

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	

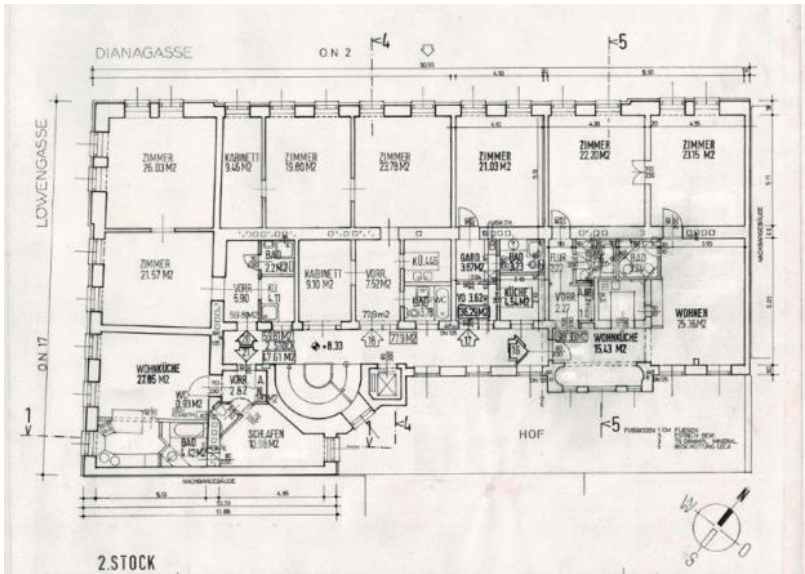
Für das Objekt Dianagasse liegt also eine Heizlastrechnung vor. Darüber hinaus gibt es für beide Objekte Energieausweise, die den Warmwasser- bzw. Wärmebedarf für Raumwärme angeben. Dynamische Gebäudesimulationen erlauben jedoch, wie bereits erwähnt, eine genauere Betrachtung, bei denen neben der Einbeziehung 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.



2. Stockwerks verwendet (eigene Darstellung).

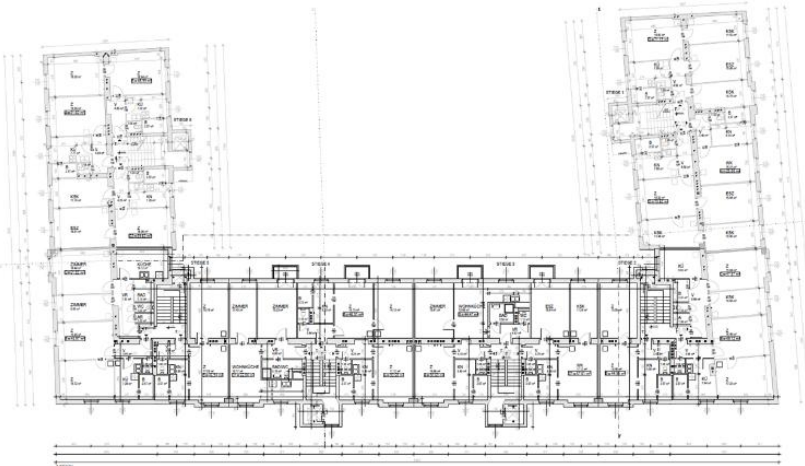


Abbildung 2: Verwendeter Grundrissplan des 3. Stockwerks für den Modellaufbau in IDA ICE in der Gerlgasse (eigene Darstellung).

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.

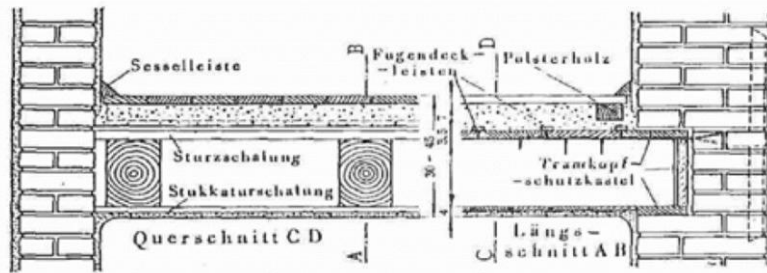


Abbildung 3: Aufbau einer beispielhaften Tramdecke (vgl. TU WIEN, S. A.).

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.

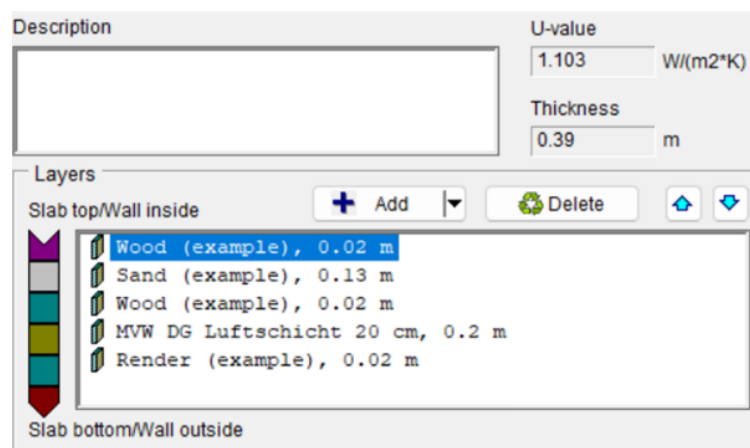


Abbildung 4: Definition der beispielhaften Tramdecke aus Abbildung 3 in IDA ICE (eigene Darstellung).

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.

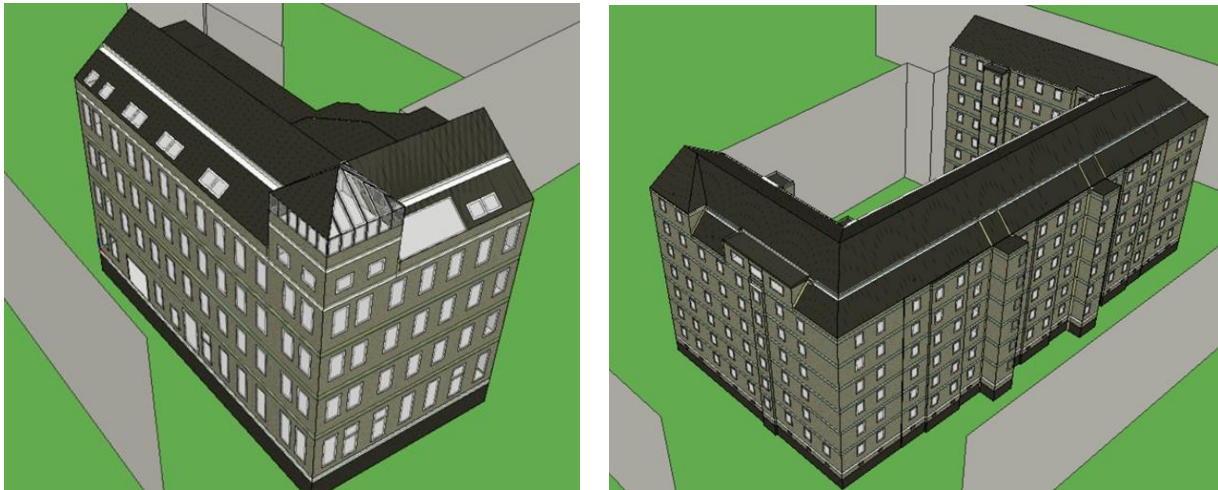


Abbildung 5: 3D-Ansicht der Gebäudemodelle in IDA ICE. Links: Dianagasse, rechts: Gerlgasse (eigene Darstellung).

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.

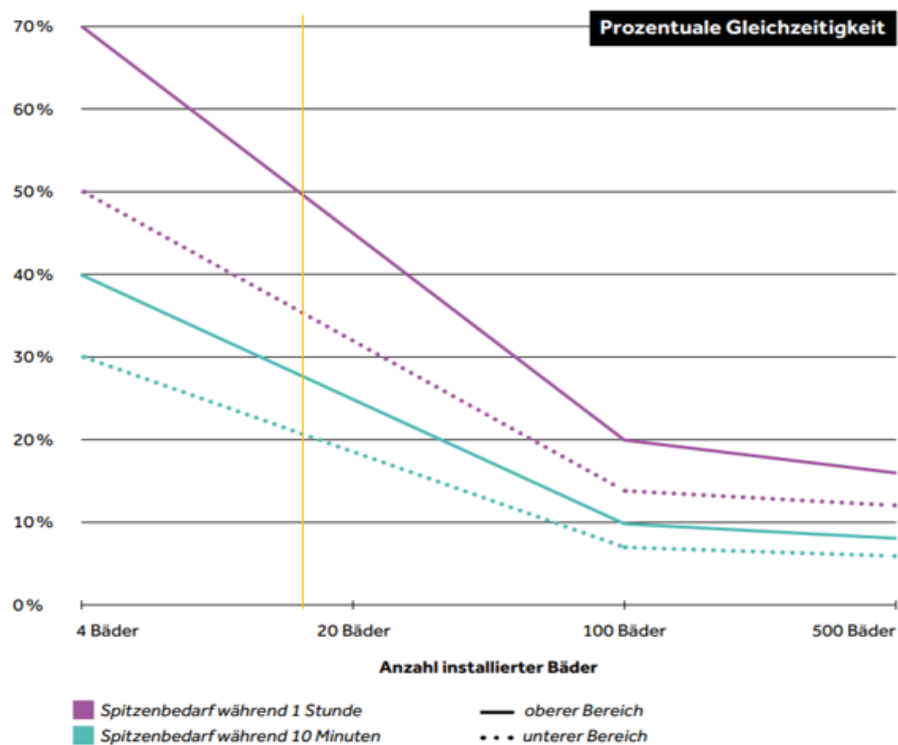


Abbildung 6: Gleichzeitigkeitskurven in Anlehnung an den Technologieleitfaden Warmwasser der MA20 (vgl. ALLPLAN, 2016).

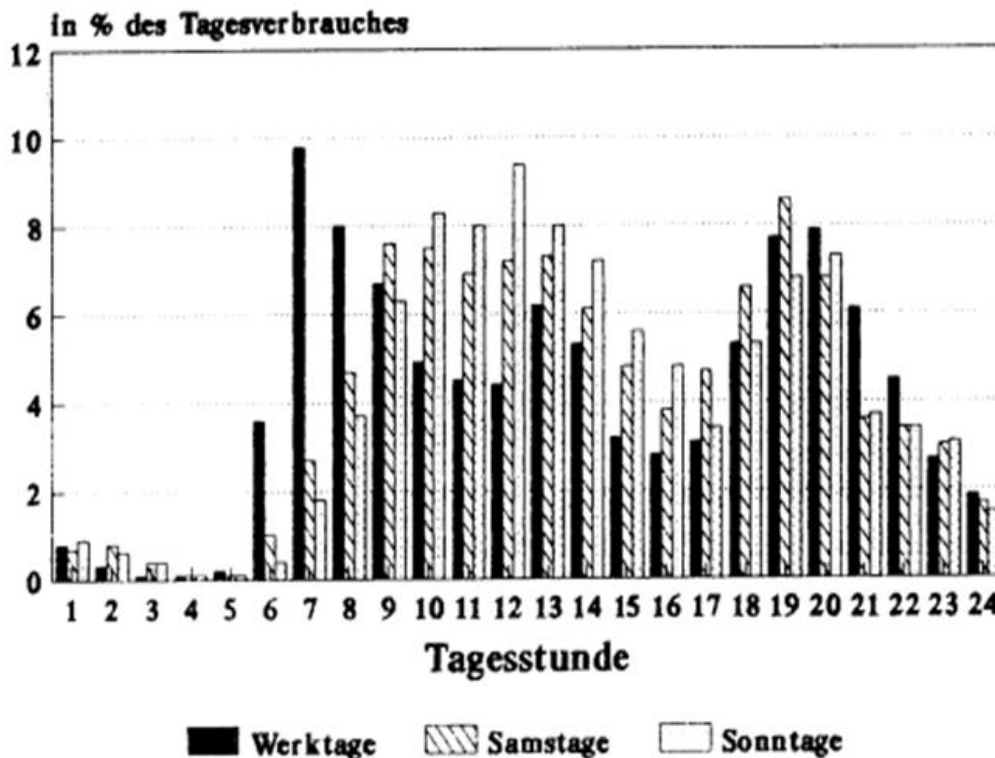


Abbildung 7: Tagesverbrauchsprofile gem. BLATTER ET.AL., 1993.

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 Bruttogeschoßfläche 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.