

Urbaner Kältebedarf Österreich 2030/2050

E5.5 Machbarkeitsstudie Stadtquartier 5
Salzburg
(Gemischte Bauweise/20+21.Jhdt.)

K. Eder; B. Beigelböck

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien

Leitung: DI (FH) Volker Schaffler, MA

Auszugsweise Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen:
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

Urbaner Kältebedarf Österreich 2030/2050

E5.5 Machbarkeitsstudie Stadtquartier 5
Salzburg
(Gemischte Bauweise/20+21. Jhdt.)

DI Dr. Katharina Eder
VASKO+PARTNER Ingenieure | Ziviltechniker für Bauwesen und
Verfahrenstechnik GesmbH

DI Barbara Beigelböck
VASKO+PARTNER Ingenieure | Ziviltechniker für Bauwesen und
Verfahrenstechnik GesmbH

Wien, Mai 2024

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

1	Quartiersbeschreibung	6
1.1.	Stadtquartier 5 (Salzburg)	6
1.1.1.	Fact Sheet	6
1.1.2.	Übersicht.....	6
1.1.3.	Flächenwidmung.....	12
1.1.4.	Lärmkataster.....	12
1.1.5.	Bestehende Wärmeversorgung.....	13
1.2.	Ähnliche Quartiere	14
2	Grundlagen.....	15
2.1.	Flächenermittlung aus GIS	15
2.2.	Nutzung.....	16
2.3.	U-Werte	17
2.4.	Fenster/Beschattung.....	17
2.5.	Lüftung	18
2.6.	Sanierungsgrad	18
2.7.	Kühlgradtage	18
2.8.	Raumtemperatur-Sollwerte	19
3	Ermittlung Kälte-Kennzahlen.....	20
3.1.	Kühllast.....	20
3.1.1.	Referenzjahr 2030	20
3.1.2.	Vergleichsjahr 2050	21
3.1.3.	Kühllast 2030 vs. 2050	23
3.2.	Kühlbedarf.....	23
3.2.1.	Referenzjahr 2030	23
3.2.2.	Vergleichsjahr 2050	25
3.2.3.	Kühlbedarf 2030 vs. 2050	26
4	Machbarkeitsanalyse für die Kältebereitstellung	27
4.1.	Ausgangslage	27
4.2.	Systemübersicht.....	27
4.3.	Mögliche Kälteerzeugungssysteme	30
4.3.1.	Allgemeines	30
4.3.2.	Varianten der Rückkühlung	30
4.4.	Mögliche Kälteabgabe	32
4.4.1.	Flächenkühlung.....	32
4.4.2.	Gebläsekonvektoren/Wärmepumpenheizkörper	32
4.4.3.	Mechanische Lüftung (Büro)	33

4.5. Mögliches Verteilnetz	33
4.6. Technische Umsetzung	33
5 Grobkostenschätzung	36
5.1. Randbedingungen Kostenermittlung.....	36
5.2. Grobkosten Kältesystem – Kostengruppe 3 Bauwerk Technik	36
5.3. Grobkosten für Betrieb	39
6 Verzeichnisse.....	40

1 Quartiersbeschreibung

1.1. Stadtquartier 5 (Salzburg)

1.1.1. Fact Sheet

- Lage: Salzburg, Umgebung Hauptbahnhof (Elisabethstraße/Kaiserschützenstraße/Südtiroler Platz/Engelbert-Weiß-Weg)
- Bauweise: gemischt
- Baujahr: 20.+21. Jhd.
- Geschoßanzahl: 2 bis 14
- Untersuchungsgebiet: 6 Hektar
- Bebaute Grundfläche: 28.100 m²
- Nutzfläche näherungsweise: 94.400 m²
- Nutzung: 28% Hotel, 17% Wohnbau, 19% Büro, 12% gewerblich genutzt (Annahme)

Sämtliche Informationen wurden öffentlich zugänglichen Medien entnommen. Die Quartiere wurden beispielhaft herangezogen. Eine Abstimmung mit den Gebäudeeigentümern hat nicht stattgefunden.

1.1.2. Übersicht

In Tabelle 1 sind die wesentlichen Eckdaten des 5. Beispielquartiers zusammengefasst. Es handelt sich um das heterogenste aller Quartiere.

Stadtquartier 5

Bahnhofsviertel (gemischte Nutzung)

Salzburg

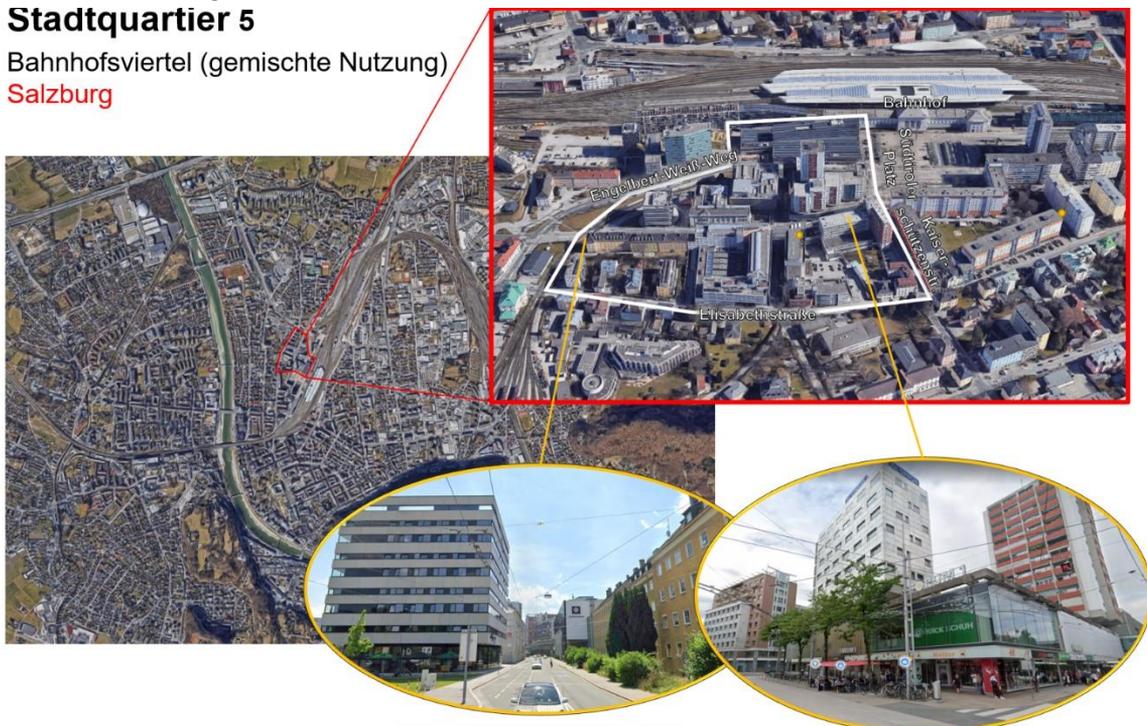


Abbildung 3 zeigt eine Luftbildaufnahme des Quartiers. Hier ist die gemischte Bauweise gut erkennbar.

Abbildung 3: Luftbildaufnahme (Quelle: Stadtplan Salzburg/Luftbild 2019)



Abbildung 4: Fassadenansicht Fanny-von-Lehnert-Straße (links) und Karl-Wurmb-Straße (rechts) zeigt das Quartier im Kontext der Stadt sowie Abbildungen der Fassaden. Hier sind Geschößhöhen und Fensteranteil der Fassade ersichtlich.

Abbildung 1 zeigt die Lage des 5. Beispielquartiers am Salzburger Bahnhof.

Tabelle 1: wesentliche Eckdaten des Stadtquartiers

Stadtquartier	Stadt	Bauperiode	Bauweise	Anzahl Gebäude	Geschoße	Nutzfläche	Nutzung
5	Salzburg	20+21.Jhdt..	Gemischt	25	2-12	94.400 m ²	35% Hotel, 15% Wohnbau, 25% Büro, 20% gewerblich genutzt

Stadtquartier 5

Bahnhofsviertel (gemischte Nutzung)
Salzburg

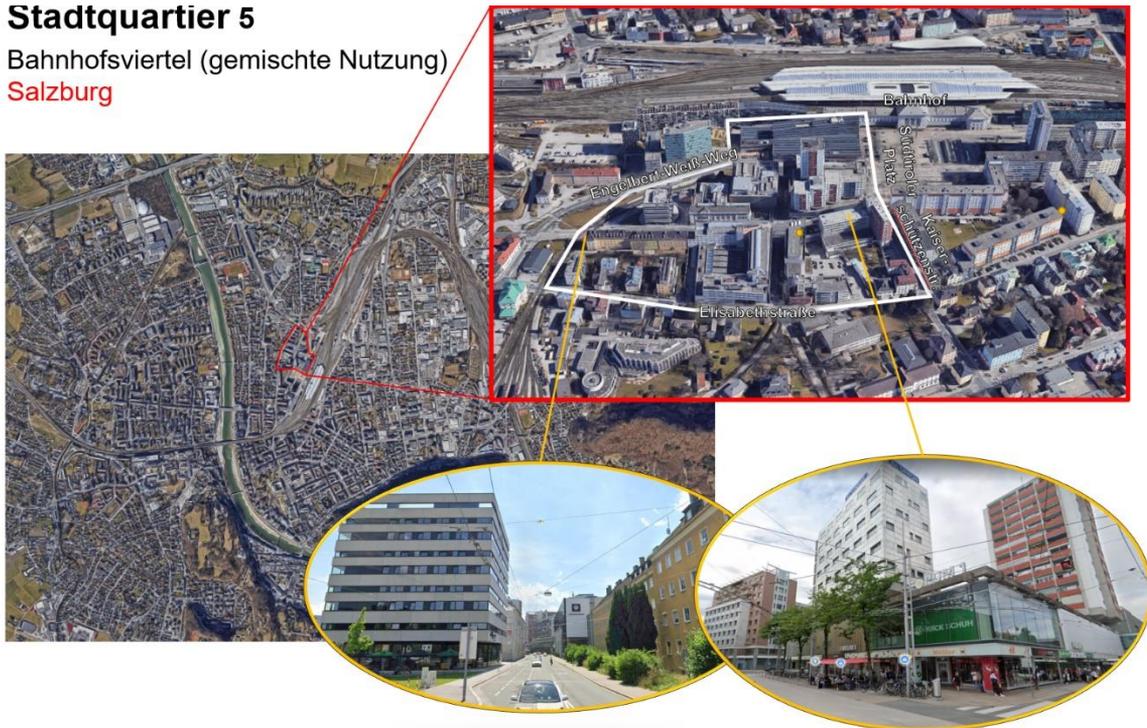


Abbildung 3 zeigt eine Luftbildaufnahme des Quartiers. Hier ist die gemischte Bauweise gut erkennbar.

Abbildung 3: Luftbildaufnahme (Quelle: Stadtplan Salzburg/Luftbild 2019)



Abbildung 4: Fassadenansicht Fanny-von-Lehnert-Straße (links) und Karl-Wurmb-Straße (rechts) zeigt das Quartier im Kontext der Stadt sowie Abbildungen der Fassaden. Hier sind Geschosshöhen und Fensteranteil der Fassade ersichtlich.

Abbildung 1: Lage des Stadtquartiers in Salzburg (Quelle: google maps)



Abbildung 2 zeigt die Lage des Quartiers im Kontext der Stadt. Das Quartier liegt nordwestlich des Bahnhofs Salzburg.

Abbildung 2: Verortung Stadtquartier 5 (Salzburg Bahnhof/Südtiroler Platz) (Quelle: google maps)

Stadtquartier 5

Bahnhofsviertel (gemischte Nutzung)
Salzburg

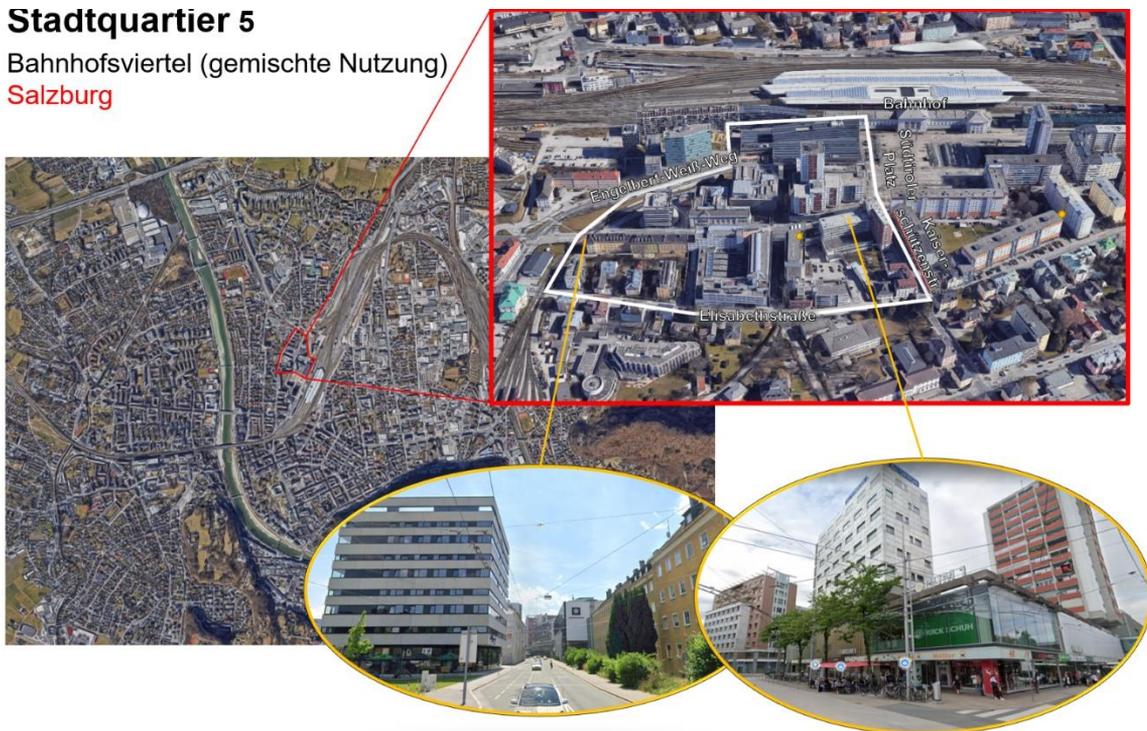


Abbildung 3 zeigt eine Luftbildaufnahme des Quartiers. Hier ist die gemischte Bauweise gut erkennbar.

Abbildung 3: Luftbildaufnahme (Quelle: Stadtplan Salzburg/Luftbild 2019)

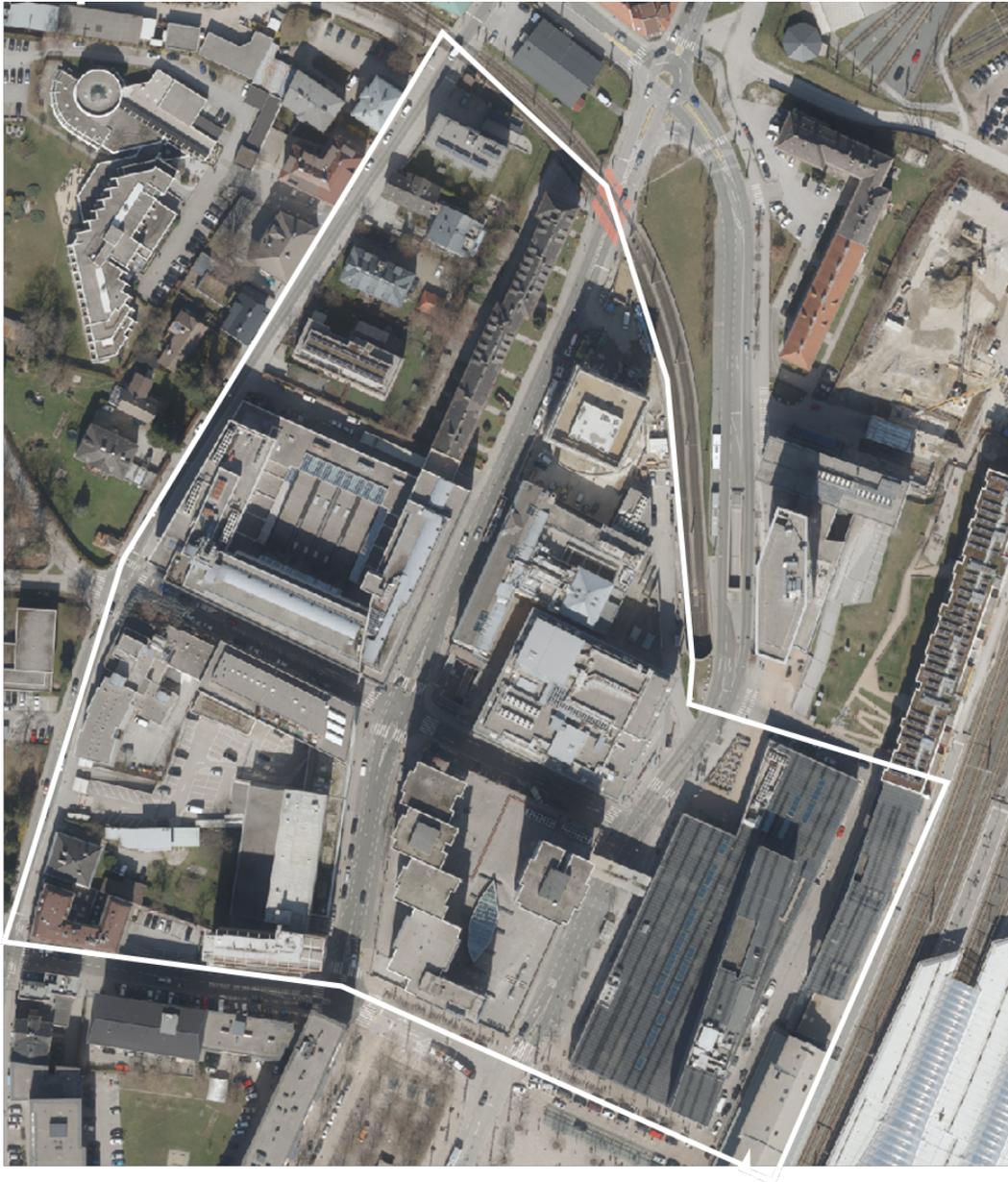


Abbildung 4: Fassadenansicht Fanny-von-Lehnert-Straße (links) und Karl-Wurmb-Straße (rechts)

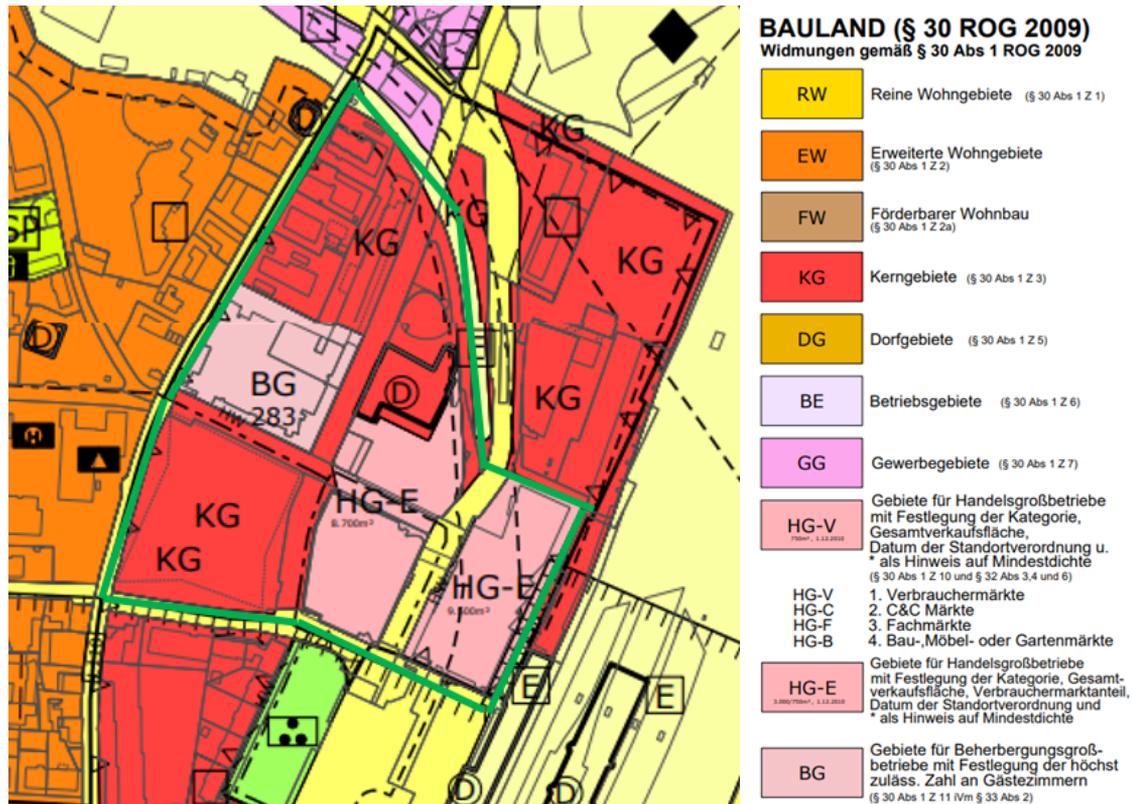


1.1.3. Flächenwidmung

Abbildung 5 zeigt einen Auszug aus dem Flächenwidmungsplan. Es handelt sich um ein Kerngebiet mit ausgewiesenen Gebieten für Beherbergungsgroßbetriebe und Handelsgroßbetriebe.

Das Gebiet befindet sich außerhalb der Salzburger Altstadt-Schutzzone.

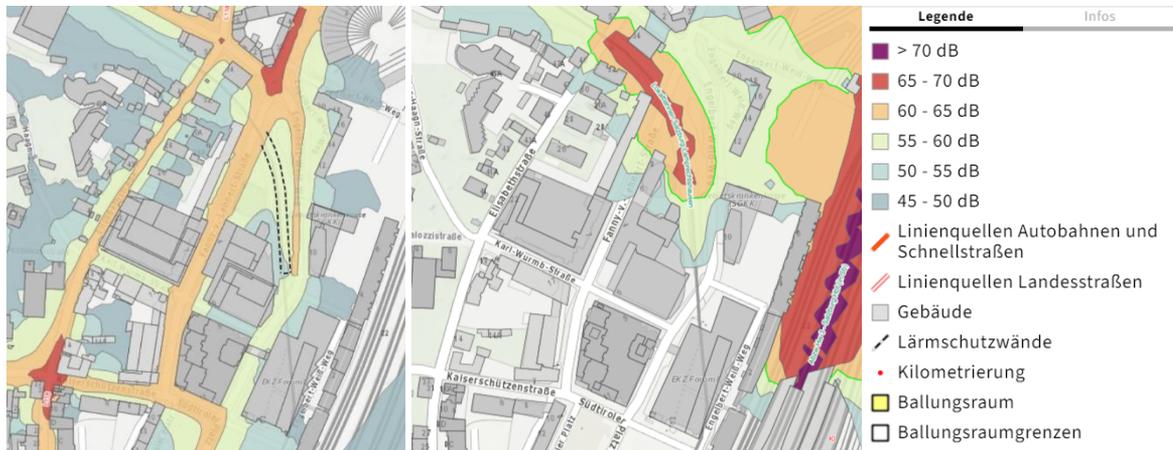
Abbildung 5: Auszug aus dem Flächenwidmungsplan der Stadt Salzburg (Quelle: maps.stadt-salzburg.at)



1.1.4. Lärmkataster

Angaben zum Umgebungsschallpegel sind relevant für die Installation von luftgekühlten Geräten, da deren Schallemission nicht höher als der Umgebungsschallpegel sein darf. Abbildung 6 zeigt einen Auszug der Straßenverkehrslärmkarte (links) und einen Auszug der Schienenverkehrslärmkarte (rechts) für die Nacht-Werte. Vor allem im nordöstlichen Bereich des Quartiers hat der Schienenlärm einen Einfluss.

Abbildung 6: Straßenverkehrslärmkarte (Links/Nacht) und Schienenverkehrslärmkarte (Rechts/Nacht) aus der Lärmkarte (Quelle: maps.laerminfo.at)



1.1.5. Bestehende Wärmeversorgung

Abbildung 7 zeigt, dass sich das Quartier inmitten des Versorgungsgebiets der Fernwärme Salzburg befindet.

Abbildung 7: Auszug Versorgungsgebiete Fernwärme Salzburg in rot (Quelle: maps.stadt-salzburg.at)



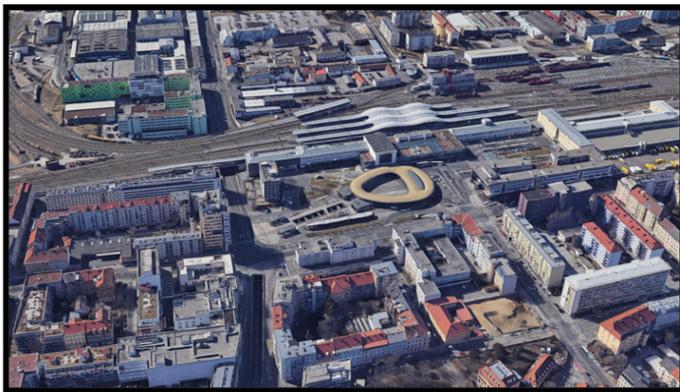
Das nachfolgende Kapitel zeigt, dass ähnliche Quartier in anderen Städten Österreichs häufig in ähnliche Form zu finden sind.

1.2. Ähnliche Quartiere



Innsbruck Hauptbahnhof

(Quelle: Google Maps)



Graz Hauptbahnhof

(Quelle: Google Maps)



Wien Hauptbahnhof

(Quelle: Google Maps)



Linz Hauptbahnhof

(Quelle: Google Maps)

2 Grundlagen

2.1. Flächenermittlung aus GIS

Das Stadtquartier in Salzburg enthält insgesamt 25 Gebäude. Für die Studie wurden nur die Flächen mit Wohnnutzung und Büronutzung herangezogen. Dabei handelt es sich bei Wohngebäuden um die in Abbildung 8 gelb markierten Flächen und bei Bürogebäuden um die blauen Flächen. Zusätzlich sind hier für alle Gebäude die Daten zu Gebäudehöhe, Grundfläche, Geschossanzahl und Wohnnutzfläche zu entnehmen. In Summe sind 125.700 m² an bebauter Grundfläche, mit einer davon abgeleiteten Nutzungsfläche von ca. 23.800 m² für Büros und 15.200 m² für Wohnen vorhanden.

Für die Berechnung der Nutzfläche wurde als Basis die Masterarbeit von Vujicic, D. (1) herangezogen, die im Zuge von Auswertungen von Bestandsobjekten feststellt, dass sich bei Büro- und Verwaltungsgebäuden der durchschnittliche Anteil der Nutzungsfläche an der Bruttogeschoßfläche (BGF) von circa 60 bis 70 % und bei Wohngebäuden von circa 62 bis 76 % bewegt. Für das gegenständliche Projekt wurde aufgrund der Bauweise und der Nutzung ein Prozentsatz von 75% angenommen. Die Gebäude mit 4 bis 7 Geschossen von sind im 20. Jahrhundert erbaut worden.

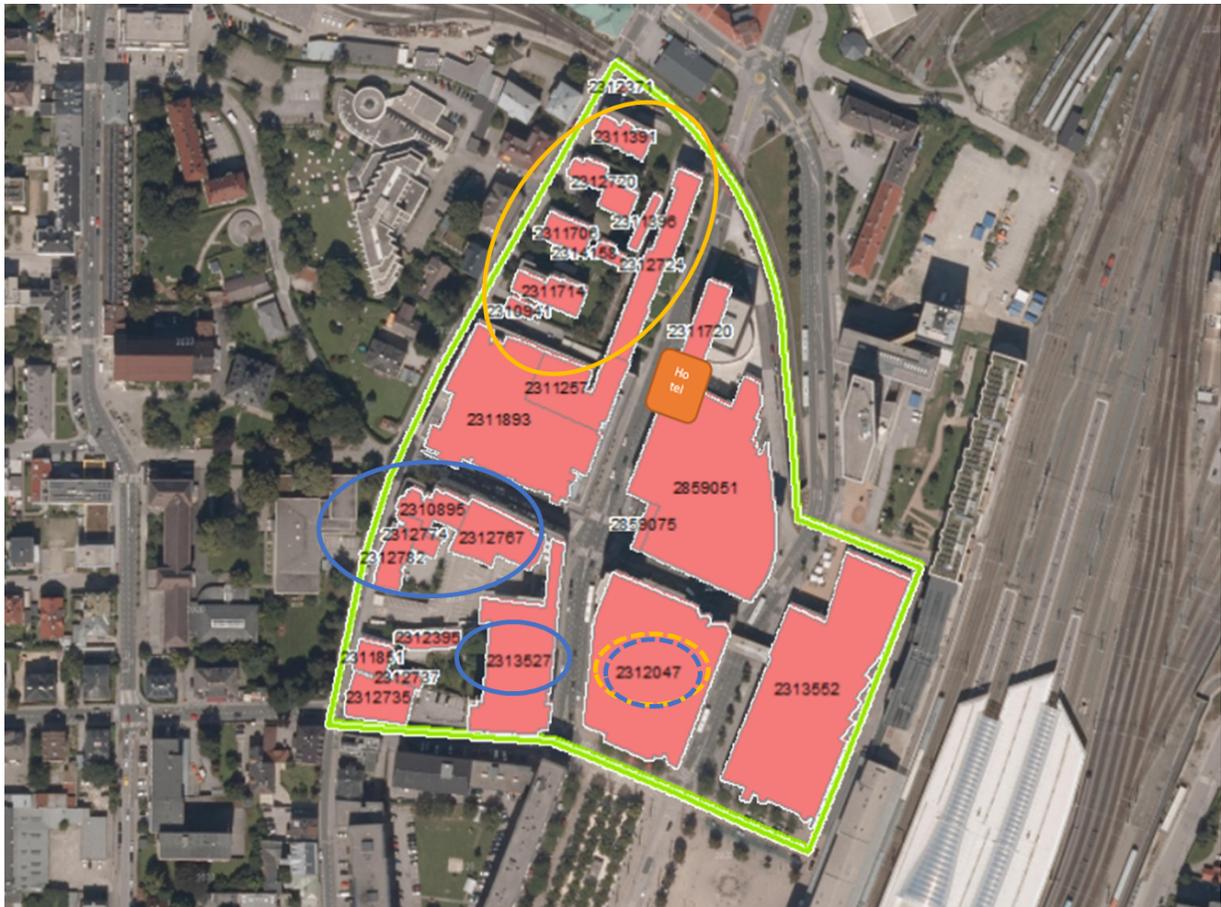
Abbildung 8: Daten zu den einzelnen Gebäuden (Quelle:webgis + eigene Berechnung)

lfd. Nr.	OBJECTID	Gebäudehöhe (m)	Grundfläche (m ²)	Geschoße	BGF (m ²)	NF Hotel (m ²)	NF Gewerbe (m ²)	NF Büro (m ²)	NF Wohnen (m ²)
1	2313527	27,0	2235	3/8/10	16.139			12.105	
2	2314158	4,5	74	2	148				111
3	2313552	10,8	5436	2+5	18.639	5.825	8.155		
4	2311706	10,9	269	2	538				404
5	2311391	15,0	274	5	1.372				1.029
6	2311396	4,5	123	2	246				185
7	2311714	15,1	381	4/5	1.714				1.285
8	2311720	15,2	552	9	7.569	5.677			
10	2312047	32,5	4313	2+(6/7/8/12)	24.006		6.470	3.600	7.935
12	2312720	8,7	370	2	740				555
13	2312724	17,8	953	5	4.766				3.574
14	2312735	14,8	600	1/4	1.859	1.394			
16	2312767	24,5	848	6,5	5.514			4.135	
17	2312774	12,4	189	3	567			425	
18	2312782	15,2	345	5	1.727			1.295	
19	2311851	9,5	224	2	447			335	
20	2310895	19,5	414	6	2.482			1.862	
21	2311893	18,3	3721	6	19.200	14.400			
22	2310941	4,5	59	2	117				88
23	2311257	9,0	1068	2	4.760	3.570			
24	2859051	20,1	5293	2/3	13.188	3.703	6.188		
25	2859075	5,0	114	0	-				
Summe Flächen gerundet:		27.900			125.700	34.600	20.800	23.800	15.200
						28%	17%	19%	12%

*Faktor Nutzungsfläche zu BGF = 0,75

In Abbildung 9 ist die Übersicht der einzelnen Gebäude mit OBJECTID aus dem GIS dargestellt. Die relevanten Gebäude mit Wohnnutzung und Büronutzung sind markiert.

Abbildung 9: Übersicht der einzelnen Gebäude (gelb=Wohnen, blau=Büro) (Quelle: webgis)



2.2. Nutzung

Für die Studie wurde gemäß Abbildung 8 von einer Wohnbaunutzung von 12 % und 19 % Büronutzung ausgegangen. Abbildung 10 zeigt ein Beispiel wie über Geschoßanzahl und Außenabmessungen sowie Nutzung die Flächen in Abbildung 8 zugeordnet wurden.

Abbildung 10: Zuordnung Nutzung am Bsp. Objekt-GIS-Nr. 2312047 (Quelle: eigene Darstellung)



Tabelle 2 zeigt die entsprechenden Nutzflächen an.

Tabelle 2: Flächen je Nutzung

Nutzung	Anteil	Nutzfläche in m ²
Hotel	28%	34.600
Gewerbe	17%	20.800
Büro	19%	23.800
Wohnen	12%	15.200
SUMME	100%	15.700

2.3. U-Werte

Für die Berechnung der Kältebedarfsmatrix und der darauf basierenden Kälte-Kennzahlen wurden im Zuge des Projektes für die Außenwände bei Objekten mit Baujahr zwischen 1945 und 1990 folgende U-Werte festgelegt:

- Bestand: 1,0 W/m²K
- Saniert: 0,35 W/m²K

Die Herleitung dieser U-Werte befindet sich im Bericht E2.1 Bildungsfaktoren des Kältebedarfs in Kapitel 3.1.

2.4. Fenster/Beschattung

Für die Berechnung der Kältebedarfsmatrix und der darauf basierenden Kälte-Kennzahlen wurden im Zuge des Projektes der Kennwert Gesamtenergiedurchlass der Fassade $g_{\text{total,Fassade}}$ entwickelt. Es handelt sich dabei um eine Kombination aus g-Wert des Fensters, Verschattungsfaktor des Sonnenschutzes bzw. gebauter Strukturen und Glasflächenanteil der Fassade. Der Wert wird unterteilt in die Klassen 5 %, 10 % und 15 %. Je niedriger der Wert, desto besser ist das Gebäude vor solarer Einstrahlung geschützt. Die genaue Erläuterung dieses Kennwertes findet sich im Bericht E 2.1 Bildungsfaktoren des Kältebedarfs in Kapitel 3.1.

Für **Wohngebäude**, die zwischen 1945 und 1990 errichtet wurden, wurde in den Projektberechnungen für das Referenzjahr 2030 davon ausgegangen, dass 48 % einen $g_{\text{total,Fassade}}$ von 5% und 52 % einen $g_{\text{total,Fassade}}$ von 10% haben. Für das Vergleichsjahr 2050 sind die Annahmen: 85 % mit $g_{\text{total,Fassade}}$ von 5% und 15 % mit $g_{\text{total,Fassade}}$ von 10%.

Für **Bürogebäude**, die zwischen 1945 und 1990 errichtet wurden, wurde in den Projektberechnungen für das Referenzjahr 2030 davon ausgegangen, dass 53 % einen $g_{\text{total,Fassade}}$ von 5%, 32 % einen

$g_{\text{total,Fassade}}$ von 10% und 15 % einen $g_{\text{total,Fassade}}$ von 15 % haben. Für das Vergleichsjahr 2050 sind die Annahmen: 70 % mit $g_{\text{total,Fassade}}$ von 5%, 15 % mit $g_{\text{total,Fassade}}$ von 10% und 15 % mit $g_{\text{total,Fassade}}$ von 15%.

Im Zuge dieser Studie wurden die Anteile aliquot den Nutzflächen berücksichtigt.

2.5. Lüftung

Im Zuge des Projektes wurde als Basis für die Berechnungen festgelegt, dass Wohnungen über keine mechanische Lüftung/kontrollierte Wohnraumlüftung verfügen. Der hygienische Mindestluftwechsel wird über Fensterlüftung bereitgestellt.

Für Bürogebäude wurde der erforderliche Luftwechsel je Person (gem. Arbeitsstättenverordnung) von 35 m³/h als Basis zugrunde gelegt. Die Fläche pro Person wurde mit ca. 15 m²NF/Person angenommen.

2.6. Sanierungsgrad

Im Zuge des Projektes wurde als Basis für die Berechnungen für alle Bauperioden und Gebäude ein Sanierungsgrad basierend auf dem Stand von 2021 (50%) mit entsprechender Indexierung für die Jahre 2030 und 2050 festgelegt. Für die Machbarkeitsstudie wurde als Referenzjahr das Jahr 2030 herangezogen und als Vergleichsjahr 2050.

Da es sich bei diesem Quartier um einen Gebäudemix unterschiedlicher Baujahre sowie um verschiedene Eigentümer handelt, ist davon auszugehen, dass der für das Projekt angenommene Sanierungsschlüssel auch auf dieses Quartier umgelegt werden kann.

Für Gebäude, die zwischen 1945 und 1990 errichtet wurden, wurde für das Referenzjahr 2030 unabhängig der Nutzung festgelegt, dass 68 % der Gebäude bereits saniert sind.

Im Vergleichsjahr 2050 geht man davon aus, dass Bürogebäude, die zwischen 1945 und 1990 errichtet wurden zu 80% saniert sind und bei Wohngebäude zu 85%.

2.7. Kühlgradtage

Als Basis für Berechnung der spezifischen Kälte-Kennzahlen mit Hilfe der Kältematrix sind die Kühlgradtage anzusetzen.

Für das Projekt wurden die Kühlgradtage 18,3/18,3°C vom Projekt Climamap adaptiert (entsprechend den Entwicklungen der letzten Jahre erhöht). Eine genaue Erläuterung dazu findet sich im Ergebnisbericht E3.2 Kältebedarfsmodellierung und -karten.

Für dieses Beispielquartier mit dem **Standort Salzburg** ergeben sich für das Referenzjahr 2030 190,4 Kühlgradtage und für das Vergleichsjahr 2050 steigen diese auf 248,5 Kühlgradtage.

Es handelt sich dabei um die geringsten Kühlgradtage im Vergleich zu den anderen betrachteten Städten (Graz, Linz, Innsbruck, Wien).

2.8. Raumtemperatur-Sollwerte

Für Wohnen wird in dieser Studie ausschließlich das generelle Komfortmodell mit einer fixen Raumtemperaturgrenze von 26 °C festgelegt.

Für Büros wird die Arbeitsstättenverordnung gem. §28 Abs (2) mit einer maximalen Innenraumtemperatur von 25 °C berücksichtigt.

3 Ermittlung Kälte-Kennzahlen

3.1. Kühllast

In der Berechnung der Kälte-Kennzahlen wird der Anteil für das Gewerbe nicht berücksichtigt. Als Basis für die spezifischen Kälteleistungen dient die im Projekt entwickelte **Kältematrix UKÖ 2030-2050 Nutzerinnen (E3.1)**.

In Abhängigkeit der Kühlgradtage und des Baujahres ergeben sich die in den nachstehenden Tabellen angeführten spezifischen Werte.

3.1.1. Referenzjahr 2030

Tabelle 3 zeigt die Berechnung der spezifischen gewichteten Kühllast bezogen auf die Nutzfläche für Büros. Die Gewichtung erfolgte anhand des angegebenen Anteils der Büros im Quartier, wobei diese Anteile in Summe 100 % ergeben, während der Büroanteil im Quartier 25 % beträgt.

Tabelle 3: Berechnung der spezifischen Kälteleistung für die Büroflächen (Referenzjahr 2030)

Nutzung		Büro					
Baujahr		1945 - 1990					
$g_{\text{total;Fassade}}$		5%		10%		15%	
U-Wert	W/(m ² K)	1,0	0,35	1,0	0,35	1,0	0,35
Anteil an Büroflächen im Quartier		17%	36%	10%	22%	4,8%	10,2%
spezifische Kälteleistung	W/m ²	38,6	36,5	45,3	43,6	52,3	50,7
gewichtete spez. Kälteleistung	W/m²	41,54					

Tabelle 4 zeigt die Berechnung der gewichteten spezifischen Kühllast für die Wohnnutzflächen. Die Gewichtung erfolgte anhand des angegebenen Anteils der Wohnungen im Quartier, wobei diese Anteile in Summe 100 % ergeben, während der Wohnungsanteil im Quartier 16 % beträgt.

Tabelle 4: Berechnung der spezifischen Kälteleistung für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell (Raumtemperatur Sollwert von 26 °C unabhängig von Außenlufttemperatur) im Referenzjahr 2030

Nutzung		Wohnen (generell)			
Baujahr		1945-1990			
$g_{\text{total;Fassade}}$		5%		10%	
U-Wert	W/(m ² K)	1,0	0,35	1,0	0,35
Anteil an Wohnfläche im Quartier		15%	33%	17%	35%
spezifische Kälteleistung	W/m ²	23,2	21,9	30,6	28,3
gewichtete spez. Kälteleistung	W/m²	25,79			

Die Gesamtkühlleistung für das Referenzjahr 2030 ergibt sich aus dem Flächenanteil für Büro und Wohnungen. Die Gewerbeflächen werden in der Gesamtkühlleistung nicht berücksichtigt, da diese oft andere Temperaturniveaus benötigen bzw. eigenständige Kühlsysteme installieren. Für die Berechnung der Gesamtkühlleistung wurde das generelle Komfortmodell angenommen.

Für das Gebäude ergibt sich damit gemäß der Berechnung in Tabelle 1Tabelle 5 für das Referenzjahr 2030 eine Gesamtkühlleistung von ca. 1.380 kW. Das entspricht einer spezifischen Kühlleistung von ca. 35,4 W/m² bezogen auf die Nutzfläche (nicht auf die gekühlte Fläche).

Tabelle 5: Berechnung der Gesamtkühlleistung für das Referenzjahr 2030

Nutzung	Anteil	Nutzfläche (m ²)	spezifische Leistung (W/m ²)	Leistung (kW)
Büro	25%	23.800	41,5	989
Wohnfläche	16%	15.200	25,8	392
SUMME	41%	39.000	35,4	1.381

3.1.2. Vergleichsjahr 2050

Tabelle 6 zeigt die Berechnung der spezifischen gewichteten Kühlleistung bezogen auf die Nutzfläche für Büros für das Vergleichsjahr 2050. Durch den höheren Sanierungsgrad (mehr Anteil an Flächen mit U-Wert von 0,35 W/(m²K)) fällt die spezifische Kühlleistung geringer aus als im Referenzjahr 2030.

Tabelle 6: Berechnung der spezifischen Kälteleistung für die Büroflächen (Vergleichsjahr 2050)

Nutzung		Büro					
Baujahr		1945 - 1990					
$g_{\text{total;Fassade}}$		5%		10%		15%	
U-Wert	W/(m ² K)	1,0	0,35	1,0	0,35	1,0	0,35
Anteil an Büroflächen im Quartier		14,0%	56,0%	3%	12%	3,0%	12,0%
spezifische Kälteleistung	W/m ²	38,8	36,5	45,1	43,3	51,7	50,1
gewichtete spez. Kälteleistung	W/m²	40,01					

Tabelle 7 zeigt die Berechnung der gewichteten spezifischen Kühllast bezogen auf die Wohnnutzflächen. Auch hier zeigt sich eine geringfügige Reduktion im Vergleich zu 2030.

Tabelle 7: Berechnung der spezifischen Kälteleistung für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell (Raumtemperatur Sollwert von 26 °C unabhängig von Außenlufttemperatur) im Vergleichsjahr 2050

Nutzung		Wohnen (generell)			
Baujahr		1945-1990			
$g_{\text{total;Fassade}}$		5%		10%	
U-Wert	W/(m ² K)	1,0	0,35	1,0	0,35
Anteil an Wohnfläche im Quartier		13%	72%	2%	13%
spezifische Kälteleistung	W/m ²	24,5	23,1	31,9	29,6
gewichtete spez. Kälteleistung	W/m²	24,30			

Die Gesamtkühllast für das Vergleichsjahr 2050 ergibt sich aus dem Anteil für Büros und Wohnungen. Die Gewerbeflächen werden in der Gesamtkühllast nicht berücksichtigt, da diese oft andere Temperaturniveaus benötigen bzw. eigenständige Kühlsysteme installieren. Für die Berechnung der Gesamtkühllast wurde das generelle Komfortmodell angenommen.

Für das Gebäude ergibt sich damit gemäß der Berechnung in Tabelle 8 Tabelle 1 für das Referenzjahr 2050 eine Gesamtkühlleistung von ca. 1320 kW. Das entspricht einer spezifischen Kühlleistung von ca. 34 W/m² bezogen auf die Nutzfläche (nicht auf die gekühlte Fläche).

Tabelle 8: Berechnung der Gesamtkühlleistung für das Referenzjahr 2050

Nutzung	Anteil	Nutzfläche (m ²)	spezifische Leistung (W/m ²)	Leistung (kW)
Büro	25%	23.800	40,0	952
Wohnfläche	16%	15.200	24,3	369
SUMME	41%	39.000	33,9	1.322

3.1.3. Kühlleistung 2030 vs. 2050

Aufgrund des erhöhten Standards der Gebäude im Jahr 2050 infolge von Sanierung (höherer Sanierungsgrad von 80 bzw. 85% gegenüber 68%) und damit verbundenen besseren U-Werten und einem geringeren Gesamtenergiedurchlass durch die Fassade durch Fenstertausch und Verschattung nimmt die erforderliche Gesamtkühlleistung (basierend auf den Berechnungen der Kältematrix) für 2050 gegenüber 2030 um 60 kW ab.

3.2. Kühlbedarf

3.2.1. Referenzjahr 2030

Tabelle 9 zeigt die Berechnung des spezifischen gewichteten Kühlbedarfs bezogen auf die Bruttogrundfläche für Büros. Die Gewichtung erfolgte anhand des angegebenen Anteils der Büros im Quartier, wobei diese Anteile in Summe 100 % ergeben, während der Büroanteil im Quartier 25 % beträgt.

Tabelle 9: Berechnung des spezifischen Kühlbedarfs für die Büroflächen (Referenzjahr 2030)

Nutzung		Büro					
Baujahr		1945 - 1990					
$g_{\text{total;Fassade}}$		5%		10%		15%	
U-Wert	W/(m ² K)	1,0	0,35	1,0	0,35	1,0	0,35

Nutzung		Büro					
Anteil an Büroflächen im Quartier		17,0%	36,0%	10%	22%	4,8%	10,2%
spez. Kühlbedarf	kWh/m ² /a	8,9	8,9	11,7	12,0	15,7	16,3
gewichtete spez. Kühlbedarf	kWh/m²/a	10,97					

Tabelle 10 zeigt die Berechnung des gewichteten spezifischen Kühlbedarfs für die Wohnnutzflächen.

Tabelle 10: Berechnung des gewichteten spezifischen Kühlbedarfs für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell (Raumtemperatur Sollwert von 26 °C unabhängig von Außenlufttemperatur) im Referenzjahr 2030

Nutzung		Wohnen			
Baujahr		1945-1990			
$\xi_{\text{total;Fassade}}$		5%		10%	
U-Wert	W/(m ² K)	1,0	0,35	1,0	0,35
Anteil an Wohnfläche im Quartier		15%	33%	17%	35%
spez. Kühlbedarf	kWh/(m ² a)	1,1	1,0	2,4	2,2
gewichtete spez. Kühlbedarf	kWh/(m²a)	1,67			

Der Gesamtkühlbedarf für das Referenzjahr 2030 ergibt sich aus dem Anteil von Büros und Wohnungen. Die Gewerbeflächen werden im Gesamtkühlbedarf nicht berücksichtigt, da diese oft andere Temperaturniveaus benötigen bzw. eigenständige Kühlsysteme installieren.

Für das Gebäude ergibt sich damit gemäß der Berechnung in Tabelle 11 für das Referenzjahr 2030 ein Jahres-Kühlbedarf von ca. 380 MWh/a. Das entspricht einem spezifischen Kühlbedarf von ca. 7,3 kWh/(m²a) bezogen auf die Bruttogrundfläche (nicht auf die gekühlte Fläche) von Wohnen und Büro.

Tabelle 11: Berechnung des Gesamtkühlbedarfs für das Referenzjahr 2030

Nutzung	Anteil	BGF (m ²)	spez. Kühlbedarf (kWh/m ² /a)	Kühlbedarf (MWh/a)
Büro	25%	31.691	11,0	347
Wohnfläche	16%	20.240	1,7	34
SUMME	41%	51.931	7,3	381

3.2.2. Vergleichsjahr 2050

Tabelle 12 zeigt die Berechnung des spezifischen gewichteten Kühlbedarfs bezogen auf die Bruttogrundfläche für Büros. Die Gewichtung erfolgte anhand des angegebenen Anteils der Büros im Quartier, wobei diese Anteile in Summe 100 % ergeben, während der Büroanteil im Quartier 25 % beträgt.

Tabelle 12: Berechnung des spezifischen Kühlbedarfs für die Büroflächen (Vergleichsjahr 2050)

Nutzung		Büro					
Baujahr		1945-1990					
g _{total} /Fassade		5%		10%		15%	
U-Wert	W/(m ² K)	1,0	0,35	1,0	0,35	1,0	0,35
Anteil an Büroflächen im Quartier		14,0%	56,0%	3%	12%	3,0%	12,0%
spez. Kühlbedarf	kWh/(m ² a)	10,7	10,5	13,8	13,8	17,9	18,3
gewichtete spez. Kühlbedarf	kWh/(m²a)	12,19					

Tabelle 13 zeigt die Berechnung des gewichteten spezifischen Kühlbedarfs für die Wohnnutzflächen.

Tabelle 13: Berechnung des spezifischen Kühlbedarfs für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell (Raumtemperatur Sollwert von 26 °C unabhängig von Außenlufttemperatur) im Vergleichsjahr 2050

Nutzung		Wohnen			
Baujahr		1945-1990			
$g_{\text{total;Fassade}}$		5%		10%	
U-Wert	W/m ² K	1,0	0,35	1,0	0,35
Anteil an Wohnfläche im Quartier		13%	72%	2%	13%
spez. Kühlbedarf	kWh/(m ² a)	2,6	2,4	4,3	4,0
gewichtete spez. Kühlbedarf	kWh/(m²a)	2,67			

Der Gesamtkühlbedarf für das Referenzjahr 2030 ergibt sich aus dem Anteil von Büros und Wohnungen.

Für das Gebäude ergibt sich damit gemäß der Berechnung in Tabelle 14 für das Vergleichsjahr 2050 ein Jahres-Kühlbedarf von ca. 440 MWh/a. Das entspricht einem spezifischen Kühlbedarf von ca. 8,5 kWh/(m²a) bezogen auf die Bruttogrundfläche (nicht auf die gekühlte Fläche) von Wohnen und Büro.

Tabelle 14: Berechnung des Gesamtkühlbedarfs für das Vergleichsjahr 2050

Nutzung	Anteil	BGF (m ²)	spez. Kühlbedarf (kWh/m ² /a)	Kühlbedarf (MWh/a)
Büro	25%	31.691	12,2	386
Wohnfläche	16%	20.240	2,7	54
SUMME	41%	51.931	8,5	440

3.2.3. Kühlbedarf 2030 vs. 2050

Der Kühlbedarf zwischen 2030 und 2050 ändert sich um ca. 15%, während die Kühlgradtage im Berechnungsansatz um 30% zunehmen. Die Zunahme fällt beim Wohnbau höher aus als im Bürobau.

4 Machbarkeitsanalyse für die Kältebereitstellung

4.1. Ausgangslage

Die Leistungen für die Kälteerzeugungsanlagen werden so ausgelegt, dass alle Nutzflächen von Wohnen und Büros (!) des Quartiers angeschlossen werden können.

Die erforderliche Kälteleistung ohne Gleichzeitigkeit beträgt 1380 kW im Referenzjahr 2030. Unter Berücksichtigung einer Gleichzeitigkeit von rund 80% ergibt sich eine Kälteleistung von 1100 kW.

4.2. Systemübersicht

Die Erläuterung sämtlicher genannter technischer Systeme befindet sich im **Bericht 4.1 Technologieprofile**.

Abbildung 11 zeigt mögliche passive Systeme (gem. Bericht E4.1 Technologieprofile Kapitel 1 „Vermeidung von Wärmeeinträgen in Innenräume“).

Abbildung 11: Systemübersicht passive Maßnahmen

Passive Maßnahmen	Verschattung	Sonnenschutzverglasung	Kühlende Hüllmaterialien	Hinterlüftete Fassaden	Gebäudebegrünung
Relevanz in Österreich	hoch	mittel	niedrig	niedrig bis mittel	niedrig für Gebäude, hoch für Mikroklima
Platzbedarf	gering	keiner	keiner	dickere Außenwände	Platz für Bepflanzung
Vorteile	keine Zugluft; keine Lärmemission, keine Antriebsenergie, keine ökologisch nachteilige Wirkung am Einsatzort; keine Hitzeemission im Außenraum				
	individuell Regelbar		einfach bei Sanierung umzusetzen		wirkt positiv auf die Umgebung
Nachteile	- Nachrüstung oft teuer und vom Gebäudeeigentümer(n) zu genehmigen - bei Hochhäusern nur mit vorgesetzter Fassade möglich	- schlechtere Nutzung solarer Gewinne im Winter - keine Regelbarkeit - kann Farbwiedergabe beeinflussen	- Wirkung wird durch Verschmutzung stark reduziert	- im Bestand oft nicht nachrüstbar - Platzbedarf - bei schlechter Durchströmunggegensätzlicher Effekt	

Die Verschattung und die Sonnenschutzverglasung wurden bereits über den Kennwert $g_{\text{total,Fassade}}$ bei der Ermittlung der Kühllasten und des Kühlbedarfs zu einem bestimmten Anteil berücksichtigt.

Die Effekte von Kühlenden Hüllmaterialien und Hinterlüfteten Fassaden stellen optische Veränderungen an der Fassade da, sowie einen hohen Kostenfaktor und werden daher nicht als Maßnahme vorgeschlagen.

Gebäudebegrünung hat einen positiven Effekt auf das Außenklima und wäre somit ggf. in den Kühlgradtagen zu berücksichtigen, wird hier jedoch nicht in die Auswertung miteinbezogen.

Abbildung 12 gibt eine Übersicht, welche Systeme grundsätzlich für die Kälteversorgung eines Objektes zur Verfügung stehen (gem. Bericht E4.1 Technologieprofile, Kapitel 3 „Physikalischer Wärmeentzug aus Innenräumen“, wobei nicht übliche Technologien wie Absorptionskältemaschinen etc. in der grundsätzlichen Systemübersicht nicht berücksichtigt wurden).

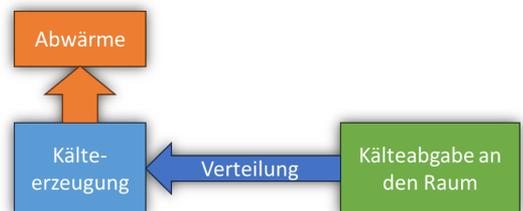
Aufgrund von Einschränkungen durch die Bestandsstruktur wurden nicht mögliche Systeme bereits im Vorfeld aufgrund der nachstehenden Erläuterungen ausgeschlossen.

Abbildung 12: Systemübersicht Wärmeentzug / Kälteerzeugung / Kälteverteilung

Kälteerzeugung	Fernkälte	Kompressionskälte quartiers- bzw. gebäudezentral						dezentrale Splitklimategeräte
		alle nachstehenden	Luft-Rückkühler	Geothermie	Brunnenwasser	Rückkühlung in Fernwärmenetz	RK in Energie-netz ("kalte Fernwärme")	
Einschränkung	Anschlussmöglichkeit nicht oft gegeben; große Anschlussleistungen für wirtschaftlichen Anschluss erforderlich	größerer Platzbedarf als Fernkälte;	Rückkühlung Aufstellung im Außenbereich erforderlich	Flächenbedarf für Erdsonden muss vorhanden sein	Grundwasserverfügbarkeit; Abstand zwischen Brunnen (Entnahme und Rückgabe) ist erforderlich	wenn Fernwärme vorhanden, Zustimmung/Abstimmung Fernwärme erforderlich		Aufstellung im Außenbereich; nicht mit Heizungssystem oder Flächenkühlung kombinierbar;
Schallemission Rückkühlung (RK)	nein	-	ja	nein	nein	nein	nein	ja
Vorteile	- keine Kälteerzeugung im Gebäude -> geringer Technikflächenbedarf - kein Rückkühler am Standort erforderlich -> kein Aufstellfläche erforderlich, keine Schallemissionen		- erprobtes System	- keine Produktion von "Umweltwärme" - Nutzung natürlicher Ressourcen	- keine Aufstellflächen für Rückkühler erforderlich - keine Produktion von "Umweltwärme"	- keine Aufstellflächen für Rückkühler erforderlich - keine Produktion von "Umweltwärme"	- Minimierung des Erdsondenfeldes möglich - keine Aufstellflächen für Rückkühler erforderlich - keine Produktion von "Umweltwärme"	- geringe Ventilverluste
Nachteile	- hohe Betriebskosten - keine Regeneration für Geothermie Wärmepumpe (GT-WP) - Verteilerverluste Fernkältenetz		- Schallemissionen - Produktion von "Umweltwärme" durch Rückkühlung - Flächenbedarf Technik	- Errichtungskosten - Flächenbedarf (Technik / Erdsonden)	- Wasserverbrauch		- zusätzliches Leitungsnetz erforderlich	- Einzellösung -> viele Geräte; kein Synergieeffekt

Kälteabgabe	Bauteilaktivierung	Kühldecke / Kühlsegel	Fußbodenheizung / Fußbodenkühlung change-over	Gebälse-konvektoren	"Fassaden-kühlung"	mechanische Lüftung mit Kühlregister
Einschränkung	im Neubau möglich	ausreichende Raumhöhe erforderlich	bei vorhandener Fußbodenheizung	geringere Leistungen ohne Kondensatsanschluss	bei Fassadensanierung	große Luftleitungen notwendig
Wärmeträger-medium	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser oder Kältemittel	Wasser	Luft
Schallemission	nein	nein	nein	ja	nein	ja

Kälteverteilung	Bestands-heizungsleitung	Neue Leitungen		
		Kamin	Stiegenhaus	Fassade
Einschränkung	im Change-over-Betrieb; nur möglich wenn Warmwasserbereitung separat erfolgt; Dimensionen müssen ausreichend sein hohe Vorlauftemperaturen zur Vermeidung von Kondensat erforderlich -> geringerer Kühleffekt	nur möglich, wenn keine Nutzung für gas- oder holzbefeuerte Anlagen vorhanden sind.	zusätzlicher Platzbedarf/neue Steigstränge erforderlich; Einhaltung der Fluchtwege	Erscheinungsbild, in Schutzgebieten/Denkmalerschutz nicht möglich; Sinnvoll in Verbindung mit neuer Wärmedämmung



Auf Seiten der Kälteerzeugung wurden dezentrale Splitklimategeräte als eine mögliche Variante ausgeschlossen. Diese Systeme benötigen für jede Wohn- bzw. Mieteinheit ein eigenständiges Außengerät. Die Objekte verfügen über keine Balkone, auf denen diese aufgestellt werden könnten.

In Salzburg ist das Fernkälte gibt es derzeit keine Fernkälte und wenn, so wird diese gemäß Presseausendungen aus dem Jahr 2023 (2) eher für Krankenhäuser etc. und nicht für Wohn- und Bürogebäude kommen.

Für den Abtransport der Abwärme von Kompressionskältemaschinen stehen grundsätzlich mehrere Möglichkeiten zur Verfügung.

Für den Wärmeentzug aus den Innenräumen stehen mehrere Möglichkeiten, je nach Art und Alter des Gebäudes zur Verfügung.

Eine Fassadenkühlung ist dann sinnvoll, wenn auf eine Wärmepumpe umgestellt werden soll und damit die bestehenden Heizkörper mit niedrigeren VL-Temperaturen betrieben werden können, dh, eine Fassadenheizung errichtet wird, die im Change-Over als Fassadenkühlung verwendet wird. In diesem Fall wird das Quartier jedoch mit Fernwärme beheizt. Die Errichtung ist nur im Zuge einer Fassadendämmung sinnvoll.

Bauteilaktivierung kann dann sinnvoll eingesetzt werden, wenn das Gebäude nicht saniert, sondern abgerissen und neu errichtet wird. Auch dies kann im Zeitraum bis 2050 durchaus passieren.

4.3. Mögliche Kälteerzeugungssysteme

4.3.1. Allgemeines

Denkt man für das Quartier eine gemeinsame Kälteversorgungslösung an, ist man mit einigen Hindernissen konfrontiert.

1. Einigung aller Gebäudeeigentümer (je Liegenschaft und im Quartier) auf eine gemeinsame Lösung
2. Technikfläche muss in einem der Objekte zur Verfügung gestellt werden
3. Servitutsrechte zwischen den vielen einzelnen Grundstücken für die Leitungsverlegung
4. Gemeinsame Beauftragung eines Wartungsunternehmens
5. Abrechnung muss durch ein übergeordnetes Unternehmen erfolgen

Werden die oben stehenden Hürden nicht politisch bzw. rechtlich gelöst besteht die Gefahr von vielen kleinteiligen Anlagen (Splitklimageräte oder mobile Klimageräte).

Das Quartier kann gemeinsam entweder über eine Fernkälte versorgt werden oder eine Unterteilung in Subquartiere ist notwendig. Die o.a. Themen bleiben jedoch auch bei eigener Teilung in Subquartiere aufrecht.

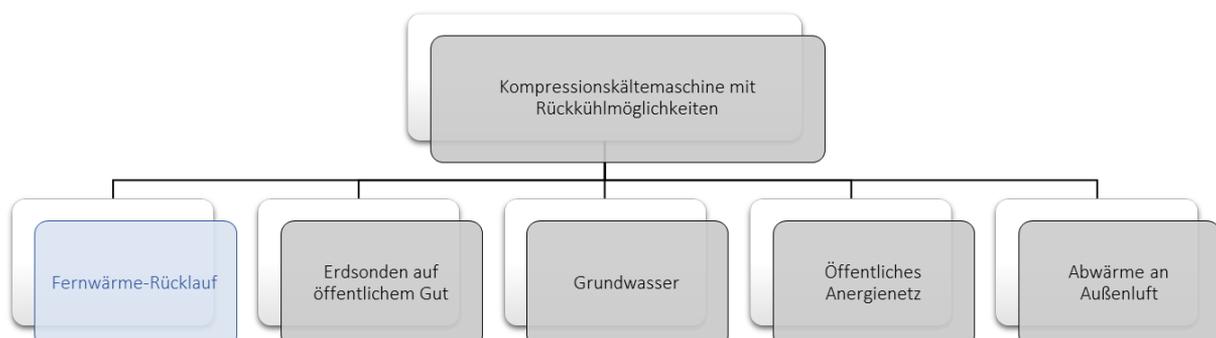
4.3.2. Varianten der Rückkühlung

Das gegenständliche Projekt wird derzeit mit Fernwärme versorgt, von einem Fernkälteanschluss in naher Zukunft kann derzeit nicht ausgegangen werden. Es ist also eine Kompressionskältemaschinenlösung vorzusehen. Die Frage der zugehörigen Rückkühlung muss detaillierter betrachtet werden.

Abbildung 13 zeigt, welche Rückkühlsysteme für dieses Quartier theoretisch in Frage kommen würden. Es gibt jedoch bei allen Varianten der Rückkühlung gewisse Hürden, die im Anschluss erläutert werden sollen.

Als Umsetzungs-Variante wird die Rückkühlung an den Fernwärme-Rücklauf vorgeschlagen.

Abbildung 13: Rückkühlmöglichkeiten



Die **Wärmeabgabe an die Außenluft**, der im Sommer bereits ohnehin überhitzten Innenstadt, sollte wo andere Möglichkeiten verfügbar sind, vermieden werden, stellt jedoch oft die einzige Option dar. Neben der unmittelbaren Erwärmung der Außenluft stellt die Schallemission einen weiteren Nachteil dieser Lösung dar.

Häufig wird die **Nutzung des Erdreichs (Geothermie)** als Wärmesenke angestrebt. Die mögliche Sondenanzahl in innerstädtischen Gebieten ist stark beschränkt und häufig sind zusätzliche Wärmesenken erforderlich.

Für eine vollflächige Kühlung des Quartiers wäre eine Rückkühlleistung von mehr als 1100 kW erforderlich, das entspricht gem. nachfolgender Tabelle 15 ca. 340 bis 480 Sonden. Eine solche Fläche wäre nur unter Nutzung des Südtiroler Platzes möglich. Dies scheint jedoch nicht umsetzbar.

Derzeit ist eine private Nutzung von öffentlichen Flächen (Parkplätzen, Parkanlagen, Plätze) für Erdsonden in Salzburg nicht vorgesehen bzw. gesetzlich geregelt.

Erdwärmesonden sind wasserrechtlich einzureichen. Siehe Leitfaden Erdwärmesonden Land Salzburg (3).

Tabelle 15: Berechnung erforderliche Erdsonden

Kälteleistung	1104 kW	
Abwärme	1435 kW	
	aktive Rückkühlung	Freecooling
spez. RK-Leistung	35 W/lfm	25 W/lfm
erford. Sondenlänge	41006 lfm	57408 lfm
Einzelsondenlänge	120 lfm	120 lfm
Sondenanzahl	342 Sonden	478 Sonden

Anergienetze oder so genannte Kalte Fernwärmenetze stellen eine Möglichkeit dar, die Abwärme von Kühlaggregaten zusammenzufassen und bestenfalls anderorts als Quelle zur Wärmebereitstellung zu nutzen. Dazu müsste jedoch ein weiteres Leitungsnetz errichtet werden. In Gebieten mit mehr Freiflächen wie Parks in der Umgebung wäre eine solche Variante wünschenswert, scheitert jedoch noch häufig an strukturellen und wirtschaftlichen Hindernissen.

Für die **thermische Grundwassernutzung** ist eine wasserrechtliche Bewilligung (4) erforderlich. Diverse Auszüge aus dem Wasserbuch der Stadt Salzburg (5) zeigen, dass eine Grundwassernutzung generell möglich ist. Die Errichtung von Entnahme und Rückgabebrunnen im dicht verbauten innerstädtischen Gebiet stellt jedoch eine Herausforderung dar. Die erforderliche Wassermenge für die Kälteleistung von 1100 kW beträgt ca. 70 l/s. Da wären bereits mehrere Brunnenpaare erforderlich.

Die Variante der Rückkühlung an den **Fernwärme-Rücklauf** stellt eine einfache Möglichkeit dar die Abwärme zu nutzen. Es muss allerdings die Abwärme auf die richtige Temperatur (üblicherweise ein hohes Temperaturniveau) gebracht werden. Dies wirkt sich zwar nachteilig auf die Effizienz der Kompressionskältemaschine aus, wenn die Abwärme genutzt werden kann, ist dies jedoch vertretbar. Grundvoraussetzung für eine Umsetzung ist die Zustimmung des Fernwärme-Versorgers.

Es gibt hier keine Verpflichtung des Energieversorgers, dass eine Abwärme-Einspeisung in den Rücklauf genehmigt werden muss, trotzdem wird in dieser Studie von einer Umsetzungsmöglichkeit ausgegangen.

4.4. Mögliche Kälteabgabe

4.4.1. Flächenkühlung

Als Kälteabgabe stehen grundsätzlich entweder überwiegend strahlungsbasierte oder überwiegend konvektive Systeme zur Verfügung. Zu den strahlungsbasierten Systemen zählt die Flächenkühlung.

Bauteilaktivierung ist nur dann sinnvoll umzusetzen, wenn das Gebäude neu errichtet wird. Bei den Bestandsobjekten ist aufgrund des Baujahres nicht von Bauteilaktivierung auszugehen.

Fußbodenkühlung kann dann eingesetzt werden, wenn bereits im Bestandsgebäude Fußbodenheizung vorhanden ist. Dies ist voraussichtlich nur bei wenigen oder keinen Objekten der Fall.

Als Flächenkühlung besteht noch die Möglichkeit **Kühlsegel bzw. abgehängte Kühldecken** zur Wärmeabfuhr aus dem Raum zu verwenden.

Die Vorlauftemperaturen für Kühldecken dürfen nicht zu niedrig sein, da Kondensatbildung unerwünscht ist. Eine Entfeuchtung ist mit dieser Art der Kälteabgabe nicht möglich.

4.4.2. Gebläsekonvektoren/Wärmepumpenheizkörper

In Objekten, die mit Heizkörpern zur Wärmeabgabe ausgestattet sind, bietet sich ein Tausch dieser gegen Gebläsekonvektoren an. Dabei können in vielen Fällen die bestehenden Heizungsleitungen auch für die Kühlung verwendet werden, wenn die Vorlauftemperaturen nicht zu niedrig angesetzt werden.

Der übliche Nebeneffekt, mit den Gebläsekonvektoren auch Entfeuchten zu können, kommt bei Verwenden der bestehenden Heizungsleitungen im change-over System aufgrund der erforderlichen höheren Vorlauftemperaturen (zur Vermeidung von Kondensat an den Leitungen) nicht zu tragen. Außerdem sind auch die Anschlüsse des Kondensatablaufes der Gebläsekonvektoren – auch bei einem neuen Kälteleitungsnetz – ein Hindernis.

Die Kälteleistung der Gebläsekonvektoren sinkt bei höheren Vorlauftemperaturen, ist jedoch bei ausreichender Dimensionierung ausreichend für die erforderlichen Kühllasten.

Eine abgeschwächte Version der Gebläsekonvektoren stellen sogenannte Wärmepumpen- oder gebläseunterstützte Niedertemperaturheizkörper dar, die ebenfalls mit einem Gebläse ausgestattet

sind. Während bei Gebläsekonvektoren mehr kein Strahlungsanteil vorhanden ist, und somit auch im Heizbetrieb der Ventilator erforderlich ist, haben die Wärmepumpenheizkörper einen ähnlichen Strahlungsanteil wie herkömmliche Heizkörper/Radiatoren. Damit ist der Einsatz in Wohnungen oft besser geeignet und werden daher im Zuge dieser Studie für die Wohnbereiche vorgeschlagen.

4.4.3. Mechanische Lüftung (Büro)

In den Bürogebäuden sind Lüftungsanlagen vorhanden. Um die Luft im Sommer nicht mit Außentemperatur einzubringen bzw. diese gegebenenfalls auch zu Entfeuchten wird ein Kühlregister in der Anlage vorgesehen. Die Lüftungsanlagen werden nicht oder nur minimal dazu verwendet das Objekt zu kühlen, aber durch die Einbringung der Zuluft mit bzw. knapp unter Raumtemperatur wird gegenüber einer Fensterlüftung die erforderliche Kühllast reduziert.

4.5. Mögliches Verteilnetz

Je Quartier wird eine Technikzentrale errichtet, von welcher die zugehörigen Objektteile über eine Leitungsführung durch die Untergeschoße versorgt werden.

Aufgrund der unterschiedlichen Gebäudestrukturen kann die Anbindung der einzelnen Mietobjekte nicht in allen Objekten gleich erfolgen. Es gibt Stiegenhäuser, in denen der Einzug eines vertikalen Schachtes eine unerlaubte Verringerung der Fluchtwegsbreite mit sich bringen würde. In diesen Objekten kann die Verteilung über die Fassade der Innenhöfe erfolgen.

Die Anbindung von einzelnen Einheiten innerhalb der Objekte ausgehend vom Stiegenhaus erfolgt entweder in abgehängten Decken oder entlang von Poterien an den Wänden.

4.6. Technische Umsetzung

Die Variante der Rückkühlung an den **Fernwärme-Rücklauf** stellt eine einfache Möglichkeit dar die Abwärme zu nutzen. Es muss allerdings die Abwärme auf die richtige Temperatur (üblicherweise ein hohes Temperaturniveau) gebracht werden. Dies wirkt sich zwar nachteilig auf die Effizienz der Kompressionskältemaschine aus, wenn die Abwärme genutzt werden kann, ist dies jedoch vertretbar.

Grundvoraussetzung für eine Umsetzung ist die Zustimmung des Fernwärme-Versorgers.

Aufgrund der Quartiersgröße werden 2 Subquartiere (Wohnquartier Nord, Büroquartier West und Wohn- und Büroquartier Ost) gebildet. Jedes dieser Subquartiere erhält eine eigenständige Kälteversorgung.

Abbildung 14 zeigt welche Objekte welchem Quartier zugeordnet werden. Die restlichen Objekte innerhalb des Bahnhofsquartiers sind Gewerbeflächen oder Hotels und werden somit im Zuge dieser Studie nicht berücksichtigt.

Abbildung 14: Subquartiere zur Kälteversorgung

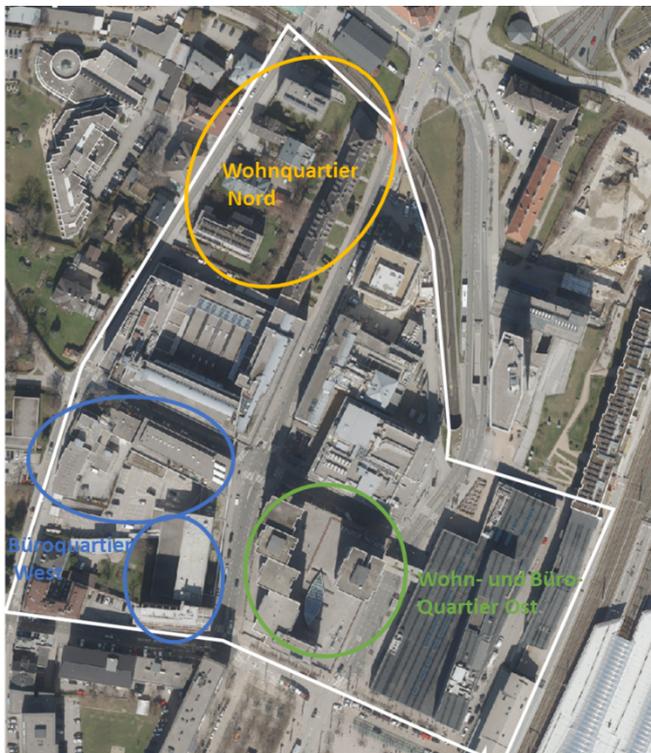


Tabelle 16 zeigt die Berechnung der erforderlichen Kälteleistungen für die 3 Subquartiere. Für die Auslegung der Kältemaschinen wird dann noch eine Gleichzeitigkeit des Wärmeentzugs zugrunde gelegt.

Tabelle 16: Berechnung der Subquartierskälteleistungen ohne Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit

		Wohnquartier Nord	Büroquartier West	Wohnquartier Ost	Büroquartier Ost
Fläche	m ²	7231	20.200	7.935	3.600
spez. Kälteleistung	W/m ²	25,8	41,5	25,8	41,5
Gesamtkälteleistung	kW	186	839	354	
Quartiersgesamtkälte	kW	1380			

Die ermittelte Kühllast für das Wohnquartier Nord liegt bei rund 190 kW, unter Berücksichtigung einer Gleichzeitigkeit von maximal 80% ergibt das eine Kühlleistung von 150 kW.

Die ermittelte Kühllast für das Büroquartier West liegt bei rund 840 kW, unter Berücksichtigung einer Gleichzeitigkeit von maximal 80% ergibt das eine Kühlleistung von 670 kW.

Die ermittelte Kühllast für das Wohn- und Büroquartier Ost liegt bei rund 355 kW, unter Berücksichtigung einer Gleichzeitigkeit von maximal 80% ergibt das eine Kühlleistung von 285 kW.

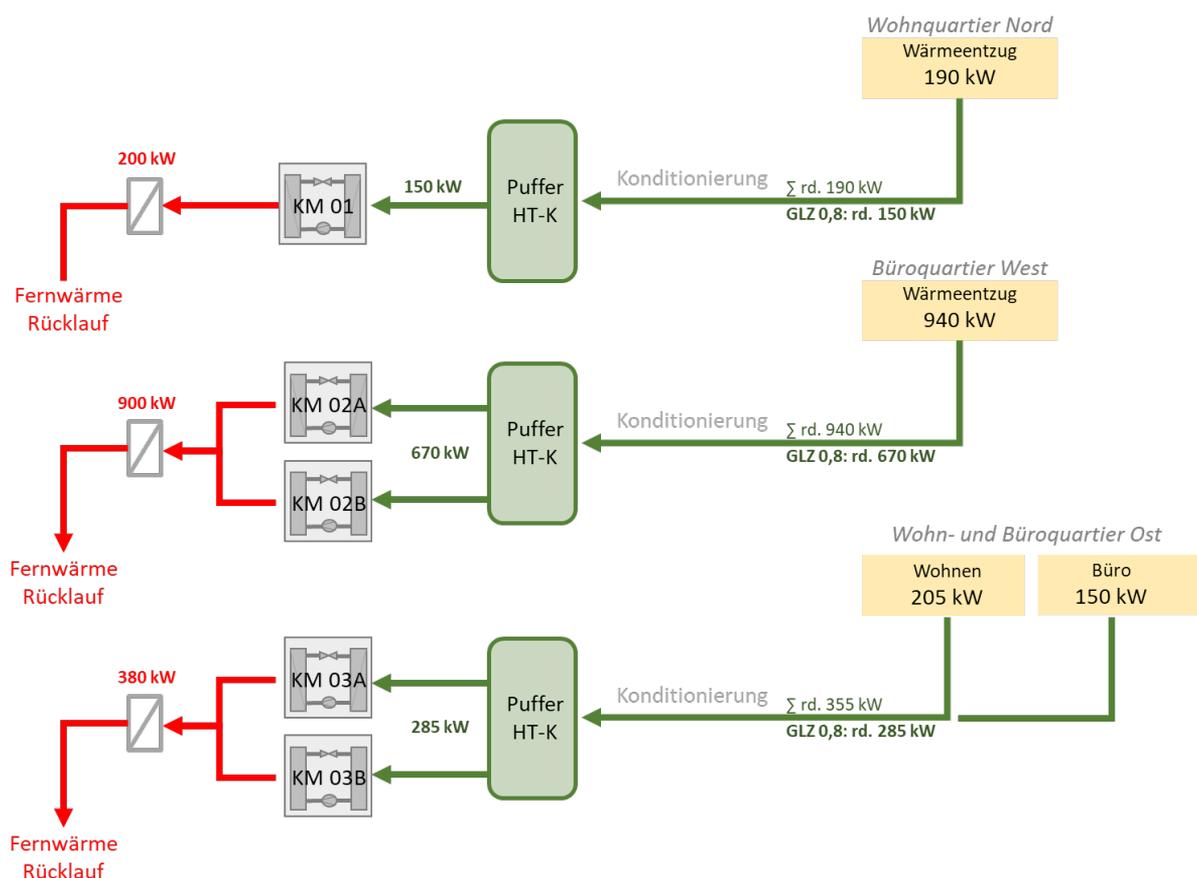
In diesen Größen werden wassergekühlte Kompressionskältemaschine vorgesehen. Die Rückkühltemperatur wird entsprechend den Vorgaben der Fernwärme (muss mind. 5 K höher sein, als der Fernwärme Rücklauf) ausgelegt.

Für die notwendige Rückkühlung wird jeweils ein Wärmetauscher zum Fernwärme-Rücklauf vorgesehen.

Die erforderliche Aufstellfläche kann je Subquartier mit rund 70 m² abgeschätzt werden, die genauen Abmessungen benötigen eine weiterführende Planung.

Abbildung 15 zeigt das Prinzipschema für alle 3 Subquartiere.

Abbildung 15: Prinzipschema Kältemaschinen mit Rückkühlung an die Fernwärme



Zusammenfassend können die folgenden wesentlichen Vorteile für das System genannt werden:

- keine Abwärme an die Umgebung
- geringere Verteilverluste im Vergleich zu Fernkälte
- Investitionskosten der Rückkühlung geringer als bei Erdsonden
- geringe Schallemissionen

Die wesentlichen Nachteile sind nachfolgend zusammengefasst:

- Zustimmung des Fernwärmeversorgers erforderlich
- hohe Rückkühltemperaturen verringern die Effizienz des Kältesystems

5 Grobkostenschätzung

5.1. Randbedingungen Kostenermittlung

Die folgenden Randbedingungen gelten für die Ermittlung der Baukosten:

- Leistungsumfang: Kälteerzeugung für betrachtetes Stadtquartier | TGA-Kosten – KG3 Bauwerk Technik
- Fläche: rd. 39.000 m² NRF (rd. 51.931 m² BGF)
- Schwankungsbreite: ±25 %
- Preise in EURO netto (exkl. USt.)
- Preisbasis: 04/2024

Allgemeine Baustellengemeinkosten, Logistik (Lage, Bauphasen) sowie Planungsleistungen sind in den Kosten derzeit nicht berücksichtigt:

Für die Berechnung der Energiekosten wurden die Preise entsprechend der Preisbasis 2024 angesetzt, die Kosten für Kälte und elektrische Energie sind nachfolgend dargestellt. Für die Preise für den Anschluss der Rückkühlung an die Fernwärme wurden 1/5 der Kosten der Fernkälte Wien (www.waermepreise.at (6)) als Berechnungsgrundlage angesetzt, für die Preise elektrische Energie wurde der Tarifkalkulator der E-Control (7) verwendet.

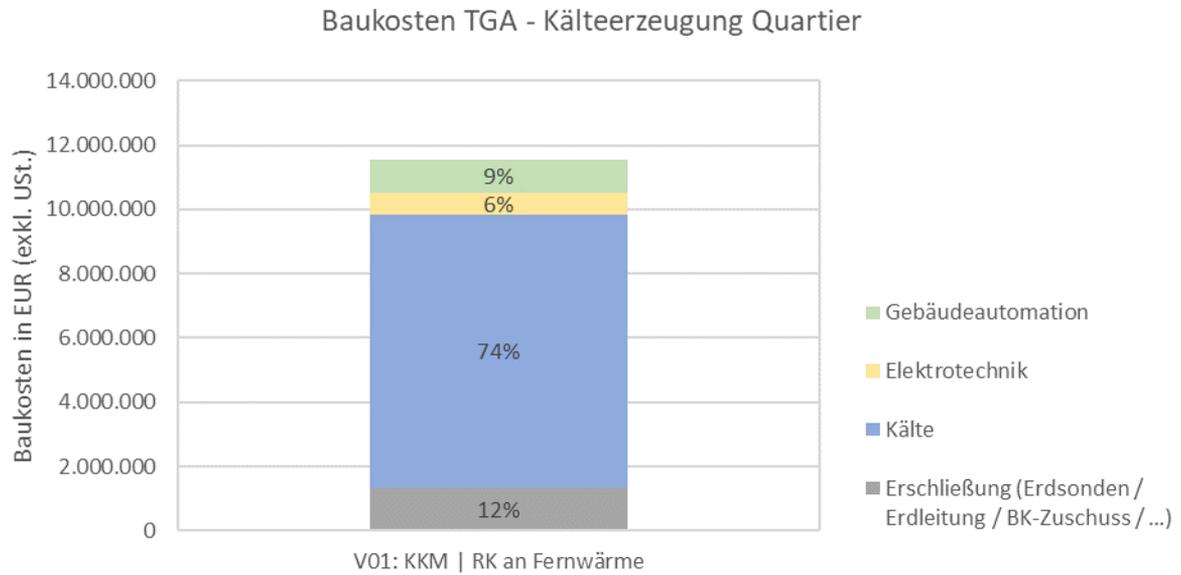
- 1/5 der Kosten Fernkälte (Wien): 36 €/MWh | 11 €/(kW*a)
- Kosten el. Energie (Wien): 8,54 Cent/kWh | 59,90 €/a

5.2. Grobkosten Kältesystem – Kostengruppe 3 Bauwerk Technik

Die Zusammenstellung der Grobkosten für das Kältesystem (Gewerke Kälte, zugehörige Elektrotechnik und Gebäudeautomation) ist, aufgeteilt auf die einzelnen Gewerke, in Abbildung 16 zusammenfassend dargestellt, die Details dazu finden sich in Abbildung 17.

Zu erkennen ist, dass die Baukosten bei rund 220 €/m²_{BGF} liegen, wobei der größte Anteil mit 74 % auf die Kälteerzeugung entfällt, auf die Erschließung (Anschluss an das Fernwärmenetz inkl. Nebenarbeiten) entfallen rund 12 % und die anteilige Elektrotechnik und Gebäudeautomation machen rund 14 % an den Baukosten aus.

Abbildung 16: Baukosten TGA – Übersicht Kompressionskälte mit Rückkühlung an die Fernwärme



	V01: KKM RK an Fernwärme	
	€	€/m ² (BGF)
Erschließung (Erdsonden / Erdleitung / BK-Zuschuss / ...)	1.339.000	26
Kälte	8.509.300	164
Elektrotechnik	681.000	13
Gebäudeautomation	1.022.000	20
Summe	11.551.300	222

Abbildung 17: Details Grobkosten Kompressionskälte mit Rückkühlung an die Fernwärme

V01 Kompressionskälte m. Rückkühlung an die Fernwärme

Fläche	39.000 m ² NRF	51.931 m ² BGF
Büro	23.800 m ² NRF	31.691 m ² BGF
Wohnen	15.200 m ² NRF	20.240 m ² BGF

Kühllast	1105 kW	Last	1.485 kW
		GLZ	0,74 -

	€	€/m ² (BGF)	
Erschließung (Erdsonden / Erdleitung / BK-Zuschuss / ...)	1.339.000	26	12%
Kälte	8.509.300	164	74%
Elektrotechnik	681.000	13	6%
Gebäudeautomation	1.022.000	20	9%
Summe	11.551.300	222	100%

Geothermie / Erdleitungen / FW Anschluss BK-Zuschuss

	EH	Menge	Kosten
Anschlusskosten Fernwärmenetz	9.000 €	3 Pa	27.000 €
Wärmetauscher	8.000 €/Pa	3 Pa	24.000 €
Verteilung Quartier	400 €/lfm	480 lfm	192.000 €
Verteilung Quartier	400 €/lfm	440 lfm	176.000 €
Wiederherstellen Oberflächen (Verteilung im Quartier)	100 €/m ²	9.200 m ²	920.000 €
			1.339.000 €
			26 €/m ²

Kälte

	EH	Menge	Kosten
	150 kW	Elisabethstr / Karl-Wurmb Str	
	335 kW	Elisabethstr. / Kaiserschützenstr.	
	150 kW	Fanny-von-Lehnert Str / Südtiroler Plz.	
	900 €/kW	1 Stk.	135.000 €
Kälteerzeugung Wohnquartier Nord (150 kW)	600 €/kW	2 Stk.	402.000 €
Kälteerzeugung Büroquartier West (670 kW)	700 €/kW	2 Stk.	210.000 €
Kälteerzeugung Wohn-/Büroquartier Ost (285 kW)	240 €/kW	1480 kW	355.200 €
Kälteverrohrung zw. Rückkühlung und Kältemaschine	220 €/kW	1105 kW	243.100 €
Kälteverrohrung zw. Kältemaschine und Kältenetz	15.000 €/Stk.	3 Stk.	45.000 €
Pufferspeicher	2.500 €/Stk.	18 Stk.	45.000 €
Verteiler	3.000 €/Stk.	18 Stk.	54.000 €
Pumpengruppen Energieerzeugung	180 €/m ²	39.000 m ²	7.020.000 €
Kälteverteilung + Abgabe			8.509.300 €
Summe Kälteerzeugung			164 €/m ²

Gebäudeautomation

	EH	Menge	Kosten
Kälte	12%		1.022.000 €
Summe Gebäudeautomation			1.022.000 €
			20 €/m ²

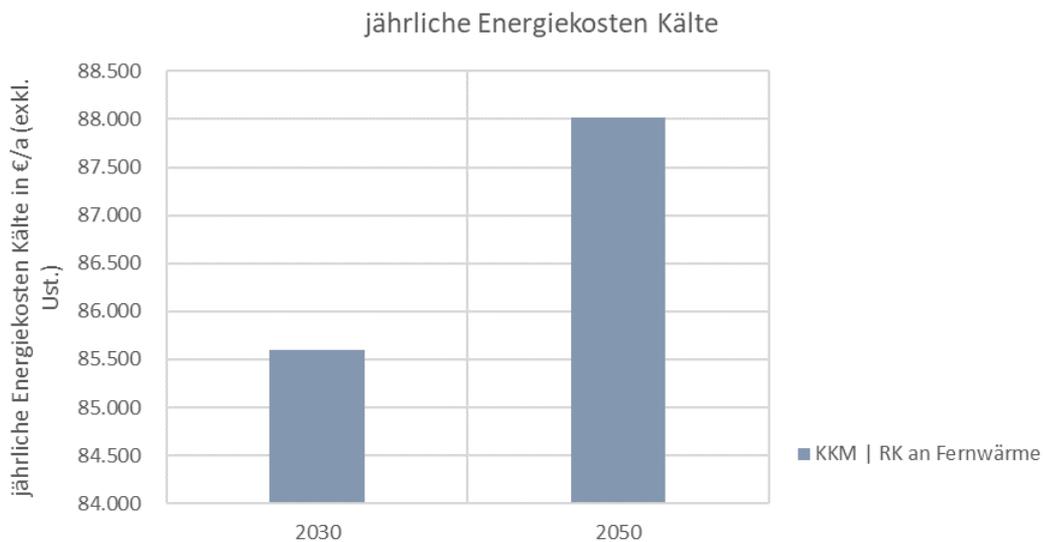
Elektrotechnik

	EH	Menge	Kosten
E-Technik Haustechnik	8%		681.000 €
Summe Elektrotechnik			681.000 €
			13 €/m ²

5.3. Grobkosten für Betrieb

Die Zusammenstellung der Energiekosten, berechnet nach Preisbasis 2024, ist, aufgeteilt auf die Jahre 2030 und 2050, in Abbildung 18 dargestellt. Zu erkennen ist, dass die jährlichen Energiekosten Kälte aufgrund des steigenden Verbrauchs um rund 3% steigen werden (Annahme gleicher Energiepreise), also nahezu gleichbleibend sind.

Abbildung 18: Vergleich der jährlichen Energiekosten Kälte in €/a (exkl. USt)



6 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des Stadtquartiers in Salzburg (Quelle: google maps).....	10
Abbildung 2: Verortung Stadtquartier 5 (Salzburg Bahnhof/Südtiroler Platz) (Quelle: google maps) .	10
Abbildung 3: Luftbildaufnahme (Quelle: Stadtplan Salzburg/Luftbild 2019).....	11
Abbildung 4: Fassadenansicht Fanny-von-Lehnert-Straße (links) und Karl-Wurmb-Straße (rechts)	11
Abbildung 5: Auszug aus dem Flächenwidmungsplan der Stadt Salzburg (Quelle: maps.stadt-salzburg.at)	12
Abbildung 6: Straßenverkehrslärmkarte (Links/Nacht) und Schienenverkehrslärmkarte (Rechts/Nacht) aus der Lärmkarte (Quelle: maps.laerminfo.at).....	13
Abbildung 7: Auszug Versorgungsgebiete Fernwärme Salzburg in rot (Quelle: maps.stadt-salzburg.at)	13
Abbildung 8: Daten zu den einzelnen Gebäuden (Quelle:webgis + eigene Berechnung).....	15
Abbildung 9: Übersicht der einzelnen Gebäude (gelb=Wohnen, blau=Büro) (Quelle: webgis).....	16
Abbildung 10: Zuordnung Nutzung am Bsp. Objekt-GIS-Nr. 2312047 (Quelle: eigene Darstellung)....	16
Abbildung 11: Systemübersicht passive Maßnahmen	27
Abbildung 12: Systemübersicht Wärmeentzug / Kälteerzeugung / Kälteverteilung	28
Abbildung 13: Rückkühlmöglichkeiten	30
Abbildung 14: Subquartiere zur Kälteversorgung	34
Abbildung 15: Prinzipschema Kältemaschinen mit Rückkühlung an die Fernwärme	35
Abbildung 16: Baukosten TGA – Übersicht Kompressionskälte mit Rückkühlung an die Fernwärme..	37
Abbildung 17: Details Grobkosten Kompressionskälte mit Rückkühlung an die Fernwärme.....	38
Abbildung 18: Vergleich der jährlichen Energiekosten Kälte in €/a (exkl. USt)	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: wesentliche Eckdaten des Stadtquartiers	7
Tabelle 2: Flächen je Nutzung	17
Tabelle 3: Berechnung der spezifischen Kälteleistung für die Büroflächen (Referenzjahr 2030).....	20
Tabelle 4: Berechnung der spezifischen Kälteleistung für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell (Raumtemperatur Sollwert von 26 °C unabhängig von Außenlufttemperatur) im Referenzjahr 2030	21
Tabelle 5: Berechnung der Gesamtkühlleistung für das Referenzjahr 2030.....	21
Tabelle 6: Berechnung der spezifischen Kälteleistung für die Büroflächen (Vergleichsjahr 2050).....	22
Tabelle 7: Berechnung der spezifischen Kälteleistung für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell (Raumtemperatur Sollwert von 26 °C unabhängig von Außenlufttemperatur) im Vergleichsjahr 2050.....	22
Tabelle 8: Berechnung der Gesamtkühlleistung für das Referenzjahr 2050.....	23

Tabelle 9: Berechnung des spezifischen Kühlbedarfs für die Büroflächen (Referenzjahr 2030)	23
Tabelle 10: Berechnung des gewichteten spezifischen Kühlbedarfs für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell (Raumtemperatur Sollwert von 26 °C unabhängig von Außenlufttemperatur) im Referenzjahr 2030	24
Tabelle 11: Berechnung des Gesamtkühlbedarfs für das Referenzjahr 2030	25
Tabelle 12: Berechnung des spezifischen Kühlbedarfs für die Büroflächen (Vergleichsjahr 2050)	25
Tabelle 13: Berechnung des spezifischen Kühlbedarfs für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell (Raumtemperatur Sollwert von 26 °C unabhängig von Außenlufttemperatur) im Vergleichsjahr 2050	26
Tabelle 14: Berechnung des Gesamtkühlbedarfs für das Vergleichsjahr 2050	26
Tabelle 15: Berechnung erforderliche Erdsonden	31
Tabelle 16: Berechnung der Subquartierskälteleistungen ohne Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit	34

Literaturverzeichnis

- (1) Vujicic Dragan: Das Verhältnis der Nutzungsfläche zu Bruttogrundfläche und die Ableitung von durchschnittlichen Bandbreiten bei Büro-, Verwaltungs- und bei Wohngebäuden, Master Thesis Technische Universität Wien, 2020
repositUM: <https://doi.org/10.34726/hss.2020.81102> (abgerufen am 08.04.2024, 17:50)
- (2) Fernkälte: Debatte um „Fernkälte“ für Spitäler und Altenheime; Artikel in ORF Salzburg vom 12. Juli 2023, 6:00 Uhr; <https://salzburg.orf.at/stories/3215494/> (abgerufen am 02.05.2024, 14:30)
- (3) Leitfaden Erdwärmennutzung Salzburg;
https://www.salzburg.gv.at/umweltnaturwasser/_Documents/Publikationen%20Wasser/Pub-Grundwasser/Leitfaden-Erdwaermesonden.pdf; abgerufen am 06.05.2024, 10:30)
- (4) Leitfaden thermische Grundwassernutzung Salzburg;
https://www.salzburg.gv.at/umweltnaturwasser/_Documents/Publikationen%20Wasser/Pub-Grundwasser/Leitfaden_Grundwasser_Waermepumpen.pdf; (abgerufen am 06.05.2024, 10:50)
- (5) Wasserbuch Salzburg; https://service.salzburg.gv.at/wisonline/wbo_main.aspx; (abgerufen am 06.05.2024, 13:10)
- (6) <https://waermepreise.at/tarifuebersicht/#/?kunde=1&art=2,4> (abgerufen am 13.05.2024, 14:00)
- (7) <https://www.e-control.at/tarifkalkulator#/> (abgerufen am 13.05.2024, 14:05)