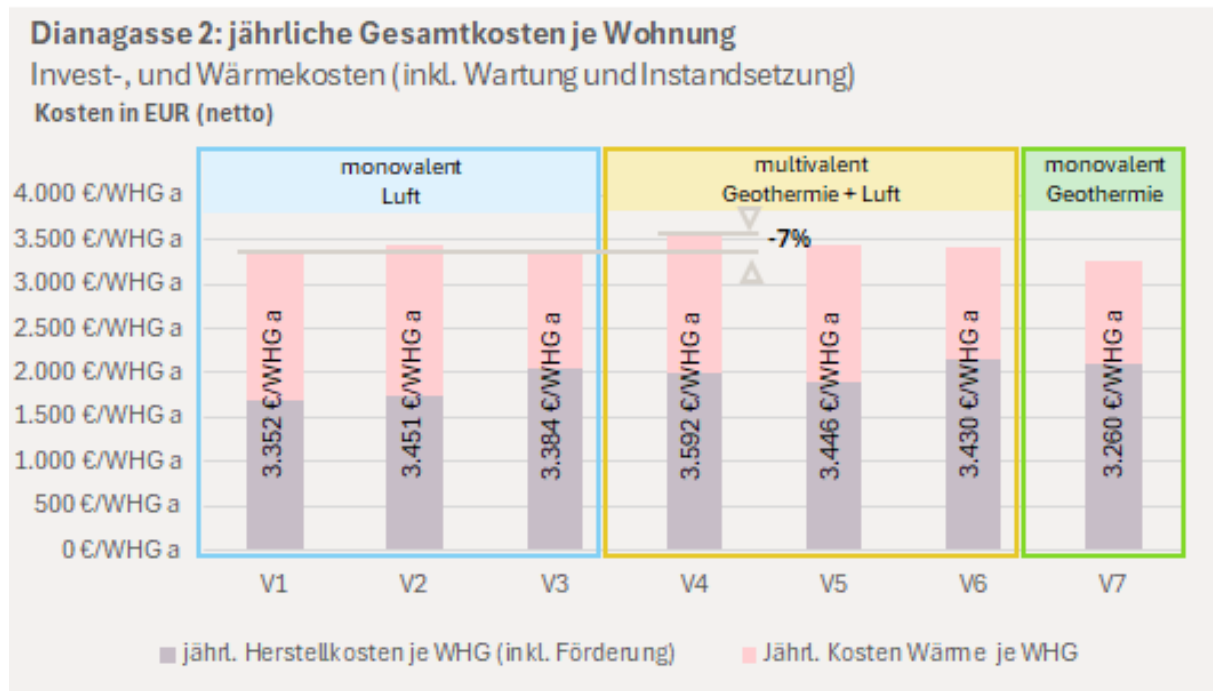


Abbildung 41: Jährliche Gesamtkosten je Wohnung (Investitions- und Wärmekosten), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

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.

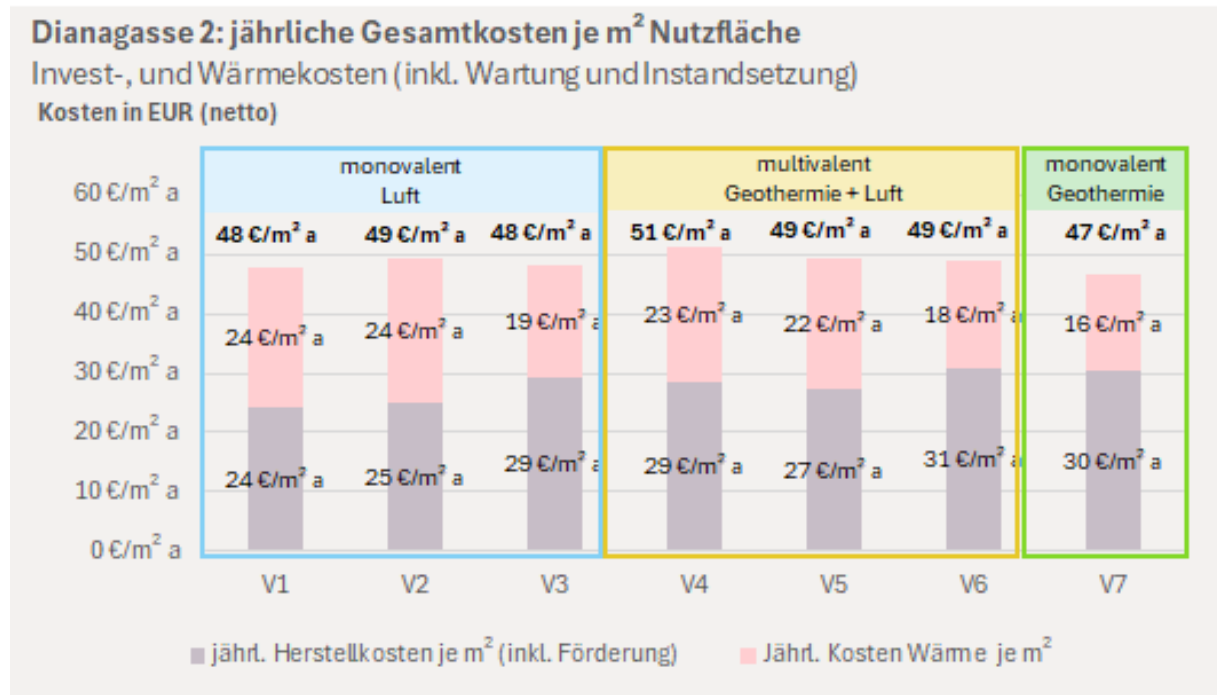


Abbildung 42: Jährliche Gesamtkosten je m² (Investitions- und Wärmekosten), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

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.

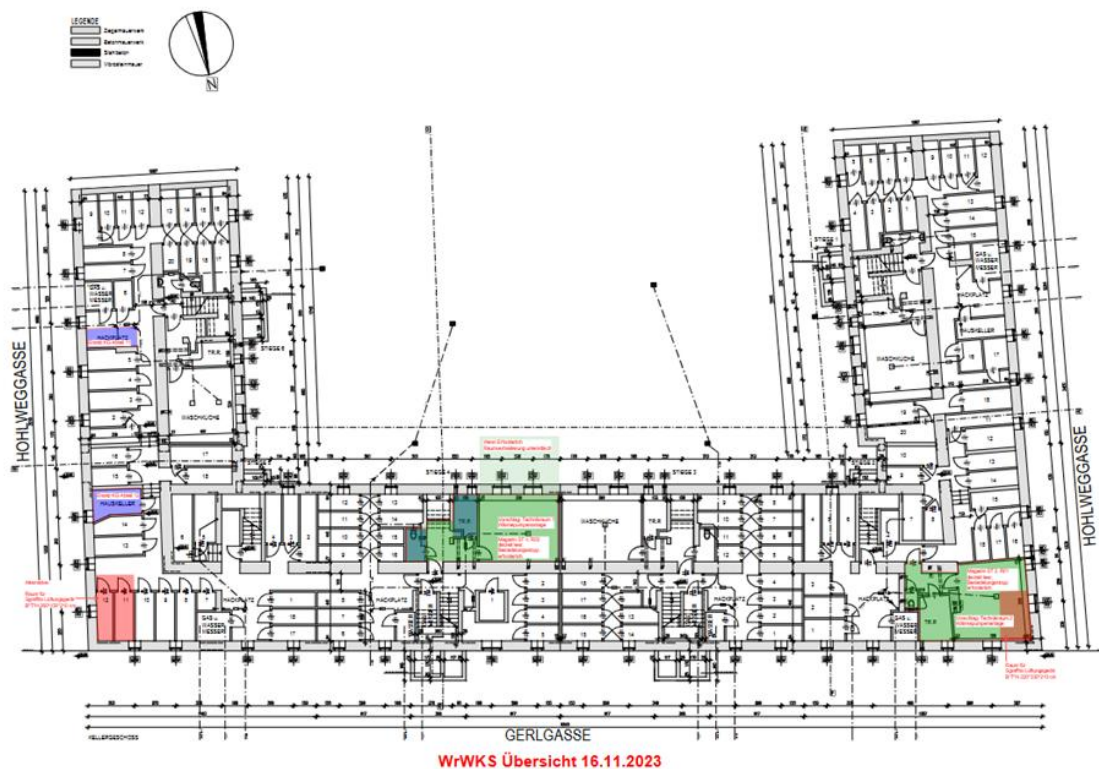


Abbildung 43: Mögliche Technikflächen im Kellergeschoß der Gerlgasse 12-14 (eigene Darstellung).

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.

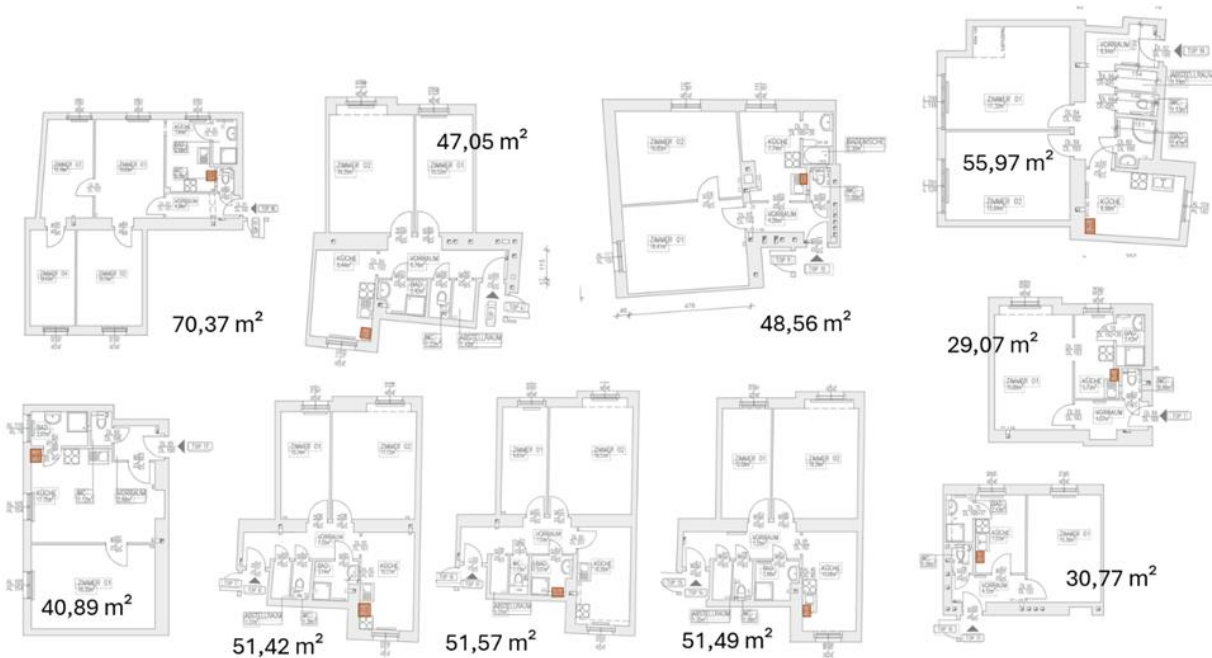


Abbildung 44: Grundrisse der Wohnungseinheiten in der Gerlgasse 12-14, Lage der Gastherme rot markiert (eigene Darstellung).

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.

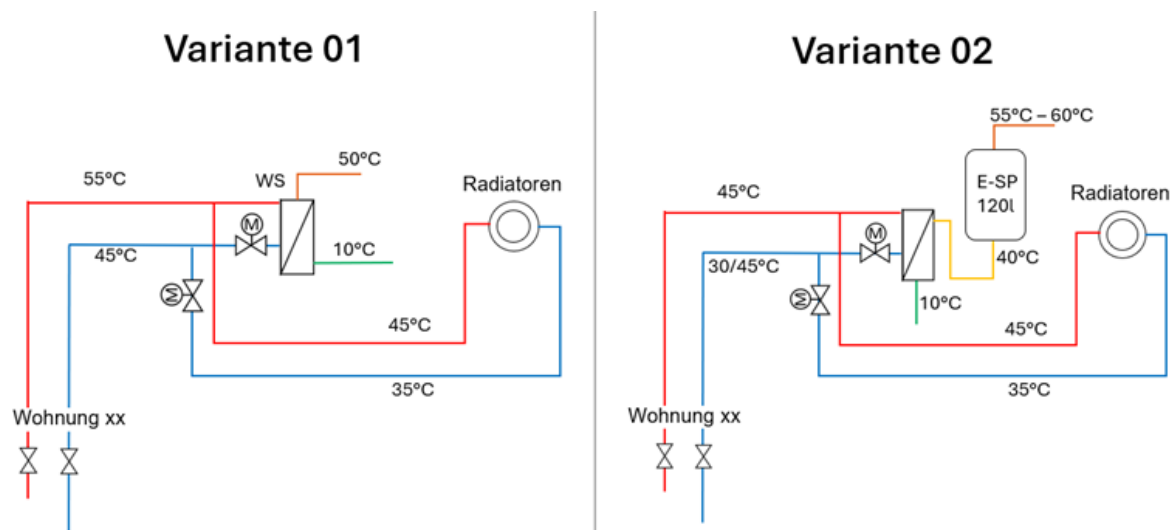


Abbildung 45: Schematische Darstellung der Warmwassererzeugung und der Wärmeabgabe in den Wohnungen der Gerlgasse 12-14 (eigene Darstellung).

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.

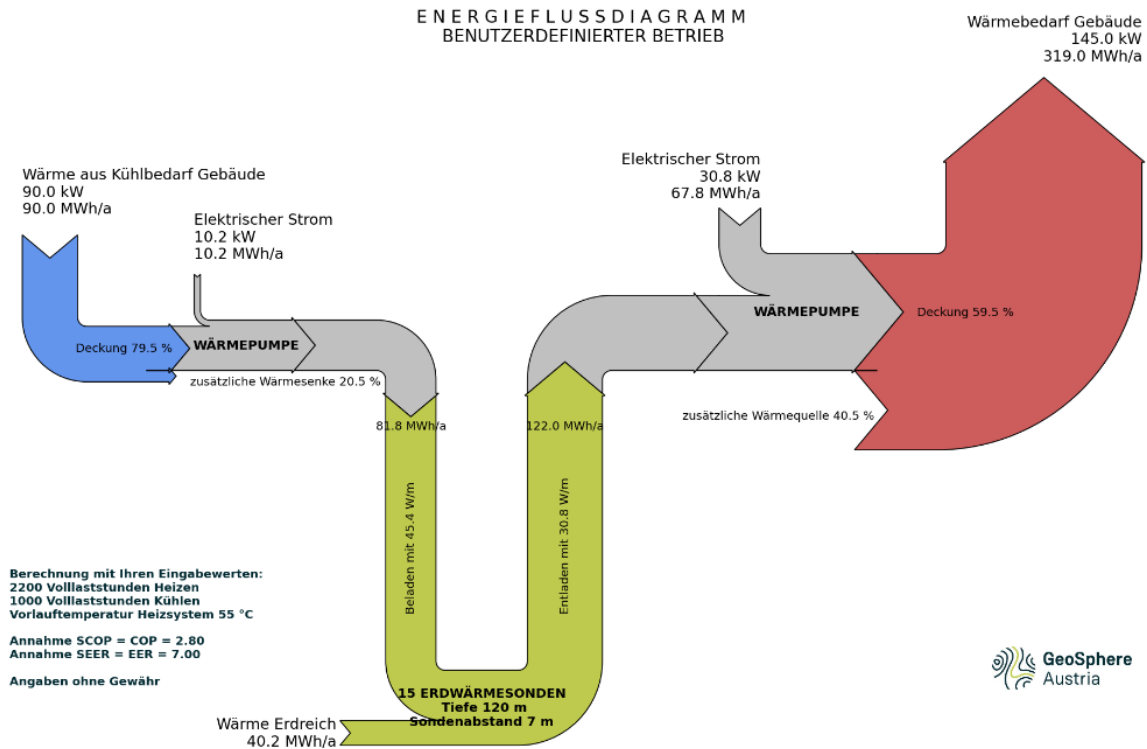


Abbildung 47: Energieflussdiagramm mit 15 Erdwärmesonden auf Eigengrund (eigene Darstellung).

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.

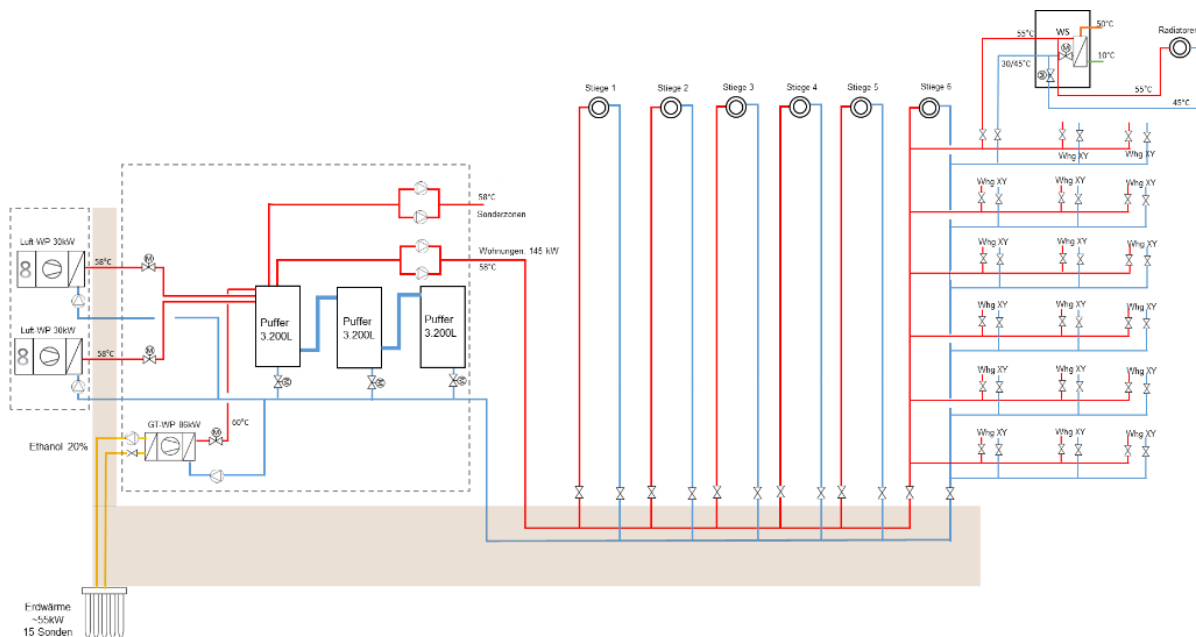


Abbildung 48: Schematische Darstellung der multivalenten Wärmeerzeugung mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen und Frischwasserstationen in der Gerlgasse 12-14 (V3, eigene Darstellung).

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.

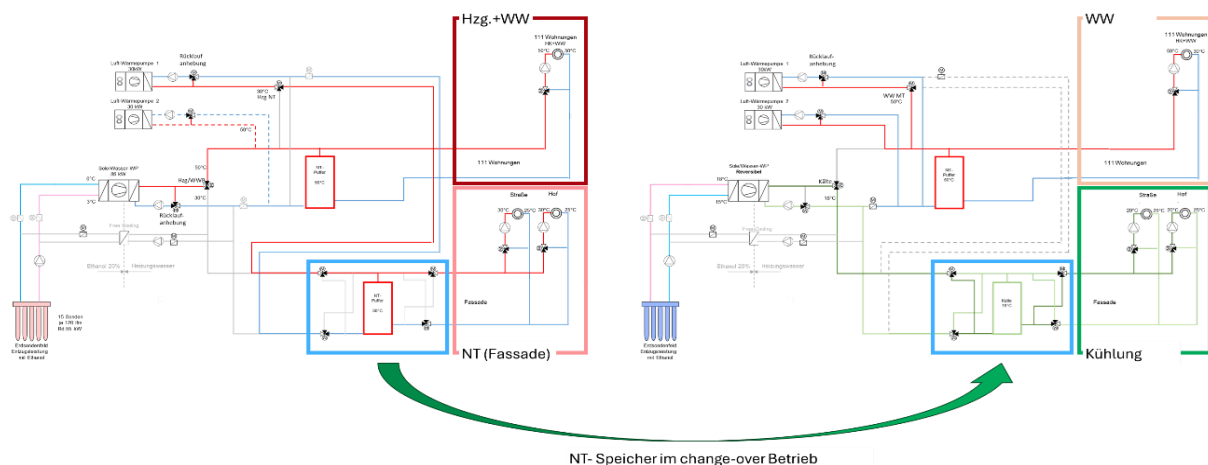


Abbildung 50: Schematische Darstellung des Change-Over-Betriebs des multivalenten Heizsystems in der Gerlgasse 12-14 mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen, welche mit den Frischwasserstationen sowie der Fassadenaktivierung gekoppelt sind (eigene Darstellung).

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.

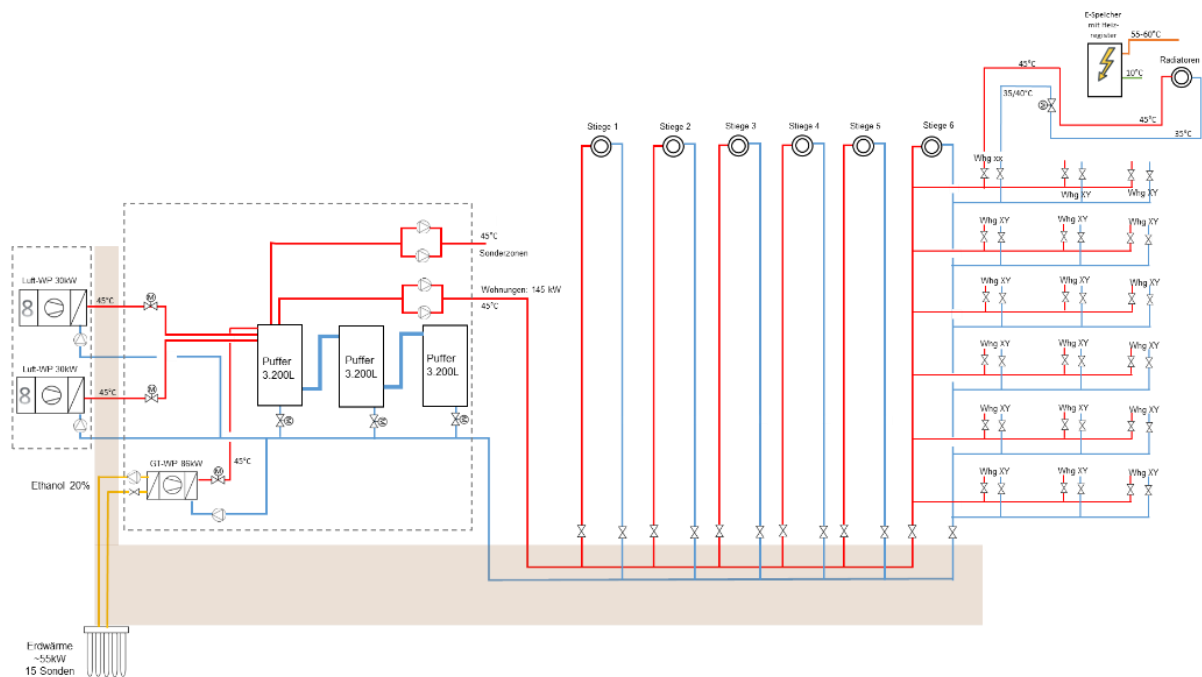


Abbildung 51: Schematische Darstellung der multivalenten Wärmeerzeugung mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen und E-Speicher in der Gerlgasse 12-14 (V4, eigene Darstellung).

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).

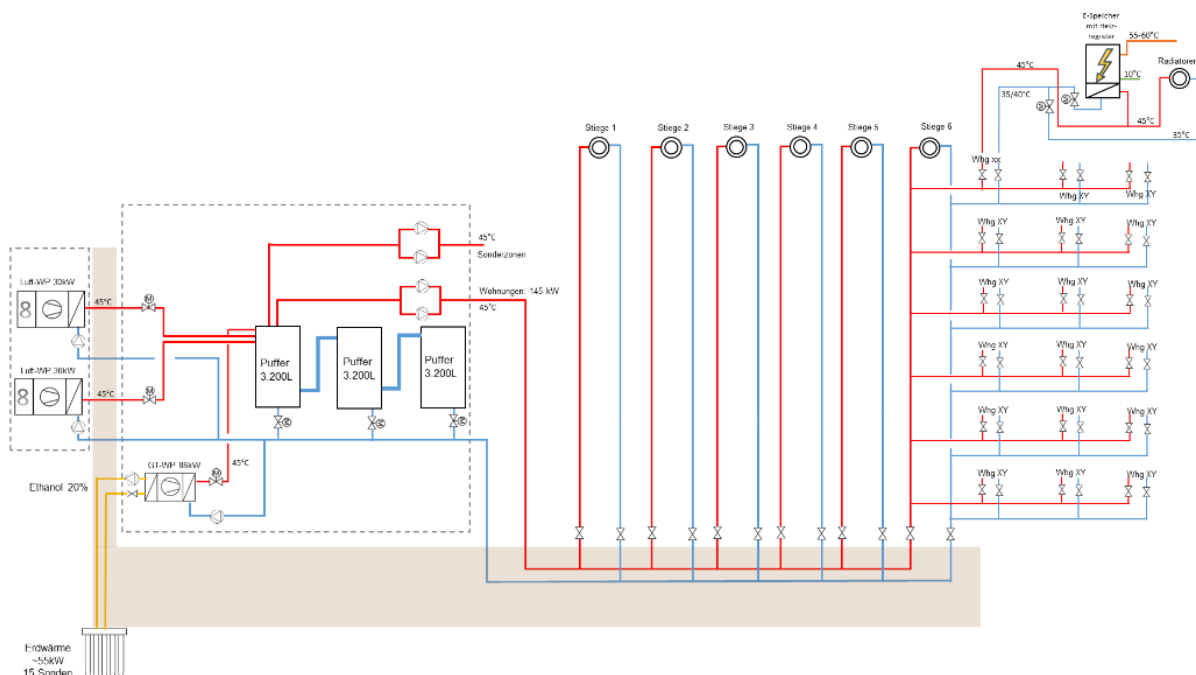


Abbildung 52: Schematische Darstellung der multivalenten Wärmeerzeugung mittels Sole- und Luft-Wärmepumpen und E-Speicher mit WRG in der Gerlgasse 12-14 (V5, eigene Darstellung).

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.

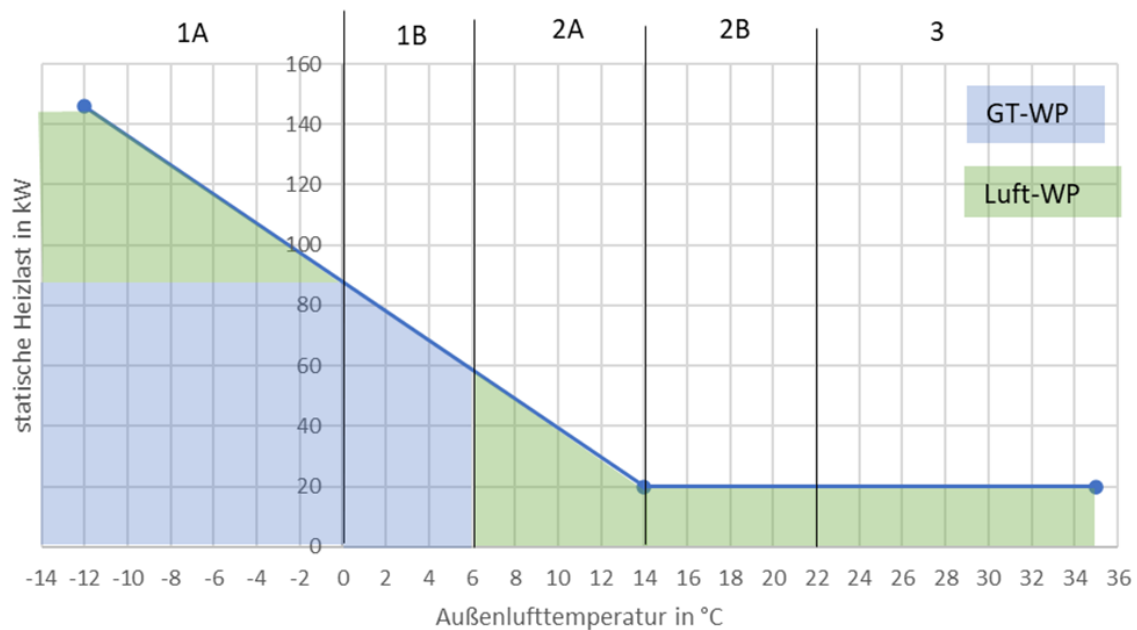


Abbildung 53: Betriebsmodi in Abhängigkeit der Außentemperatur. Im blauen Feld ist der Betrieb der Sole-Wärmepumpe effizienter als die Luftwärme-Pumpe (grün); 1A, 1B, 2A, 2B, 3 sind 5 mögliche Betriebsmodi (eigene Darstellung).

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.

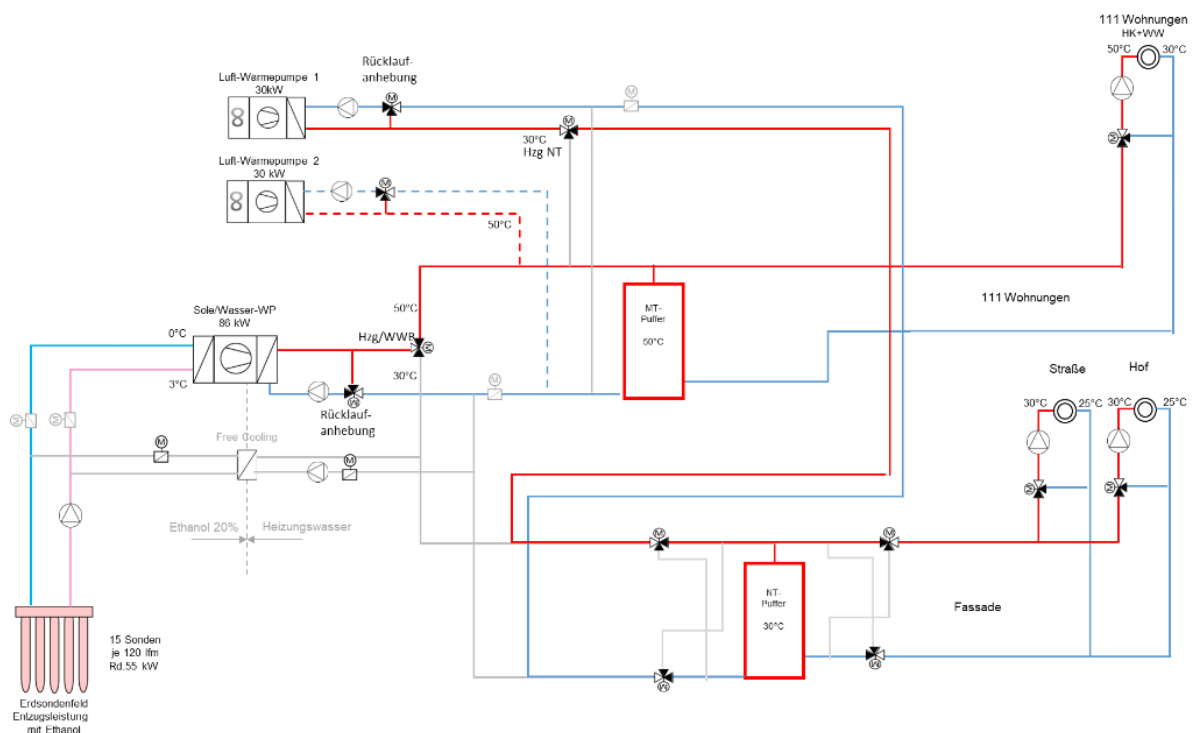


Abbildung 54: Betriebsmodus 1A Wärmebetrieb bei einer Außentemperatur <0 °C (eigene Darstellung).

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.

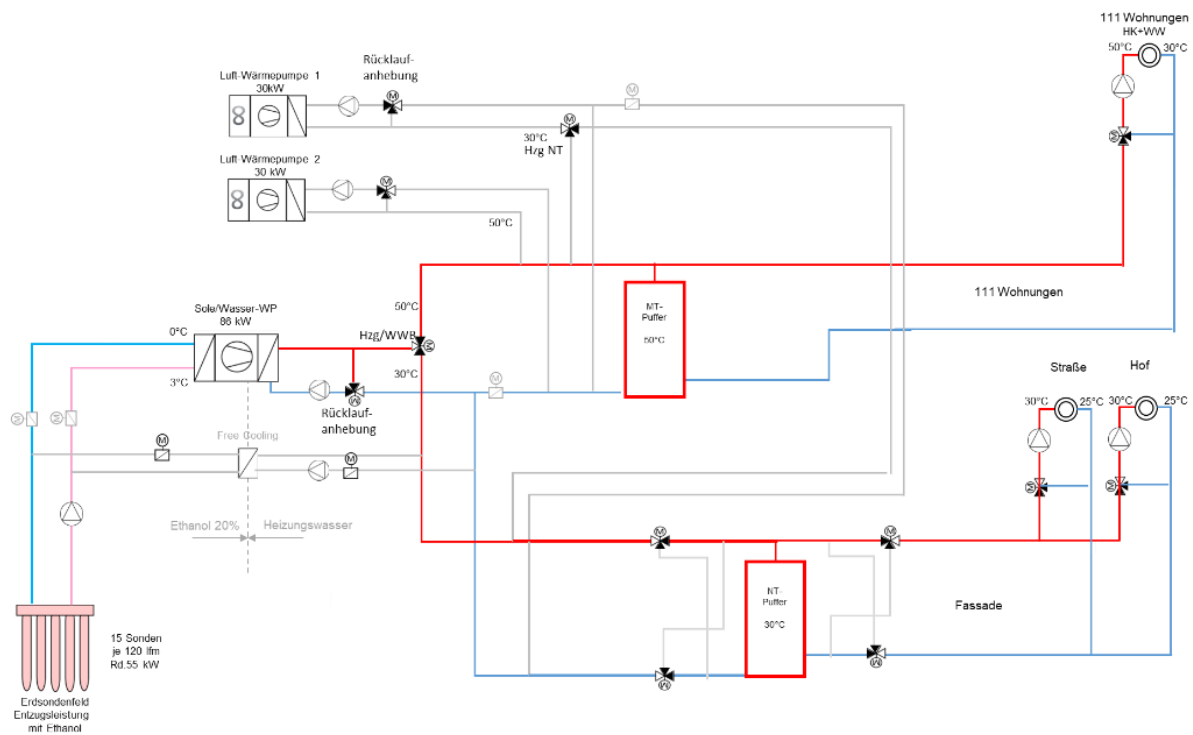


Abbildung 55: Betriebsmodus 1B Wärmebetrieb (0 – 6 °C Außentemperatur, eigene Darstellung).

Steigen die Außentemperaturen über 6 °C, wird die Sole-Wärmepumpe abgeschaltet und die Luft-Wärmepumpen eingeschaltet. In

Abbildung 56 ist ersichtlich, dass die Luftwärme-Pumpe 1 den Niedertemperaturspeicher und die Luftwärme-Pumpe 2 den Mitteltemperaturspeicher lädt.

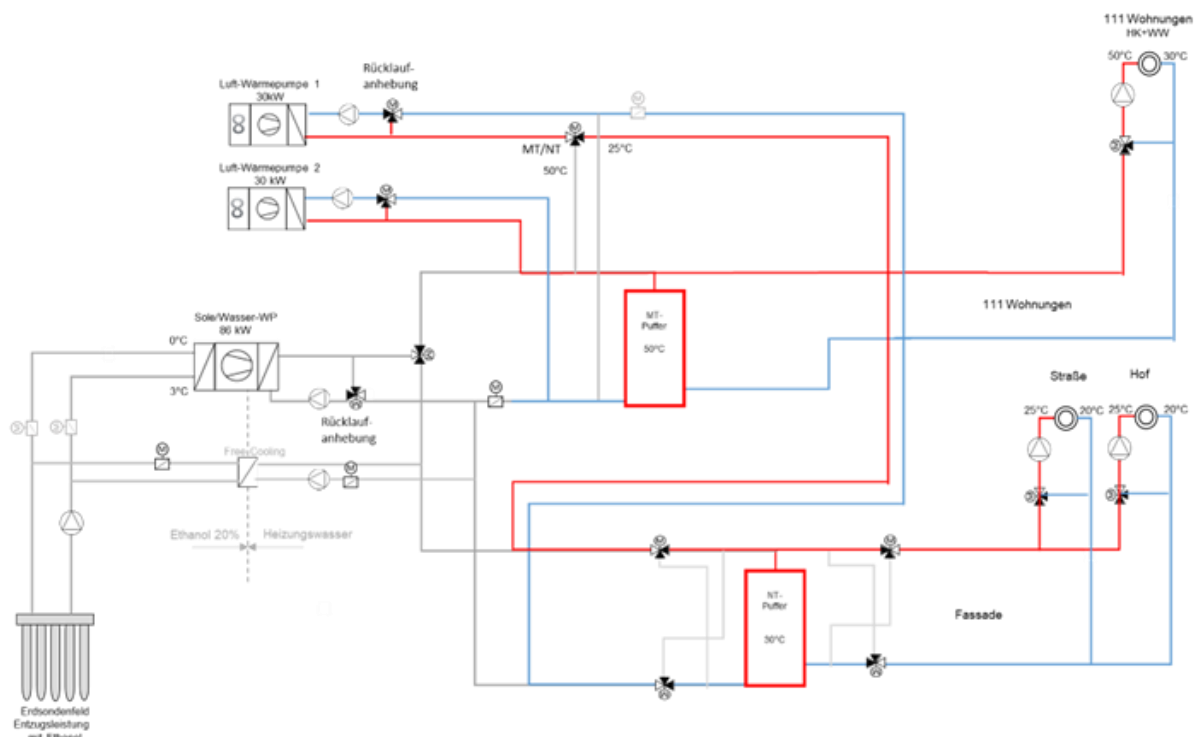


Abbildung 56: Betriebsmodus 2A (6 – 14 °C Außentemperatur, eigene Darstellung).

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.

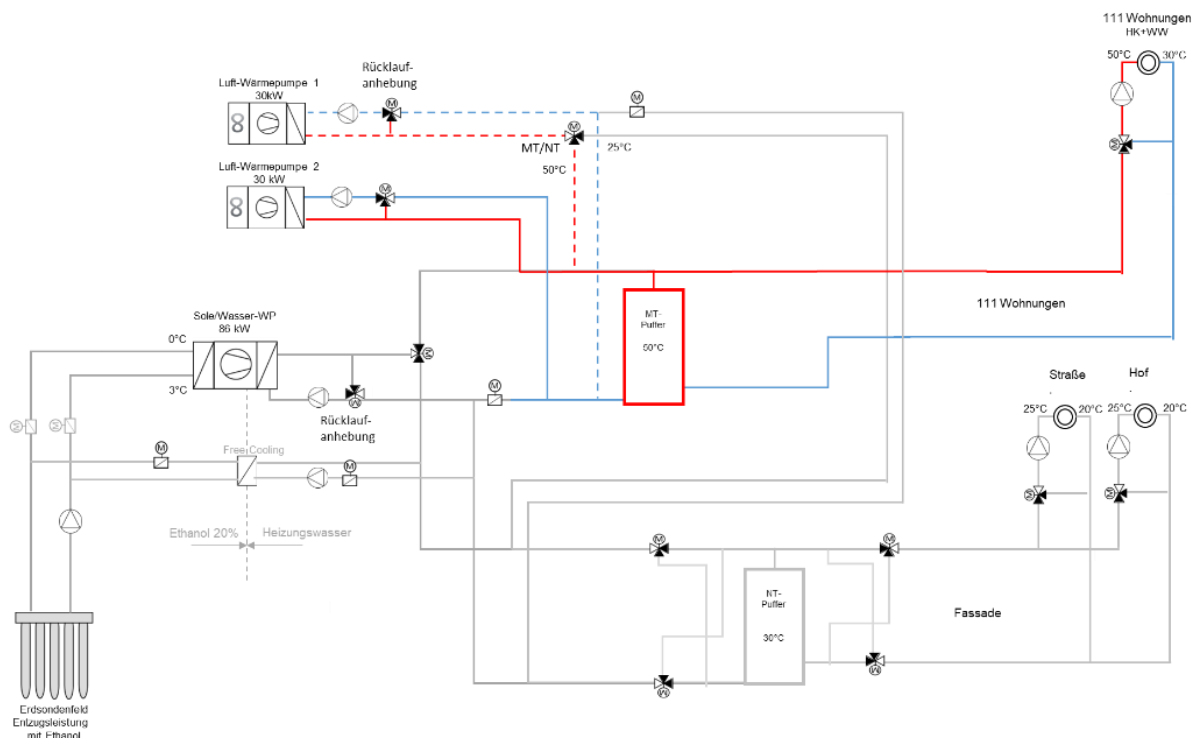


Abbildung 57: Betriebsmodus 2B (Wärmebetrieb) 14-22 °C Außentemperatur (eigene Darstellung).

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.

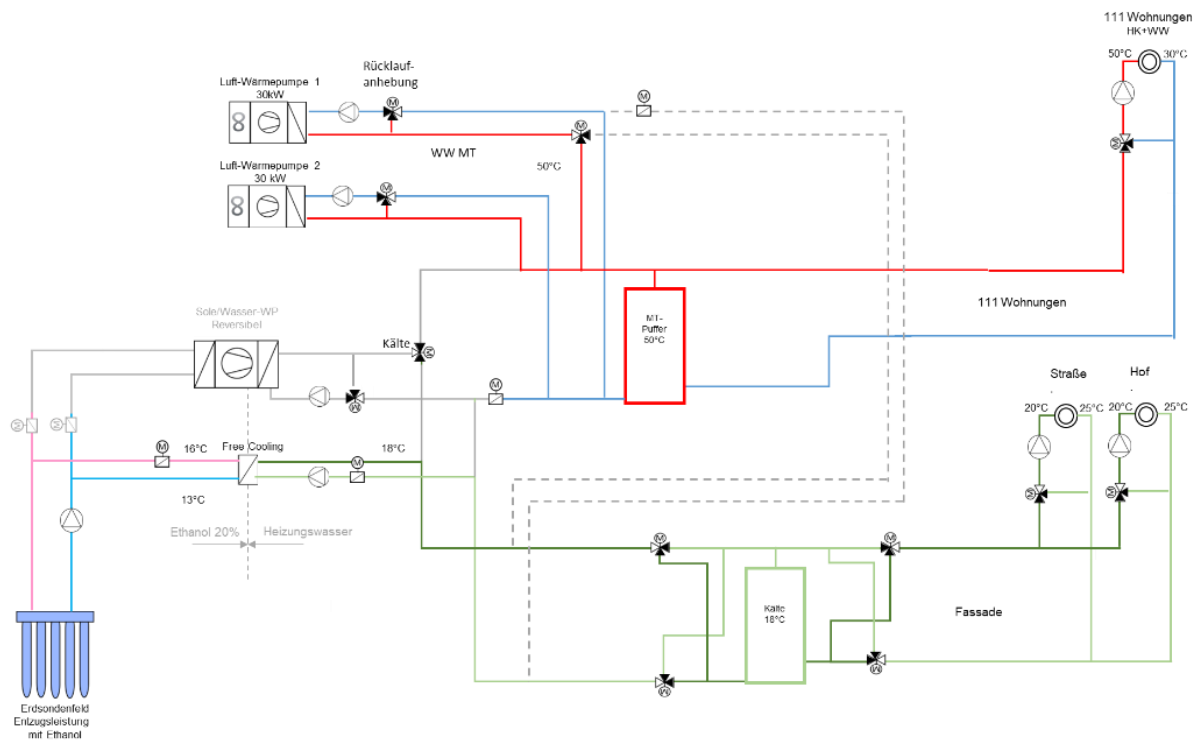


Abbildung 58: Betriebsmodus 3A mit passiver Entwärmung Außentemperaturen über 26 °C (eigene Darstellung).

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.

Sondenanzahl: 24

Mittlerer Sondenabstand (berechnet): 12 m

Lagekoordinaten der Bohrpunkte für Erdwärmesonden:

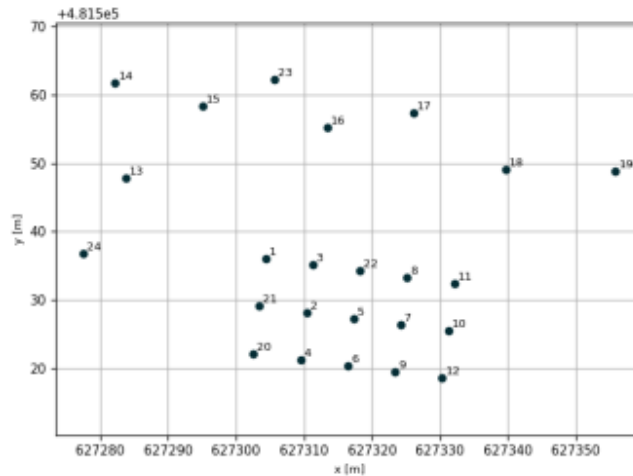


Abbildung 60: Position der Erdwärmesonden auf dem Grundstück, sowie im auf öffentlichem Grund und mittlerer Sondenabstand (eigene Darstellung).

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:

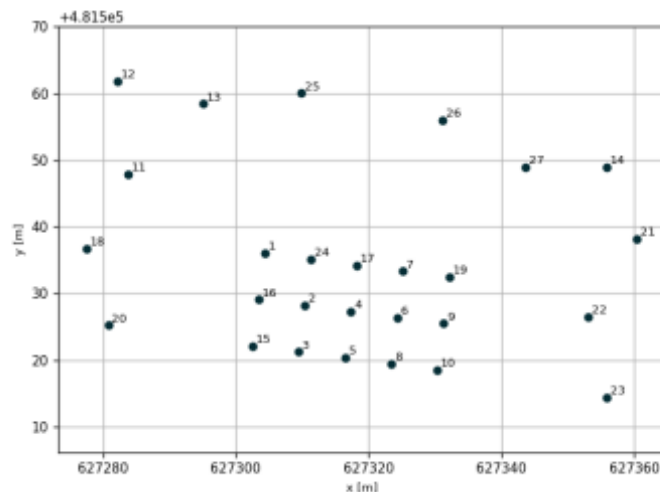


Abbildung 63: Position der Erdwärmesonden auf dem Grundstück und mittlerer Sondenabstand (eigene Darstellung).

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.

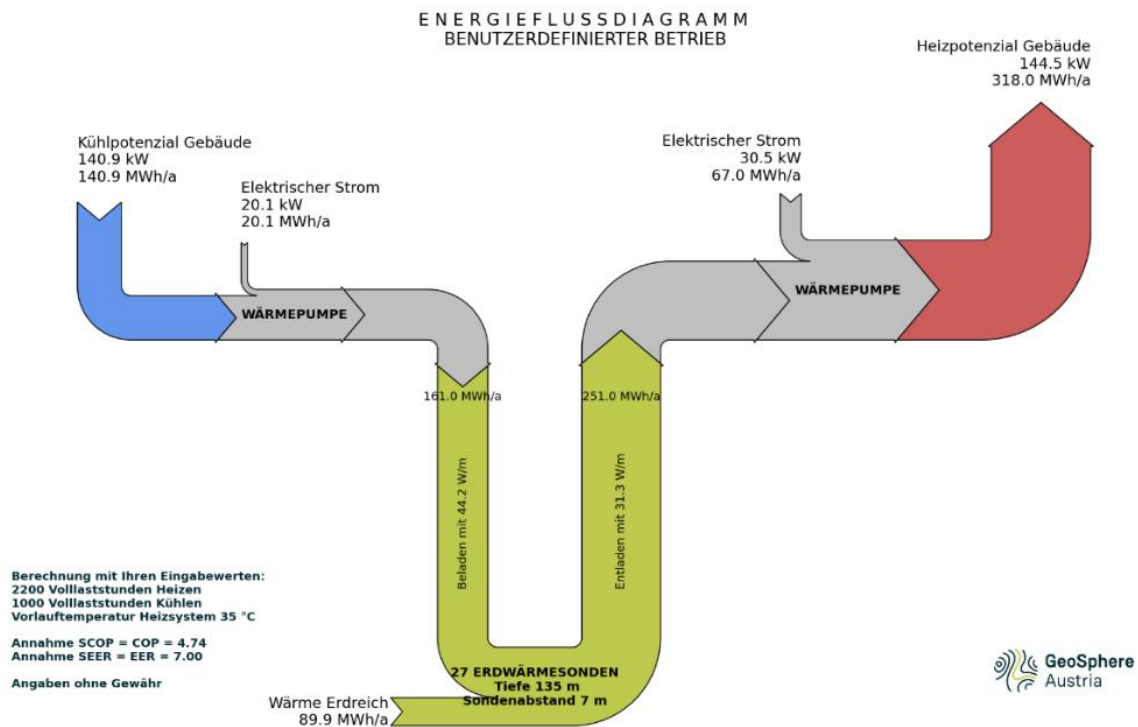


Abbildung 64: Energieflussdiagramm der Erdwärmesonden für die Gerlgasse 12-14, Erweiterung öffentlicher Grund und kaltes Verteilnetz (eigene Darstellung).

In Abbildung 65 ist die Variante V2 schematisch dargestellt. Die Variante beschreibt die Grundtemperierung (Vorlauftemperatur 20 bis 25 °C) und einer dezentralen Temperaturanhebung 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).

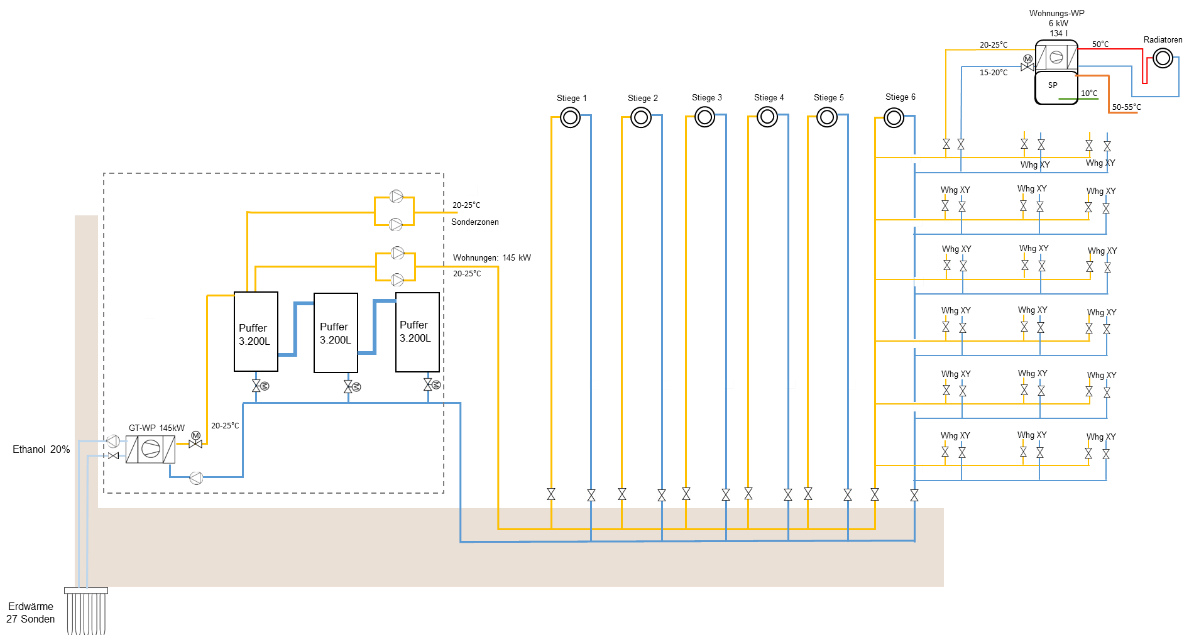


Abbildung 65: Schematische Darstellung der Wärmeerzeugung mittels Geothermie über Sole-Wärmepumpen und Klein-Wärmepumpen in der Gerlgasse 12-14 (V2, eigene Darstellung).

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.

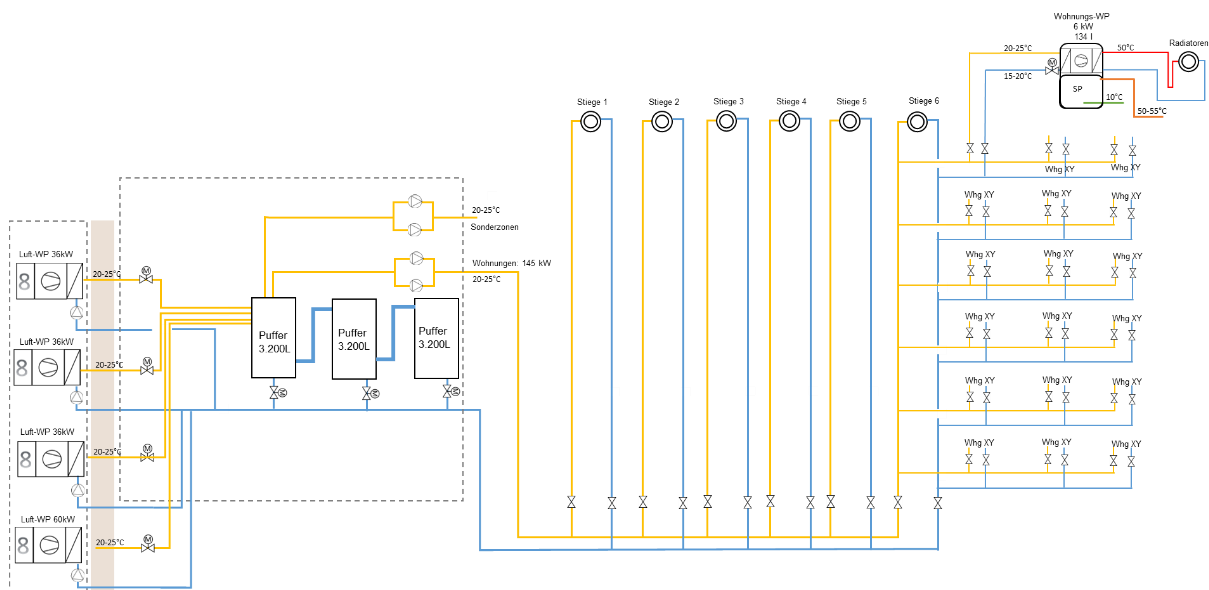


Abbildung 66: Schematische Darstellung der monovalenten Wärmeerzeugung mittels Luft-Wärmepumpen und Klein-Wärmepumpen in der Gerlgasse 12-14 (V6, eigene Darstellung).

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 %).

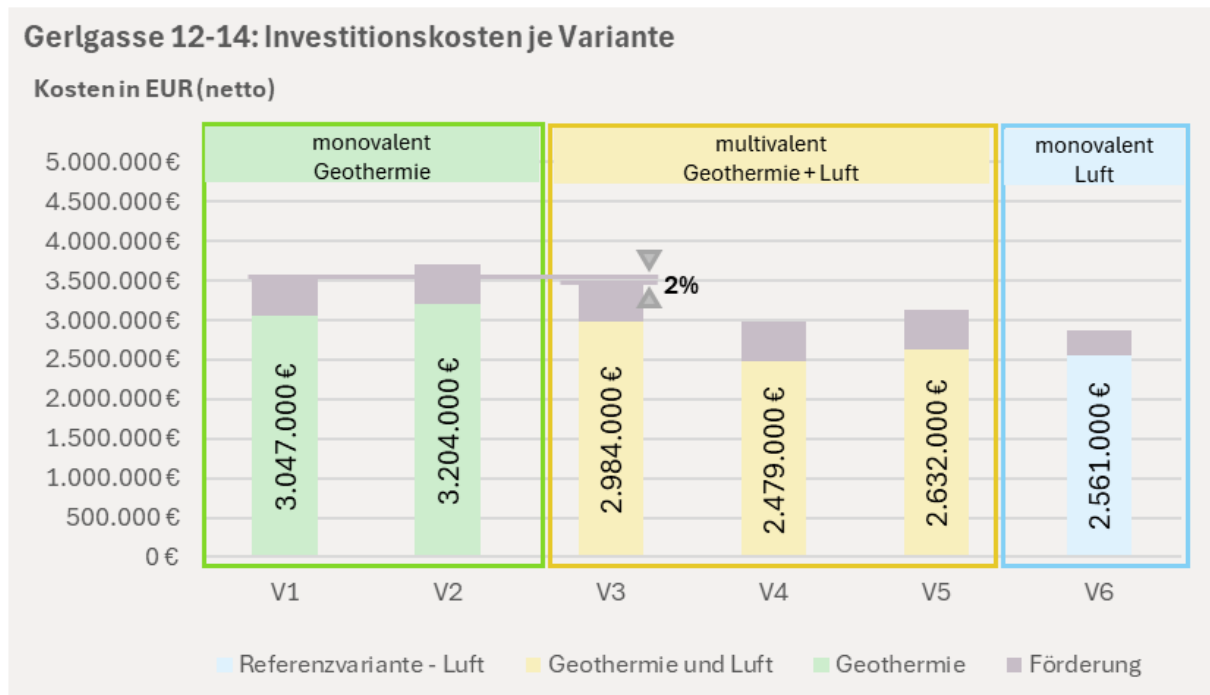


Abbildung 67: Investitionskosten je Variante inkl. Förderung (Landesförderung Wien), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

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.

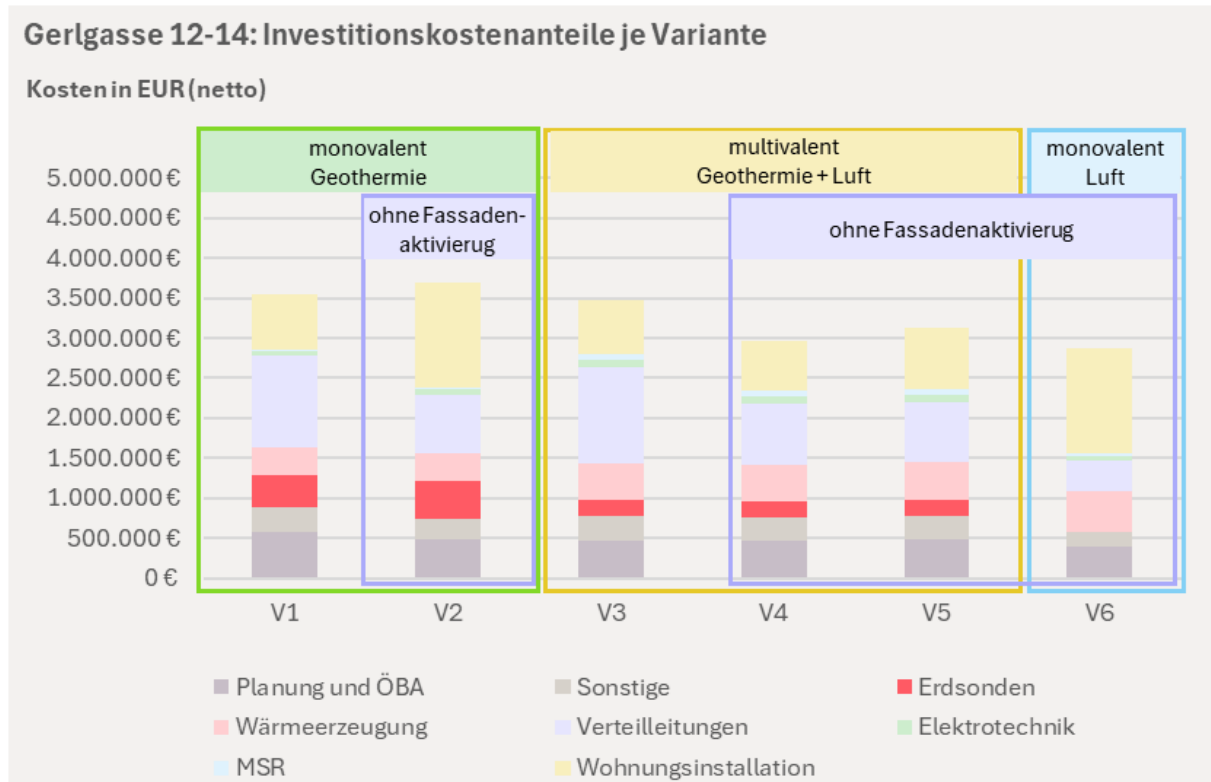


Abbildung 68: Investitionskosten je Variante inkl. Förderung (Landesförderung Wien), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

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.

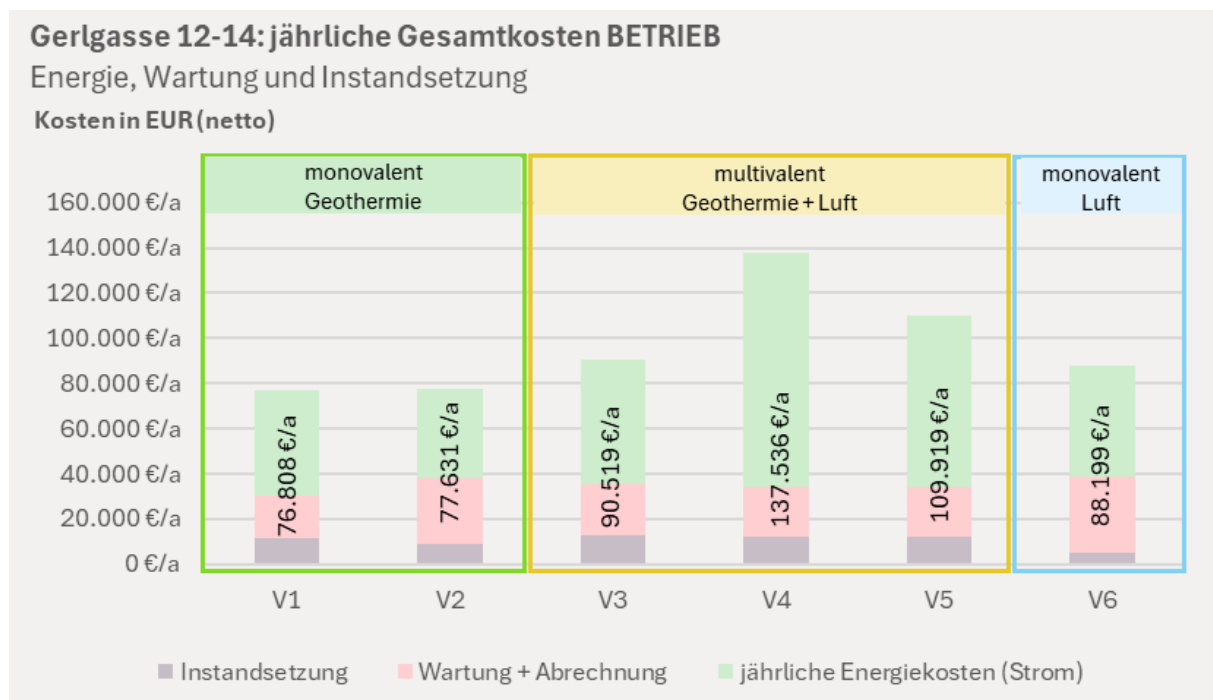


Abbildung 69: Jährliche Gesamtkosten BETRIEB (Energie, Wartung und Instandsetzung), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

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 %.

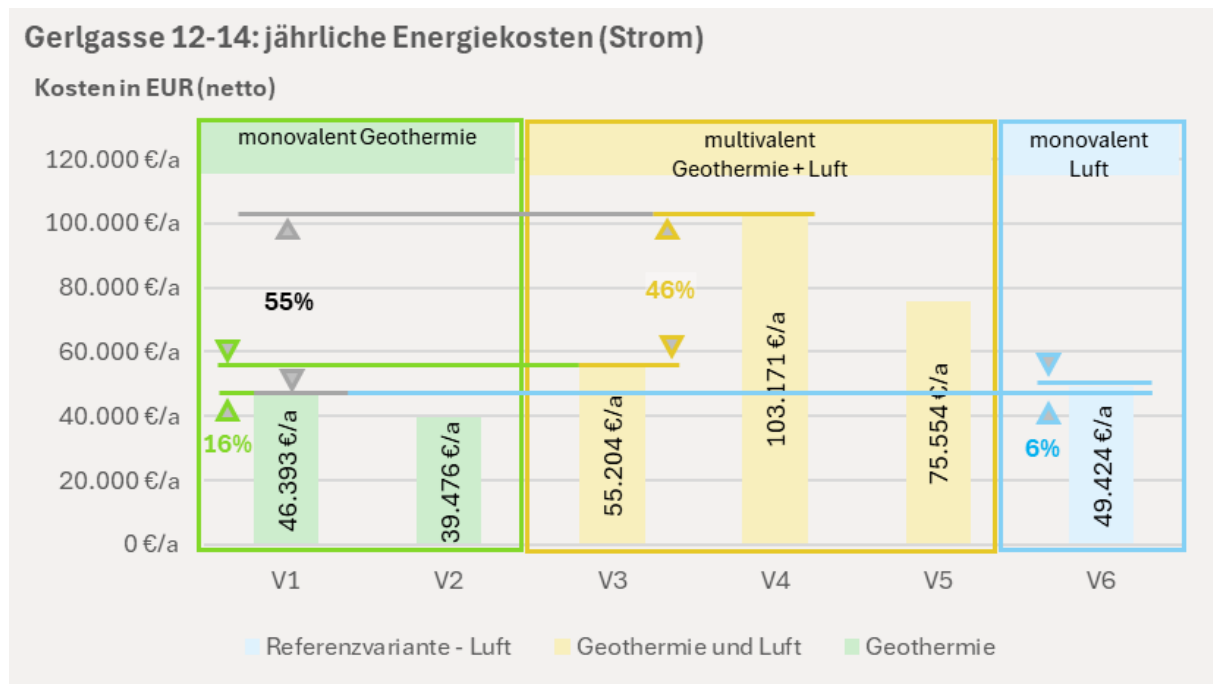


Abbildung 70: Jährliche Energiekosten (Strom) der einzelnen Varianten für Heizung und Warmwasserbereitung, Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

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.

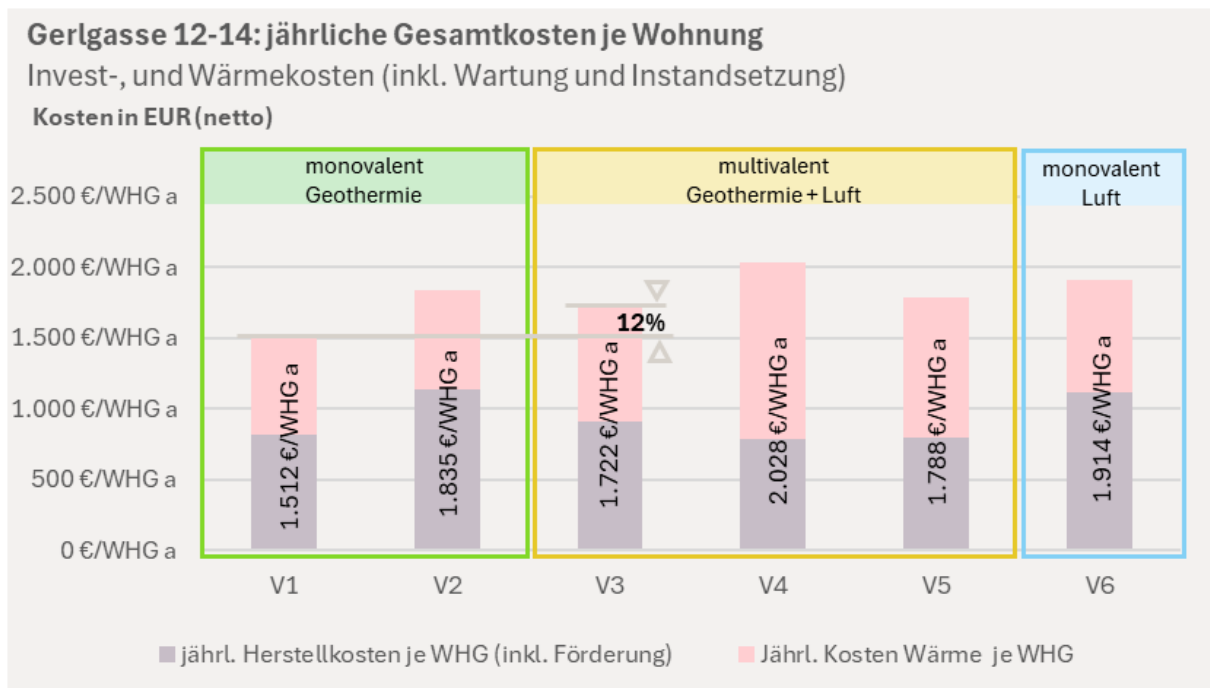


Abbildung 71: Jährliche Gesamtkosten je Wohnung (Investitions- und Wärmekosten), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

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.

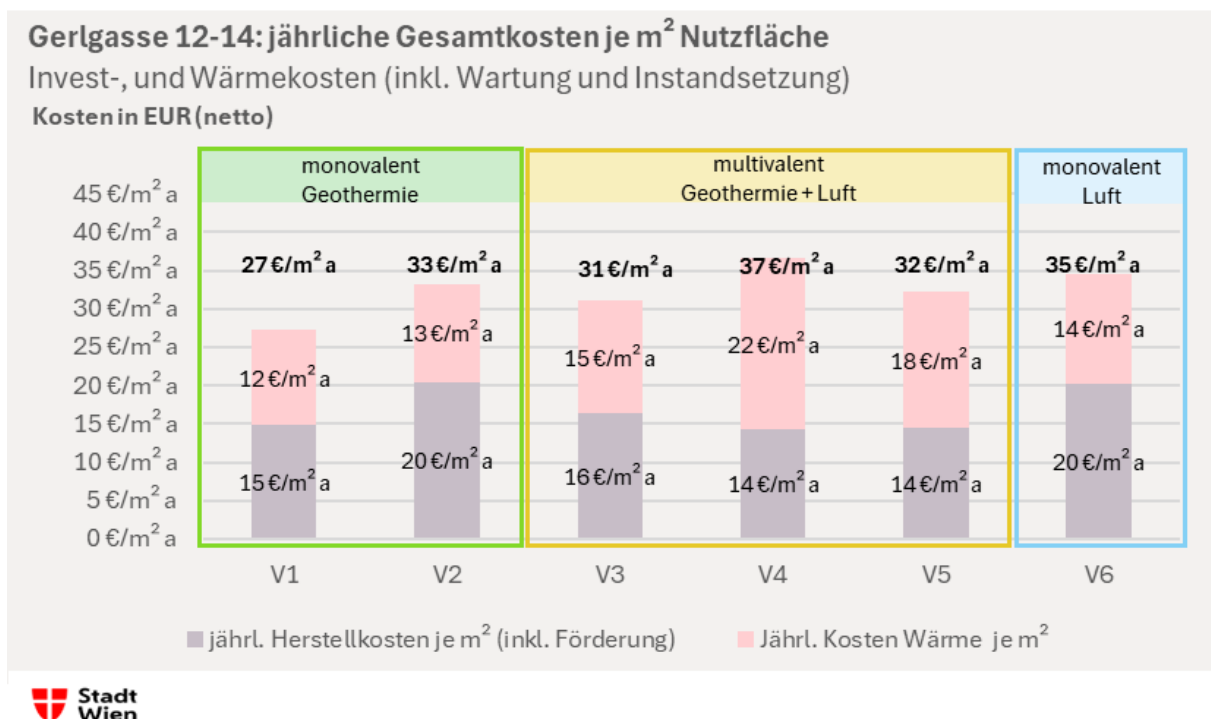


Abbildung 72: Jährliche Gesamtkosten je m² (Invest- und Wärmekosten), Kosten in EUR exkl. USt. (eigene Darstellung).

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