

Urbaner Kältebedarf Österreich 2030/2050

E5.1 Machbarkeitsstudie Stadtquartier 1

Innsbruck

(Offene Bauweise / 20. 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

Auszugsweiser 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

E5.1 Machbarkeitsstudie Stadtquartier 1
Innsbruck
(Offene Bauweise / 20. 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 1 (Innsbruck).....	6
1.1.1.	Fact Sheet	6
1.1.2.	Übersicht.....	6
1.1.3.	Flächenwidmung.....	13
1.1.4.	Lärmkataster.....	13
1.1.5.	Bestehende Wärmeversorgung.....	14
1.2.	Ähnliche Quartiere	15
2	Grundlagen.....	16
2.1.	Flächenermittlung aus GIS	16
2.2.	Nutzung.....	17
2.3.	U-Werte	18
2.4.	Fenster/Beschattung.....	18
2.5.	Lüftung	18
2.6.	Sanierungsgrad	19
2.7.	Kühlgradtage	19
2.8.	Raumtemperatur-Sollwerte	19
3	Ermittlung Kältekennzahlen	20
3.1.	Kühllast.....	20
3.1.1.	Referenzjahr 2030	20
3.1.2.	Vergleichsjahr 2050	21
3.1.3.	Kühllast 2030 vs. 2050	22
3.2.	Kühlbedarf.....	22
3.2.1.	Referenzjahr 2030	22
3.2.2.	Vergleichsjahr 2050	23
3.2.3.	Kühlbedarf 2030 vs. 2050	24
4	Machbarkeitsanalyse für die Kältebereitstellung	25
4.1.	Ausgangslage	25
4.2.	Systemübersicht.....	25
4.3.	Mögliche Kälteerzeugungssysteme	28
4.3.1.	Allgemeines	28
4.3.2.	Varianten der Rückkühlung	28
4.4.	Mögliche Kälteabgabe	31
4.4.1.	Flächenkühlung.....	31
4.4.2.	Gebläsekonvektoren/Wärmepumpenheizkörper	31
4.5.	Mögliches Verteilnetz	31

4.6. Technische Umsetzung	32
5 Grobkostenschätzung	34
5.1. Randbedingungen Kostenermittlung.....	34
5.2. Grobkosten Kältesystem – Kostengruppe 3 Bauwerk Technik	34
5.3. Grobkosten für Betrieb	37
6 Verzeichnisse.....	38

1 Quartiersbeschreibung

1.1. Stadtquartier 1 (Innsbruck)

1.1.1. Fact Sheet

- Lage: Innsbruck, Ortsteil Pradl
(Langstraße/Amtsthorstraße/Türingstraße/Koflerstraße/Kranewetterstraße)
- Google Maps: <https://goo.gl/maps/akrj6GsBjF6qk3BbA>
- Besonderheit: Südtiroler Siedlung
- Bauweise: offene Block-Bauweise
- Baujahr: ca. 1939-1943
- Geschoßanzahl: 2 bis 5
- Untersuchungsgebiet: 8,8 Hektar
- Bebaute Grundfläche: 18.800 m²
- Nutzfläche näherungsweise: 40.400 m²
- Nutzung: 95 % Wohnbau, 5 % 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 1. Beispielquartiers zusammengefasst. Es handelt sich, ähnlich wie das Quartier in Linz, um eine Anlage mit weitläufigen Freiflächen zwischen den Gebäuden.

Stadtquartier 1

2-5 geschoßiger Wohnbau/offene Block-Bauweise/20. Jhd.
Innsbruck, Ortsteil Pradl



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

Abbildung 3: Luftbildaufnahme (Quelle: Google Earth)

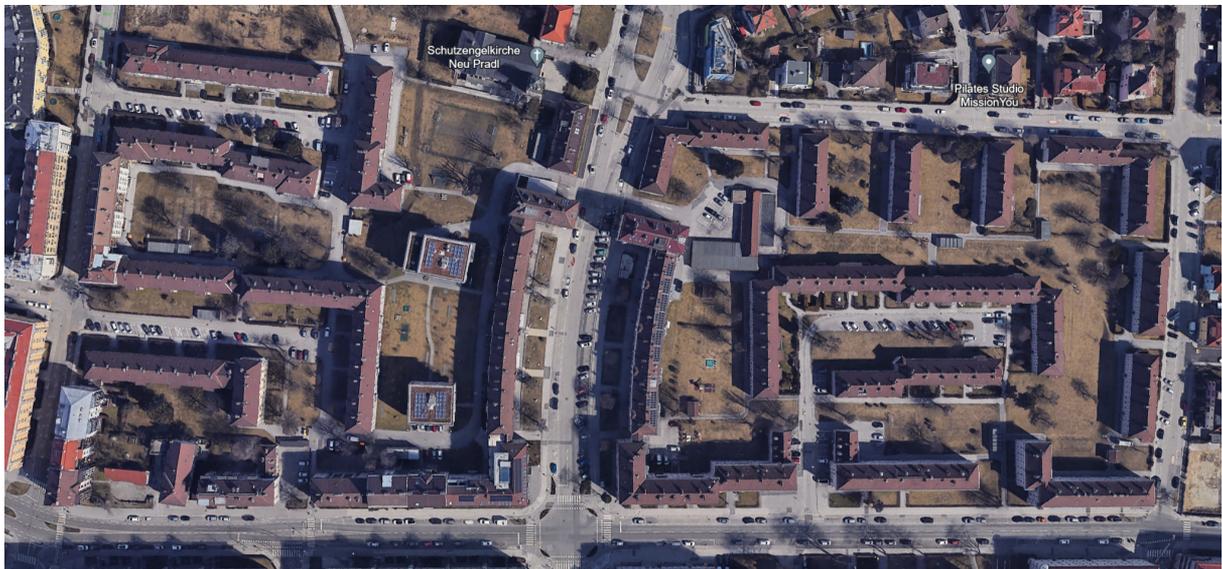


Abbildung 4: Luftbildaufnahme (Quelle: WebGIS Innsbruck Orthobild)



Abbildung 5: Fassadenansicht Langstraße (links) und Gumpfpstraße (rechts)

zeigt das Quartier im Kontext der Stadt sowie Abbildungen der Fassaden. Hier sind Geschößhöhen und Fensteranteil der Fassade ersichtlich. Es handelt sich dabei um eine sogenannte Südtiroler Siedlung.

Abbildung 1 zeigt die Lage des 1. Beispielquartiers in der Katastralgemeinde Pradl.

Tabelle 1: wesentliche Eckdaten des Stadtquartiers

Stadtquartier	Stadt	Bauperiode	Bauweise	Anzahl Gebäude	Geschoße	Nutzfläche	Nutzung
1	Innsbruck	20. Jhdt.	offene Bauweise	33	2-5	40.400 m ²	95% Wohnbau, 5 % gewerblich genutzt

Stadtquartier 1

2-5 geschößiger Wohnbau/offene Block-Bauweise/20. Jhd.
Innsbruck, Ortsteil Pradl



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

Abbildung 3: Luftbildaufnahme (Quelle: Google Earth)



Abbildung 4: Luftbildaufnahme (Quelle: WebGIS Innsbruck Orthobild)



Abbildung 5: Fassadenansicht Langstraße (links) und Gumpstraße (rechts)

zeigt das Quartier im Kontext der Stadt sowie Abbildungen der Fassaden. Hier sind Geschößhöhen und Fensteranteil der Fassade ersichtlich. Es handelt sich dabei um eine sogenannte Südtiroler Siedlung.

Abbildung 1: Lage des Stadtquartiers in Innsbruck (Quelle: Google Maps)

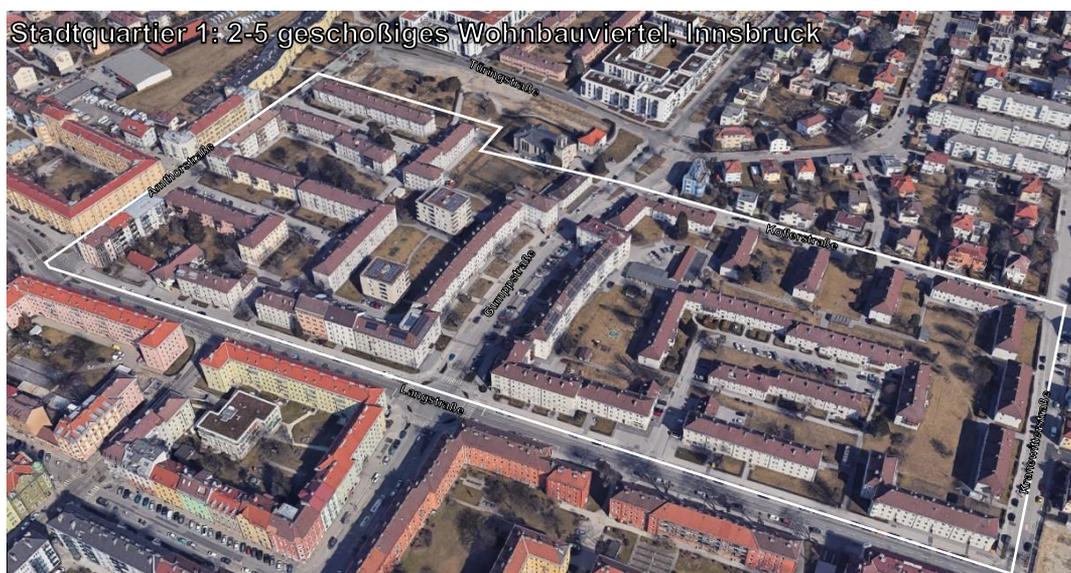


Abbildung 2: Verortung Stadtquartier 1 (Katastralgemeinde Pradl) (Quelle: Google Maps)

zeigt die Lage des Quartiers im Kontext der Stadt. Das Quartier liegt östlich vom Bahnhof und nordöstlich vom Tivoli Stadion.

Abbildung 2: Verortung Stadtquartier 1 (Katastralgemeinde Pradl) (Quelle: Google Maps)

Stadtquartier 1

2-5 geschosiger Wohnbau/offene Block-Bauweise/20.Jhdt.

Innsbruck, Ortsteil Pradl



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

Abbildung 3: Luftbildaufnahme (Quelle: Google Earth)



Abbildung 4: Luftbildaufnahme (Quelle: WebGIS Innsbruck Orthobild)



Abbildung 5: Fassadenansicht Langstraße (links) und Gumpstraße (rechts)

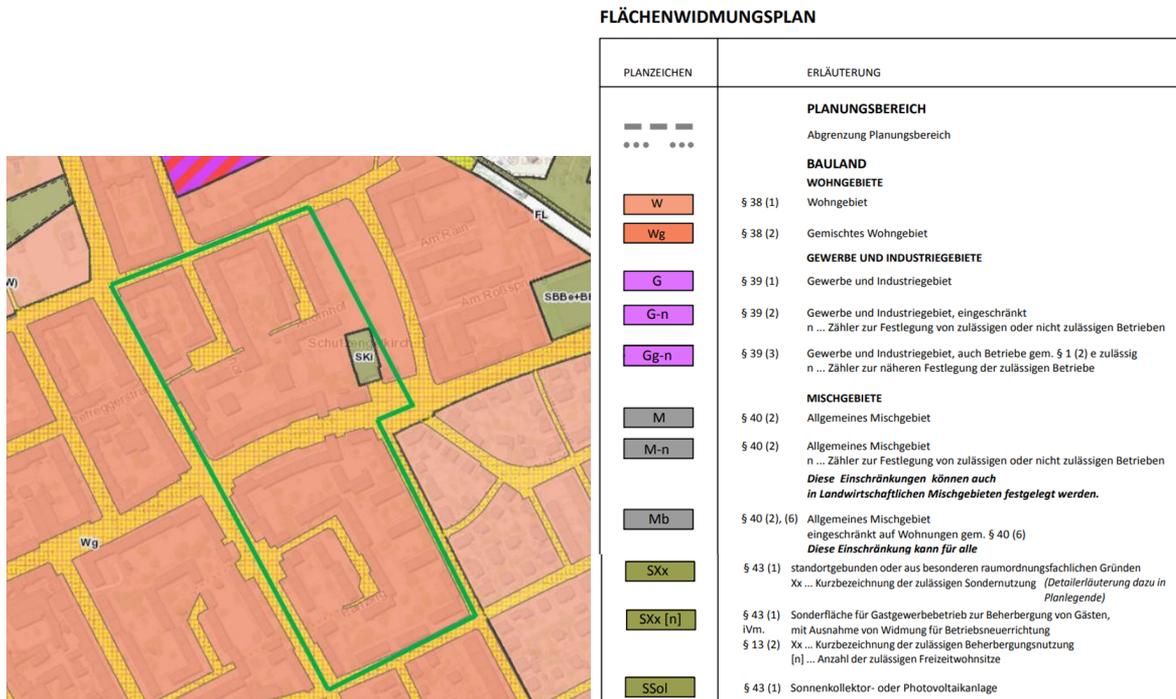


1.1.3. Flächenwidmung

Abbildung 6 zeigt einen Auszug aus dem Flächenwidmungsplan. Es handelt sich um ein Wohngebiet.

Das Gebiet befindet sich außerhalb der Innsbrucker Schutzzonen gem. SOG 2021.

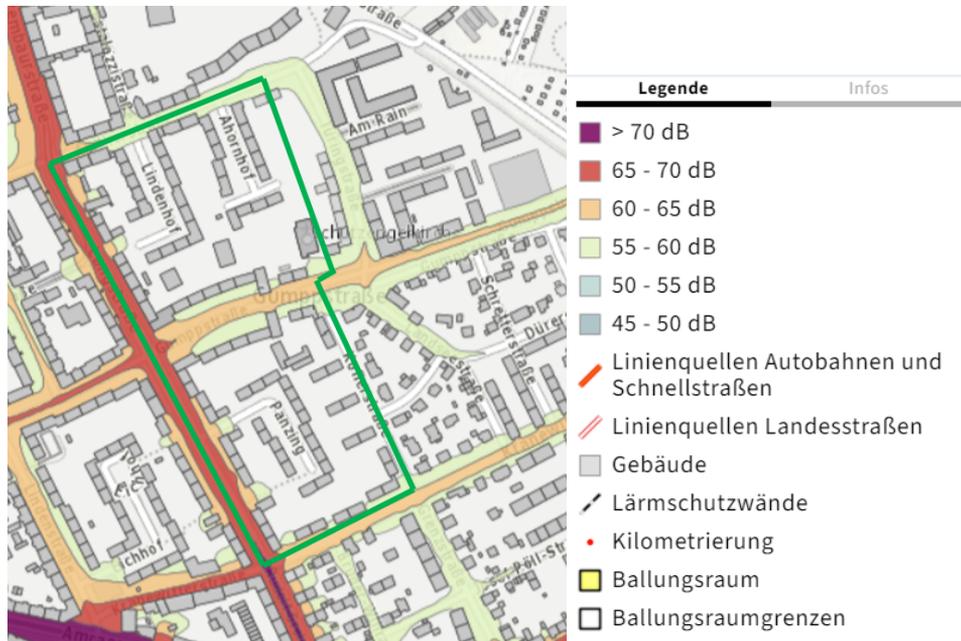
Abbildung 6: Auszug aus dem Flächenwidmungsplan der Stadt Innsbruck (Quelle: innsbruck.gv.at)



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 7 zeigt einen Auszug aus der Straßenverkehrslärmkarte. In den Innenhöfen zwischen den Objekten sind keine Werte angegeben, da diese in den Karten nicht bewertet sind.

Abbildung 7: Straßenverkehrslärmkarte (Nacht) aus der Lärmkarte (Quelle: maps.laerminfo.at)



1.1.5. Bestehende Wärmeversorgung

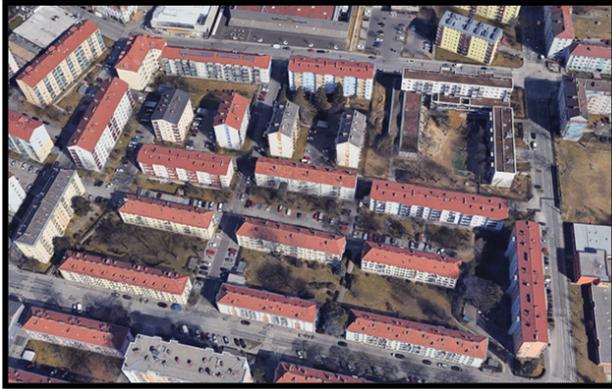
Abbildung 8 zeigt, dass das Gebiet, in dem das Stadtquartier liegt, mit Fernwärme versorgt wird.

Abbildung 8: Fernwärmeversorgungsgebiet im Stadtteil Pradl (Quelle: ikb.at)



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

1.2. Ähnliche Quartiere



Heckenweg Graz

(Quelle: Google Maps)



Hackenberggasse Wien

(Quelle: Google Maps)



**Auer-von-Welsbach-Straße
Salzburg**

(Quelle: Google Maps)



Stieglbauernstraße Linz

(Quelle: Google Maps)

2 Grundlagen

2.1. Flächenermittlung aus GIS

Das Stadtquartier in Innsbruck setzt sich aus 33 Gebäuden zusammen. Abbildung 9 sind die Daten zu Gebäudehöhe, Grundfläche, Geschoßanzahl und Wohnnutzfläche zu entnehmen. In Summe sind 40.400 m² an bebauter Grundfläche mit einer davon abgeleiteten Nutzungsfläche von ca. 58.600 m² 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 Bruttogeschosßfläche (BGF) bei ca. 60 bis 70 % und bei Wohngebäuden bei ca. 62 bis 76 % bewegt. Für das gegenständliche Projekt wurde aufgrund der Bauweise und der Nutzung ein Prozentsatz von 69 % angenommen.

Abbildung 9: Daten zu den einzelnen Gebäuden (Quelle: WebGIS + eigene Berechnung)

Lfd. Nr.	OBJECTID	Gebäudehöhe (m)	Grundfläche (m ²)	Geschoße	BGF (m ²)	WNF ber. (m ²)*
1	4429268	9,2	342	2	684	472
2	4429481	8,3	313	4	1.252	864
3	4429868	16,5	503	4	2.011	1.388
4	4429880	15,0	403	5	2.017	1.391
5	4430044	17,0	180	4	720	497
6	4430045	16,8	135	4	541	374
7	4430052	15,2	220	4	878	606
8	4429358	9,3	1971	2	3.941	2.719
9	4429420	18,1	188	4	754	520
10	4429605	15,8	400	4	1.602	1.105
11	4429895	9,1	651	2	1.303	899
12	4430066	9,2	689	2	1.377	950
13	4429536	13,0	902	3	2.707	1.868
14	4429646	10,6	300	2	600	414
15	4429454	9,1	347	2	694	479
16	4429049	17,2	1242	4	4.970	3.429
17	4429050	15,3	265	4	1.059	731
18	4429703	17,1	739	4	2.955	2.039
19	4429704	9,2	292	2	585	403
20	4429848	12,2	640	3	1.920	1.325
21	4429859	9,4	628	2	1.256	867
22	4429861	9,3	338	2	676	467
23	4430482	11,7	717	3	2.151	1.484
24	4429088	18,9	188	5	941	649
25	4429095	9,1	341	2	681	470
26	4430501	16,3	1112	4	4.447	3.068
27	4430657	14,4	614	4	2.456	1.694
28	4430765	12,5	909	3	2.728	1.882
29	4430766	12,6	902	3	2.706	1.867
30	4430767	13,3	879	3	2.638	1.820
31	4430768	13,7	714	3,5	2.499	1.724
32	4430856	5,7	431	5	2.156	1.488
33	4429118	9,0	340	2	681	470
Summe Flächen gerundet:			18.800		58.600	40.400

*Faktor Nutzungsfläche zu BGF = 0,69

Die Gebäude mit 2 bis 5 Geschößen wurden im Zuge des Zweiten Weltkriegs für die aus Südtirol nach Nordtirol ausgewanderte Bevölkerung erbaut.

In Abbildung 10 ist die Übersicht der einzelnen Gebäude mit OBJECTID aus dem GIS dargestellt. Die Gebäude sind in einer offenen Bauweise mit weitläufigen Innenhöfen voneinander getrennt.

Abbildung 10: Übersicht der einzelnen Gebäude (Quelle: WebGIS)



2.2. Nutzung

Für die Studie wurde von einer Wohnbaunutzung von 95 % und 5 % gewerblicher Nutzung ausgegangen.

Tabelle 2 zeigt die entsprechenden Nutzflächen an.

Tabelle 2: Flächen je Nutzung

Nutzung	Anteil	Nutzfläche in m ²
Büro	0 %	-
Wohnfläche	95 %	38.380
Gewerbe	5 %	2.020

Nutzung	Anteil	Nutzfläche in m ²
SUMME	100 %	40.400

2.3. U-Werte

Für die Berechnung der Kältebedarfsmatrix und der darauf basierenden Kältekennzahlen wurden im Zuge des Projekts für die Außenwände bei Objekten mit Baujahr vor 1945 die folgenden U-Werte festgelegt:

- Bestand: 1,5 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.

Abweichend davon wird für das Jahr 2050 von einem **sanierten Standard von 0,2 W/(m²K)** ausgegangen.

2.4. Fenster/Beschattung

Für die Berechnung der Kältebedarfsmatrix und der darauf basierenden Kältekennzahlen wurde im Zuge des Projekts 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 Kennwerts findet sich im Bericht E2.1 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 %.

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

2.5. Lüftung

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

2.6. Sanierungsgrad

Da das Objekt noch nicht thermisch saniert wurde, wird für das Jahr 2030 ein U-Wert von $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angenommen.

Für das Jahr 2050 geht man von einer Sanierung auf $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ aus.

Es werden in dem Ortsteil Pradl sukzessive die 2-geschoßigen Gebäude durch Neubauten mit mehreren Geschossen ersetzt (siehe Abbildung 11). Bei den höheren Objekten geht man von einer umfassenden Sanierung aus.

Abbildung 11: Beispiel für Wohnraumverdichtung in Südtiroler Vierteln (Quelle: IBK Info (2))



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 $18,3/18,3^\circ\text{C}$ 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 Innsbruck** ergeben sich für das Referenzjahr 2030 322,8 Kühlgradtage; für das Vergleichsjahr 2050 steigt diese Zahl auf 435,0 Kühlgradtage.

2.8. Raumtemperatur-Sollwerte

Für Wohnen wird in dieser Studie das generelle Komfortmodell mit einer fixen Raumtemperaturgrenze von 26°C dem adaptiven Temperaturmodell (Raumtemperatursollwert in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur – beschrieben in Bericht E2.1 Bildungsfaktoren des Kältebedarfs in Kapitel 2.1) gegenübergestellt.

3 Ermittlung Kältekennzahlen

3.1. Kühllast

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

In Abhängigkeit von den Kühlgradtagen und dem Baujahr ergeben sich die in den nachstehenden Tabellen angeführten spezifischen Werte.

3.1.1. Referenzjahr 2030

Tabelle 3 zeigt die spezifische Kälteleistung bezogen auf die Wohnnutzflächen in Abhängigkeit vom gewählten Komfortmodell. Da es sich um gleiche Objekte handelt, wurde der U-Wert von 1,5 W/m² für alle Objekte angenommen. Einige Gebäude haben bereits außenliegenden Sonnenschutz nachgerüstet, andere sind durch Bäume verschattet, und wieder andere haben keine Verschattungselemente, daher wurde mit zwei Werten für den Kennwert des Energiedurchlasses durch die Fensterflächen der Fassade ($g_{total,Fassade}$) gerechnet. Der Anteil entspricht jenem, der für das Gesamtprojekt in den Berechnungsansätzen für Gebäude vor 1945 festgelegt wurde.

Tabelle 3: Berechnung der spezifischen Kälteleistung für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell und beim adaptiven Komfortmodell im Referenzjahr 2030

Nutzung		Wohnen (generell)		Wohnen (adaptiv)	
Baujahr		vor 1945			
$g_{total,Fassade}$		5%	10%	5%	10%
U-Wert	W/(m ² K)	1,5			
Anteil im Quartier		48%	52%	48%	52%
spezifische Kälteleistung	W/m ²	27,6	37,3	11,4	16,3
gew. spez. Kälteleistung	W/m²	32,6		13,9	

Die Gesamtkühllast für das Referenzjahr 2030 ergibt sich aus dem Flächenanteil von 95 % für 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.

Je nachdem welches Komfortmodell gewählt wird, ergibt sich gemäß der Berechnung in Tabelle 4 für das Referenzjahr 2030 eine Gesamtkühllast. Beim generellen Komfortmodell beträgt diese ca.

1250 kW, und beim adaptiven Komfortmodell reduziert sich die Gesamtkühlleistung auf ca. 540 kW, d. h. auf weniger als die Hälfte.

Tabelle 4: Berechnung der Gesamtkühlleistung für das Referenzjahr 2030

Nutzung	Anteil	Nutzfläche (m ²)	spezifische Leistung (W/m ²)	Leistung (kW)
Wohnfläche (generell)	95 %	38.380	32,6	1.252
Wohnfläche (adaptiv)	95 %	38.380	13,94	535

3.1.2. Vergleichsjahr 2050

Tabelle 5 zeigt die Berechnung der gewichteten spezifischen Kühlleistung bezogen auf die Wohnnutzflächen. Hier zeigt sich durch die Sanierung trotz der höheren Kühlgradstunden eine Reduktion im Vergleich zu 2030. Während beim generellen Komfortmodell diese Reduktion 20 % beträgt, sind es beim adaptiven nur 10 %.

Tabelle 5: Berechnung der spezifischen Kälteleistung für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell und beim adaptiven Komfortmodell im Vergleichsjahr 2050

Nutzung	Wohnen (generell)		Wohnen (adaptiv)		
Baujahr		vor 1945 (aus Matrix wegen Sanierung nach 1990)			
$g_{\text{total;Fassade}}$		5 %	10 %	5 %	10 %
U-Wert	W/(m ² K)	0,2			
Anteil im Quartier		85 %	15 %	85 %	15 %
spezifische Kälteleistung	W/m ²	26,5	33,44	11,8	15,9
gew. spez. Kälteleistung	W/m²	27,6		12,4	

Die Gesamtkühlleistung für das Vergleichsjahr 2050 Wohnungen ergibt sich aus dem Flächenanteil von 95% für 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.

Je nachdem welches Komfortmodell gewählt wird, ergibt sich gemäß der Berechnung in Tabelle 6 für das Vergleichsjahr 2050 eine Gesamtkühlleistung. Beim generellen Komfortmodell beträgt diese ca. 1.060 kW, und beim adaptiven Komfortmodell reduziert sich die Gesamtkühlleistung auf ca. 475 kW, d. h. auf weniger als die Hälfte.

Tabelle 6: Berechnung der Gesamtkühllast für das Referenzjahr 2050

Nutzung	Anteil	Nutzfläche (m ²)	spezifische Leistung (W/m ²)	Leistung (kW)
Wohnfläche (generell)	95 %	38.380	27,6	1.058
Wohnfläche (adaptiv)	95 %	38.380	12,4	475

3.1.3. Kühllast 2030 vs. 2050

Aufgrund des erhöhten Standards der Gebäude im Jahr 2050 infolge von Sanierung (höherer Sanierungsgrad von 100 % gegenüber 0 %) und damit verbundenen besseren U-Werten und einem geringeren Gesamtenergiedurchlass durch die Fassade durch Fenstertausch und Verschattung nimmt die erforderliche Gesamtkälteleistung (basierend auf den Berechnungen der Kältematrix) für 2050 gegenüber 2030 beim generellen Komfortmodell um ca. 15 % und beim adaptiven Komfortmodell um rund 12 % ab.

3.2. Kühlbedarf

3.2.1. Referenzjahr 2030

Tabelle 7 zeigt die Berechnung des gewichteten spezifischen Kühlbedarfs bezogen auf die Bruttogrundfläche in Abhängigkeit vom gewählten Komfortmodell. Beim adaptiven Komfortmodell fällt dieser für das Referenzjahr mit 0,5 kWh/(m²a) sehr gering aus.

Tabelle 7: Berechnung des spezifischen Kühlbedarfs für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell und beim adaptiven Komfortmodell im Referenzjahr 2030

Nutzung		Wohnen (generell)		Wohnen (adaptiv)	
Baujahr		vor 1945 (aus Matrix wegen Sanierung nach 1990)			
$\xi_{\text{total;Fassade}}$		5 %	10 %	5 %	10 %
U-Wert	W/(m ² K)	0,2			
Anteil im Quartier		48 %	52 %	48 %	52 %
spez. Kühlbedarf	kWh/(m ² a)	5,1	7,4	0,2	0,7
gewichteter spez. Kühlbedarf	kWh/(m²a)	6,3		0,5	

Der Gesamtkühlbedarf für das Referenzjahr 2030 ergibt sich aus dem Anteil von 95 % für Wohnungen. Die Gewerbeflächen werden im Gesamtkühlbedarf nicht berücksichtigt, da diese oft andere Temperaturniveaus benötigen bzw. eigenständige Kühlsysteme installieren.

Je nachdem welches Komfortmodell gewählt wird, ergibt sich gemäß der Berechnung in Tabelle 8 für das Referenzjahr 2030 ein Jahreskühlbedarf. Beim generellen Komfortmodell beträgt dieser ca. 350 MWh/a, beim adaptiven Komfortmodell reduziert sich der Jahreskühlbedarf auf ca. 28 MWh/a, d. h. auf weniger als 10 %.

Tabelle 8: Berechnung des Gesamtkühlbedarfs für das Referenzjahr 2030

Nutzung	Anteil	BGF (m ²)	spez. Kühlbedarf (kWh/m ² /a)	Kühlbedarf (MWh/a)
Wohnfläche (generell)	95 %	55.670	6,3	349
Wohnfläche (adaptiv)	95 %	55.670	0,50	28

3.2.2. Vergleichsjahr 2050

Tabelle 9 zeigt die Berechnung des gewichteten spezifischen Kühlbedarfs bezogen auf die Bruttogrundfläche in Abhängigkeit vom gewählten Komfortmodell. Beim adaptiven Komfortmodell fällt dieser für das Jahr 2050 mit 0,7 kWh/(m²a) noch immer sehr gering aus.

Tabelle 9: Berechnung des spezifischen Kühlbedarfs für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell und beim adaptiven Komfortmodell im Vergleichsjahr 2050

Nutzung	Wohnen (generell)		Wohnen (adaptiv)		
	Baujahr	vor 1945 (aus Matrix wegen Sanierung nach 1990)			
$\xi_{\text{total;Fassade}}$	5 %	10 %	5 %	10 %	
U-Wert	W/(m ² K)	0,2			
Anteil im Quartier	85 %	15 %	85 %	15 %	
spez. Kühlbedarf	kWh/(m ² a)	6,6	9,5	0,6	1,5
gewichtete spez. Kühlbedarf	kWh/(m²a)	7,1		0,7	

Der Gesamtkühlbedarf für das Referenzjahr 2030 ergibt sich aus dem Anteil von 95 % für Wohnungen.

Je nachdem welches Komfortmodell gewählt wird, ergibt sich gemäß der Berechnung in Tabelle 10 für das Referenzjahr 2030 ein Jahreskühlbedarf. Beim generellen Komfortmodell beträgt dieser ca. 400 MWh/a, beim adaptiven Komfortmodell reduziert sich der Jahreskühlbedarf auf ca. 40 MWh/a, d. h. auf rund 10 %.

Tabelle 10: Berechnung des Gesamtkühlbedarfs für das Vergleichsjahr 2050

Nutzung	Anteil	BGF (m²)	spez. Kühlbedarf (kWh/m²/a)	Kühlbedarf (MWh/a)
Wohnfläche (generell)	95 %	55.670	7,1	394
Wohnfläche (adaptiv)	95 %	55.670	0,70	39

3.2.3. Kühlbedarf 2030 vs. 2050

Der Kühlbedarf zwischen 2030 und 2050 steigt beim generellen Komfortmodell trotz umfangreicher Sanierung um ca. 13 % und beim adaptiven um rund 40 % (jedoch weiterhin auf einem sehr geringen Niveau), da die Kühlgradtage im Berechnungsansatz um 35 % zunehmen.

4 Machbarkeitsanalyse für die Kältebereitstellung

4.1. Ausgangslage

Die Leistungen für die Kälteerzeugungsanlagen werden so ausgelegt, dass alle Nutzflächen des Objekts angeschlossen werden können.

Es gibt für das Referenzjahr 2030 zwei berechnete Leistungen – mit generellem Komfort ergeben sich rund 1250 kW, mit adaptiven Komfort kann die Leistung auf weniger als die Hälfte (ca. 535 kW) reduziert werden. Die Auslegung erfolgt jedoch auf den generellen Komfort, da aus Erfahrung bekannt ist, dass, sobald ein Kühlsystem vorhanden ist, auch bei hohen Außenlufttemperaturen der Raumtemperatursollwert auf 26 °C eingestellt wird.

4.2. Systemübersicht

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

Abbildung 12 zeigt mögliche passive Systeme (gem. Bericht E4.1 Technologieprofile Kapitel 1 „Vermeidung von Wärmeeinträgen in Innenräume“).

Abbildung 12: 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 vorgesezter 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 sowie einen hohen Kostenfaktor dar 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 13 gibt eine Übersicht, welche Systeme grundsätzlich für die Kälteversorgung eines Objekts 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).

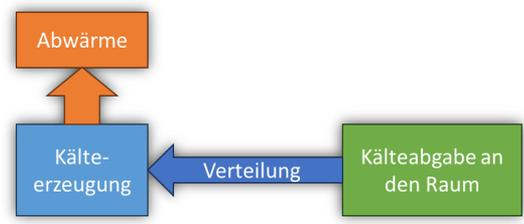
Aufgrund von Einschränkungen durch die Bestandsstruktur wurden nicht mögliche Systeme bereits im Vorfeld aufgrund der nachstehenden Erläuterungen ausgeschlossen.

Abbildung 13: Systemübersicht Wärmeentzug / Kälteerzeugung / Kälteverteilung

Kälteerzeugung	Fernkälte	Kompressionskälte quartiers- bzw. gebäudezentral						dezentrale Splittklimageräte
		alle nachstehenden	Luft-Rückkühler	Geothermie	Brunnenwasser	Rückkühlung in Fernwärmenetz	RK in Anergie-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 Verteilverluste
Nachteile	- hohe Betriebskosten - keine Regeneration für Geothermie Wärmepumpe (GT-WP) - Verteilverluste 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	Gebäude-konvektoren	"Fassaden-kühlung"	mechanische Lüftung mit Kühlregister
Einschränkung	im Neubau möglich	ausreichende Raumhöhe erforderlich	bei vorhandener Fußbodenheizung	geringere Leistungen ohne Kondensatanschluss	bei Fassadensanierung	große Lüftungen 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/Denkmalchutz nicht möglich. Sinnvoll in Verbindung mit neuer Wärmedämmung



Auf Seiten der Kälteerzeugung wurden dezentrale Splittklimageräte 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 Innsbruck ist kein Fernkältenetz vorhanden, und es gibt keine Aussendungen, die hier eine Änderung andeuten.

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

Sollte das Gebäude nicht saniert, sondern abgerissen und neu errichtet werden, stellen Bauteilaktivierung oder Fußbodenkühlung die besten Möglichkeiten dar. Andernfalls müssten große Sanierungsmaßnahmen in den Innenräumen durchgeführt werden, weshalb diese nicht umsetzbar wären.

4.3. Mögliche Kälteerzeugungssysteme

4.3.1. Allgemeines

Der Vorteil dieses Quartiers ist, dass die Gebäude und Liegenschaften nicht einzelnen Eigentümern gehören, sondern gemeinsam verwaltet werden.

Denkt man für das Quartier eine gemeinsame Kälteversorgungslösung an, sollte man jedoch nachfolgende Punkte nicht außer Acht lassen:

1. Einigung aller Nutzer auf eine gemeinsame Lösung
2. Technikfläche muss in einem der Objekte zur Verfügung gestellt werden
3. Abrechnung muss durch ein übergeordnetes Unternehmen erfolgen

Werden die oben stehenden Themen nicht gelöst, besteht die Gefahr von vielen kleinteiligen Anlagen (Splitklimageräte oder mobile Klimageräte).

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.

Nachstehende Lösungen gehen davon aus, dass die Fernwärmeversorgung bestehen bleibt. Im Zuge von umfassenden Sanierungen oder Neubauten kann jedoch auch ein Umstieg der gesamten Wärmeversorgung auf ein Wärmepumpensystem sinnvoll sein. Bis auf die Varianten mit dem Fernwärme-Rücklauf können alle als Rückkühlsysteme (Wärmesenken) angeführten Varianten auch als Wärmequelle für eine Wärmepumpenlösung umgesetzt werden. Wird die Wärmepumpe reversibel ausgeführt, kann diese gleich für die Kühlzwecke herangezogen werden.

Abbildung 14 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 Umsetzungsvariante wird die Rückkühlung an das Grundwasser vorgeschlagen.

Abbildung 14: Rückkühlmöglichkeiten



Häufig wird im ersten Schritt die **Nutzung des Erdreichs (Geothermie)** als Wärmesenke angestrebt. Besteht jedoch die Möglichkeit der Grundwassernutzung, ist dies häufig die kostengünstigere Variante.

Um das Geothermiepotenzial am Standort abzuschätzen, wurden die freien Flächen (ohne Baumbestand) mit guter Zugänglichkeit betrachtet (siehe Abbildung 15). Die Maximalbelegung ergibt sich unter der Annahme eines Sondenabstands von 7 m (ausgeglichene Bilanz) mit ca. 850 Sonden gem. Tabelle 11. Bei einer spezifischen Rückkühlleistung von 35 W/lfm und einer Bohrtiefe von 140 m ist mit der Maximalbelegung eine Rückkühlleistung von rund 4,2 MW realisierbar.

Tabelle 11: Berechnung der möglichen Erdsondenanzahl

Fläche brutto	88.816 m ²
Grundfläche Gebäude	18.800 m ²
Abzug Bäume	25 %
Abzug Straßen/Bebauung	15 %
Abgezogene Fläche	28.006 m ²
Fläche netto	42.010 m ²
Fläche pro Sonde	49 m ²
Anzahl Sonden	857

Abbildung 15: Grundlage zur Abschätzung des Geothermiepotenzials (Quelle: WebGIS)



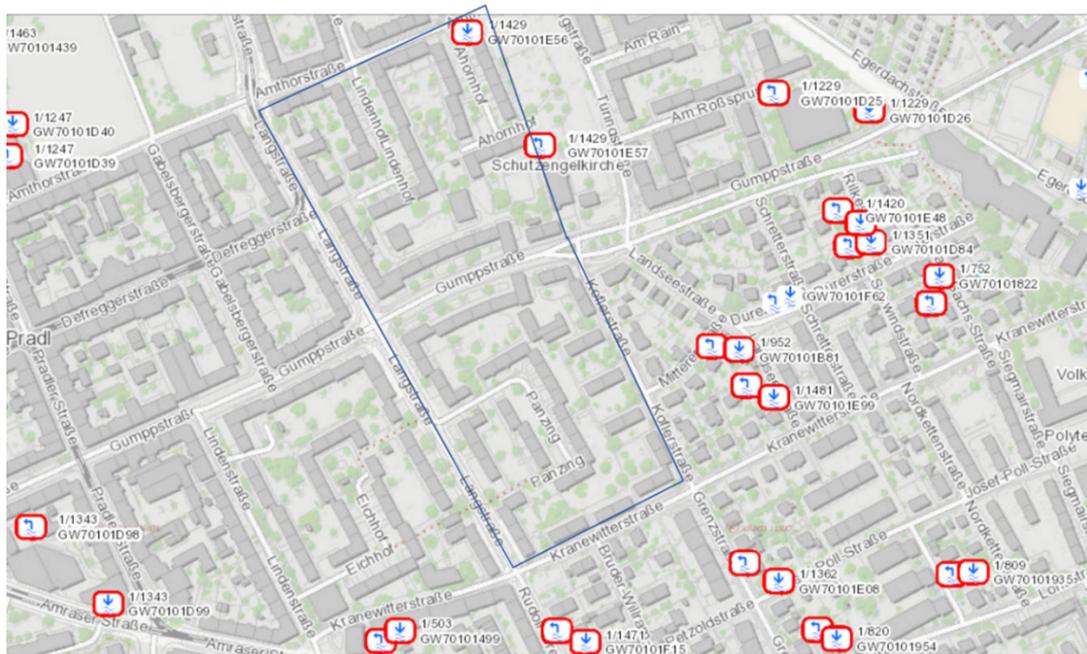
Anergienetze oder sogenannte Kalte Fernwärmenetze stellen eine Möglichkeit dar, die Abwärme von Kühlaggregaten zusammenzufassen und bestenfalls andernorts als Quelle zur Wärmebereitstellung zu nutzen. Dazu müsste jedoch ein weiteres Leitungsnetz errichtet werden.

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.

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 Fernwärmeversorgers. Es gibt hier keine Verpflichtung des Energieversorgers, eine Abwärmeeinspeisung in den Rücklauf zu genehmigen.

Für die **thermische Grundwassernutzung** ist eine wasserrechtliche Bewilligung erforderlich. Im Stadtteil Pradl gibt es aufgrund des fließenden Grundwasserkörpers bereits eine Vielzahl an thermischer Grundwassernutzung, die in Abbildung 16 beispielhaft dargestellt sind. Es sind immer sowohl Entnahme- als auch Rückgabeburgen dargestellt. Die letzte direkt an das Quartier angrenzende Genehmigung (07.09.2022) erfolgt für den Neubau neben dem Ahornhof. Der Auszug aus dem Wasserbuch zeigt, dass sich das Ausmaß der wasserrechtlichen Bewilligung auf die Grundwasserentnahme von maximal 10,5 l/s und 70.000 m³/a für den Heizfall und die Grundwasserentnahme von maximal 6 l/s und 63.000 m³/a für den Kühlfall sowie die Rückgabe der Gesamtentnahmemenge von 133.000 m³/a über den Rückgabeburgen in den Grundwasserleiter erstreckt.

Abbildung 16: Brunnen zur thermischen Grundwassernutzung in der Nähe des Quartiers (Quelle: <https://maps.tirol.gv.at/>)



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.

Da Bauteilaktivierung und Fußbodenkühlung aufgrund des erheblichen Umbauaufwands im Zuge einer Sanierung nicht eingesetzt werden können, besteht die Möglichkeit, Kühlsegel bzw. abgehängte Kühldecken zur Wärmeabfuhr aus dem Raum zu verwenden.

Sollten die Gebäude abgerissen und neu errichtet werden, sind Systeme wie Bauteilaktivierung und Fußbodenkühlung zu bevorzugen.

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

Da das Objekt mit Heizkörpern zur Wärmeabgabe ausgestattet ist, 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 Kondensatablaufs 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 kein Strahlungsanteil vorhanden und somit auch im Heizbetrieb der Ventilator erforderlich ist, haben die Wärmepumpenheizkörper einen ähnlichen Strahlungsanteil wie herkömmliche Heizkörper/Radiatoren. Damit sind sie für einen Einsatz in Wohnungen oft besser geeignet und werden daher im Zuge dieser Studie für die Wohnbereiche vorgeschlagen.

4.5. Mögliches Verteilnetz

Die Gebäude werden ausgehend von einer neu zu errichtenden Technikzentrale über Erdleitungen angeschlossen.

Die Steigleitungsverteilung erfolgt im Stiegenhaus.

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

Sollten Gebäude neu errichtet werden, ist bereits in der Planung auf ausreichende Schachtdimensionierung zu achten.

4.6. Technische Umsetzung

Die ermittelte Kühllast beträgt (bei generellem Komfort) rund 1250 kW für das gesamte Areal. Aufgrund der großen Verteilung der Objekte wird das Quartier in einen Teil nördlich und einen Teil südlich der Gumpstraße aufgeteilt (siehe Abbildung 17). Jedes Gebiet erhält eine separate Kältezentrale mit jeweils eigenständigem Brunnenpaar (Entnahmebrunnen und Rückgabebrunnen).

Der Flächenanteil des nördlichen Quartiers beträgt 60 % und somit 750 kW Kälteleistung. Der südliche Teil hat einen Kälteleistungsbedarf von 500 kW.

Unter Berücksichtigung einer Gleichzeitigkeit von 80 % und einer Spreizung von 5 K ist für den nördlichen Teil eine Grundwasserentnahme von 37 l/s und für den südlichen Teil von 25 l/s erforderlich.

Voraussetzung für die Errichtung der Brunnen ist eine wasserrechtliche Bewilligung.

Abbildung 17: Teilung des Quartiers in 2 Versorgungsebenen

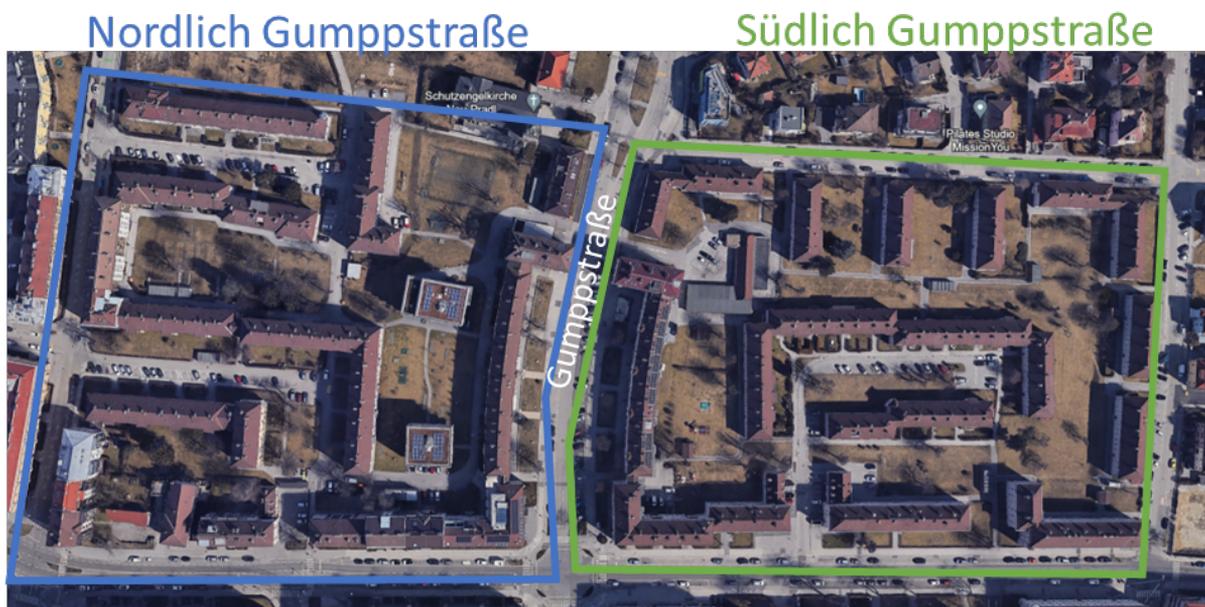
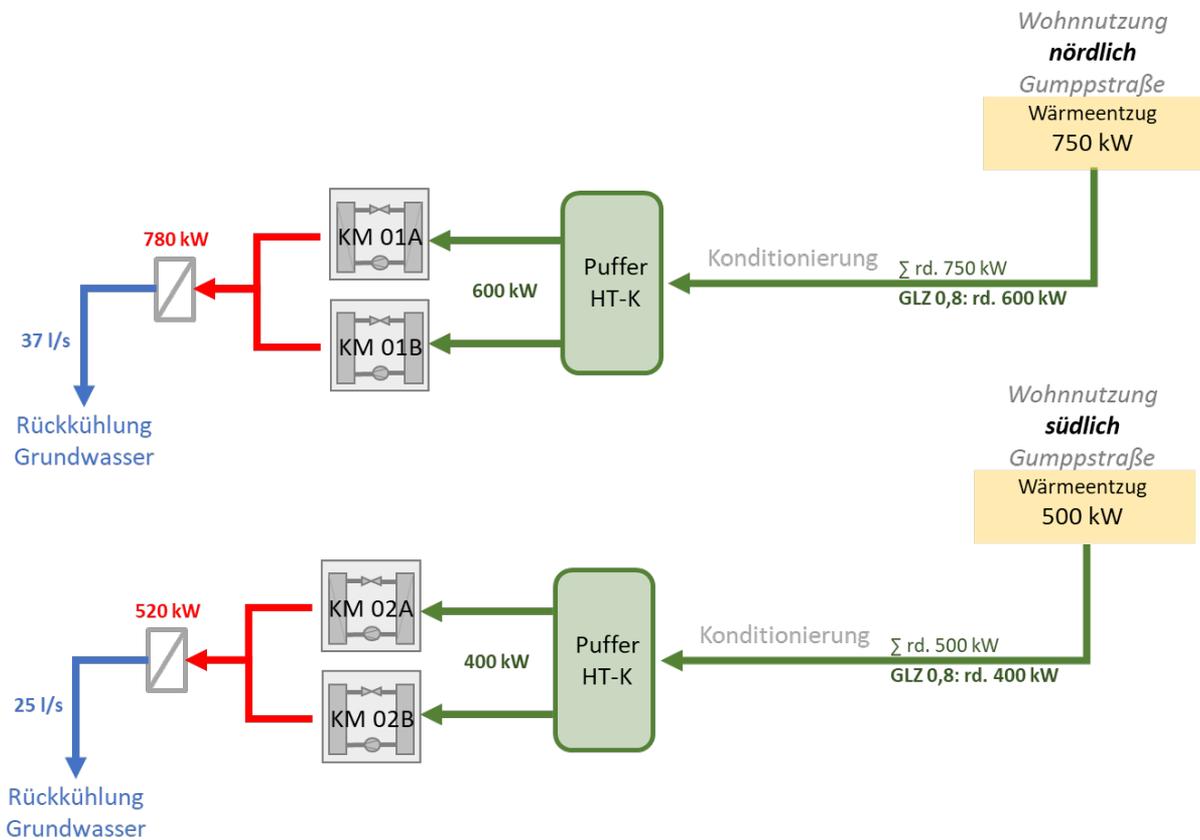


Abbildung 18 zeigt das mögliche Kälteversorgungsschema. Je Teilbereich werden zur besseren Teillastabdeckung 2 Kältemaschinen mit je 50 % der Leistung vorgesehen.

Abbildung 18: Prinzipschema Kälteversorgung



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

- Nutzung von natürlichen Ressourcen
- Geringere Investitionskosten als bei Erdsonden
- Gute Effizienz durch konstant niedrige Rückkühltemperaturen
- Geringere Betriebskosten

Die wesentlichen Nachteile aus energietechnischer Sicht sind nachfolgend zusammengefasst:

- Erwärmung des Grundwassers
- Gefahr der Verschlämung etc. der Brunnen
- Erforderliche Technikflächen (neue Technikzentralen)

5 Grobkostenschätzung

5.1. Randbedingungen Kostenermittlung

Die folgenden Randbedingungen gelten für die Ermittlung der Baukosten Allgemeine Baustellengemeinkosten, Logistik (Lage, Bauphasen) sowie Planungsleistungen sind in den Kosten derzeit nicht berücksichtigt:

- Leistungsumfang: Kälteerzeugung für betrachtetes Stadtquartier | TGA-Kosten – KG3 Bauwerk Technik
- Fläche: rd. 38.380 m² NRF (rd. 55.623 m² BGF)
- Schwankungsbreite: ±25 %
- Preise in EURO netto (exkl. USt)
- Preisbasis: 04/2024

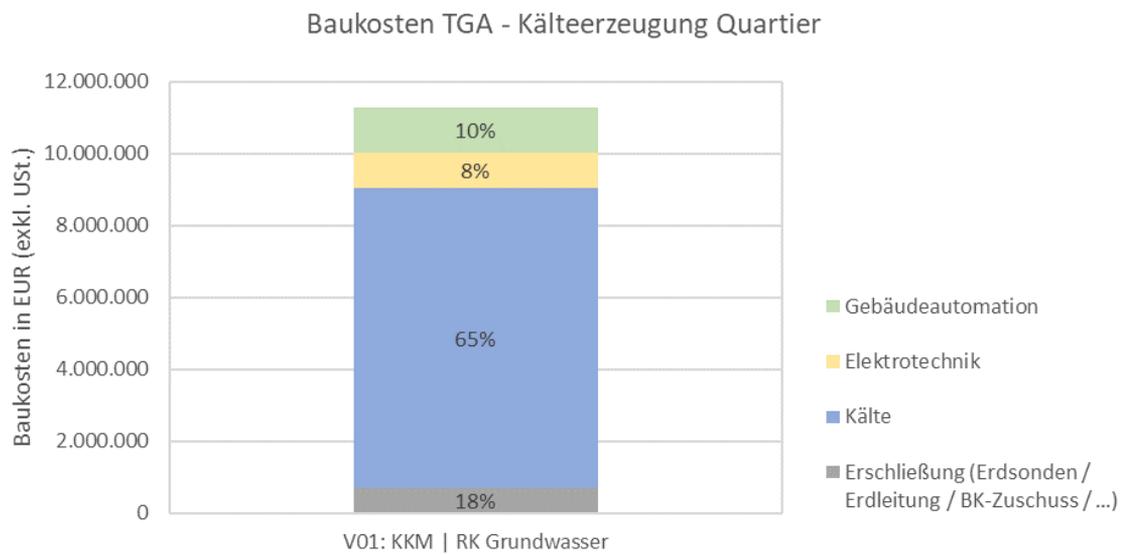
Für die Berechnung der Energiekosten wurden die Preise entsprechend der Preisbasis 2024 angesetzt, für die Kosten für Kälte und elektrische Energie wurde der Tarifikalkulator der E-Control (3) verwendet, und diese wurden mit 8,54 Cent/kWh | 59,90 €/a in den Berechnungen berücksichtigt.

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 19 zusammenfassend dargestellt, die Details dazu finden sich in Abbildung 20.

Zu erkennen ist, dass die Baukosten bei rund 230 €/m²_{BGF} liegen, wobei der größte Anteil mit 65 % auf die Kälteerzeugung entfällt, auf die Erschließung (Anschluss an das öffentliche Anergienetz inkl. Nebenarbeiten) entfallen rund 18 %, und die anteilige Elektrotechnik und Gebäudeautomation machen rund 18 % der Baukosten aus.

Abbildung 19: Baukosten TGA – Übersicht Kompressionskälte mit Rückkühlung an Grundwasser



	KKM RK Grundwasser	
	€	€/m ² (BGF)
Erschließung (Erdsonden / Erdleitung / BK-Zuschuss / ...)	2.304.000	41
Kälte	8.321.900	150
Elektrotechnik	999.000	18
Gebäudeautomation	1.249.000	22
Summe	12.873.900	231

Abbildung 20: Details Grobkosten Kompressionskälte mit Rückkühlung an Grundwasser

V01 Kompressionskälte m. Rückkühlung an Grundwasser

Fläche	38.380 m ² NRF	55.623 m ² BGF
Büro	m ² NRF	m ² BGF
Wohnen	38.380 m ² NRF	55.623 m ² BGF

Kühllast	1000 kW	Last	1.250 kW
Kühlbedarf	349000 kWh	GLZ	0,8 -

	€	€/m ² (BGF)	
Erschließung (Erdsonden / Erdleitung / BK-Zuschuss / ...)	2.304.000	41	18%
Kälte	8.321.900	150	65%
Elektrotechnik	999.000	18	8%
Gebäudeautomation	1.249.000	22	10%
Summe	12.873.900	231	100%

Geothermie / Erdleitungen / FW Anschluss BK-Zuschuss			
	EH	Menge	Kosten
Brunnen (Entnahme + Rückgabe) nördl. Quartier	18.000 €/Stk.	6 Stk.	108.000 €
Brunnen (Entnahme + Rückgabe) südl. Quartier	20.000 €/Stk.	4 Stk.	80.000 €
Wärmetauscher	8.000 €/Pa	2 Pa	16.000 €
Verteilung Quartier	400 €/lfm	1500 lfm	600.000 €
Wiederherstellen Oberflächen (Verteilung im Quartier)	100 €/m ²	15.000 m ²	1.500.000 €
			2.304.000 €
			41 €/m ²

Kälte			
	EH	Menge	Kosten
	300 kW	KKM nördl.	
	200 kW	KKM südl.	
Kälteerzeugung KKM nördl. (300 kW)	600 €/kW	2 Stk.	360.000 €
Kälteerzeugung KKM südl. (200 kW)	700 €/kW	2 Stk.	280.000 €
Kälteverrohrung zw. Rückkühler und Kältemaschine	240 €/kW	1300 kW	312.000 €
Kälteverrohrung zw. Kältemaschine und Kältenetz	220 €/kW	1000 kW	220.000 €
Pufferspeicher	15000 €/Stk.	4 Stk.	60.000 €
Verteiler	2.500 €/Stk.	33 Stk.	82.500 €
Pumpengruppen Energieerzeugung	3.000 €/Stk.	33 Stk.	99.000 €
Kälteverteilung + Abgabe	180 €/m ²	38.380 m ²	6.908.400 €
Summe Kälteerzeugung			8.321.900 €
			150 €/m ²

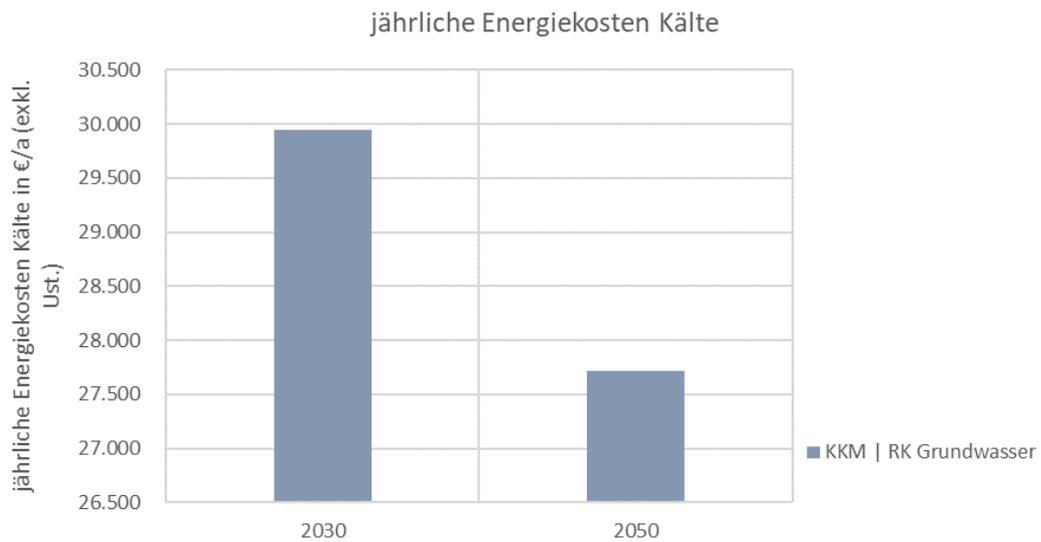
Gebäudeautomation			
	EH	Menge	Kosten
Kälte	15%		1.249.000 €
Summe Gebäudeautomation			1.249.000 €
			22 €/m ²

Elektrotechnik			
	EH	Menge	Kosten
E-Technik Haustechnik	12%		999.000 €
Summe Elektrotechnik			999.000 €
			18 €/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 21 dargestellt. Zu erkennen ist, dass die jährlichen Energiekosten Kälte durch die Sanierung der Objekte, trotz Zunahme von Kühlgradtagen im Jahr 2050 geringer ausfallen (Annahme gleicher Energiepreise).

Abbildung 21: Vergleich der jährlichen Energiekosten Kälte in €/a (exkl. USt)



6 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des Stadtquartiers in Innsbruck (Quelle: Google Maps).....	10
Abbildung 2: Verortung Stadtquartier 1 (Katastralgemeinde Pradl) (Quelle: Google Maps)	11
Abbildung 3: Luftbildaufnahme (Quelle: Google Earth).....	11
Abbildung 4: Luftbildaufnahme (Quelle: WebGIS Innsbruck Orthobild).....	12
Abbildung 5: Fassadenansicht Langstraße (links) und Gumpstraße (rechts).....	13
Abbildung 6: Auszug aus dem Flächenwidmungsplan der Stadt Innsbruck (Quelle: innsbruck.gv.at) .	13
Abbildung 7: Straßenverkehrslärmkarte (Nacht) aus der Lärmkarte (Quelle: maps.laerminfo.at)	14
Abbildung 8: Fernwärmeversorgungsgebiet im Stadtteil Pradl (Quelle: ikb.at)	14
Abbildung 9: Daten zu den einzelnen Gebäuden (Quelle: WebGIS + eigene Berechnung)	16
Abbildung 10: Übersicht der einzelnen Gebäude (Quelle: WebGIS).....	17
Abbildung 11: Beispiel für Wohnraumverdichtung in Südtiroler Vierteln (Quelle: IBK Info (2))	19
Abbildung 12: Systemübersicht passive Maßnahmen	25
Abbildung 13: Systemübersicht Wärmeentzug / Kälteerzeugung / Kälteverteilung	26
Abbildung 14: Rückkühlmöglichkeiten	28
Abbildung 15: Grundlage zur Abschätzung des Geothermiepotenzials (Quelle: WebGIS).....	29
Abbildung 16: Brunnen zur thermischen Grundwassernutzung in der Nähe des Quartiers (Quelle: https://maps.tirol.gv.at/)	30
Abbildung 17: Teilung des Quartiers in 2 Versorgungsebenen.....	32
Abbildung 18: Prinzipschema Kälteversorgung.....	33
Abbildung 19: Baukosten TGA – Übersicht Kompressionskälte mit Rückkühlung an Grundwasser.....	35
Abbildung 20: Details Grobkosten Kompressionskälte mit Rückkühlung an Grundwasser	36
Abbildung 21: Vergleich der jährlichen Energiekosten Kälte in €/a (exkl. USt)	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: wesentliche Eckdaten des Stadtquartiers	8
Tabelle 2: Flächen je Nutzung	17
Tabelle 3: Berechnung der spezifischen Kälteleistung für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell und beim adaptiven Komfortmodell im Referenzjahr 2030.....	20
Tabelle 4: Berechnung der Gesamtkühlleistung für das Referenzjahr 2030.....	21
Tabelle 5: Berechnung der spezifischen Kälteleistung für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell und beim adaptiven Komfortmodell im Vergleichsjahr 2050.....	21
Tabelle 6: Berechnung der Gesamtkühlleistung für das Referenzjahr 2050.....	22
Tabelle 7: Berechnung des spezifischen Kühlbedarfs für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell und beim adaptiven Komfortmodell im Referenzjahr 2030.....	22
Tabelle 8: Berechnung des Gesamtkühlbedarfs für das Referenzjahr 2030	23

Tabelle 9: Berechnung des spezifischen Kühlbedarfs für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell und beim adaptiven Komfortmodell im Vergleichsjahr 2050.....	23
Tabelle 10: Berechnung des Gesamtkühlbedarfs für das Vergleichsjahr 2050.....	24
Tabelle 11: Berechnung der möglichen Erdsondenanzahl.....	29

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) <https://www.ibkinfo.at/suedtiroler-siedlungen-1> (abgerufen am 12.04.2024, 15:00)
- (3) <https://www.e-control.at/tarifkalkulator#/> (abgerufen am 13.05.2024, 14:05)