

Urbaner Kältebedarf Österreich 2030/2050

E3.1. Bericht Kältematrix

F. Wimmer, A. Pummer, P. Holzer

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

E3.1. Bericht Kältematrix

DI Felix Wimmer BSc, Andreas Pummer MSc, DI Dr. Peter Holzer
Institute of Building Research & Innovation

Wien, Mai 2024

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



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

Inhaltsverzeichnis

1	Dokumentbeschreibung und Anwendungshinweise.....	5
2	Begriffsdefinitionen	6
3	Kältebedarfskurven	8
	3.1. Wohnen.....	9
	3.2. Büro.....	11
4	Kälteleistungskurven	13
	4.1. Wohnen.....	14
	4.2. Büro.....	16
5	Anwendung der Kältematrix	17
	5.1. Auslesen Kältebedarf und Kälteleistung	17
	5.2. Wirkungsabschätzung von Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz	19
	5.2.1. Beispielhafte Veränderung der Parameter eines Gebäudes der Bauperiode 1945-1990	20
6	Verzeichnisse.....	24

1 Dokumentbeschreibung und Anwendungshinweise

Dieses Dokument dient zur Darstellung der Anwendung sowie Dokumentation der, im Rahmen des Projekts Urbaner Kältebedarf in Österreich 2030/2050 (FFG-Nr. 893530), entwickelten Kältematrix. Diese ist als Excel Dokument (*Kältematrix UKÖ 2030-2050.xls*) veröffentlicht. Die Kältematrix dient als Grundlagendokument für die geografische Verortung des Kältebedarfs und der Kälteleistung in Österreich.

Die Kältematrix wurde auf Basis der Randbedingungen sowie der Erkenntnisse aus dem Bericht „E2.1 Bericht Bildungsfaktoren des Kältebedarfs“ generiert.

Im ersten Schritt erfolgt eine Erläuterung der Randbedingungen für die Generierung der Kältematrix. In den Kapiteln 3 und 4 werden anschließend die jeweiligen Kurven zur Berechnung des Kältebedarfs sowie der Kälteleistung dargestellt. Das letzte Kapitel widmet sich der Anwendung der Kältematrix.

Die im gegenständlichen Projekt ausgearbeitete Kältematrix umfasst eine Auswahl von 28 Kurven zur Bestimmung des Kältebedarfs sowie der Kälteleistung in Abhängigkeit der Kühlgradtage.

Bei den Kurven wird unterschieden zwischen:

- Nutzung (Wohnen und Büro)
- Komfortniveau (generell und adaptiv)
- Wärmeschutz/U-Wert der Außenwand (1,5 W/m²K, 1 W/m²K, 0,35 W/m²K und 0,2 W/m²K)
- $g_{\text{total,Fassade}}$ (5 %, 10 % und 15 %)

Aufgrund des gesetzten Fokus im gegenständlichen Projekt auf urbane Bereiche bzw. die Hochskalierung auf den nationalen Gebäudebestand wurden für die Ermittlung des Kältebedarfs und der Kälteleistung aus den Bildungsfaktoren gewisse Annahmen fixiert und andere wiederum flexibel gestaltet. Details zu den Festlegungen können im Bericht „E2.1 Bericht Bildungsfaktoren des Kältebedarfs“ nachgelesen werden. Ziel war es, Aussagen zum Kältebedarf und zur Kälteleistung anhand möglichst weniger wechselnden Randbedingungen zu erhalten, dennoch aber die wichtigsten Einflussfaktoren zu berücksichtigen. Aufgrund dieser Vorgangsweise ist es möglich generalisierte Aussagen zum Gebäudebestand zu treffen, jedoch ist es nur bedingt möglich konkrete Rückschlüsse auf ein individuelles Gebäude zu ziehen.

Jedenfalls stellen die im gegenständlichen Projekt ausgegebenen Angaben zum Kältebedarf sowie der Kälteleistung eine grobe Abschätzung und Orientierung hinsichtlich Größenordnung und Einflüsse dar, ersetzen jedoch für etwaige bauliche Maßnahmen keinesfalls eine fachkundige Planung.

2 Begriffsdefinitionen

Im Folgenden sind die Begriffsdefinitionen dokumentiert, welche in der Kältematrix Anwendung finden. Detailliertere Informationen zu den jeweiligen Begriffen können in den Berichten E2.1, E2.2 bzw. dem Endbericht entnommen werden.

Adaptives Komfortmodell	Anwendung von außentemperaturabhängigen, gleitenden Temperaturgrenzen im Innenraum zur Ermittlung des Kältebedarfs. Wird lediglich für Wohnen nach Klasse II gemäß ÖNORM EN 16798-1:2019 berücksichtigt.
Generelles Komfortmodell	Anwendung von fixen Temperaturgrenzen im Innenraum zur Ermittlung des Kältebedarfs. Für Wohnen wird die Klasse II gemäß ÖNORM EN 16798-1:2019 herangezogen. Für Büros erfolgt eine Abweichung dieser Norm und es wird die Arbeitsstättenverordnung, gemäß § 28 Abs. 2, mit einer maximalen Innenraumtemperatur von 25 °C berücksichtigt.
$g_{\text{total, Fassade}}$	Gesamtenergiedurchlassgrad der Fassade, Kennwert zur Beschreibung der Verglasungskonfiguration (g-Wert Fenster, Verschattungswert Fenster, Glasanteil der Fassade, Verschattung durch bebaute Strukturen) eines Gebäudes. Wird unterteilt in die Klassen 5 %, 10 % und 15 %. Je niedriger der Wert, desto geringer sind die solaren Einträge in ein Gebäude im Sommer. Ein $g_{\text{total, Fassade}}$ von 5 % ist ein empfehlenswerter Planungszielwert für die Gestaltung von Fassaden aller Art.
Kältebedarf	Aus dem Innenraum thermisch abzuführende Energiemenge zur Einhaltung der definierten Temperaturgrenzen. Bei der Nutzung Büro ist die Energiemenge zur Luftentfeuchtung miteinbezogen.
Kälteleistung	Maxima der aus dem Innenraum thermisch abzuführenden Leistung im Kühlfall in einer Stunde.
Kühlgradtage (KGT) <i>werden in Kelvintagen oder kurz Kd gemessen</i>	Meteorologischer Kennwert zur Beschreibung des Außenraumklimas oder eines Klimadatensatzes. Die Berechnung erfolgt analog zu den normativen Heizgradtagen über die Summierung der Differenz zwischen Tagesmitteltemperatur und einer Grenztemperatur sofern besagte Grenztemperatur im Tagesmittel überschritten wird. In dieser Untersuchung wird die Grenztemperatur mit 18,3 °C bzw. 65 °F festgelegt.
U-Wert/ Gebäudezustand	Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) der Außenwand ausgedrückt mit der Einheit $W/(m^2 \cdot K)$ dient dazu Gebäude in Bauperioden sowie Gebäudezustand (Bestand, Saniert oder Neubau) einzuordnen. In der Kältematrix wird unterschieden in vier Klassen, abhängig von Bauperiode und Sanierungszustand.
Entfeuchtungs-kältebedarf	Energiebedarf zur Entfeuchtung der Raumluft. Wird ausschließlich bei Büronutzung berücksichtigt und ist als Aufschlag bereits im angegebenen Kältebedarf inkludiert. Eine genauere Erklärung zur Ermittlung der Höhe des Entfeuchtungskältebedarfs kann dem Bericht „2.1 Bericht Bildungsfaktoren des Kältebedarfs“, Kapitel 7 entnommen werden.
Nutzungsart	Bei der Kältematrix wird zwischen den Nutzungsarten Wohnen und Büro unterschieden. Je nach Nutzungsart werden unterschiedliche Profile für die inneren Lasten sowie steuerungstechnische Algorithmen angewandt.

Bauperioden








Dient in der Kältematrix als Einstufung der U-Werte der Außenwand. Die gewählten Bauperioden (vor 1945, 1945-1960, nach 1990) setzen sich aus einer Zusammenfassung der Kategorien zur Bauperiode der Statistik Austria zusammen.

3 Kältebedarfskurven

In diesem Kapitel sind die Kältebedarfskurven zu den Nutzungen Wohnen und Büro bei Anwendung des generellen Komfortniveaus oder adaptiven Komfortniveaus (nur bei Wohnen) dargestellt. In den Kältebedarfskurven sind immer auf der horizontalen Achse die Kühlgradtage in Kd aufgetragen und auf der Vertikalen der spezifische Kältebedarf in kWh/m²BGFa.

In den Diagrammen werden bei den Kurven die verschiedenen Varianten farblich und stilistisch differenziert. Die verschiedenen $g_{total,Fassade}$ Konfigurationen werden farblich und die unterschiedlichen U-Werte der Außenwand linienstilistisch dargestellt. Die Zugehörigkeit der Farben und Linienstile kann folgender Tabelle entnommen werden.

Tabelle 1: Übersicht Darstellungsarten Kältebedarfskurven

	$g_{total,Fassade}$ 5 %
	$g_{total,Fassade}$ 10 %
	$g_{total,Fassade}$ 15 %
	U-Wert 1,50 W/(m ² .K)
	U-Wert 1,00 W/(m ² .K)
	U-Wert 0,35 W/(m ² .K)
	U-Wert 0,20 W/(m ² .K)

Abhängig von der Nutzung weisen die Kältebedarfskurven unterschiedliche Umfänge auf. Die Unterschiede können Tabelle 2 entnommen werden.

Bei Büronutzung wird lediglich das generelle Komfortniveau berücksichtigt, da nicht immer davon ausgegangen werden kann, dass in Büros die Zugänge zu den Randbedingungen des adaptiven Komforts (z.B. freie Bekleidungswahl oder klimatische Verhaltensanpassungen) gegeben sind. Da bei Bürogebäuden die Gestaltung der Fassade häufig differenzierter und auch glaslastiger ausfällt, als bei Wohngebäuden wird für sie zusätzlich ein $g_{total,Fassade}$ von 15 % miteinbezogen.

Tabelle 2: Differenzierungen der Kältebedarfskurven

	Wohnen	Büro
Komfortniveau	Generelles und adaptives Komfortniveau	Generelles Komfortniveau
$g_{total,Fassade}$	5 % und 10 %	5 %, 10 % und 15 %
U-Wert Außenwand	1,5 W/(m ² .K), 1,0 W/(m ² .K), 0,35 W/(m ² .K), 0,20 W/(m ² .K)	

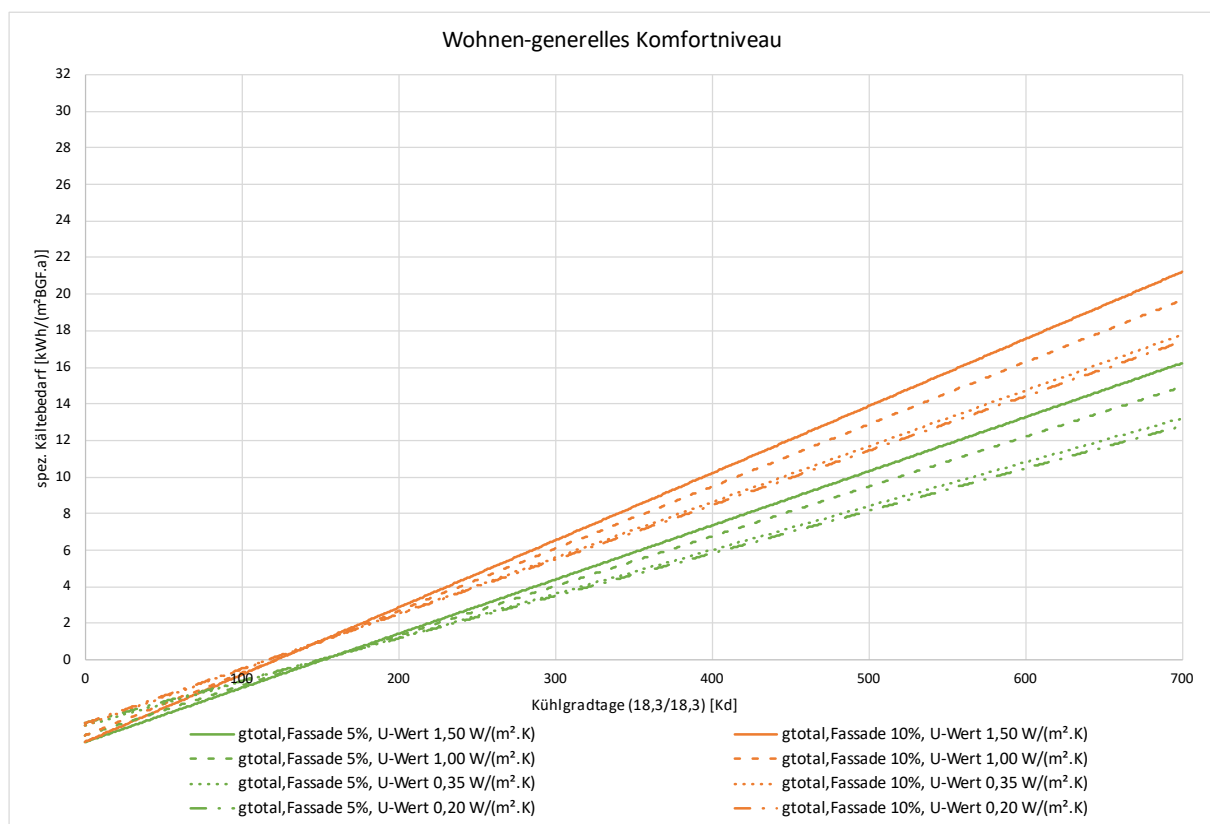
3.1. Wohnen

Abbildung 1 und Abbildung 2 zeigen die Kältebedarfskurven bei Wohnnutzung unter Anwendung der beiden Komfortmodelle. Erstere Abbildung gibt das generelle Komfortniveau mit einer Innenraumtemperatur von 26 °C wieder und Abbildung 2 die Anwendung des adaptiven Komfortniveaus mit außentemperaturabhängigen Innenraumtemperaturen.

Generelles Komfortmodell

Der spezifische Kältebedarf nach generellem Komfortmodell liegt abhängig von den Kühlgradtagen, dem $g_{\text{tot,Fassade}}$ und dem U-Wert der Außenwand in einem Bereich von 0 kWh/m²_{BGFa} und 21 kWh/m²_{BGFa}.

Abbildung 1: Kältebedarfskurve Wohnen – generelles Komfortniveau (eigene Abbildung)



Bei der Auswertung des Kältebedarfs zeigt sich, dass sowohl eine Reduktion des $g_{\text{total,Fassade}}$ oder des U-Werts der Außenwand zu einer Reduktion des Kältebedarfs führt. Eine Ausnahme stellen hierbei Standorte mit KGT unter 150 dar, die diesem Bereich liegt noch kein nennenswerter Kältebedarf vor.

In Bezug auf die Reduktion des Kältebedarfs zeigt sich, dass die Reduktion des $g_{\text{total,Fassade}}$, und somit die Verbesserung des Schutzes vor solaren Energieeinträgen, eine geringfügig höhere Wirkung als die Reduktion des U-Werts der Außenwand hat. Der Einfluss des U-Werts der Außenwand ist jedoch insbesondere bei schlechten Werten signifikant und darf bei der Betrachtung des Kältebedarfs eines Gebäudes nicht vernachlässigt werden.

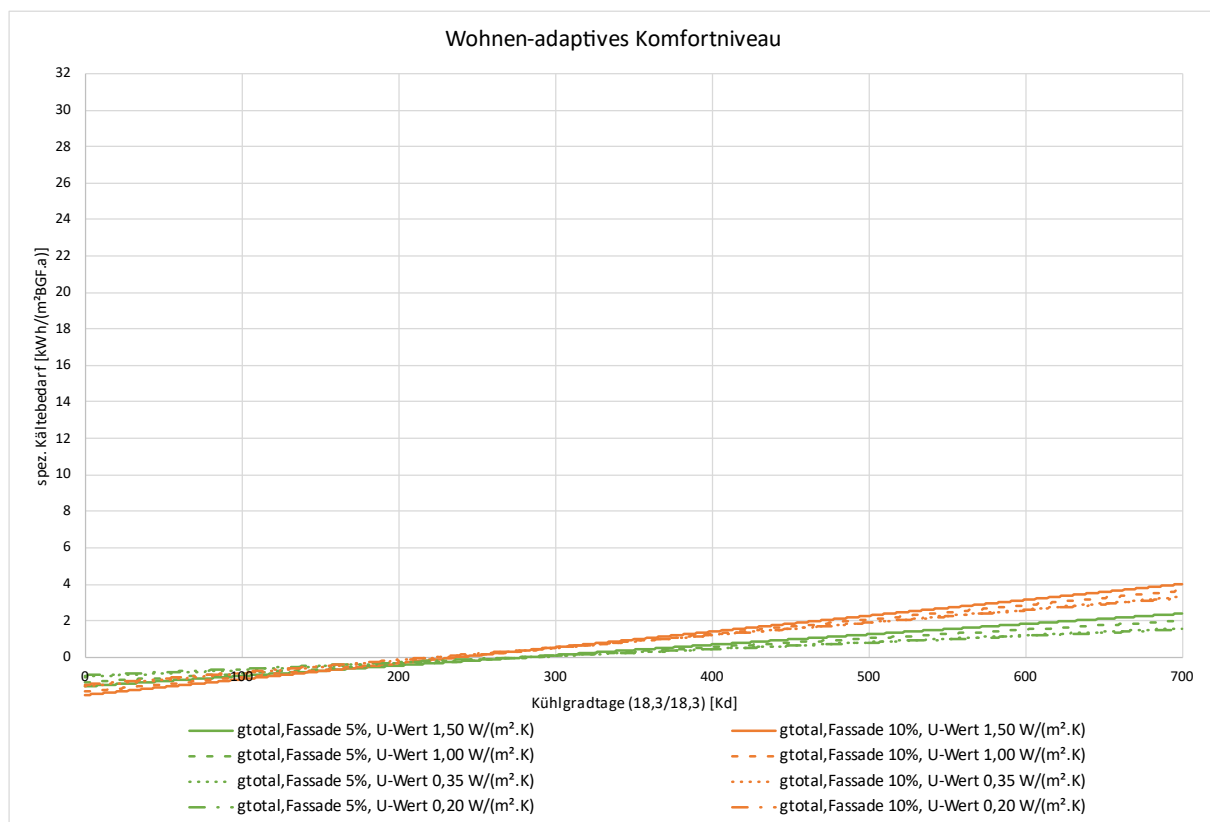
Bei Standorten mit einer geringen Anzahl an KGT (weniger als 150) treten meist keine nennenswerten Kältebedarfe auf. Bei geringen Werten sollte in der Praxis gesondert untersucht werden, ob es tatsächlich notwendig ist, diese Bedarfe auch tatsächlich durch eine Kühlung zu decken. Um diesen Sachverhalt zu berücksichtigen, wurde einerseits eine Komfortanalyse bei diesen Standorten und andererseits eine Sensitivitätsanalyse eines Cut-Off Werts bei geringem Kältebedarf durchgeführt.

Die Ergebnisse der Komfortanalyse zeigen, dass bei Gebäuden mit einem Kältebedarf von ca. 2 kWh/(m²_{BGF,a}), die jährlichen Überschreitungsstunden von 26 °C während der Anwesenheitszeit zwischen 4 und 5 % liegen und bei einer Grenztemperatur von 28 °C bei unter 1 %. Ein Schwellenwert bei 2 kWh/(m²_{BGF,a}) reduziert den nationalen Kältebedarf um ca. 4 %. Aufgrund dieses geringfügigen Einflusses auf den gesamten Kühlbedarf wird in Bezug auf die anderweitigen Unsicherheiten auf die Anwendung eines Schwellenwerts verzichtet.

Adaptives Komfortmodell

Der spezifische Kältebedarf nach adaptivem Komfortmodell liegt abhängig von den Kühlgradtagen, dem $g_{\text{tot,Fassade}}$ und dem U-Wert der Außenwand in einem Bereich von 0 kWh/m²_{BGF,a} und 4 kWh/m²_{BGF,a}.

Abbildung 2: Kältebedarfskurve Wohnen – adaptives Komfortniveau (eigene Abbildung)



Damit zeigen die Kurven zum Kältebedarf nach adaptiven Komfortmodell (Abbildung 2) im Gegensatz zum Kältebedarf nach generellen Komfortmodell (Abbildung 1) eine signifikante Reduktion des Kältebedarfs. Vereinfacht lässt sich sagen, dass der adaptive Kältebedarf lediglich bei rund 10 % bis

15 % des generellem Kältebedarfs liegt. Die Einflüsse einer Reduktion des $g_{\text{total,Fassade}}$ oder des U-Werts der Außenwand fallen bei der Anwendung des adaptiven Komfortniveaus dementsprechend absolut auch deutlich geringer aus als beim generellen Komfortmodell. Dennoch wird empfohlen den $g_{\text{total,Fassade}}$ und den U-Wert der Außenwand möglichst gering zu halten bzw. diese zu reduzieren.

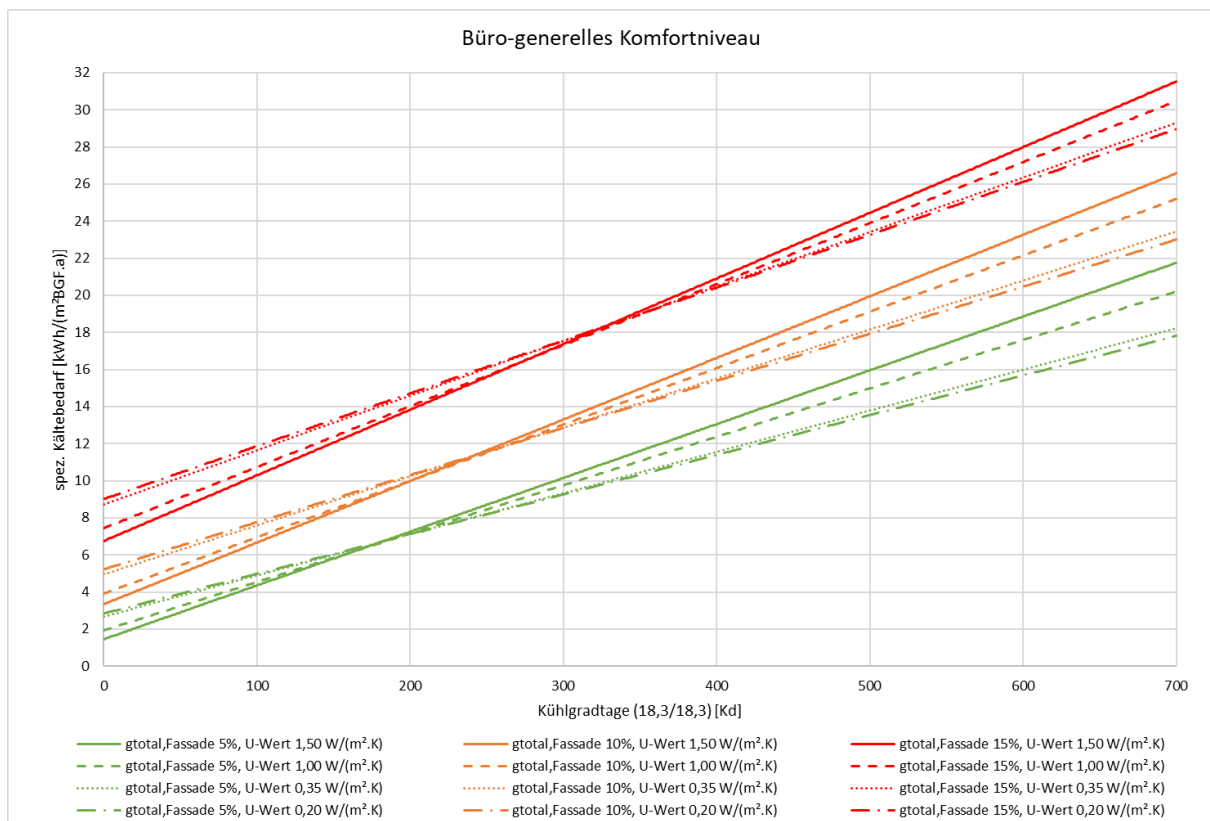
Bei den Angaben zum Kältebedarf beim adaptiven Komfortniveau muss jedoch beachtet werden, dass als komfortabel geltende Innenraumtemperaturen bereits deutlich höher sind als beim generellen Komfortmodell und persönliche Komfortsteigernde Maßnahmen bereits ergriffen wurden. Der auftretende Kältebedarf sollte daher jedenfalls technisch abgeführt werden, da es sonst zu einer unerträglichen Überhitzung im Innenraum kommt.

3.2. Büro

Abbildung 3 zeigt die Kältebedarfskurve der Büronutzung bei Anwendung des generellen Komfortniveaus mit einer, vom Wohnbau abweichenden Grenztemperatur von 25 °C, gemäß Arbeitsstättenverordnung. Da bei Bürogebäuden die Gestaltung der Fassade häufig differenzierter und auch glaslastiger ausfällt, als bei Wohngebäuden wird für sie zusätzlich ein $g_{\text{total,Fassade}}$ von 15 % miteinbezogen.

Der spezifische Kältebedarf nach abhängig von den Kühlgradtagen, dem $g_{\text{tot,Fassade}}$ und dem U-Wert der Außenwand in einem Bereich von 2 kWh/m²_{BGfA} und 32 kWh/m²_{BGfA}.

Abbildung 3: Kältebedarfskurve Büro – generelles Komfortniveau (eigene Abbildung)










In den Kältebedarfskurven der Büros zeigen sich drei klar differenzierte Größenordnungen aufgrund des $g_{\text{tot,Fassade}}$. Innerhalb derer eine Differenzierung hinsichtlich Außenwand-U-Wert erfolgt. Hierbei zeigt sich, dass der Einfluss einer Außenwanddämmung, entgegen ihrem Verhalten im Wohnbau, stark von den Kühlgradtagen und damit vom Standort abhängt. Im Bereich niedriger Kühlgradtage (180 Kd bei 5 % $g_{\text{tot,Fassade}}$ bis 320 Kd bei 15 %) ist der Kühlbedarf bei schlechter gedämmten Gebäuden niedriger als bei besseren thermischen Niveaus. Die kann auf zwei Phänomene zurückgeführt werden. Einerseits ist der Kältebedarf in Bürobauten stärker getrieben durch innere Lasten wie Personen und Geräte als durch die hohen Außenraumtemperaturen. Und andererseits, dass an Standorten mit niedrigeren Kühlgradtagen meist auch niedrigere Tiefsttemperaturen im Sommer auftreten, wodurch eine Entwärmung etwaiger Speichermassen über die Außenwand noch durch keine Dämmung beeinträchtigt wird. Ab einer gewissen Intensität der sommerlichen Hitze, also einer gewissen Höhe der KGT, dreht sich die Wirksamkeit um und eine Dämmung ist vorteilhaft.

4 Kälteleistungskurven

In diesem Kapitel sind die Kälteleistungskurven zu den Nutzungen Wohnen und Büro bei generellem Komfortniveau und adaptivem Komfortniveau (nur bei Wohnen) dargestellt. In den Kälteleistungskurven sind immer auf der horizontalen Achse die Kühlgradtage in Kd aufgetragen und auf der Vertikalen die spezifische Kälteleistung in W/m²NF.

In den Diagrammen werden, wie schon bei den Kältebedarfskurven in Kapitel 3, farblich und stilistisch zwischen den Varianten differenziert. Die verschiedenen $g_{total,Fassade}$ Konfigurationen werden farblich und die unterschiedlichen U-Werte der Außenwand linienstilistisch dargestellt. Die Zugehörigkeit der Farben und Linienstile kann folgender Tabelle entnommen werden.

Tabelle 3: Übersicht Darstellungsarten Kältebedarfskurven

	$g_{total,Fassade}$ 5 %
	$g_{total,Fassade}$ 10 %
	$g_{total,Fassade}$ 15 %
	U-Wert 1,50 W/(m ² .K)
	U-Wert 1,00 W/(m ² .K)
	U-Wert 0,35 W/(m ² .K)
	U-Wert 0,20 W/(m ² .K)

Analog zu den Kältebedarfskurven in Kapitel 3 variiert auch für die Kälteleistungskurven abhängig von der Nutzung der Umfang. Die Unterschiede können Tabelle 4 entnommen werden.

Tabelle 4: Differenzierungen der Kälteleistungskurven

	Wohnen	Büro
Komfortniveau	Generelles und adaptives Komfortniveau	Generelles Komfortniveau
$g_{total,Fassade}$	5 % und 10 %	5 %, 10 % und 15 %
U-Wert Außenwand	1,5 W/(m ² .K), 1,0 W/(m ² .K), 0,35 W/(m ² .K), 0,20 W/(m ² .K)	

4.1. Wohnen

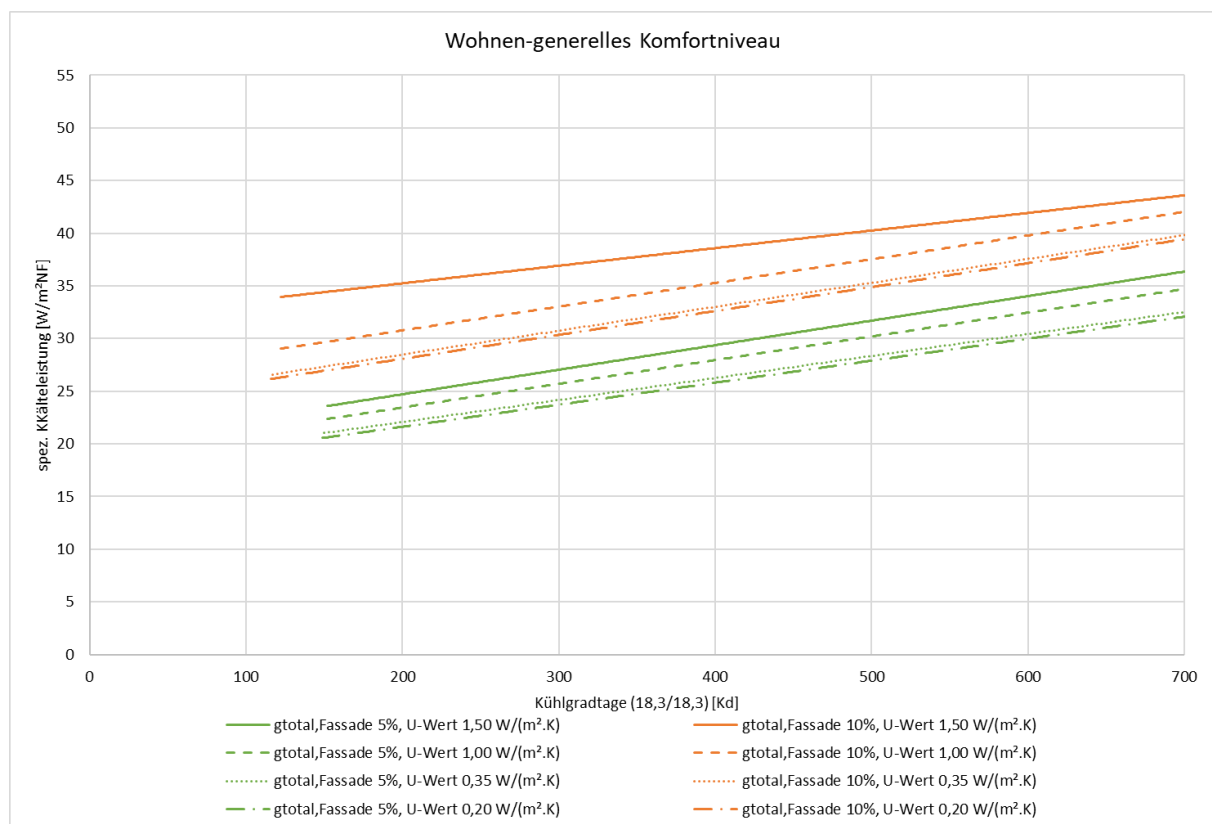
Abbildung 4 und Abbildung 5 zeigen die Kälteleistungskurven bei Wohnnutzung unter Anwendung der beiden Komfortmodelle. Erstere Abbildung gibt das generelle Komfortniveau mit einer Innenraumtemperatur von 26 °C wieder und Abbildung 6 die Anwendung des adaptiven Komfortniveaus mit außentemperaturabhängigen Innenraumtemperaturen.

Grundsätzlich werden in den Kälteleistungskurven nur jene Leistungsbereiche abgedeckt, bei denen auch ein Kältebedarf auftritt (vgl. Abbildung 1 und Abbildung 2).

Generelles Komfortmodell

Die spezifische Kälteleistung nach generellem Komfortmodell liegt abhängig von den Kühlgradtagen, dem $g_{\text{total,Fassade}}$ und dem U-Wert der Außenwand in einem Bereich von 20 W/m²_{NF} und 44 W/m²_{NF}.

Abbildung 4: Kälteleistungskurve Wohnen – generelles Komfortmodell (eigene Abbildung)



Bei den Kälteleistungskurven in Abbildung 4 zeigt sich, dass durch eine Reduktion des $g_{\text{total,Fassade}}$ und des U-Werts der Außenwand eine Verringerung der erforderlichen Kälteleistung in Wohngebäuden erreicht werden kann.

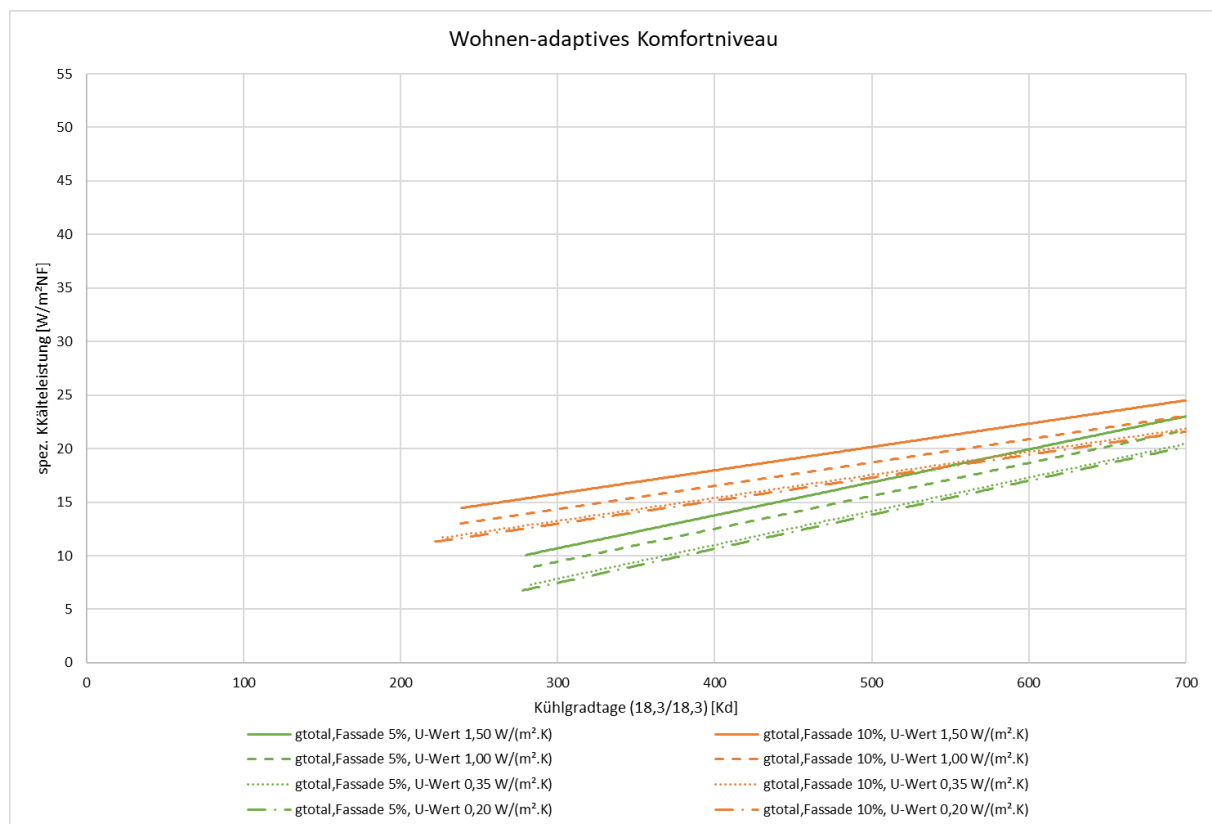
Bei der Kälteleistungskurve des generellen Komfortniveaus ist anzumerken, dass eine Reduktion der Kälteleistung möglich ist, wenn eine gewisse Überschreitungshäufigkeit der Innenraumtemperatur seitens der Nutzer:innen toleriert wird. Dies wird in der gegenständlichen Untersuchung jedoch nicht weiter berücksichtigt.

Vergleicht man die Kälteleistungskurven mit den Kältebedarfskurven, zeigt sich, dass die Kälteleistung eine deutlich geringere Steigung in Abhängigkeit der Kühlgradtage aufweist als der Kältebedarf. Die verringerte Steigung kann dadurch begründet werden, dass die maximale Leistung dann auftritt, wenn die Bedingungen des Außenraums möglichst ungünstig sind, also hohe Temperatur und Solarstrahlung vorherrschen und zusätzlich die Speicherfähigkeit des Innenraums bereits gesättigt ist.

Adaptives Komfortniveau

Der spezifische Kälteleistung nach adaptivem Komfortmodell liegt abhängig von den Kühlgradtagen, dem $g_{\text{tot,Fassade}}$ und dem U-Wert der Außenwand in einem Bereich von $6 \text{ W/m}^2_{\text{NF}}$ und $25 \text{ W/m}^2_{\text{NF}}$.

Abbildung 5: Kälteleistungskurve Wohnen-adaptives Komfortniveau (eigene Abbildung)



Durch die Anwendung des adaptiven Komfortniveaus reduziert sich die notwendige Kälteleistung im Vergleich zu jener des generellen Komfortniveaus. Die Bandbreite in der die erforderliche Kälteleistung liegt, ist deutlich schmaler.

Eine Reduktion der Kälteleistung, wie es beim generellem Komfortmodell möglich ist, sofern eine gewisse Überschreitungshäufigkeit der Innenraumtemperatur seitens der Nutzer:innen toleriert wird, sollte für den adaptiven Komfort nicht vorgenommen werden. Das adaptive Komfortmodell berücksichtigt hierbei bereits gewisse komfortsteigernde Maßnahmen, weshalb die erforderliche Kälteleistung jedenfalls technisch zur Verfügung gestellt werden sollte.

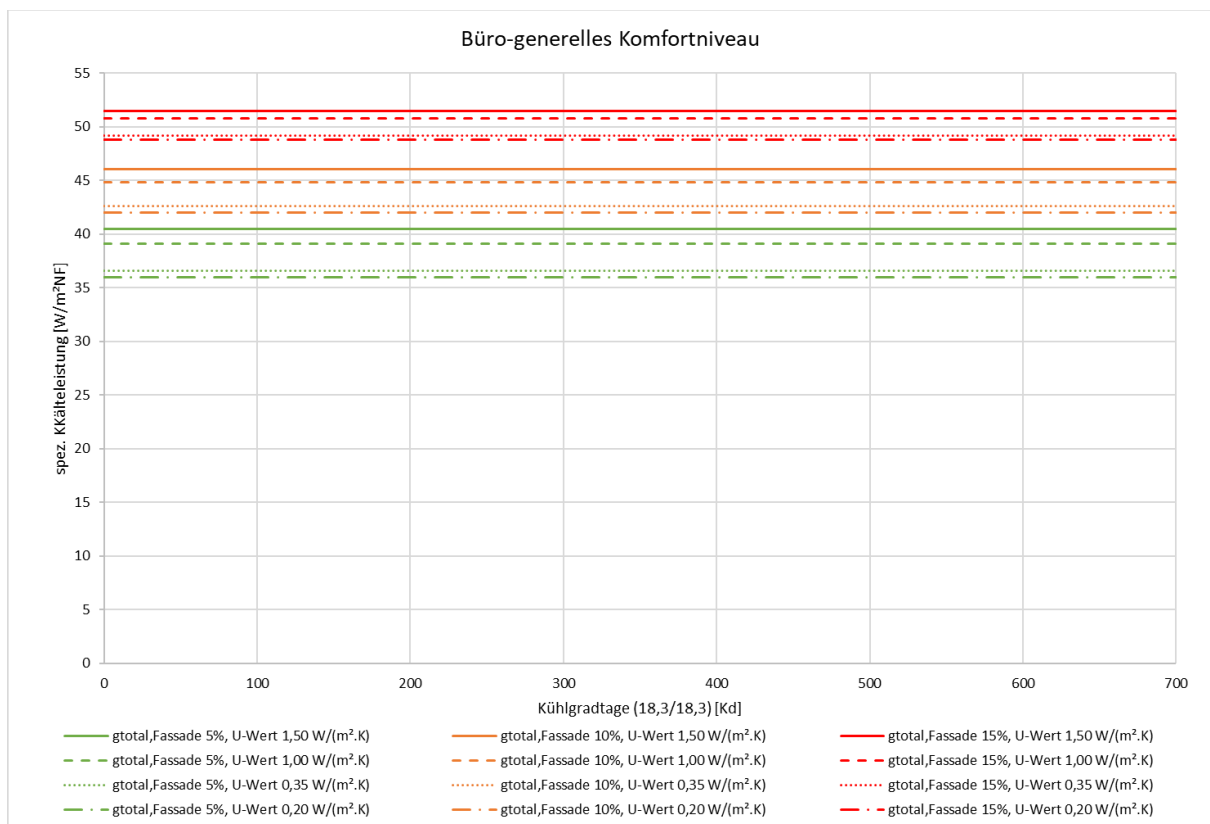
4.2. Büro

Abbildung 6 zeigt die Kältebedarfskurve der Büronutzung bei Anwendung des generellen Komfortniveaus mit einer, vom Wohnbau abweichenden Grenztemperatur von 25 °C, gemäß Arbeitsstättenverordnung. Da bei Bürogebäuden die Gestaltung der Fassade häufig differenzierter und auch glaslastiger ausfällt, als bei Wohngebäuden wird für sie zusätzlich ein $g_{\text{total,Fassade}}$ von 15 % miteinbezogen.

Die spezifische Kälteleistung nach generellem Komfortmodell liegt abhängig vom $g_{\text{tot,Fassade}}$ und dem U-Wert der Außenwand in einem Bereich von 36 W/m²_{NF} und 54 W/m²_{NF}.

Aus der Kälteleistungsermittlung hat sich ergeben, dass bei einer Büronutzung keine maßgeblichen Unterschiede aufgrund unterschiedlicher Kühlgradtage bestehen. Das ist damit begründet, dass bei einer Büronutzung einerseits die inneren Lasten von Personen und Geräte den Wärmeeinträgen durch die Außenwand überwiegen und andererseits die leistungssteigernde Komponente der Solarstrahlung keiner klimatischen Veränderung unterliegt. Das Außenklima spielt damit nur eine untergeordnete Rolle, was sich auch in den horizontalen Verläufen der Kälteleistungskurven widerspiegelt.

Abbildung 6: Kälteleistungskurve Büro – generelles Komfortmodell (eigene Abbildung)



5 Anwendung der Kältematrix

Die Kältematrix besitzt neben den Hintergrundberechnungen zwei Registerblätter

- Kältematrix
- Kurvendiagramme

Im Registerblatt Kältematrix können Eingaben zum Standort getätigt werden sowie der Kältebedarf und Kälteleistung für die unterschiedlichen Gebäudekonfigurationen ausgelesen werden.

Im Registerblatt Kurvendiagramme sind die dahinterliegenden Kurven zur Bestimmung des Kältebedarfs und Kälteleistung an einem beliebigen Standort dargestellt.

5.1. Auslesen Kältebedarf und Kälteleistung

In diesem Unterkapitel wird Schritt für Schritt beschrieben, wie das Auslesen des Kältebedarfs und der Kälteleistung aus der Kältematrix für exemplarische Gebäude durchgeführt wird.

1. Auswahl der Nutzung

Es kann zwischen Wohnen und Büro gewählt werden.

2. Auswahl Komfortniveau

Bei der Wohnnutzung kann zwischen dem generellen Komfortmodell mit einer fixen Temperaturgrenze (26 °C) oder dem adaptiven Komfortmodell mit außentemperaturabhängigen, gleitenden Temperaturgrenzen gewählt werden. In der Büronutzung kann nur das generelle Komfortniveau (25 °C) angewandt werden.

3. Auswahl Bauperiode

Es kann zwischen drei Bauperioden (vor 1945, 1945 – 1990, nach 1990) unterschieden werden. Je nach Wahl der Bauperiode wird von einem unterschiedlichen Ausgangszustand des U-Werts der Außenwand ausgegangen.

4. Auswahl $g_{\text{total,Fassade}}$

Bei der Wohnnutzung kann zwischen dem $g_{\text{total,Fassade}}$ von 5 % und 10 %, bei Büronutzung zwischen 5 %, 10 % und 15 % unterschieden werden.

5. Auswahl Gebäudezustand

Es kann zwischen Bestand, Saniert und Neubau/Saniert unterschieden werden. Der U-Wert der Außenwand des Bestands korreliert mit der Bauperiode. Für den Gebäudezustand Saniert wird davon ausgegangen, dass unabhängig vom U-Wert der Außenwand des Bestands eine Reduktion auf den identischen U-Wert (0,35 W/m².K) erreicht wird. Lediglich bei der Bauperiode nach 1990 reduziert sich der U-Wert der Außenwand durch eine Sanierung auf 0,2 W/m².K.

6. Auslesen der Werte

Nach der Durchführung der Schritte 1-5 können die Werte des spezifischen Kältebedarfs (in kWh/m²_{BGF}·a) jährlich und auf die Monate aufgeteilt sowie die maximale spezifische Kälteleistung (in W/m²_{NF}) ausgelesen werden.

Abbildung 7: Kältebedarfsmatrix mit Durchführungsschritten (eigene Abbildung)

Kühlgradtage (18,3/18,3)	0
Aufteilungsschlüssel monatliche Verteilung	
April	0%
Mai	6%
Juni	22%
Juli	36%
August	32%
September	5%
Oktober	0%



Institute of Building Research & Innovation ZT-GmbH

VASKO+PARTNER DER GENERALKONSULENT



STADT der Zukunft

Finanziert durch Fördermitteln der FFG im Rahmen der 9. Ausschreibung Stadt der Zukunft
Eingaben können nur in Zellen mit roter Schrift getätigt werden.

In Zelle C2 können die Kühlgradtage eines beliebigen Standort von den Nutzer:innen eingetrag werden. Daraus berechnen sich die Kältebedarfe bzw. die Kälteleistung je nach Gebäudezustand

- 3 Dokumentation sowie Anmerkungen zur Anwendung der Kältematrix finden sich in E3.1 Bericht Kältematrix.
- 1
- 2

Kältematrix - UKÖ 2030/2050

Nutzungsart Bauperiode gtotal,Fassade	Wohnen (generelles Komfortmodell)											
	vor 1945				1945 - 1990				nach 1990			
	gtotal,Fassade = 5%		gtotal,Fassade = 10%		gtotal,Fassade = 5%		gtotal,Fassade = 10%		gtotal,Fassade = 5%		gtotal,Fassade = 10%	
Gebäudezustand	Bestand U-Wert 1,5 W/(m².K)	Saniert U-Wert 0,35 W/(m².K)	Bestand U-Wert 1,5 W/(m².K)	Saniert U-Wert 0,35 W/(m².K)	Bestand U-Wert 1,0 W/(m².K)	Saniert U-Wert 0,35 W/(m².K)	Bestand U-Wert 1,0 W/(m².K)	Saniert U-Wert 0,35 W/(m².K)	Bestand U-Wert 0,35 W/(m².K)	Neubau/Saniert U-Wert 0,20 W/(m².K)	Bestand U-Wert 0,35 W/(m².K)	Neubau/Saniert U-Wert 0,20 W/(m².K)
spez. Kältebedarf	in kWh/(m².a)											
jährl. spez. Kältebedarf	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
April	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mai	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Juni	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Juli	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
August	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
September	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oktober	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
spez. Kälteleistung	in W/m²											
max. Kälteleistung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Nutzungsart Bauperiode gtotal,Fassade	Wohnen (adaptives Komfortmodell)											
	vor 1945				1945 - 1990				nach 1990			
	gtotal,Fassade = 5%		gtotal,Fassade = 10%		gtotal,Fassade = 5%		gtotal,Fassade = 10%		gtotal,Fassade = 5%		gtotal,Fassade = 10%	
Gebäudezustand	Bestand U-Wert 1,5 W/(m².K)	Saniert U-Wert 0,35 W/(m².K)	Bestand U-Wert 1,5 W/(m².K)	Saniert U-Wert 0,35 W/(m².K)	Bestand U-Wert 1,0 W/(m².K)	Saniert U-Wert 0,35 W/(m².K)	Bestand U-Wert 1,0 W/(m².K)	Saniert U-Wert 0,35 W/(m².K)	Bestand U-Wert 0,35 W/(m².K)	Neubau/Saniert U-Wert 0,20 W/(m².K)	Bestand U-Wert 0,35 W/(m².K)	Neubau/Saniert U-Wert 0,20 W/(m².K)
spez. Kältebedarf	in kWh/(m².a)											
jährl. spez. Kältebedarf	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
April	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mai	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Juni	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Juli	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
August	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
September	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oktober	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
spez. Kälteleistung	in W/m²											
max. Kälteleistung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Nutzungsart Bauperiode gtotal,Fassade	Büro (generelles Komfortmodell)															
	vor 1945						1945 - 1990						nach 1990			
	gtotal,Fassade = 5%		gtotal,Fassade = 10%		gtotal,Fassade = 15%		gtotal,Fassade = 5%		gtotal,Fassade = 10%		gtotal,Fassade = 15%		gtotal,Fassade = 5%		gtotal,Fassade = 10%	
Gebäudezustand	Bestand U-Wert 1,5 W/(m².K)	Neubau U-Wert 0,35 W/(m².K)	Bestand U-Wert 1,5 W/(m².K)	Neubau U-Wert 0,35 W/(m².K)	Bestand U-Wert 1,5 W/(m².K)	Neubau U-Wert 0,35 W/(m².K)	Bestand U-Wert 1,0 W/(m².K)	Neubau U-Wert 0,35 W/(m².K)	Bestand U-Wert 1,0 W/(m².K)	Neubau U-Wert 0,35 W/(m².K)	Bestand U-Wert 1,0 W/(m².K)	Neubau U-Wert 0,35 W/(m².K)	Bestand U-Wert 0,35 W/(m².K)	Neubau U-Wert 0,20 W/(m².K)	Bestand U-Wert 0,35 W/(m².K)	Neubau U-Wert 0,20 W/(m².K)
spez. Kältebedarf	in kWh/(m².a)															
jährl. spez. Kältebedarf	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
April	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mai	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Juni	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Juli	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
August	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
September	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oktober	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
spez. Kälteleistung	in W/m²															
max. Kälteleistung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

5.2. Wirkungsabschätzung von Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz

Die Kältematrix kann ebenfalls dazu genutzt werden, um an einem exemplarischen Gebäude die Einwirkungen von unterschiedlichen Maßnahmen an einem beliebigen Standort zu analysieren. Wie bereits mehrfach erwähnt sind durch die Notwendigkeit von Vereinfachungen und Annahmen Rückschlüsse für Planungen auf individuelle Gebäude mit dem Tool der Kältematrix nicht oder nur eingeschränkt möglich. Das Tool kann jedoch zur Einschätzung der Größenordnung des Kältebedarfs und der Kälteleistung herangezogen werden.

In Tabellenblatt „Kältematrix“ können Eingaben zum Standort getätigt werden. Diese sind auch die einzigen Eingabemöglichkeiten im Excel-Dokument der Kältematrix.

In Zelle C2 kann die Auswahl des Standorts über die Eingabe der Kühlgradtage erfolgen. Die Kühlgradtage eines Standortes berechnen sich aus der Summe der täglichen Differenz der Tagesmitteltemperatur auf den Wert von 18,3 °C sofern die Tagesmitteltemperatur diesen Grenzwert überschreitet bzw. nach folgender Formel:

$$KGT = \text{Wenn } [T_m \geq T_g] \text{ dann } \left[\sum_i T_m^i - T_g \right] \text{ sonst } [KGT = 0]$$

T_m ... Tagesmitteltemperatur

T_g ... Grenztemperatur

Sie können auf die im Bericht „E3.2. Bericht Kältebedarfsmodellierung & Kältebedarfskarten“ für diverse Gemeinden angegebene Kühlgradtage zurückgreifen oder diese anhand individueller Klimadaten ermitteln. Eine exemplarische Quelle zur Abfrage geeigneter, derzeitiger oder historischer Klimadaten ist das Data Hub der GeoSphere Austria.¹ Für standortspezifische Abschätzungen von zukünftigen Kühlgradtagen z.B. im Jahr 2050 stehen hingegen kaum öffentlich zugängliche Daten zur Verfügung.

Zusätzlich zur Eingabe des Standortes kann der Aufteilungsschlüssel der monatlichen Verteilung der Kühlgradtage angepasst werden. Der derzeit hinterlegte Aufteilungsschlüssel basiert auf einer Analyse der 14 ausgewählten Klimadatensätze. Der monatliche Kältebedarf wird dann entsprechend diesem Schlüssel aufgeteilt.

Für die Einstufung eines Gebäudes müssen die Schritte 1 bis 6, wie in Kapitel 5.1 beschrieben, durchgeführt werden. Je nach Gebäudezustand kann dann durch die Annahme von unterschiedlichen Maßnahmen (Reduktion $g_{\text{total, Fassade}}$ oder Reduktion U-Wert Außenwand) die Veränderung des Kältebedarfs und der Kälteleistung quantifiziert werden.

¹ <https://data.hub.geosphere.at/>

5.2.1. Beispielhafte Veränderung der Parameter eines Gebäudes der Bauperiode 1945-1990

Als Anwendungsbeispiel werden zur Quantifizierung des Kältebedarfs und der Kälteleistung eines Gebäudes die in Tabelle 5 definierten Randbedingungen herangezogen. Diese stellen den aktuellen baulichen Zustand des Gebäudes dar. Das Auslesen der Werte erfolgt über den in Kapitel 5.1 dokumentierten Weg.

Tabelle 5: Randbedingungen des exemplarischen Gebäudes

Nutzung	Wohnen
gtotal,Fassade	10 %
Gebäudezustand	Bestand
Standort	Wien (2023: 439,5 KGT)

Abbildung 8: Frontalansicht eines exemplarischen Gebäudes in Wien²



Aus den Daten der Geosphere Austria sind für den gewählten Standort „Wien Hohe Warte“ im Jahr 2023 439,5 Kühlgradtage aufgetreten. Weiters könnte optional die monatliche Verteilung der Kühlgradtage verändert werden. Der Datensatz ergibt eine leicht abweichende Verteilung (siehe Tabelle 6) der Kühlgradtage, verglichen mit den Defaultwerten der Kältematrix. Für eine belastbare Aussage zur Höhe der Kühlgradtage und der monatlichen Verteilung wird eine Auswertung von

² Google Street View, Egon-Schiele-Gasse 3, 1130 Wien

mindestens der letzten 5 bis 10 Jahre empfohlen. Besonders empfehlenswert, jedoch mit erhöhtem Aufwand verbunden, ist eine Prognose der Kühlgradtage in die Zukunft.

Tabelle 6: Monatliche Verteilung der Kühlgradtage im Datensatz Wien Hohe Warte 2023

	Wien Hohe Warte 2023	Defaultwerte Kältematrix
April	0 %	0 %
Mai	2 %	6 %
Juni	14 %	22 %
Juli	39 %	36 %
August	29 %	32 %
September	15 %	5 %
Oktober	2 %	0 %

Durch die Eingabe der KGT in der Kältematrix ergeben sich mit den in Tabelle 5 definierten Randbedingungen folgende Werte:

Tabelle 7: exemplarische Ergebnisse aus Kältebedarfsmatrix

	generelles Komfortniveau	adaptives Komfortniveau
spez. Kältebedarf	10,8 kWh/(m ² .a)	1,6 kWh/(m ² .a)
spez. Kälteleistung	36,2 W/m ²	17,4 W/m ²

In den Ergebnissen wird das Ausmaß der Reduktionsmöglichkeiten, vor allem, des Kältebedarfs und der Kälteleistung durch die Anwendung des adaptiven Komfortniveaus deutlich. Bei den angegebenen Werten des adaptiven Komfortmodells ist jedoch zu beachten, dass der auftretende Kältebedarf jedenfalls gedeckt werden sollte, da das adaptive Komfortmodell bereits Möglichkeiten zur individuellen Temperaturanpassung berücksichtigt und es bei Überschreitung des Grenzwerts zu signifikant unkomfortablen Innenraumtemperaturen kommt.

Mithilfe der Kältematrix ist es möglich den Einfluss unterschiedlicher Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz zu quantifizieren. Konkret können die Maßnahmen thermische Sanierung sowie die Reduktion solarer Einstrahlung in den Innenraum berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse bei unterschiedlichen Gebäudekonfigurationen (Tabelle 8) zeigen, dass die Reduktion solarer Einstrahlung in den Innenraum einen größeren Einfluss auf den Kältebedarf und die Kälteleistung hat als eine thermische Sanierung. Die Reduktion der solaren Einstrahlung kann durch eine Vielzahl an Möglichkeiten erreicht werden, beispielsweise durch:

- Einbau eines Sonnenschutzes, wenn möglich außenliegend, zur Reduktion des g_{total} des Fensters oder Vorsehung fixer Verschattungsmöglichkeiten wie z.B. Großlamellen, erhöhte Fensterlaibungstiefe, Balkone, etc.
- Verschattung durch gegenüberliegende Baukörper oder grün-blaue Infrastruktur (wie z.B. Bäume oder Fassadenbegrünung) vor den Fensterflächen
- Reduktion des g-Werts des Fensters, ein Einbau von Verglasungen mit besonders niedrigem g-Wert (Sonnenschutzverglasung) wird hingegen aufgrund der Reduktion des Tageslichteinfalls nicht empfohlen
- Reduktion der Fensterfläche an den besonders betroffenen Ausrichtungen

Derzeit ist der Anlass einer thermischen Sanierung die Steigerung der Energieeffizienz der Heizung im Winter und nicht der sommerliche Wärmeschutz. Die Maßnahme der thermischen Sanierung führt jedoch bei Wohngebäuden ebenfalls zu einer Reduktion des Kältebedarfs und -leistung, wenn diese auch signifikant geringer ausfällt als durch die Reduktion des $g_{\text{total,Fassade}}$. Ein Kopplung von Maßnahmen der thermischen Sanierung und der Verbesserung des Sonnenschutzes ist daher aus Sicht der Reduktion des Kältebedarfs und -leistung und dementsprechend auch aus Sicht des Innenraumkomforts als beste Lösung anzusehen.

Tabelle 8: Spezifischer Kältebedarf und spezifische Kälteleistung des Beispielgebäudes bei unterschiedlichen Gebäudekonfigurationen

	Gebäude-zustand	$g_{\text{total,Fassade}}$	generelles Komfortniveau	adaptives Komfortniveau
spez. Kältebedarf	Bestand	10 %	10,8 kWh/(m ² .a)	1,6 kWh/(m ² .a)
	Bestand	5 %	7,8 kWh/(m ² .a)	0,7 kWh/(m ² .a)
	Saniert	10 %	9,8 kWh/(m ² .a)	1,5 kWh/(m ² .a)
	Saniert	5 %	7,0 kWh/(m ² .a)	0,6 kWh/(m ² .a)
spez. Kälteleistung	Bestand	10 %	36,2 W/m ²	17,4 W/m ²
	Bestand	5 %	28,8 W/m ²	13,7 W/m ²
	Saniert	10 %	33,9 W/m ²	16,3 W/m ²
	Saniert	5 %	27,1 W/m ²	12,2 W/m ²

Abbildung 9: Kältematrix Wohnen bei Anwendung von 439,5 KGT (eigene Abbildung)

Kühlgradtage (18,3/16,3)	439,5
Aufteilungsschlüssel monatliche Verteilung	
April	0%
Mai	6%
Juni	22%
Juli	36%
August	32%
September	5%
Oktober	9%



Finanziert durch Fördermitteln der FFG im Rahmen der 9. Ausschreibung Stadt der Zukunft
 Eingaben können nur in Zellen mit roter Schrift getätigt werden.
 In Zeile C2 können die Kühlgradtage eines beliebigen Standort von den NutzerInnen eingetragen werden. Daraus berechnen sich die Kältebedarfe bzw. die Kälteleistung je nach Gebäudezustand



Die Dokumentation sowie Anmerkungen zur Anwendung der Kältematrix finden sich in E3.1 Bericht Kältematrix.

Kältematrix - UKÖ 2030/2050

Nutzungsart Bauperiode gtotal,Fassade Gebäudezustand spez. Kältebedarf jährl. spez. Kältebedarf spez. Kälteleistung max. Kälteleistung	Wohnen (generelles Komfortniveau)											
	vor 1945				1945 - 1990				nach 1990			
	gtotal,Fassade = 5%		gtotal,Fassade = 10%		gtotal,Fassade = 5%		gtotal,Fassade = 10%		gtotal,Fassade = 5%		gtotal,Fassade = 10%	
	Bestand	Saniert	Bestand	Saniert	Bestand	Saniert	Bestand	Saniert	Bestand	Neubau/Saniert	Bestand	Neubau/Saniert
	U-Wert 1,5 W/(m²·K)	U-Wert 0,35 W/(m²·K)	U-Wert 1,5 W/(m²·K)	U-Wert 0,35 W/(m²·K)	U-Wert 1,0 W/(m²·K)	U-Wert 0,35 W/(m²·K)	U-Wert 1,0 W/(m²·K)	U-Wert 0,35 W/(m²·K)	U-Wert 0,35 W/(m²·K)	U-Wert 0,20 W/(m²·K)	U-Wert 0,35 W/(m²·K)	U-Wert 0,20 W/(m²·K)
	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)
April	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mai	0,5	0,4	0,7	0,6	0,5	0,4	0,7	0,6	0,4	0,4	0,6	0,6
Juni	1,8	1,5	2,5	2,1	1,7	1,5	2,3	2,1	1,5	1,5	2,1	2,1
Juli	3,0	2,5	4,1	3,5	2,8	2,5	3,9	3,5	2,5	2,4	3,5	3,4
August	2,7	2,2	3,7	3,1	2,5	2,2	3,4	3,1	2,2	2,1	3,1	3,0
September	0,4	0,3	0,6	0,5	0,4	0,3	0,5	0,5	0,3	0,3	0,5	0,5
Oktober	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
spez. Kälteleistung	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²
max. Kälteleistung	30,1	27,1	39,2	33,9	28,8	27,1	36,2	33,9	27,1	26,6	33,9	33,5

Nutzungsart Bauperiode gtotal,Fassade Gebäudezustand spez. Kältebedarf jährl. spez. Kältebedarf spez. Kälteleistung max. Kälteleistung	Wohnen (adaptives Komfortniveau)											
	vor 1945				1945 - 1990				nach 1990			
	gtotal,Fassade = 5%		gtotal,Fassade = 10%		gtotal,Fassade = 5%		gtotal,Fassade = 10%		gtotal,Fassade = 5%		gtotal,Fassade = 10%	
	Bestand	Saniert	Bestand	Saniert	Bestand	Saniert	Bestand	Saniert	Bestand	Neubau/Saniert	Bestand	Neubau/Saniert
	U-Wert 1,5 W/(m²·K)	U-Wert 0,35 W/(m²·K)	U-Wert 1,5 W/(m²·K)	U-Wert 0,35 W/(m²·K)	U-Wert 1,0 W/(m²·K)	U-Wert 0,35 W/(m²·K)	U-Wert 1,0 W/(m²·K)	U-Wert 0,35 W/(m²·K)	U-Wert 0,35 W/(m²·K)	U-Wert 0,20 W/(m²·K)	U-Wert 0,35 W/(m²·K)	U-Wert 0,20 W/(m²·K)
	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)	in kWh/(m²·a)
April	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mai	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
Juni	0,2	0,1	0,4	0,3	0,2	0,1	0,3	0,3	0,1	0,1	0,3	0,3
Juli	0,3	0,2	0,6	0,5	0,3	0,2	0,6	0,5	0,2	0,2	0,5	0,5
August	0,3	0,2	0,6	0,5	0,2	0,2	0,5	0,5	0,2	0,2	0,5	0,5
September	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
Oktober	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
spez. Kälteleistung	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²	in W/m²
max. Kälteleistung	15,0	12,2	18,8	16,5	13,7	12,2	17,4	16,3	12,2	11,9	16,3	16,0

6 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kältebedarfskurve Wohnen – generelles Komfortniveau (eigene Abbildung)	9
Abbildung 2: Kältebedarfskurve Wohnen – adaptives Komfortniveau (eigene Abbildung)	10
Abbildung 3: Kältebedarfskurve Büro – generelles Komfortniveau (eigene Abbildung)	11
Abbildung 4: Kälteleistungskurve Wohnen – generelles Komfortmodell (eigene Abbildung).....	14
Abbildung 5: Kälteleistungskurve Wohnen-adaptives Komfortniveau (eigene Abbildung).....	15
Abbildung 6: Kälteleistungskurve Büro – generelles Komfortmodell (eigene Abbildung).....	16
Abbildung 7: Kältebedarfsmatrix mit Durchführungsschritten (eigene Abbildung)	18
Abbildung 8: Frontalansicht eines exemplarischen Gebäudes in Wien	20
Abbildung 9: Kältematrix Wohnen bei Anwendung von 439,5 KGT (eigene Abbildung)	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Darstellungsarten Kältebedarfskurven	8
Tabelle 2: Differenzierungen der Kältebedarfskurven	8
Tabelle 3: Übersicht Darstellungsarten Kältebedarfskurven	13
Tabelle 4: Differenzierungen der Kälteleistungskurven	13
Tabelle 5: Randbedingungen des exemplarischen Gebäudes.....	20
Tabelle 6: Monatliche Verteilung der Kühlgradtage im Datensatz Wien Hohe Warte 2023	21
Tabelle 7: exemplarische Ergebnisse aus Kältebedarfsmatrix	21
Tabelle 8: Spezifischer Kältebedarf und spezifische Kälteleistung des Beispielgebäudes bei unterschiedlichen Gebäudekonfigurationen	22