

Urbaner Kältebedarf Österreich 2030/2050

E5.4 Machbarkeitsstudie Stadtquartier 4

Linz

(Offene Bauweise / 21. Jhdt.)

K. Eder; B. Beigelböck

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

05/2024

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

E5.4 Machbarkeitsstudie Stadtquartier 4

Linz

(Offene Bauweise / 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 4 (Linz)	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	16
2.4.	Fenster/Beschattung.....	17
2.5.	Lüftung	17
2.6.	Sanierungsgrad	17
2.7.	Kühlgradtage	17
2.8.	Raumtemperatur-Sollwerte	18
3	Ermittlung Kälte-Kennzahlen.....	19
3.1.	Kühllast.....	19
3.1.1.	Referenzjahr 2030	19
3.1.2.	Vergleichsjahr 2050	20
3.1.3.	Kühllast 2030 vs. 2050	21
3.2.	Kühlbedarf.....	21
3.2.1.	Referenzjahr 2030	21
3.2.2.	Vergleichsjahr 2050	22
3.2.3.	Kühlbedarf 2030 vs. 2050	22
4	Machbarkeitsanalyse für die Kältebereitstellung	23
4.1.	Ausgangslage	23
4.2.	Systemübersicht.....	23
4.3.	Mögliche Kälteerzeugungssysteme	25
4.3.1.	Allgemeines	25
4.3.2.	Varianten der Rückkühlung	25
4.4.	Mögliche Kälteabgabe	29
4.4.1.	Flächenkühlung.....	29
4.5.	Mögliches Verteilnetz	29
4.6.	Technische Umsetzung	29

5	Grobkostenschätzung	31
5.1.	Randbedingungen Kostenermittlung.....	31
5.2.	Grobkosten Kältesystem – Kostengruppe 3 Bauwerk Technik.....	31
5.3.	Grobkosten für Betrieb	34
6	Verzeichnisse.....	35

1 Quartiersbeschreibung

1.1. Stadtquartier 4 (Linz)

1.1.1. Fact Sheet

- Lage: Linz Pichling
(Traundorfer Straße / Fusseneggerstraße)
- Besonderheit: Stadtentwicklungsgebiet
- Google Maps: <https://goo.gl/maps/KEsEpqmFcmhjmT5z6>
- Bauweise: offen
- Baujahr: 2022
- Geschoßanzahl: 3-4
- Untersuchungsgebiet: 2,2 Hektar
- Bebaute Grundfläche: 4.300 m²
- Nutzfläche näherungsweise: 10.600 m²
- Nutzung: 100 % Wohnbau (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 4. Beispielquartiers zusammengefasst. Es handelt sich um ein Stadtentwicklungsgebiet und stellt das neueste aller Quartiere dar.

Abbildung 1

Stadtquartier 4

3-4 geschößiger Wohnbau/offene Bauweise/21.Jhdt. –
Linz Pichling, Traundorfer Straße



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

Abbildung 3: Luftbildaufnahme (Quelle: Google Earth / Stadtplan Linz Luftbild)



Abbildung 4: Fassadenansicht Traundorfer Straße (links) und Neufelder Straße (rechts)



zeigt das Quartier im Kontext der Stadt sowie Abbildungen der Fassaden. Hier sind Geschöbshöhen und Fensteranteil der Fassade ersichtlich.

Abbildung 1 zeigt die Lage des 4. Beispielquartiers in Linz Umgebung beim Volkshaus Pichling.

Tabelle 1: wesentliche Eckdaten des Stadtquartiers

Stadtquartier	Stadt	Bauperiode	Bauweise	Anzahl Gebäude	Geschoße	Nutzfläche	Nutzung
4	Linz	21. Jhdt.	Offene Bauweise	20	3-4	10.600 m ²	100% Wohnbau

Abbildung 1

Stadtquartier 4

3-4 geschöbiger Wohnbau/offene Bauweise/21.Jhdt. –

Linz Pichling, Traundorfer Straße



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

Abbildung 3: Luftbildaufnahme (Quelle: Google Earth / Stadtplan Linz Luftbild)

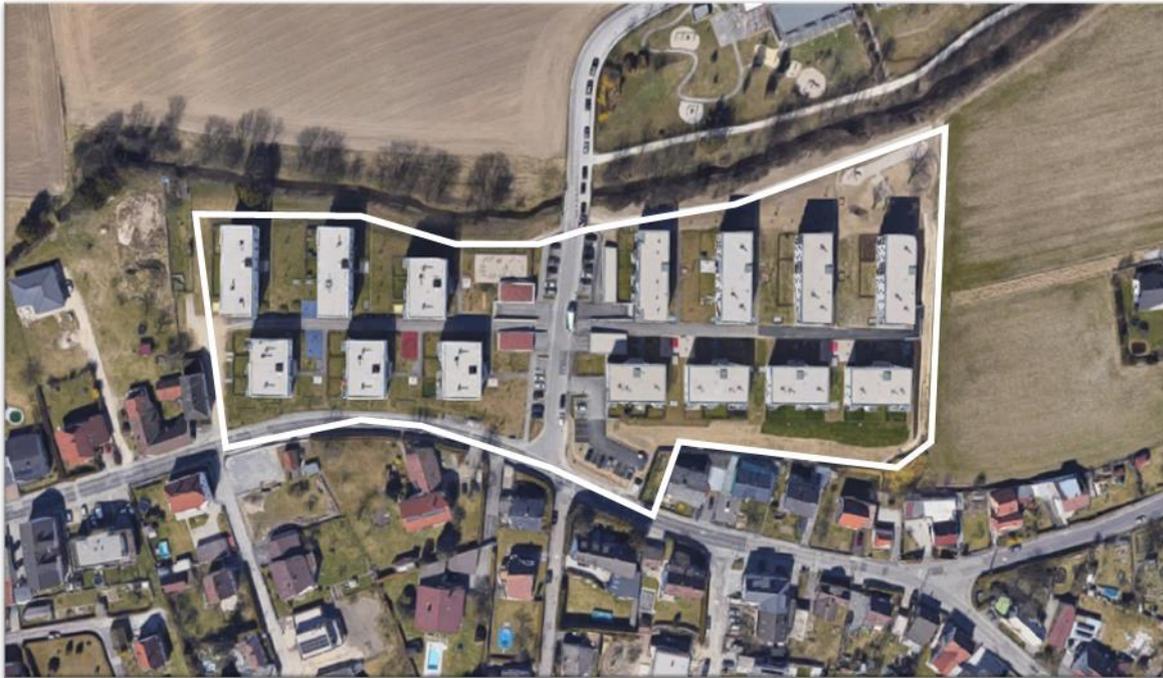


Abbildung 4: Fassadenansicht Traundorfer Straße (links) und Neufelder Straße (rechts)



zeigt das Quartier im Kontext der Stadt sowie Abbildungen der Fassaden. Hier sind Geschößhöhen und Fensteranteil der Fassade ersichtlich.

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



an der Ecke Traundorfer Straße / Neufelder Straße.

Abbildung 2 zeigt die Lage des Quartiers im Kontext der Stadt. Das Quartier liegt im Stadtteil Pichling südlich von Linz an der Ecke Traundorfer Straße / Neufelder Straße.

Abbildung 2: Verortung Stadtquartier 4 (Traundorfer Straße / Neufelder Straße) (Quelle: Google Maps)

Stadtquartier 4

3-4 geschosiger Wohnbau/offene Bauweise/21. Jhdt. –
Linz Pichling, Traundorfer Straße



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

Abbildung 3: Luftbildaufnahme (Quelle: Google Earth / Stadtplan Linz Luftbild)



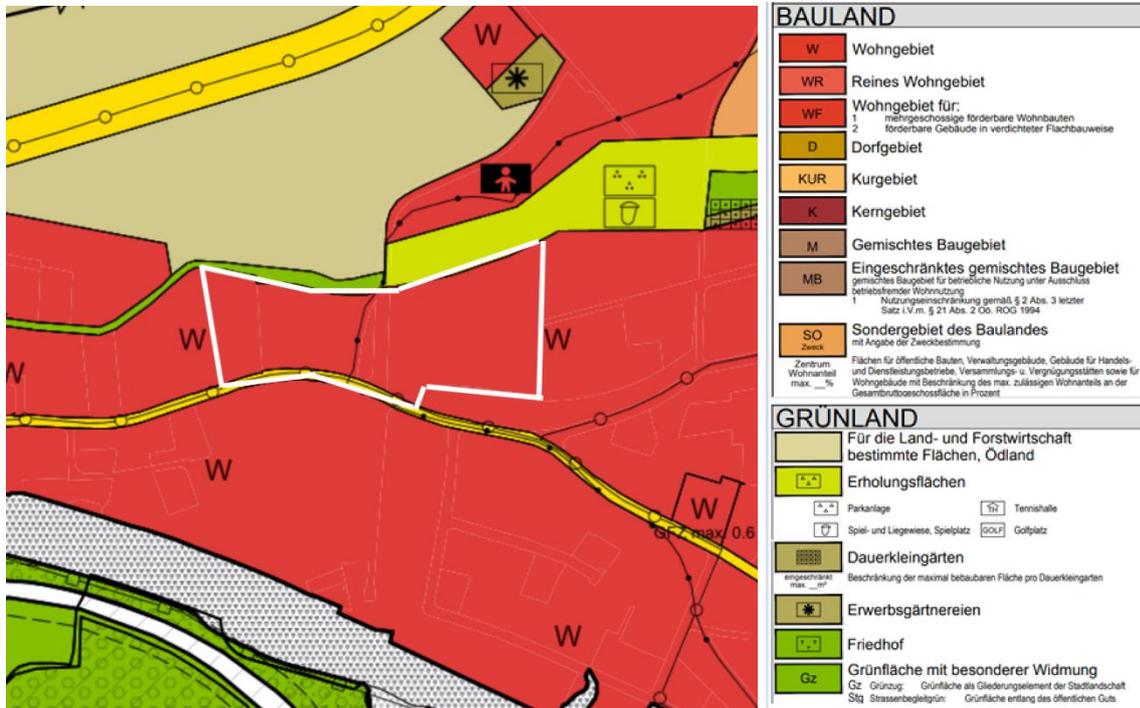
Abbildung 4: Fassadenansicht Traundorfer Straße (links) und Neufelder Straße (rechts)



1.1.3. Flächenwidmung

Abbildung 5 zeigt einen Auszug aus dem Flächenwidmungsplan von Linz. Es handelt sich um ein reines Wohngebiet.

Abbildung 5: Auszug aus dem Flächenwidmungsplan der Stadt Linz (Quelle: webgis.linz.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 für die Nachtwerte. Es handelt sich um das vergleichsweise „leiseste“ aller Stadtgebiete.

Abbildung 6: Straßenverkehrslärmkarte (Nacht) aus der Lärmkarte (Quelle: maps.laerminfo.at)



1.1.5. Bestehende Wärmeversorgung

Das bestehende Quartier wird derzeit aus einer Kombination von Geothermie-Wärmepumpen und Fernwärme beheizt.

Für die Studie wird davon ausgegangen, dass das gegenständliche Quartier über keine Kühlung verfügt, um die Möglichkeiten und die Kosten unbeachtet des Bestandsystems aufzuzeigen. Damit ergibt sich eine bessere Ableitungsmöglichkeit für Vergleichsquartiere.

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

1.2. Ähnliche Quartiere



Innsbruck Reichenau

(Quelle: Google Maps)



Graz Liebenau

(Quelle: Google Maps)



Salzburg Nonnental

(Quelle: Google Maps)



Wien Seestadt Aspern

(Quelle: Google Maps)

2 Grundlagen

2.1. Flächenermittlung aus GIS

Das Stadtquartier in Linz enthält 14 Gebäude. Abbildung 7 sind die Daten zu Gebäudehöhe, Grundfläche, Geschoßanzahl und Wohnnutzfläche zu entnehmen. In Summe sind 15.100 m² an bebauter Grundfläche mit einer davon abgeleiteten Nutzungsfläche von ca. 10.600 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 Bruttogeschoßfläche (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 70 % angenommen.

Die Gebäude mit 3 bis 4 Geschoßen sind ca. 2020 erbaut worden.

Abbildung 7: 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	4398310	6,6	329	4	1.317	922
2	4398311	k.A.	330	4	1.319	923
3	4388681	13,1	296	4	1.182	828
4	4398332	10,3	277	3	830	581
5	4398333	k.A.	277	3	831	582
6	4398334	k.A.	294	3	882	617
7	4398335	10,2	294	3	881	616
8	4398296	11,2	326	4	1.304	913
9	4398305	k.A.	329	4	1.316	922
10	4388910	9,9	279	3	836	585
11	4388911	9,9	279	3	836	585
12	4388912	9,8	279	3	837	586
13	4389322	12,9	343	4	1.371	960
14	4389323	12,6	343	4	1.372	960
Summe Flächen gerundet:			4.300		15.100	10.600

*Faktor Nutzungsfläche zu BGF = 0,7

In Abbildung 8 ist die Übersicht der einzelnen Gebäude mit OBJECTID aus dem GIS dargestellt. Die Gebäude sind in einer offenen Bauweise errichtet.

Für das Gegenständliche Objekt, das 2020 errichtet wurde, wurde hier keine prozentuelle Aufteilung – wie etwa bei den Quartieren in Wien oder Graz angenommen, sondern festgelegt, dass es sich bei den Objekten um Neubauten mit einem U-Wert von $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ handelt.

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.

Obwohl in der Kältematrix für **Wohngebäude**, die nach 1990 errichtet wurden, Prozentanteile für Gebäude mit $g_{\text{total,Fassade}}$ von 5% und 10% festgelegt wurden, wird für diese Studie für alle Objekte ein $g_{\text{total,Fassade}}$ von 5% festgelegt. Es gibt sowohl bauliche Verschattungselemente als auch einen außenliegenden Sonnenschutz und die Fenstergröße ist ausreichend, jedoch nicht übermäßig.

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.

2.6. Sanierungsgrad

Das Gebäude wurde 2020 in einem sehr guten Baustandard errichtet, es ist nicht davon auszugehen, dass hier im Referenzjahr 2030 oder im Vergleichsjahr 2050 bereits Sanierungsmaßnahmen an der Fassade oder den Fenstern stattgefunden haben.

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 Linz** ergeben sich für das Referenzjahr 2030 349,1 Kühlgradtage und für das Vergleichsjahr 2050 steigen diese auf 435,5 Kühlgradtage.

2.8. Raumtemperatur-Sollwerte

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

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 spezifische Kälteleistung bezogen auf die Wohnnutzflächen in Abhängigkeit des gewählten Komfortmodells. Da es sich um gleiche neuwertige Objekte handelt wurde der U-Wert von $0,2 \text{ W/m}^2$ für alle Objekte angenommen. Alle Gebäude haben bereits außenliegenden Sonnenschutz, daher wurde für den Kennwert des Energiedurchlass durch die Fensterflächen der Fassade ($g_{\text{total,Fassade}}$) mit 5% gerechnet.

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		nach 1990	
$g_{\text{total,Fassade}}$		5%	
U-Wert	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	0,2	
spezifische Kälteleistung	W/m^2	24,7	9,0

Je nachdem welches Komfortmodell gewählt wird ergibt sich gemäß der Berechnung in Tabelle 1 Beim generellen Komfortmodell beträgt diese ca. 260 kW und beim adaptiven Komfortmodell reduziert sich die Gesamtkühllast auf ca. 100 kW, d.h., auf weniger als die Hälfte.

Tabelle 4 für das Referenzjahr 2030 eine Gesamtkühllast. Beim generellen Komfortmodell beträgt diese ca. 260 kW und beim adaptiven Komfortmodell reduziert sich die Gesamtkühllast auf ca. 100 kW, d.h., auf weniger als die Hälfte.

Tabelle 4: Berechnung der Gesamtkühllast für 2 unterschiedliche Komfortniveaus für das Referenzjahr 2030

Nutzung	Anteil	Nutzfläche (m ²)	spezifische Leistung (W/m ²)	Leistung (kW)
Wohnfläche (generell)	100%	10.600	24,7	262
Wohnfläche (adaptiv)	100%	10.600	9,03	96

3.1.2. Vergleichsjahr 2050

Tabelle 5 zeigt die Berechnung der gewichteten spezifischen Kühllast bezogen auf die Wohnnutzflächen. Da die Gebäude bereits im Errichtungsjahr den besten Standard haben, fand keine Sanierung und keine zusätzliche Installation von Verschattungseinrichtungen statt. Damit sind Änderungen nur auf die Änderung der klimatischen Bedingungen zurückzuführen.

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		nach 1990	
$\dot{g}_{\text{total;Fassade}}$		5%	
U-Wert	W/(m ² K)	0,2	
spezifische Kälteleistung	W/m²	26,5	11,8

Je nachdem welches Komfortmodell gewählt wird, ergibt sich gemäß der Berechnung in Tabelle 6 für das Vergleichsjahr 2050 eine Gesamtkühllast. Beim generellen Komfortmodell beträgt diese ca. 280 kW und beim adaptiven Komfortmodell reduziert sich die Gesamtkühllast auf ca. 125 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)	100%	10.600	26,5	281
Wohnfläche (adaptiv)	100%	10.600	11,77	125

3.1.3. Kühllast 2030 vs. 2050

Da sich der Gebäudestandard zwischen Referenz- und Vergleichsjahr nicht ändert ist die Leistungszunahme rein auf die klimatischen Veränderungen zurückzuführen. Es zeigt sich, dass beim generellen Komfortmodell keine wesentliche Leistungserhöhung zu verzeichnen ist (7%), während beim adaptiven Modell die Kälteleistung um 30% zunimmt.

3.2. Kühlbedarf

3.2.1. Referenzjahr 2030

Tabelle 7 zeigt die Berechnung des gewichteten spezifischen Kühlbedarfs bezogen auf die Bruttogrundfläche in Abhängigkeit des gewählten Komfortmodells. Beim adaptiven Komfortmodell fällt dieser für das Referenzjahr mit 0,3 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		nach 1990	
$g_{\text{total;Fassade}}$		5%	
U-Wert	W/(m ² K)	0,2	
spez. Kühlbedarf	kWh/(m²a)	4,6	0,3

Je nachdem welches Komfortmodell gewählt wird, ergibt sich gemäß der Berechnung in Tabelle 8 für das Referenzjahr 2030 ein Jahres-Kühlbedarf. Beim generellen Komfortmodell beträgt dieser ca. 70 MWh/a und beim adaptiven Komfortmodell reduziert sich der Jahres-Kühlbedarf auf ca. 4 MWh/a, d.h., auf 6%.

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)	100%	15.100	4,6	70
Wohnfläche (adaptiv)	100%	15.100	0,26	4

3.2.2. Vergleichsjahr 2050

Tabelle 9 des gewichteten spezifischen Kühlbedarfs bezogen auf die Bruttogrundfläche in Abhängigkeit des gewählten Komfortmodells. Beim adaptiven Komfortmodell fällt dieser für das Jahr 2050 mit 0,6 kWh/(m²a) noch immer sehr gering aus.

Tabelle 9 zeigt die Berechnung des gewichteten spezifischen Kühlbedarfs bezogen auf die Bruttogrundfläche in Abhängigkeit des gewählten Komfortmodells. Beim adaptiven Komfortmodell fällt dieser für das Jahr 2050 mit 0,6 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		nach 1990	
$g_{\text{total;Fassade}}$		5%	
U-Wert	W/(m²K)	0,2	
spez. Kühlbedarf	kWh/(m²a)	6,7	0,6

Je nachdem welches Komfortmodell gewählt wird, ergibt sich gemäß der Berechnung in Tabelle 10 für das Referenzjahr 2030 ein Jahres-Kühlbedarf. Beim generellen Komfortmodell beträgt dieser ca. 100 MWh/a und beim adaptiven Komfortmodell reduziert sich der Jahres-Kühlbedarf auf ca. 9 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)	100%	15.100	6,7	100
Wohnfläche (adaptiv)	100%	15.100	0,6	9

3.2.3. Kühlbedarf 2030 vs. 2050

Der Kühlbedarf zwischen 2030 und 2050 ändert sich beim generellen Komfortmodell um ca. 30 MWh/a, während beim adaptiven Modell das niedrige Niveau von 4 auf 9 MWh/a steigt. Die Kühlgradtage nehmen im Berechnungsansatz um 25% zu.

4 Machbarkeitsanalyse für die Kältebereitstellung

4.1. Ausgangslage

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

Es gibt für das Referenzjahr 2030 zwei berechnete Leistungen – mit generellem Komfort ergeben sich rund 260 kW mit adaptiven Komfort kann die Leistung auf weniger als die Hälfte (ca. 100 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 auch auf 26 °C eingestellt wird.

Die Auslegung erfolgt auf das generelle Komfortmodell für das Referenzjahr 2030. Hier ist die Abweichung zum Vergleichsjahr 2050 nur rund 7%.

4.2. Systemübersicht

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

Abbildung 9 zeigt mögliche passive Systeme (gem. Bericht E4.1 Technologieprofile Kapitel 1 „Vermeidung von Wärmeeinträgen in Innenräume“).

Abbildung 9: 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 $g_{total, Fassade}$ 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. Die Gebäude sind bereits mit einem weißen Anstrich versehen.

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

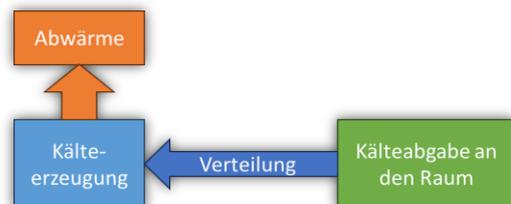
Aufgrund von Einschränkungen durch die Bestandsstruktur wurden nicht mögliche Systeme bereits im Vorfeld aufgrund der nachstehenden Erläuterungen ausgeschlossen.

Abbildung 10: Systemübersicht Wärmetentzug / Kälteerzeugung / Kälteverteilung

Kälteerzeugung		Kompressionskälte quartiers- bzw. gebäudezentral							dezentrale Splitklimageräte
Abwärme	Fernkälte	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	Gebälse-konvektoren	"Fassaden-kühlung"	mechanische Lüftung mit Kühlregister
Einschränkung	im Neubau möglich	ausreichende Raumhöhe erforderlich	bei vorhandener Fußbodenheizung	geringere Leistungen ohne Kondensatanschluss	bei Fassadensanierung	große Luftmengen notwendig
Wärmeträgermedium	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser oder Kältemittel	Wasser	Luft
Schallemission	nein	nein	nein	ja	nein	ja

Kälteverteilung	Bestandsheizungsleitung	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 Steigränge erforderlich; Einhaltung der Fluchtwege	Erscheinungsbild, in Schutzgebieten/Denkmalerschutz nicht möglich. Sinnvoll in Verbindung mit neuer Wärmedämmung



Auf Seiten der Kälteerzeugung wurden dezentrale Splitklimageräte 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 Linz ist in diesem Gebiet kein Fernkältenetz vorhanden und es gibt keine Aussendungen, die hier eine Änderung andeuten.

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

Eine Fassadenkühlung ist dann sinnvoll, wenn ein Bestandsobjekt mit 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 ist das Quartier jedoch ein Neubau mit Fußbodenheizung.

Wird nicht das gesamte Objekt bis auf die Grundmauern saniert – wovon bei diesem Neubau nicht auszugehen ist – stellt eine Bauteilaktivierung keine Option dar.

Kühlsegel oder Gebläsekonvektoren können grundsätzlich zusätzlich installiert werden. Ein Betrieb der Fußbodenheizung im Change-Over ist jedoch zu bevorzugen.

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

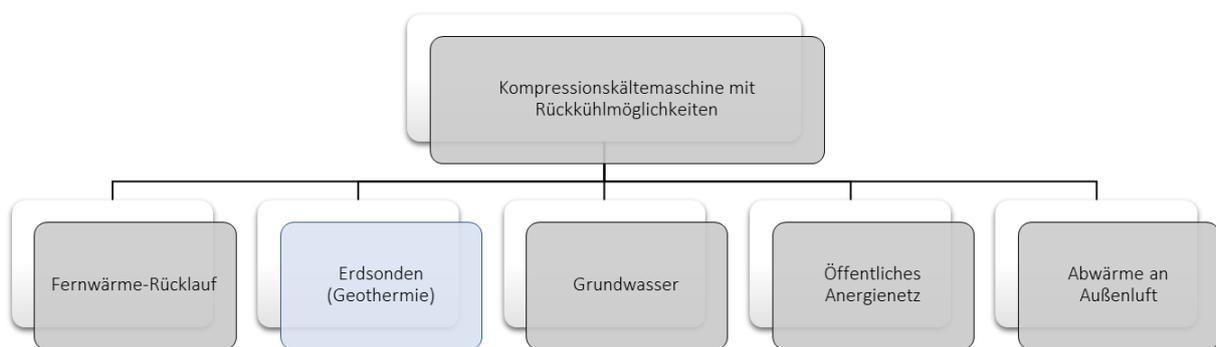
Das gegenständliche Projekt wird derzeit aus einer Kombination von Fernwärme und Wärmepumpen versorgt. Von einem Fernkälteanschluss in naher Zukunft kann derzeit nicht ausgegangen werden. Es ist also eine Kompressionskältemaschinenlösung vorzusehen. Die Frage der zugehörigen Rückkühlung muss detaillierter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

Nachstehende Lösungen gehen davon aus, dass die Fernwärmeversorgung bestehen bleibt. 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 11 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 das Erdsonden (Geothermie) vorgeschlagen.

Abbildung 11: Rückkühlmöglichkeiten



Anergienetze oder so genannte Kalte Fernwärmenetze stellen eine Möglichkeit dar, die Abwärme von Kühlaggregaten zusammenzufassen und bestenfalls anderswo 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 Fernwärme-Versorgers. Es gibt hier keine Verpflichtung des Energieversorgers, dass eine Abwärme-Einspeisung in den Rücklauf genehmigt werden muss.

Für die **thermische Grundwassernutzung** ist eine wasserrechtliche Bewilligung erforderlich. In der Umgebung des Quartiers gibt es bereits einige kleine Brunnen (Einfamilienhausnutzung) zur thermischer Grundwassernutzung, die in Abbildung 12 beispielhaft dargestellt sind.

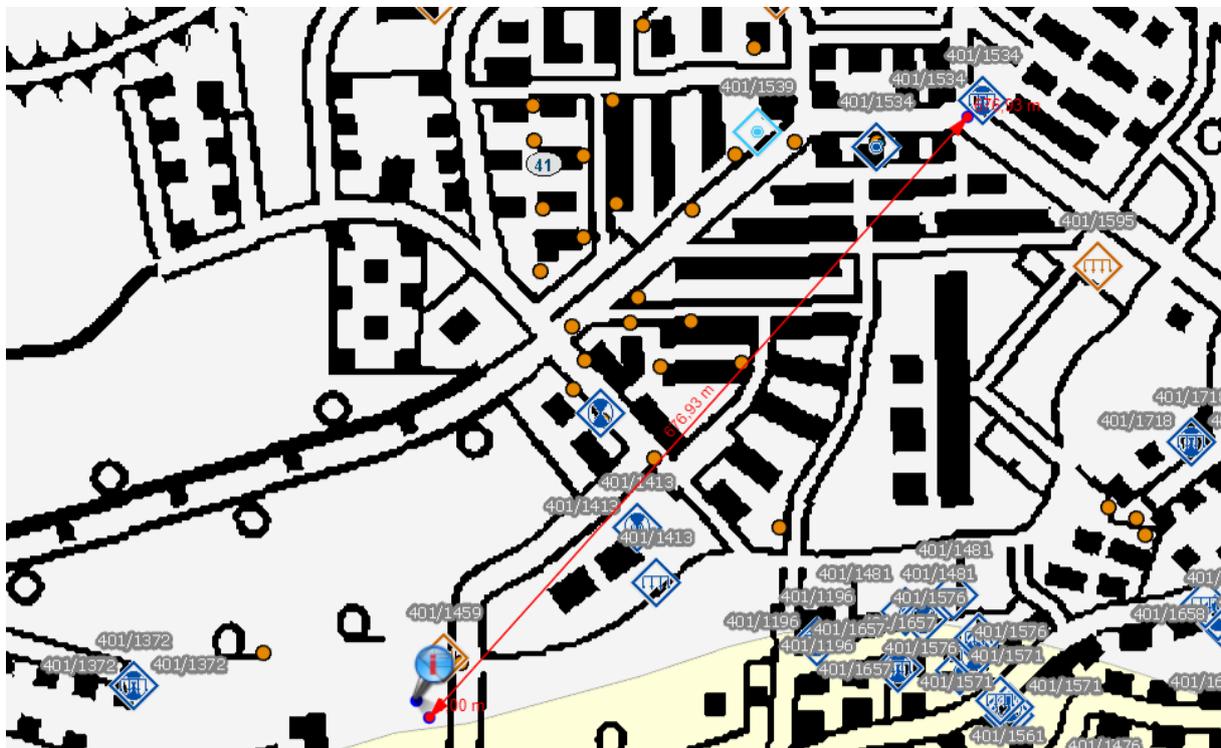
Die größte genehmigte Brunnenanlage (gemäß Auszug aus dem Wasserbuch) befindet sich nordöstlich im Abstand von rund 600 m in der Solarcity (siehe Abbildung 13). Die genehmigte Wassermenge zur Kältegewinnung beträgt 10 l/s und 47.520 m³/h.

Die Nutzung des Grundwassers zur Rückkühlung wäre grundsätzlich möglich. Für diese Studie wird jedoch die Nutzung von Erdwärmesonden gewählt, um auch diese Variante in den 5 verschiedenen Machbarkeitsstudien zu betrachten.

Abbildung 12: Brunnen zur thermischen Grundwassernutzung in der Nähe des Quartiers (Quelle: <https://wo.doris.at/>)



Abbildung 13: Abstand zur größten Grundwassernutzung in der Solarcity (600m) (Quelle: <https://wo.doris.at/>)



Um das **Geothermiepotential** am Standort abzuschätzen, wurden auf Basis der Grundstücksfläche gem. Abbildung 14 die für Geothermie verfügbaren Flächen gem. Tabelle 11 ermittelt.

Abgezogen von der Grundstücksfläche ist die Grundfläche der Gebäude, die gepflanzten Bäume sowie sonstige Bebauungen im Quartier. Die Maximalbelegung im betrachteten Gebiet ergibt sich unter der Annahme eines Sondenabstandes von 7 m (ausgeglichene Bilanz) mit ca. 240 Sonden. Bei einer spezifischen Rückkühlleistung von 35 W/lfm und einer Bohrtiefe von 140 m ist mit der Maximalbelegung eine Rückkühlleistung von rd. 1,2 MW realisierbar.

Abbildung 14: Übersicht, der möglichen Freiflächen für Geothermie (Quelle: <https://wo.doris.at/>)



Tabelle 11: Berechnung Sondenpotential

Fläche Brutto	24.288	m ²
Grundfläche Gebäude	4.300	m ²
Abzug Bäume	25%	
Abzug Straßen/Bebauung	15%	
Abgezogene Fläche	7.995	m ²
Fläche Netto	11.993	m ²
Fläche pro Sonde	49	m ²
Anzahl Sonden	245	

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.

Es wird davon ausgegangen, dass die Gebäude aufgrund des Baujahres 2020 voraussichtlich über eine Fußbodenheizung verfügen (grundsätzlich wäre auch Bauteilaktivierung möglich).

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

4.5. Mögliches Verteilnetz

Es wird davon ausgegangen, dass die Fußbodenheizung im Change-Over-Betrieb verwendet werden kann und keine neue Leitungsinstallation erforderlich ist.

4.6. Technische Umsetzung

Die ermittelte Kühllast beträgt (bei generellem Komfort im Referenzjahr 2030) rund 260 kW für das gesamte Areal. Abhängig davon ob eine Kältemaschine aktiv betrieben wird und die Rückkühltemperatur ins Erdreich 30 °C beträgt oder das System im Freecooling-Betrieb mit rund 22°C betrieben wird, unterscheidet sich die Aufnahmeleistung des Erdreiches. Tabelle 12 zeigt die Berechnung für diese beiden Fälle. Bei aktivem Kühlbetrieb wären bei einer angenommenen Sondenlänge von 120 lfm ca. 65 Sonden erforderlich, bei Freecooling-Betrieb rund 90 Erdsonden. Gemäß Tabelle 11 sind ca. 245 Erdsonden am Grundstück möglich, das heißt eine Umsetzung mit 100% Geothermie kann für beide Fälle erfolgen.

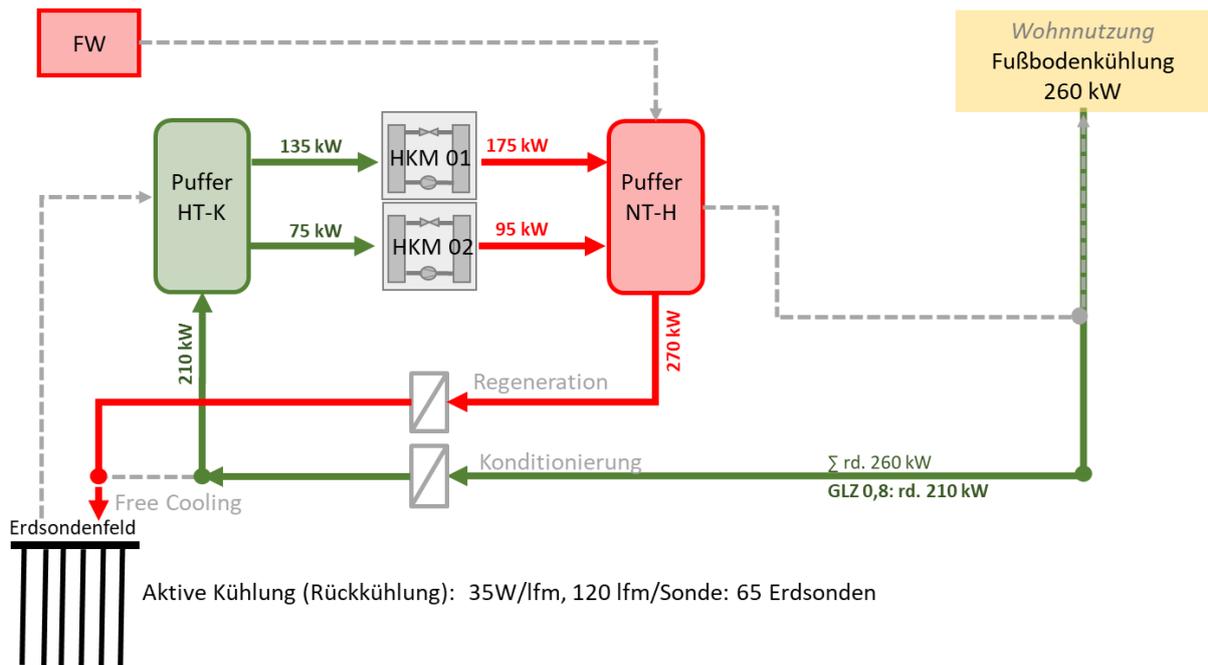
Tabelle 12: Berechnung der erforderlichen Sondenanzahl

Kälteleistung	208 kW	
Abwärme	270 kW	
	aktive Rückkühlung	Freecooling
spez. RK-Leistung	35 W/lfm	25 W/lfm
erford. Sondenlänge	7726 lfm	10816 lfm
Einzelsondenlänge	120 lfm	120 lfm
Sondenanzahl	64 Sonden	90 Sonden

Abbildung 15 zeigt das mögliche Kälteversorgungsschema. Zur besseren Abdeckung des Teillastbetriebes wird eine Maschine mit 40% und eine mit 60% der Gesamtleistung installiert.

Die fehlende Wärmeleistung wird in diesem Fallbeispiel mit Fernwärme abgedeckt, um einen fairen Kostenvergleich der Kälteanlage zu gewährleisten. Es kann jedoch auch die gesamte Wärmeerzeugung mittels Erdsonden abgedeckt werden, da noch Potential vorhanden ist.

Abbildung 15: Prinzipschema Wärme- und Kälteerzeugung



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

- Nutzung von natürlichen Ressourcen
- Erdsonden wirken als Saisonspeicher, die gespeicherte Wärme vom Sommer dient zur Wärmeproduktion im Winter
- geringe Betriebskosten (vor allem bei FreeCooling)
- keine Schallemissionen

Die wesentlichen Nachteile aus energietechnischer Sicht sind nachfolgend zusammengefasst:

- Investitionskosten Erdsonden
- Grabungsarbeiten/Bohrarbeiten in Grünflächen
- erforderliche Technikflächen

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. 21.200 m² NRF (rd. 30.200 m² BGF)
- Schwankungsbreite: ±25 %
- Preise in EURO netto (exkl. USt.)
- Preisbasis: 04/2024

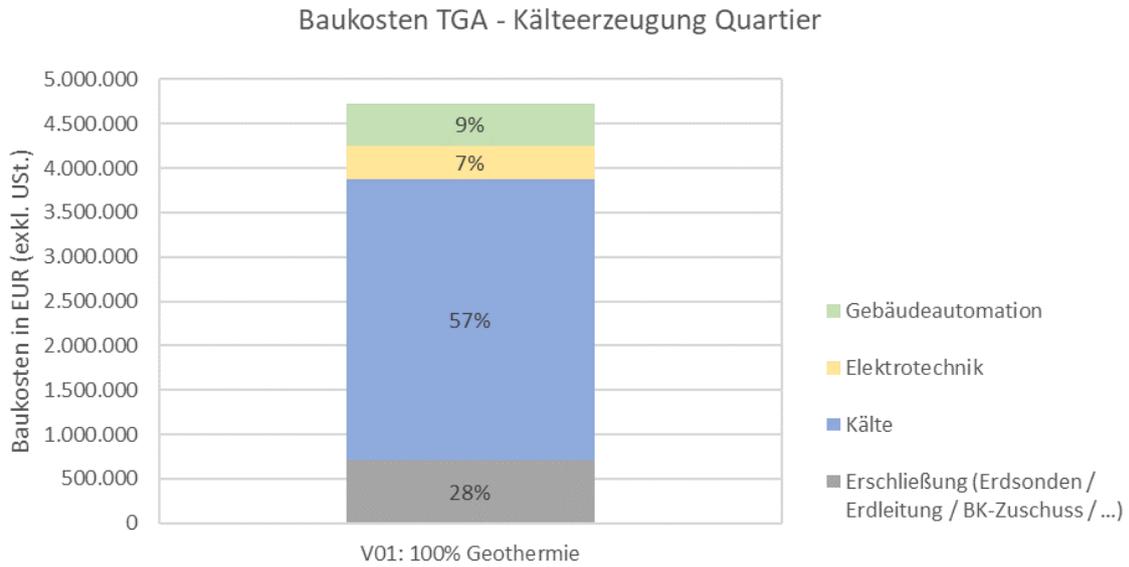
Für die Berechnung der Energiekosten wurden die Preise entsprechend der Preisbasis 2024 angesetzt, die Kosten für Kälte und elektrische Energie wurde der Tarifikalkulator der E-Control (2) verwendet und diese wurden mit 8,54 Cent/kWh | 59,90 €/a in den Berechnungen berücksichtigt.

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 16 zusammenfassend dargestellt, die Details dazu finden sich in Abbildung 17.

Zu erkennen ist, dass die Baukosten bei rund 260 €/m²_{BGF} liegen, wobei der größte Anteil mit 57 % auf die Kälteerzeugung entfällt, auf die Erschließung (Anschluss an das öffentliche Anergienetz inkl. Nebenarbeiten) entfallen rund 28 % und die anteilige Elektrotechnik und Gebäudeautomation machen rund 16 % an den Baukosten aus.

Abbildung 16: Baukosten TGA – Übersicht 100 % Geothermie



	100% Geothermie	
	€	€/m ² (BGF)
Erschließung (Erdsonden / Erdleitung / BK-Zuschuss / ...)	1.540.000	71
Kälte	3.169.820	147
Elektrotechnik	381.000	18
Gebäudeautomation	476.000	22
Summe	5.566.820	258

Abbildung 17: Details Grobkosten 100 % Geothermie

V01 100% Geothermie

Fläche	15.100 m ² NRF	21.571 m ² BGF
Büro	0 m ² NRF	0 m ² BGF
Wohnen	15.100 m ² NRF	21.571 m ² BGF

Kühllast	290 kW	Last	360 kW
Kühlbedarf	70000 kWh	GLZ	0,8 -

	€	€/m ² (BGF)	
Erschließung (Erdsonden / Erdleitung / BK-Zuschuss / ...)	1.540.000	71	28%
Kälte	3.169.820	147	57%
Elektrotechnik	381.000	18	7%
Gebäudeautomation	476.000	22	9%
Summe	5.566.820	258	100%

Geothermie / Erdleitungen / FW Anschluss BK-Zuschuss

	EH	Menge	Kosten
Erdsonden Eigengrund	90 €/lfm	7800 lfm	702.000 €
Verrohrung Erdsonden / Pufferspeicher	400 €/lfm	200 lfm	80.000 €
Wärmetauscher	8.000 €/Pa	2 Pa	16.000 €
Verteilung Quartier	400 €/lfm	530 lfm	212.000 €
Wiederherstellen Oberflächen (Verteilung im Quartier)	100 €/m ²	5.300 m ²	530.000 €
			1.540.000 €
			71 €/m ²

Kälte

	EH	Menge	Kosten
	190 kW		
	100 kW		
Kälteerzeugung KKM (190 kW)	550 €/kW	1 Stk.	104.500 €
Kälteerzeugung KKM südl. (100 kW)	600 €/kW	1 Stk.	60.000 €
Kälteverrohrung zw. Rückkühler und Kältemaschine	240 €/kW	348 kW	83.520 €
Kälteverrohrung zw. Kältemaschine und Kältenetz	220 €/kW	290 kW	63.800 €
Pufferspeicher	15000 €/Stk.	2 Stk.	30.000 €
Verteiler	2.500 €/Stk.	20 Stk.	50.000 €
Pumpengruppen Energieerzeugung	3.000 €/Stk.	20 Stk.	60.000 €
Kälteverteilung + Abgabe	180 €/m ²	15.100 m ²	2.718.000 €
Summe Kälteerzeugung			3.169.820 €
			147 €/m ²

Gebäudeautomation

	EH	Menge	Kosten
Kälte	15%		476.000 €
Summe Gebäudeautomation			476.000 €
			22 €/m ²

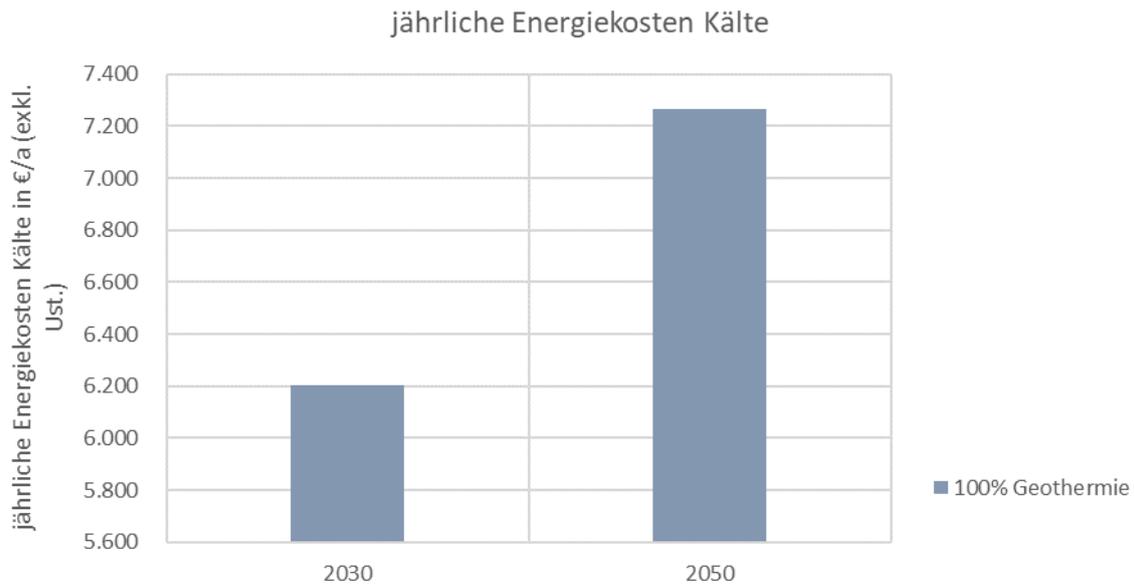
Elektrotechnik

	EH	Menge	Kosten
E-Technik Haustechnik	12%		381.000 €
Summe Elektrotechnik			381.000 €
			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 18 dargestellt. Zu erkennen ist, dass die jährlichen Energiekosten Kälte aufgrund des steigenden Verbrauchs um rund 20% steigen werden (Annahme gleicher Energiepreise).

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



6 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des Stadtquartiers in Linz (Quelle: Google Maps)	10
Abbildung 2: Verortung Stadtquartier 4 (Traundorfer Straße / Neufelder Straße) (Quelle: Google Maps).....	10
Abbildung 3: Luftbildaufnahme (Quelle: Google Earth / Stadtplan Linz Luftbild).....	11
Abbildung 4: Fassadenansicht Traundorfer Straße (links) und Neufelder Straße (rechts)	11
Abbildung 5: Auszug aus dem Flächenwidmungsplan der Stadt Linz (Quelle: webgis.linz.at)	12
Abbildung 6: Straßenverkehrslärmkarte (Nacht) aus der Lärmkarte (Quelle: maps.laerminfo.at)	12
Abbildung 7: Daten zu den einzelnen Gebäuden (Quelle: WebGIS + eigene Berechnung)	15
Abbildung 8: Übersicht der einzelnen Gebäude (Quelle: WebGIS).....	16
Abbildung 9: Systemübersicht passive Maßnahmen	23
Abbildung 10: Systemübersicht Wärmeentzug / Kälteerzeugung / Kälteverteilung	24
Abbildung 11: Rückkühlmöglichkeiten	26
Abbildung 12: Brunnen zur thermischen Grundwassernutzung in der Nähe des Quartiers (Quelle: https://wo.doris.at/)	27
Abbildung 13: Abstand zur größten Grundwassernutzung in der Solarcity (600m) (Quelle: https://wo.doris.at/)	27
Abbildung 14: Übersicht, der möglichen Freiflächen für Geothermie (Quelle: https://wo.doris.at/).	28
Abbildung 15: Prinzipschema Wärme- und Kälteerzeugung.....	30
Abbildung 16: Baukosten TGA – Übersicht 100 % Geothermie	32
Abbildung 17: Details Grobkosten 100 % Geothermie	33
Abbildung 18: Vergleich der jährlichen Energiekosten Kälte in €/a (exkl. USt)	34

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: wesentliche Eckdaten des Stadtquartiers	8
Tabelle 2: Flächen je Nutzung	16
Tabelle 3: Berechnung der spezifischen Kälteleistung für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell und beim adaptiven Komfortmodell im Referenzjahr 2030	19
Tabelle 4: Berechnung der Gesamtkühlleistung für 2 unterschiedliche Komfortniveaus für das Referenzjahr 2030	20
Tabelle 5: Berechnung der spezifischen Kälteleistung für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell und beim adaptiven Komfortmodell im Vergleichsjahr 2050.....	20
Tabelle 6: Berechnung der Gesamtkühlleistung für das Referenzjahr 2050.....	20
Tabelle 7: Berechnung des spezifischen Kühlbedarfs für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell und beim adaptiven Komfortmodell im Referenzjahr 2030	21
Tabelle 8: Berechnung des Gesamtkühlbedarfs für das Referenzjahr 2030	21

Tabelle 9: Berechnung des spezifischen Kühlbedarfs für die Wohnflächen beim generellen Komfortmodell und beim adaptiven Komfortmodell im Vergleichsjahr 2050.....	22
Tabelle 10: Berechnung des Gesamtkühlbedarfs für das Vergleichsjahr 2050.....	22
Tabelle 11: Berechnung Sondenpotential	28
Tabelle 12: Berechnung der erforderlichen Sondenanzahl.....	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.e-control.at/tarifkalkulator#/> (abgerufen am 13.05.2024, 14:05)