

Urbaner Kältebedarf Österreich 2030/2050

E3.2. Bericht Kältebedarfsmodellierung & Kältebedarfskarten

L. Abart-Heriszt

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

E3.2. Bericht Kältebedarfsmodellierung & Kältebedarfskarten

DI Dr. Lore Abart-Heriszt
Institut für Raumplanung, Umweltplanung und Bodenordnung
Universität für Bodenkultur (BOKU) Wien

Wien, Mai 2024

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



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

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	7
2	Methode der Kältebedarfsmodellierung und Szenarioanalyse	8
2.1.	Berechnung der Kühlgradtage	9
2.2.	Ermittlung der Wohn- und Büroflächen	11
2.2.1.	Ermittlung der Wohnflächen 2021	11
2.2.2.	Ermittlung der Büroflächen 2021	12
2.2.3.	Ermittlung künftiger Wohn- und Büroflächen.....	13
2.3.	Szenarioanalyse	16
3	Kühlgradtage in Österreich	19
3.1.	Moderate Entwicklung der Kühlgradtage in Österreich bis 2050.....	19
3.2.	Dynamische Entwicklung der Kühlgradtage in Österreich bis 2050	24
4	Wohn- und Büroflächen in Österreich	31
4.1.	Wohnflächen in Österreich 2021	31
4.2.	Büroflächen in Österreich 2021	33
4.3.	Entwicklung der Wohn- und Büroflächen bis 2050	35
5	Entwicklung des Kältebedarfs	40
5.1.	Absoluter Kältebedarf.....	41
5.1.1.	Absoluter Kältebedarf 2021.....	41
5.1.2.	Entwicklung des absoluten Kältebedarfs bis 2050	42
5.2.	Spezifischer Kältebedarf	50
5.2.1.	Spezifischer Kältebedarf 2021	50
5.2.2.	Entwicklung des spezifischen Kältebedarfs bis 2050.....	51
5.3.	Monatlicher Kältebedarf.....	57
6	Entwicklung der Kälteleistung bis 2050	61
6.1.	Absolute Kälteleistung	61
6.1.1.	Absolute Kälteleistung 2021	61
6.1.2.	Entwicklung der absoluten Kälteleistung bis 2050	62
6.2.	Spezifische Kälteleistung.....	68
6.2.1.	Spezifische Kälteleistung 2021	68
6.2.2.	Entwicklung der spezifischen Kälteleistung bis 2050	69
7	Einfluss des Komfortniveaus auf den Kältebedarf	75
7.1.	Absoluter Kältebedarf der Wohnungen bei unterschiedlichen Komfortniveaus	76
7.1.1.	Einfluss des Komfortniveaus auf den absoluten Kältebedarf 2021.....	76
7.1.2.	Einfluss des Komfortniveaus auf den absoluten Kältebedarf bis 2050	77
7.2.	Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen bei unterschiedlichen Komfortniveaus.....	80
7.2.1.	Einfluss des Komfortniveaus auf den spezifischen Kältebedarf 2021	80
7.2.2.	Einfluss des Komfortniveaus auf den spezifischen Kältebedarf bis 2050.....	81

7.3. Kältebedarf bei Komfortmix.....	85
7.3.1. Absoluter Kältebedarf bei Komfortmix von 2021 bis 2050	85
7.3.2. Exkurs zur absoluten Kälteleistung bei Komfortmix von 2021 bis 2050	88
7.3.3. Spezifischer Kältebedarf bei Komfortmix von 2021 bis 2050.....	90
8 Einfluss der Kühlsättigung auf den Kältebedarf.....	95
8.1. Wohnflächen ohne Kältebedarf.....	95
8.1.1. Wohnflächen ohne Kältebedarf 2021	95
8.1.2. Wohnflächen ohne Kältebedarf bei generellem Komfortniveau bis 2050.....	97
8.1.3. Wohnflächen ohne Kältebedarf bei adaptivem Komfortniveau bis 2050.....	100
8.2. Kühlsättigung der Wohnungen bei unterschiedlichen Schwellenwerten	102
8.2.1. Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m ² ,a	102
8.2.2. Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 6 kWh/m ² ,a	107
8.3. Kältebedarf mit Kühlsättigung der Wohnungen.....	110
8.3.1. Kältebedarf mit Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m ² ,a	110
8.3.2. Kältebedarf mit Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 6 kWh/m ² ,a	113
8.3.3. Unterschiedlich starker Einfluss der Kühlsättigung.....	114
9 Komponenten der Entwicklung von Kältebedarf und Kälteleistung	117
9.1. Komponenten der Entwicklung des Kältebedarfs.....	117
9.2. Komponenten der Entwicklung der Kälteleistung	121
10 Kältebedarf der Wohnungen in den Katastralgemeinden.....	123
11 Zusammenfassung & Schlussfolgerungen	125
11.1. Wesentliche Erkenntnisse.....	125
11.2. Bedeutende Einflussgrößen	131
11.3. Schlussfolgerungen	135
12 Verzeichnisse.....	136

1 Ausgangslage

In Zusammenhang mit der derzeit erfolgenden globalen Erwärmung, der Urbanisierung, dem zunehmenden Wohlstand und den damit verbundenen höheren Komfortansprüchen zeichnet sich eine steigende Nachfrage nach Gebäudekühlung ab. Differenzierte Daten zur Höhe des damit verbundenen, künftigen Kältebedarfs liegen für Österreich jedoch zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht vor. Daher fehlt eine wichtige Entscheidungsgrundlage für die Entwicklung entsprechender energie- und klimapolitischer Strategien sowie technologischer Innovationen.

Ein zentrales Anliegen des Projekts Urbaner Kältebedarf in Österreich 2030/2050 (FFG-Nr. 893530), in der Folge kurz als UKÖ 2030/2050 bezeichnet, besteht daher in der Quantifizierung des künftigen österreichischen Energiebedarfs für Raumkühlung in räumlicher, zeitlicher und sachlicher Differenzierung sowie in der Erstellung von Kältebedarfskarten für Österreich. Methodik und Ergebnisse der zugrunde liegenden Modellierung und Szenarioanalyse sind im vorliegenden Bericht dokumentiert.

2 Methode der Kältebedarfsmodellierung und Szenarioanalyse

Der im Folgenden zu quantifizierende künftige Kältebedarf Österreichs umfasst den Energiebedarf für die Kühlung von Wohnungen und Büros; er wird auch als **urbaner Kältebedarf** bezeichnet. Dieser beschränkt sich allerdings nicht im engeren Sinne des Wortes auf städtisch geprägte Gemeinden, sondern kann auch – vornehmlich in Abhängigkeit von den innerhalb Österreichs höchst unterschiedlichen klimatischen Rahmenbedingungen – in ländlich strukturierten Regionen identifiziert werden. Demgegenüber werden die Kältebedarfe zur Kühlung weiterer Gebäude (z.B. Hotels) ebenso wie jene von Produktionsprozessen (z.B. die Erzeugung von Lebensmitteln) oder Kältebedarfe, die im Rahmen der Erbringung von Dienstleistungen außerhalb von Büros anfallen (z.B. das Angebot von Kühlprodukten im Handel), nicht erfasst. Im Rahmen von UKÖ 2030/2050 wird unter dem Kältebedarf die aus Wohnungen und Büros thermisch abzuführende jährliche Energiemenge einschließlich der Entfeuchtung von Büroflächen verstanden. Die Kälteleistung beschreibt die maximale aus den Innenräumen von Wohnungen und Büros innerhalb einer Stunde thermisch abzuführende Leistung.

Ausgangspunkt für die Modellierung des künftigen österreichischen Kältebedarfs ist die **Kältematrix** (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix), die für 30 verschiedene Gebäudekategorien Funktionen für den jährlichen Kältebedarf je Quadratmeter Bruttogrundfläche und die maximale Kälteleistung je Quadratmeter Nutzfläche vornehmlich in Abhängigkeit von der Anzahl an Kühlgradtagen ausweist, dem bestimmenden Parameter zur Beschreibung der klimatologischen Rahmenbedingungen für den Kältebedarf. Die Quantifizierung der absoluten Höhe des jährlichen Kältebedarfs in Österreich sowie der maximalen Kälteleistung erfordert demnach Angaben zum Stand, zur künftigen Entwicklung und zur räumlichen Verteilung sowohl der **Kühlgradtage** (vgl. Kapitel 2.1) als auch der zu kühlenden **Flächen in Wohnungen und Büros** in den ausgewiesenen Gebäudekategorien (vgl. Kapitel 2.2).

Die darauf basierende Modellierung des künftigen Kältebedarfs in Österreich (einschließlich der Kälteleistung) stützt sich auf eine **Szenarioanalyse**. Diese unterscheidet zunächst zwischen der Ausgangslage (Datenbasis 2021) sowie drei Zeithorizonten in der Zukunft (2030, 2040, 2050). Das Hauptaugenmerk richtet die Szenarioanalyse auf die Abbildung der künftigen Entwicklung der Kühlgradtage (zwei Entwicklungspfade) sowie der räumlichen Entwicklung in der Zukunft (zwei Entwicklungspfade). Für jeden Zeithorizont resultieren demnach vier Szenarien. Darüber hinaus werden für die Wohnnutzung zwei unterschiedliche **Komfortniveaus** berücksichtigt; außerdem wird für die Wohnflächen der Stellenwert zweier unterschiedlicher Niveaus der **Kühlsättigung** analysiert; schließlich wird der Frage nachgegangen, wie sich die **Sanierung** des Gebäudebestands auf den Kältebedarf der Zukunft auswirkt bzw. welchen Einfluss die räumliche Entwicklung und die Entwicklung der Kühlgradtage auf den Kältebedarf zeigen (vgl. Kapitel 2.3).

Die höchste räumliche Auflösung der Modellierung umfasst grundsätzlich eine einzelne **Gemeinde**, die höchste zeitliche Auflösung stellt ein einzelner **Monat** dar, die höchste sachliche Auflösung basiert auf einer einzelnen **Gebäudekategorie**. Für die nachfolgende Darstellung der Ergebnisse erfolgt eine im jeweiligen Kontext zielführende Aggregation der räumlichen, zeitlichen und sachlichen Auflösung. Der Kältebedarf der Wohnungen wird auch auf der Ebene der Katastralgemeinden ermittelt und kartographisch dargestellt.

2.1. Berechnung der Kühlgradtage

Ein wichtiger Einflussfaktor für den Kältebedarf ist die Anzahl an Kühlgradtagen bzw. deren Entwicklung im Zeitraum von 2021 bis 2050. Die Kühlgradtage repräsentieren die **klimatologischen Rahmenbedingungen** für den Kältebedarf und sind innerhalb Österreichs bzw. innerhalb der österreichischen Bundesländer stark differenziert.

Die Kühlgradtage bilden die Summe der Temperaturdifferenzen zwischen der Tagesmitteltemperatur und einem Zielwert ab, sobald ein gewisser Grenzwert erreicht wird. Im Zuge von UKÖ 2030/2050 wird eine im angloamerikanischen Maßsystem übliche Definition der Kühlgradtage herangezogen, die den Grenz- und Zielwert in identer Höhe festlegt, nämlich mit **18,3 Grad Celsius**; dieser Wert entspricht 65 Grad Fahrenheit. Für die Berechnung der Kühlgradtage werden demnach nur jene Tage berücksichtigt, an denen die Tagesmitteltemperatur mindestens den Grenzwert von 18,3 Grad Celsius erreicht. Für diese Tage werden die Temperaturdifferenzen zwischen der Tagesmitteltemperatur und dem Zielwert in der Höhe von ebenfalls 18,3 Grad Celsius ermittelt. Diese Werte werden über einzelne Monate bzw. das gesamte Jahr aufsummiert.

Die Definition der Kühlgradtage mit identen Grenz- und Zielwerten in der Höhe von 18,3 Grad Celsius liegt den Datensätzen zugrunde, die österreichweit mit einer hohen räumlichen Auflösung als Ergebnisse aus dem **Climamap**-Projekt¹ zur Verfügung stehen und in UKÖ 2030/2050 zur Anwendung kommen. Im Rahmen des Climamap-Projekts wurden die Datensätze zu den Kühlgradtagen gemeinsam mit zahlreichen weiteren Klimaindikatoren aus den Österreichischen Klimaszenarien 2015 (ÖKS15)² in einem österreichweiten 1km-Raster für die Forschung zugänglich gemacht³.

Für die Berücksichtigung der künftigen klimatologischen Rahmenbedingungen wird im Zuge von UKÖ 2030/2050 zunächst das Szenario **RCP** (representative concentration path) **8.5** herangezogen, das sich – unter Bedachtnahme auf die Bandbreite der zugrundeliegenden Klimamodelle – im Zeitraum bis zum Jahr 2050 (noch) nicht wesentlich vom Szenario RCP 4.5 unterscheidet; in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts sind die Unterschiede zwischen den beiden Szenarien im Hinblick auf die Anzahl an Kühlgradtagen hingegen erheblich (vgl. Abbildung 1).

Die Grundlage für die Analyse und Aufbereitung der Kühlgradtage und damit die Eingangsgröße in die Modellierung des Kältebedarfs bildet der *Climamap-Datensatz*: Er beinhaltet für die 1.440 Monate von Jänner 1981 bis Dezember 2100 jeweils den monatlichen Median der Kühlgradtage aus den 14 zugrunde liegenden Klimamodellen („ÖKS15-Ensembles“); da der Datensatz in einer räumlichen Auflösung von 1km x 1km über ganz Österreich vorliegt, umfasst er rund 84.000 Rasterfelder. Im Rahmen von UKÖ 2030/2050 werden aus diesen Daten **gleitende 30-jährige Mittelwerte** der Kühlgradtage ermittelt, die aussagekräftiger sind und den langfristigen Trend besser abzubilden vermögen als die – angesichts der zeitlich variierenden Modellparameter – stark schwankenden Werte für einzelne Monate bzw. Jahre (vgl. Abbildung 1). Für die Ermittlung des Kältebedarfs im Jahr 2050 wird demnach beispielsweise das 30-jährige Mittel der Kühlgradtage aus den Jahren 2036 bis 2065 herangezogen. Analog dazu werden auch die monatlichen Kühlgradtage als gleitende Mittelwerte über 30 Jahre ermittelt. Diese Vorgehensweise folgt dem im Climamap-Projekt gewählten

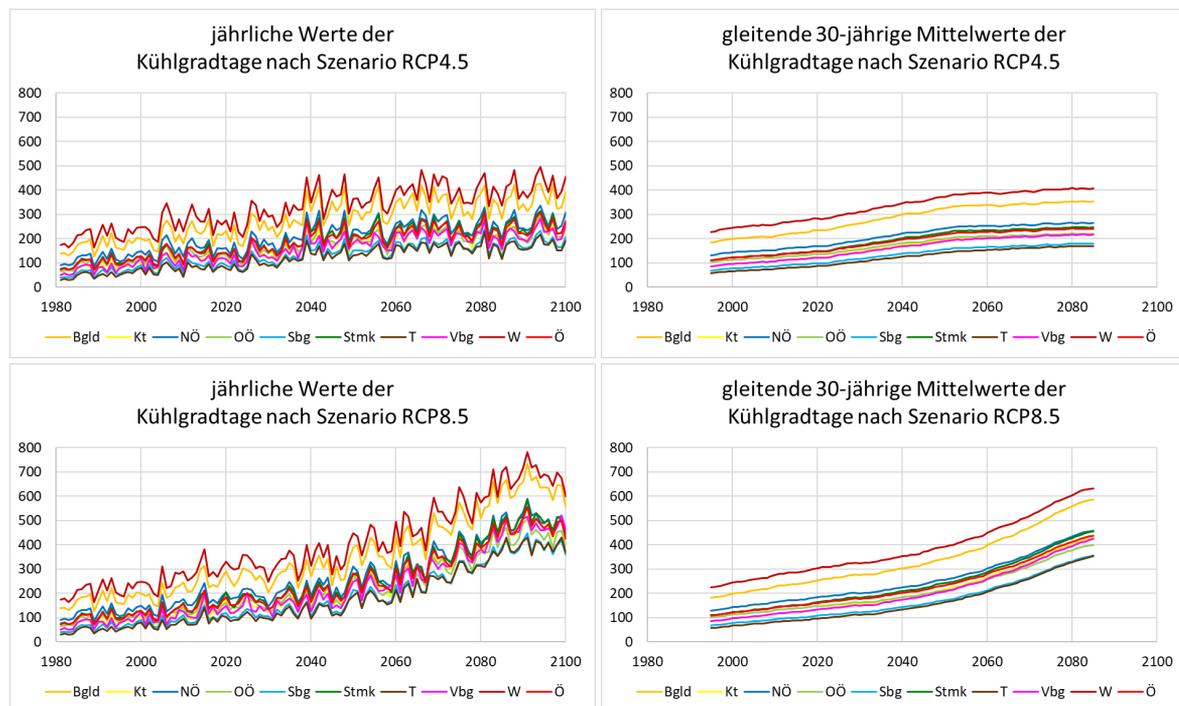
¹ <https://climamap.wordpress.com> bzw. <http://www.klimawandelanpassung.at/newsletter/nl31/kwa-clima-map>

² <https://klimaszenarien.at/oeks-15/>

³ [CLIMAMAP | CCCA Data Server](#)

Ansatz, worin Aussagen für die Perioden 2016 bis 2045, 2036 bis 2065 sowie 2071 bis 2100 getroffen werden.

Abbildung 1: Jährliche Werte und gleitende 30-jährige Mittelwerte der Kühlgradtage nach Szenario RCP4.5 und Szenario RCP8.5, ermittelt nach der Methode der Siedlungsraumpunkte



Quelle: eigene Berechnung basierend auf dem *Climamap-Datensatz*

Im Zuge von UKÖ 2030/2050 erfolgt die Ermittlung des Kältebedarfs auf Gemeindeebene (Gebietsstand 1.1.2023) bzw. in Wien differenziert nach den Stadtbezirken. Dafür werden Angaben zur Entwicklung der Kühlgradtage in den 2.115 österreichischen Gemeinden bzw. Wiener Stadtbezirken benötigt. Um die klimatologischen Rahmenbedingungen für den urbanen Kältebedarf räumlich entsprechend zu präzisieren, kommt eine an der Lage der **Siedlungen** orientierte Vorgehensweise zur Anwendung. Ausgangspunkt dafür ist der von der Statistik Austria im 250m-Raster für ganz Österreich zur Verfügung gestellte *Siedlungsraum-Datensatz*, wobei in der Folge nur Siedlungsräume mit mindestens 25ha (das sind fünf über zumindest eine Seite aneinander angrenzende Rasterfelder) Berücksichtigung finden. In jedem Siedlungsraum wird ein Punkt gesetzt; insgesamt sind es 11.305 sogenannte „Siedlungsraum-Punkte“ in ganz Österreich. An jedem Punkt werden die 1.440 monatlichen Ensemblemediane für die Kühlgradtage von Jänner 1981 bis Dezember 2100 aus dem *Climamap-Datensatz* für das Szenario RCP8.5 abgetastet und die gleitenden 30-jährigen Mittelwerte von 1995 bis 2085 ermittelt, wobei im weiteren Verlauf die Werte für 2021, 2030, 2040 und 2050 in die Modellierung des Kältebedarfs eingehen. In der Folge werden die einzelnen Siedlungsräume entsprechend ihrem Anteil an der Fläche aller Siedlungsräume der betreffenden Gemeinde gewichtet und auf Gemeindeebene aggregiert. Dadurch fließen jene Punkte, die große Siedlungsräume repräsentieren, mit höherem Gewicht in die Berechnung der gemeindespezifischen Kühlgradtage ein als Siedlungsraum-Punkte, die stellvertretend für kleine Siedlungsräume stehen. Damit wird auf die räumliche Differenzierung der klimatologischen Rahmenbedingungen innerhalb der Gemeinden Bedacht genommen. Die Aggregation über gewichtete Siedlungsraum-Punkte kann auch für die

Ermittlung der Kühlgradtage auf der Ebene der Bundesländer sowie für ganz Österreich zur Anwendung kommen. Der Vorteil dieser Vorgehensweise gegenüber der Ermittlung von Flächenmitteln (d.h. den Mittelwerten über alle Rasterfelder innerhalb einer Gemeinde oder eines Bundeslandes) besteht darin, dass die Kühlgradtage an jenen Standorten erfasst werden, an denen sich die zu kühlenden Gebäude befinden, während die nicht besiedelten – insbesondere in den alpin geprägten Bundesländern hoch gelegenen und durch geringe Kühlgradtage gekennzeichneten – Gebiete bei der Ermittlung der Kühlgradtage unberücksichtigt bleiben.

Um die Werte für die Kühlgradtage, die basierend auf den Climamap-Daten mithilfe der soeben beschriebenen Methode der Siedlungsraumpunkte ermittelt worden sind, zu validieren, wird im Rahmen von UKÖ 2030/2050 für die Klimanormalperiode 1991-2020 eine Gegenüberstellung mit den realen Kühlgradtagen vorgenommen, die aus **Beobachtungsdaten** ermittelt werden können. Als Grundlage dafür dient der *Spartacus-Datensatz* der Geosphere Austria, der unter anderem Tagesminima und Tagesmaxima der Lufttemperatur (in 2m über Grund) im 1km-Raster für ganz Österreich umfasst. Für alle Tage vom 1.1.1991 bis 31.12.2020 werden die beiden Werte an den 11.305 Siedlungsraum-Punkten abgetastet und daraus die Tagesmitteltemperaturen berechnet. In der Folge wird ein Vergleich zwischen Tagesmittelwerten und Grenzwert für die Berechnung der Kühlgradtage (18,3 Grad Celsius) vorgenommen und werden daraus allenfalls die täglichen Temperaturdifferenzen zwischen der Mitteltemperatur und dem Zielwert (ebenfalls 18,3 Grad Celsius) erfasst. In der Folge werden die jährlichen Kühlgradtage von 1991 bis 2020 sowie das 30-jährige Mittel der Kühlgradtage für die betrachtete Klimanormalperiode in den Siedlungsraum-Punkten berechnet. Darauf basierend können wiederum Aussagen auf Gemeindeebene, für die Bundesländer sowie für Österreich insgesamt getroffen und eine Gegenüberstellung mit den modellierten Climamap-Daten vorgenommen werden.

Im Rahmen der **Szenarioanalyse** zur Quantifizierung des künftigen österreichischen Kältebedarfs werden einerseits die Originaldaten aus dem Climamap-Projekt entsprechend dem Szenario RCP8.5 herangezogen (**moderater Entwicklungspfad**); andererseits wird der Modellierung des Kältebedarfs eine – angesichts der Gegenüberstellung mit Beobachtungsdaten – adaptierte Anzahl an Kühlgradtagen zugrunde gelegt (**dynamischer Entwicklungspfad**).

2.2. Ermittlung der Wohn- und Büroflächen

Der künftige Kältebedarf wird maßgeblich vom Ausmaß der zu kühlenden Flächen in den österreichischen Gemeinden sowie – im Zuge von UKÖ 2030/2050 – von deren Entwicklung im Zeitraum von 2021 bis 2050 bestimmt. Dabei wird zwischen Wohnflächen und Büroflächen unterschieden.

2.2.1. Ermittlung der Wohnflächen 2021

Aktuelle Angaben zu den **Wohnflächen auf Gemeindeebene** werden von der Statistik Austria basierend auf der *Gebäude- und Wohnungszählung 2021* zum Download zur Verfügung gestellt. Die Flächen werden zunächst differenziert nach der Gebäudestruktur (Einfamilien-/Doppelhäuser und Mehrfamilienhäuser), der Wohnsitzart (mit/ohne Hauptwohnsitz) sowie neun Bauperioden herangezogen. In der Folge wird auf eine separate Betrachtung der beiden Gebäudestrukturen verzichtet, weil Gebäudesimulationen zeigen, dass jene Faktoren, die für einen höheren bzw.

niedrigeren spezifischen Kältebedarf der einen oder anderen Gebäudestruktur verantwortlich gemacht werden können, einander weitgehend ausgleichen (vgl. E2.1 Bildungsfaktoren des Kältebedarfs). Die Wohnflächen der Wohnungen mit Hauptwohnsitz gehen vollumfänglich in die Quantifizierung des Kältebedarfs ein. Die Wohnflächen der Wohnungen ohne Hauptwohnsitz werden nur zur Hälfte berücksichtigt. Bei diesen Wohnungen handelt es sich im Allgemeinen um arbeits-, ausbildungs- und freizeitbedingte Wohnsitze, die Optionen für eine Vielzahl unterschiedlicher Nutzungsformen eröffnen, oder um Leerstände. Im Rahmen der Szenarioanalyse werden die Auswirkungen der Kühleinsparung untersucht und Wohnflächen mit geringen Kältebedarfen mithilfe von Schwellenwerten von der Modellierung ausgeschlossen.

Die neun Bauperioden werden zu jenen drei Bauperioden aggregiert, für die in der Kältematrix (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix) unterschiedliche Funktionen für den jährlichen Kältebedarf und die maximale Kälteleistung ausgewiesen sind. Demnach finden die Bauperioden „vor 1945“, „1945 bis 1990“ sowie „nach 1990“ Eingang in die Modellierung des Kältebedarfs. Innerhalb der drei Bauperioden wird – analog zur Struktur der Kältematrix – eine Aufteilung der Wohnflächen auf jeweils vier Gebäudekategorien vorgenommen, sodass insgesamt **zwölf Wohngebäudekategorien** Berücksichtigung finden (vgl. E2.1 Bildungsfaktoren des Kältebedarfs). Dabei werden die Wohnflächen sowohl nach der Qualität des Schutzes vor solarer Einstrahlung (zwei Ausprägungen) als auch nach dem energetischen Standard (ebenfalls zwei Ausprägungen) differenziert. Der Schutz vor solarer Einstrahlung beeinflusst den Wärmeeintrag in die Innenräume der Wohnungen maßgeblich; er wird mithilfe eines Kennwertes für die Verglasungskonfiguration bewertet, dessen Höhe vom Glasanteil der Fassade, vom Energiedurchlassgrad des Fensterglases und von der Verschattung der Fenster abhängt (vgl. E2.1 Bildungsfaktoren des Kältebedarfs). Die Beurteilung des energetischen Standards erfolgt für den Gebäudebestand bis 1990 basierend auf den Angaben einer Studie des Instituts für Immobilien, Bauen und Wohnen (IIBW) und des Umweltbundesamtes (UBA) (*Amann et al. 2021*). Für die Zuordnung des jüngeren bzw. künftigen Gebäudebestands zu unterschiedlichen energetischen Standards werden ebenso wie für die Differenzierung sämtlicher Wohnflächen bezüglich des Schutzes vor solarer Einstrahlung Angaben aus E2.1 Bildungsfaktoren des Kältebedarfs herangezogen. Im Rahmen der Szenarioanalyse wird der Einfluss von Sanierungsaktivitäten auf den Kältebedarf in der Zukunft untersucht.

Da die Angaben aus der Gebäude- und Wohnungszählung Nutzflächen abbilden, ist eine Umrechnung auf Bruttogrundflächen erforderlich, die den Funktionen der Kältematrix für den Kältebedarf zugrunde liegen. Basierend auf der OIB-Richtlinie 6 Energieeinsparung und Wärmeschutz⁴, wonach 1m² Bruttogrundfläche 0,8m² Nutzfläche entspricht, wird ein Faktor von 1,25 für die Umrechnung der Wohnnutzflächen auf Bruttogrundflächen in Wohnungen herangezogen. Den Funktionen der Kältematrix für die Kälteleistung liegen hingegen Nutzflächen zugrunde, sodass hier mit den Originaldaten gerechnet werden kann.

2.2.2. Ermittlung der Büroflächen 2021

Da keine validen statistischen Daten zu den Büroflächen in den österreichischen Gemeinden vorliegen, werden diese anhand der nach Branchen differenzierten **Beschäftigtenzahlen** und

⁴ https://www.oib.or.at/sites/default/files/oib-rl_6_ausgabe_mai_2023.pdf

branchenspezifischen Anteilen der Bürobeschäftigten an allen Beschäftigten sowie einem spezifischen Flächenbedarf je bürobeschäftigter Person ermittelt.

Aktuelle Angaben zu den Beschäftigten auf Gemeindeebene werden von der Statistik Austria basierend auf der *Arbeitsstättenzählung 2021* zum Download zur Verfügung gestellt. Die Beschäftigten werden dabei nach ÖNACE-Abschnitten differenziert herangezogen. Die Anteile der Bürobeschäftigten an allen Beschäftigten werden einer aktuellen deutschen Studie entnommen (*Hammermann und Stettes 2023*). Sie decken eine Bandbreite von 50% bis 84% ab, wobei die ÖNACE-Abschnitte in sieben Branchengruppen aggregiert dargestellt werden. Für den spezifischen Büroflächenbedarf wird in Anlehnung an eine österreichische Studie zum Energieverbrauch im Dienstleistungssektor (*Benke et al. 2012*) ein Ausmaß von 30m² Nutzfläche unterstellt. Die Umrechnung auf Bruttogrundflächen erfolgt analog zu den Wohnflächen mit dem Faktor 1,25.

Da keine Angaben zu den Bauperioden der Büroflächen in den österreichischen Gemeinden zur Verfügung stehen, werden die Büroflächen entsprechend den gemeindespezifischen Anteilen der einzelnen Bauperioden an den Wohnflächen differenziert und den drei relevanten Bauperioden (vor 1945, 1945 bis 1990, nach 1990) zugeordnet. Innerhalb der drei Bauperioden werden die Büroflächen – entsprechend der Struktur der Kältematrix – jeweils sechs verschiedenen Gebäudekategorien zugeordnet, sodass insgesamt **18 Bürogebäudekategorien** in die Modellierung Eingang finden (vgl. E2.1 Bildungsfaktoren des Kältebedarfs). Dabei kommen drei unterschiedliche Ausprägungen für die Qualität des Schutzes vor solarer Einstrahlung sowie zwei Ausprägungen für den energetischen Standard der Gebäude zur Anwendung. Angesichts mangelnder Datengrundlagen wird die Differenzierung der Büroflächen nach dem energetischen Standard innerhalb der beiden Bauperioden bis 1990 in Analogie zu den Wohnflächen vorgenommen. Die Aufteilung der Büroflächen nach 1990 auf unterschiedliche energetische Standards sowie die Differenzierung sämtlicher Büroflächen nach dem Schutz vor solarer Einstrahlung basiert auf Angaben aus E2.1 Bildungsfaktoren des Kältebedarfs. Die Ermittlung der Auswirkungen der künftigen Sanierung von Büroflächen auf den Kältebedarf in der Zukunft ist Gegenstand der Szenarioanalyse.

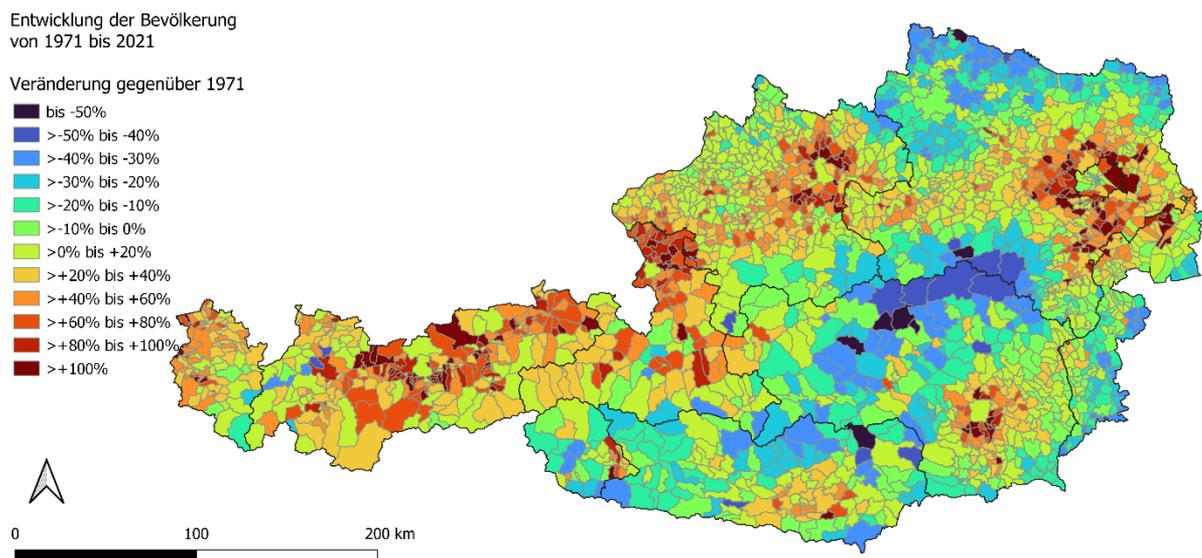
2.2.3. Ermittlung künftiger Wohn- und Büroflächen

Als Grundlage für die Quantifizierung des künftigen österreichischen Kältebedarfs ist ausgehend vom Bestand an Wohn- und Büroflächen im Jahr 2021 die Frage nach deren Entwicklung bis zum Jahr 2050 zu beantworten. Stellvertretend für die (klein)regional unterschiedliche räumliche Dynamik und Siedlungsentwicklung wird die Bevölkerungsentwicklung in den nächsten Jahrzehnten herangezogen, für die eine aktuelle **kleinräumige Prognose** seitens der Österreichischen Raumordnungskonferenz (*ÖROK-Prognose*) vorliegt. Sie trifft Aussagen zur Bevölkerungsentwicklung bis 2050 in rund 120 Prognoseregionen, die mehrheitlich ident mit den politischen Bezirken sowie den Wiener Stadtbezirken sind.

Um Aussagen auf Gemeindeebene treffen zu können, ist eine entsprechende Verfeinerung der ÖROK-Prognose erforderlich. Dafür finden im Zuge von UKÖ 2030/2050 die Ergebnisse eines zeitgleich bearbeiteten Projekts mit dem Kürzel NurZu! (FFG Projektnummer FO999895389: Integration von nationalen und regionalen Modellen für die Zukunft der elektrischen Energieversorgung in Österreich; Laufzeit 01/2023 bis 12/2025) Anwendung. Im Rahmen von NurZu! wird für die Verfeinerung der ÖROK-Prognose die **Bevölkerungsentwicklung** der österreichischen Gemeinden

basierend auf den Angaben der zehnjährlichen *Bevölkerungszählungen 1971-2021* herangezogen, die von der Statistik Austria zum Download zur Verfügung gestellt werden. In den letzten fünfzig Jahren zeigt die Bevölkerungsentwicklung einerseits ein Gefälle von (Nord)Ost nach (Süd)West, wobei einige Gemeinden im Westen auch erheblich von der Entwicklung des Tourismus profitiert haben; andererseits ist eine beträchtliche Dynamik in den Zentralräumen zu verzeichnen, wobei insbesondere im Umland von Wien und der größeren Landeshauptstädte die bedeutendsten Bevölkerungszuwächse zu verzeichnen waren (vgl. Abbildung 2).

Abbildung 2: Entwicklung der Bevölkerung in Österreichs Gemeinden von 1971 bis 2021



Quelle: *Bevölkerungszählungen 1971-2021*, eigene Bearbeitung

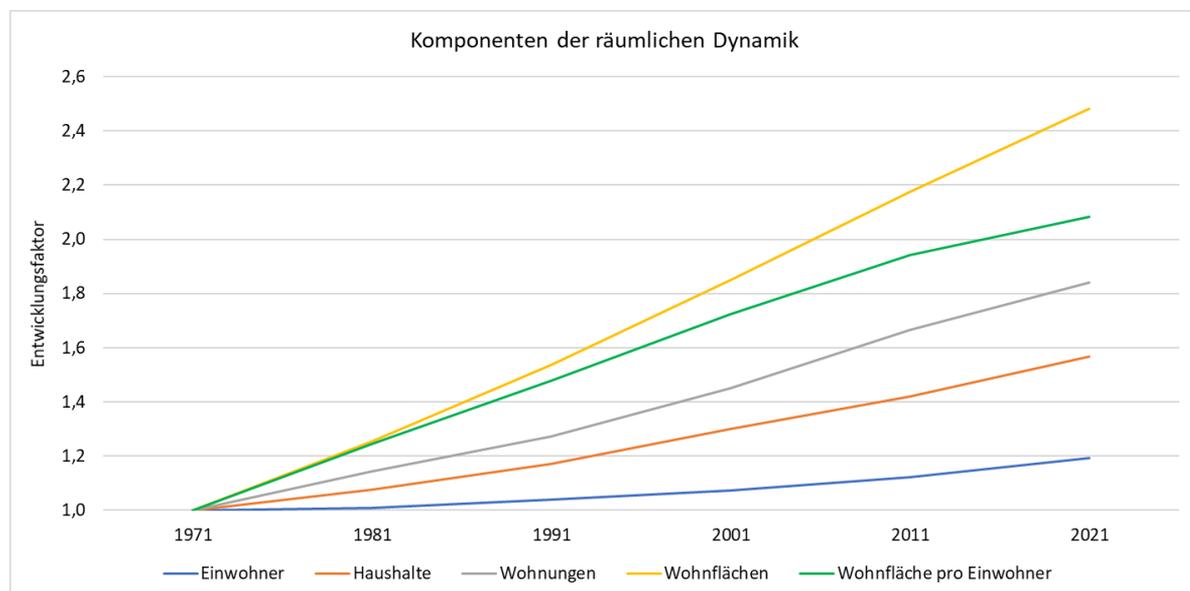
Für jede Gemeinde wird die absolute jährliche Veränderung der Einwohnerzahl zwischen 1971 bis 2021 ermittelt, **in die Zukunft bis 2050 projiziert** und so normiert, dass die Summe über alle Einwohner der Gemeinden eines Bezirks im Jahr 2050 dem betreffenden Wert der ÖROK-Prognose entspricht. Dabei werden allzu dynamische Entwicklungen in einzelnen Gemeinden insofern unterbunden, als übermäßige Veränderungen im Zeitraum von 2021 bis 2050 auf alle Gemeinden im betreffenden Bezirk verteilt werden, um Grenzen der Erweiterung von Siedlungsstrukturen und damit einhergehende Effekte der Sättigung von räumlichen Entwicklungsprozessen zu berücksichtigen. Sobald mit dieser Vorgangsweise die Einwohnerzahl bis 2050 für jede Gemeinde prognostiziert ist, lässt sich die prozentuelle Zu- oder Abnahme der Bevölkerung von 2021 bis 2050 ermitteln. Dabei wird in diesem Zeitraum eine lineare Entwicklung unterstellt, sodass auch Aussagen für die Jahre 2030 und 2040 getroffen werden können.

Unter der Voraussetzung, dass die Veränderungen der Einwohnerzahl repräsentativ für die Entwicklung der Raum- und Siedlungsstrukturen sind, wird die prozentuelle Veränderung der Bevölkerungsentwicklung von 2021 bis 2030, 2040 oder 2050 auf die Entwicklung der Wohn- und Büroflächen in den einzelnen österreichischen Gemeinden angewandt. In Gemeinden mit einer positiven Dynamik erhöht sich damit das Ausmaß an Wohn- und Büroflächen in der jüngsten Bauperiode, wobei die Flächen den beiden Gebäudekategorien mit vergleichsweise hohen

energetischen Standards, aber unterschiedlichem Schutz vor solarer Einstrahlung zugeordnet werden; Gemeinden mit einer negativen Dynamik weisen abnehmende Wohn- und Büroflächen in allen Gebäudekategorien auf. Daraus resultiert ein **moderater Pfad zur räumlichen Entwicklung** für die Szenarioanalyse.

In der Folge wird für jede Gemeinde eine Gegenüberstellung der Bevölkerungsentwicklung mit der Entwicklung der Haushalte (vgl. *Volks-/Registerzählungen 1971-2021*) und Wohnungen (vgl. *Gebäude- und Wohnungszählungen 1971-2021*) sowie mit der Entwicklung der Wohnflächen im Zeitraum von 1971 bis 2021 vorgenommen (vgl. Abbildung 3); die diesbezüglichen Angaben zu den Wohnflächen sind aufgrund der nach Bauperioden differenzierten Analyse der Wohnflächen 2021 bekannt. Dabei zeigen sich eine überproportionale Entwicklung der Haushalte gegenüber den Einwohnern aufgrund sinkender Haushaltsgrößen, eine überproportionale Entwicklung der Wohnungen gegenüber den Haushalten angesichts von Nebenwohnsitzen und Leerständen sowie eine überproportionale Entwicklung der Wohnflächen gegenüber den Wohnungen vornehmlich entsprechend steigender Komfortansprüche. Darauf basierend wird die **Entwicklung der spezifischen Wohnfläche**, d.h. der Wohnfläche pro Person, ermittelt. Sie weist einen gegenüber der Einwohnerentwicklung erheblich steileren Anstieg von 1971 bis 2021 auf, wobei sich im letzten Jahrzehnt seit 2011 eine leichte Sättigung bemerkbar macht.

Abbildung 3: Komponenten der räumlichen Dynamik – Entwicklung der Einwohner, Haushalte, Wohnungen, Wohnflächen sowie der spezifischen Wohnfläche pro Einwohner in Österreich von 1971 bis 2021



Quelle: *Bevölkerungszählungen 1971-2021, Volks-/Registerzählungen 1971-2021, Gebäude- und Wohnungszählungen 1971-2021, eigene Bearbeitung*

Die jährliche Veränderung der spezifischen Wohnfläche von 1971 bis 2021 wird in jeder einzelnen Gemeinde auf den Zeitraum von 2021 bis 2050 übertragen, wobei die sich im letzten Jahrzehnt (2011 bis 2021) abzeichnende Sättigung berücksichtigt und die Entwicklung der spezifischen Wohnfläche in der Zukunft abgeschwächt wird. Danach wird für jede Gemeinde die Prognose für die Entwicklung der spezifischen Wohnfläche mit der Dynamik der Bevölkerungsentwicklung überlagert, um einen

dynamischen Pfad zur räumlichen Entwicklung für die Szenarioanalyse zu formulieren und auf die Wohn- und Büroflächen der einzelnen Gemeinden anzuwenden.

2.3. Szenarioanalyse

Für die Quantifizierung des jährlichen Kältebedarfs und der maximalen Kälteleistung in Österreich wird ein Modell entwickelt, das einerseits Aussagen für das Jahr 2021 (als Referenz für die **Ausgangslage**) erlaubt und andererseits die künftigen Zeithorizonte **2030, 2040 und 2050** adressiert. Die Modellierung für die Zukunft erfolgt jeweils in mehreren Szenarien, um den Unsicherheiten vornehmlich im Hinblick auf den Klimawandel und die damit verbundene Zunahme der Kühlgradtage sowie betreffend die räumliche Entwicklung und die damit einhergehende Veränderung der Wohn- und Büroflächen Rechnung zu tragen.

Sowohl für die Zunahme der Kühlgradtage als auch für die Veränderung der Wohn- und Büroflächen werden jeweils ein **moderater und ein dynamischer Entwicklungspfad** formuliert: Die moderate Zunahme der Kühlgradtage folgt den Originaldaten aus dem Climamap-Projekt entsprechend dem RCP8.5-Szenario; die dynamische Entwicklung bildet adaptierte Kühlgradtage ab, die gegenüber den Climamap-Daten erhöht sind und die Ausprägung der Beobachtungsdaten in der Klimanormalperiode 1991 bis 2020 berücksichtigen. Die moderate Entwicklung der Wohn- und Büroflächen stützt sich ausschließlich auf die Dynamik der Bevölkerungsentwicklung; die dynamische Entwicklung zieht darüber hinaus auch die Zunahme der spezifischen Fläche pro Person in Betracht.

Daraus können **vier Szenarien** abgeleitet werden (vgl. Tabelle 1): Das Szenario [A] ist sowohl durch eine moderate Entwicklung der Kühlgradtage als auch der Wohn- und Büroflächen gekennzeichnet; im Szenario [B] steht eine moderate Entwicklung der Kühlgradtage einer dynamischen Entwicklung der Wohn- und Büroflächen gegenüber; das Szenario [C] stützt sich auf eine dynamische Entwicklung der Kühlgradtage, während die Entwicklung der Wohn- und Büroflächen moderat verläuft; im Szenario [D] entwickeln sich sowohl die Kühlgradtage als auch die Wohn- und Büroflächen dynamisch.

Tabelle 1: Definition der Szenarien [A] bis [D]

Szenarien	Entwicklung Kühlgradtage	Entwicklung Wohn- und Büroflächen
Szenario [A]	moderat	moderat
Szenario [B]	moderat	dynamisch
Szenario [C]	dynamisch	moderat
Szenario [D]	dynamisch	dynamisch

Quelle: eigene Bearbeitung

Für alle drei künftigen Zeithorizonte werden jeweils Aussagen zum jährlichen Kältebedarf und zur maximalen Kälteleistung in allen vier Szenarien getroffen. Ein besonderes Merkmal der Modellierung besteht in der hohen räumlichen **Auflösung auf Gemeindeebene**: Für alle österreichischen Gemeinden werden sowohl die moderate als auch die dynamische Entwicklung der Kühlgradtage sowie der Wohn- und Büroflächen (in 30 verschiedenen Gebäudekategorien) als Eingangsgrößen für

die Modellierung abgebildet. Auf diese Angaben werden die Kältebedarfs- und Kälteleistungsfunktionen aus der Kältematrix angewendet (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix) und daraus gemeinde-spezifische Ergebnisse zum Kältebedarf und zur Kälteleistung ermittelt. Der Kältebedarf wird dabei nicht nur als jährliche Größe, sondern – unter Heranziehung monatlicher Kühlgradtage in den einzelnen Gemeinden – auch in Form von Monatswerten quantifiziert. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die Ergebnisse jeweils für die zwölf Wohngebäudekategorien bzw. für die 18 Bürogebäudekategorien aggregiert und Aussagen zum Kältebedarf und zur Kälteleistung nach Wohnungen und Büros differenziert dargestellt.

Die Modellierung des Kältebedarfs und der Kälteleistung berücksichtigt in allen Szenarien unterschiedliche **Komfortniveaus für Wohnungen**: Während für die Büroflächen nur das generelle Komfortniveau zur Anwendung kommt, das konsequent auf eine fixe Raumtemperatur abzielt (Büroflächen: 25 Grad Celsius, Wohnflächen: 26 Grad Celsius; vgl. E2.1 Bildungsfaktoren des Kältebedarfs), wird für Wohnflächen zusätzlich das adaptive Komfortniveau herangezogen, das – in Abhängigkeit von den Außentemperaturen – unter Umständen auch höhere Innenraumtemperaturen zulässt. Die Funktionen für den Kältebedarf und die Kälteleistung von Wohnflächen sind entsprechend differenziert in der Kältematrix ausgewiesen (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix). Sie erlauben für Wohnungen eine nach Komfortniveaus differenzierte Modellierung und Sensitivitätsanalyse, die aufzeigt, welchen Einfluss die Wahl des Komfortniveaus auf den Kältebedarf hat. Diese Ergebnisse werden auch nach Bauperioden differenziert dargestellt.

Im Zuge der Modellierung des künftigen österreichischen Kältebedarfs und der entsprechenden Kälteleistung werden grundsätzlich alle Wohn- und Büroflächen entsprechend dem betrachteten Komfortniveau berücksichtigt. Möglicherweise wird aber vornehmlich in Wohnungen mit niedrigen Kältebedarfen auch in Zukunft auf eine Gebäudekühlung verzichtet. Deshalb wird im Zuge einer weiteren Sensitivitätsanalyse der Frage nachgegangen, wie sich diese **Kühlsättigung** auswirkt und der Kältebedarf variiert, wenn unterhalb gewisser Schwellenwerte für den spezifischen Kältebedarf keine Gebäudekühlung erfolgt. Dabei werden Schwellenwerte in der Höhe von 4 bzw. 6 kWh pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr ($\text{kWh}/\text{m}^2, \text{a}$) betrachtet. Diese Schwellenwerte werden für jede einzelne Gebäudekategorie angewendet, um eine gleichwertige Aufenthaltsqualität in den Innenräumen unabhängig vom energetischen Standard der Gebäude und von der Qualität des Schutzes vor solarer Einstrahlung zu gewährleisten.

Eine gesonderte Betrachtung verdient die Rolle künftiger **Maßnahmen zur Sanierung**, d.h. sowohl zur thermischen Instandsetzung der Gebäudehüllen als auch zur Verschattung der Fensterflächen. Ausgehend vom Gebäudebestand 2021 und der Aufteilung der Wohn- und Büroflächen auf die 30 Gebäudekategorien in Abhängigkeit vom energetischem Standard der Gebäude und von der Qualität des Schutzes vor solarer Einstrahlung wird in allen Szenarien grundsätzlich davon ausgegangen, dass künftig jährlich 2% der bis 1990 errichteten und als sanierungsbedürftig erachteten Flächen durch eine thermische Instandsetzung von Gebäudehüllen und insbesondere durch eine Verschattung von Fensterflächen auf einen hochwertigen Standard gebracht werden; für die nach 1990 errichteten Flächen verringert sich dieser Anteil auf 0,5-1%; allerdings sind 15-20% der Flächen – beispielsweise aus Gründen des Denkmal- und Ensembleschutzes – von der Sanierung ausgenommen und weisen auch im Jahr 2050 den Standard von 2021 auf (vgl. E2.1 Bildungsfaktoren des Kältebedarfs). Im Rahmen einer abschließenden Sensitivitätsanalyse wird untersucht, wie hoch der Kältebedarf wäre, wenn künftig keine Maßnahmen zur thermischen Instandsetzung der Gebäudehüllen und zur Verschattung der Fensterflächen ergriffen werden. In diesem Zusammenhang wird im Zuge einer

Komponentenzerlegung auch analysiert, welchen Einfluss die Sanierung im Vergleich zur Entwicklung der Wohn- und Büroflächen sowie der Kühlgradtage auf den Kältebedarf hat.

Um eine höhere räumliche Auflösung der Ergebnisse zu gewährleisten, wird für den Kältebedarf teilweise eine weitere Differenzierung innerhalb der Gemeinden auf Basis der **Katastralgemeinden** vorgenommen. Für die Katastralgemeinden liegen allerdings keine differenzierten Angaben zum Gebäudebestand vor, sondern kann nur auf Angaben zur Wohnbevölkerung Bezug genommen werden, die von der Statistik Austria zur Verfügung gestellt werden (vgl. *Bevölkerungsstand 2023*). Aus diesem Grund beschränken sich die Aussagen für die Katastralgemeinden auf den Kältebedarf der Wohnungen. Zu diesem Zweck werden in jeder Gemeinde die Kältebedarfe der Wohnungen pro Kopf ermittelt und über die Bevölkerungszahl den Katastralgemeinden zugeordnet. Diese Vorgangsweise impliziert die Annahme, dass der Gebäudebestand der Katastralgemeinden hinsichtlich Bauperiode, energetischem Standard und Schutz vor solarer Einstrahlung der Charakteristik des Gebäudebestandes insgesamt der betreffenden Gemeinde entspricht. Da dies nicht in allen Fällen zutrifft, sind die Aussagen auf der Ebene der Katastralgemeinden mit größeren Unsicherheiten behaftet als auf Gemeindeebene.

3 Kühlgradtage in Österreich

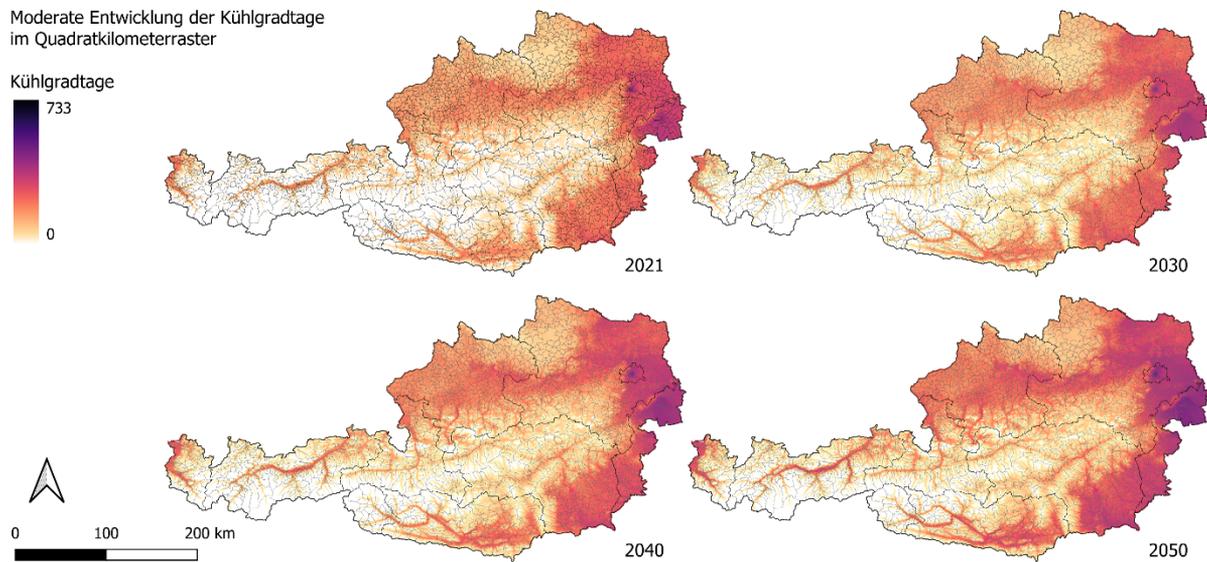
Die Darstellung der im Rahmen von UKÖ 2030/2050 erzielten Ergebnisse betreffend den jährlichen Kältebedarf und die maximale Kälteleistung folgt der Struktur aus Kapitel 2 und stellt die Ergebnisse betreffend die Entwicklung der Kühlgradtage in Österreichs Gemeinden von 2021 bis 2050 an den Anfang. Als Grundlage für die Ermittlung der Kühlgradtage aller österreichischen Gemeinden werden Daten für das Szenario RCP (representative concentration path) 8.5 herangezogen, die auf den Österreichischen Klimaszenarien 2015 (ÖKS15) basieren und österreichweit im 1km-Raster vorliegen (Climamap-Daten); dabei kommen gleitende 30-jährige Mittelwerte der Kühlgradtage, die in über 11.300 Siedlungsräumen innerhalb Österreichs ermittelt werden, zur Anwendung (vgl. Kapitel 2.1). Aus dieser Analyse der *originalen* Climamap-Daten leitet sich die moderate Entwicklung der Kühlgradtage ab (vgl. Kapitel 3.1). Unter Berücksichtigung der Abweichung zwischen den Climamap-Daten und Beobachtungsdaten in der Klimanormalperiode 1991 bis 2020 wird eine dynamische Entwicklung der Kühlgradtage formuliert (vgl. Kapitel 3.2).

3.1. Moderate Entwicklung der Kühlgradtage in Österreich bis 2050

In einem ersten Schritt werden aus den jährlichen Werten der Climamap-Daten für das Szenario RCP8.5 gleitende 30-jährige Mittelwerte der **Kühlgradtage im 1km-Raster** berechnet. In Abbildung 4 sind die Kühlgradtage für 2021, 2030, 2040 und 2050 dargestellt. Die Unterschiede in der Anzahl an Kühlgradtagen sind innerhalb Österreichs sehr ausgeprägt: Die höchsten Werte weisen das nördliche Burgenland, das (nord)östliche Niederösterreich sowie große Teile Wiens auf. Demgegenüber verzeichnen die alpin geprägten Regionen in Westösterreich eine deutlich geringere Anzahl an Kühlgradtagen. Die Entwicklung von 2021 bis 2050 zeigt in ganz Österreich deutliche Zunahmen der Kühlgradtage: Während im Jahr 2021 die Höchstwerte in einzelnen Rasterzellen knapp 440 Kühlgradtage betragen, nehmen diese bis zum Jahr 2050 um rund 100 auf 535 Kühlgradtage zu (die in Abbildung 4 dargestellte Skala wird bei der moderaten Entwicklung der Kühlgradtage nicht ausgenutzt). Die Ausdehnung jener Regionen, die durch eine niedrige Anzahl an Kühlgradtagen gekennzeichnet sind, verringert sich im betrachteten Zeitraum merklich.

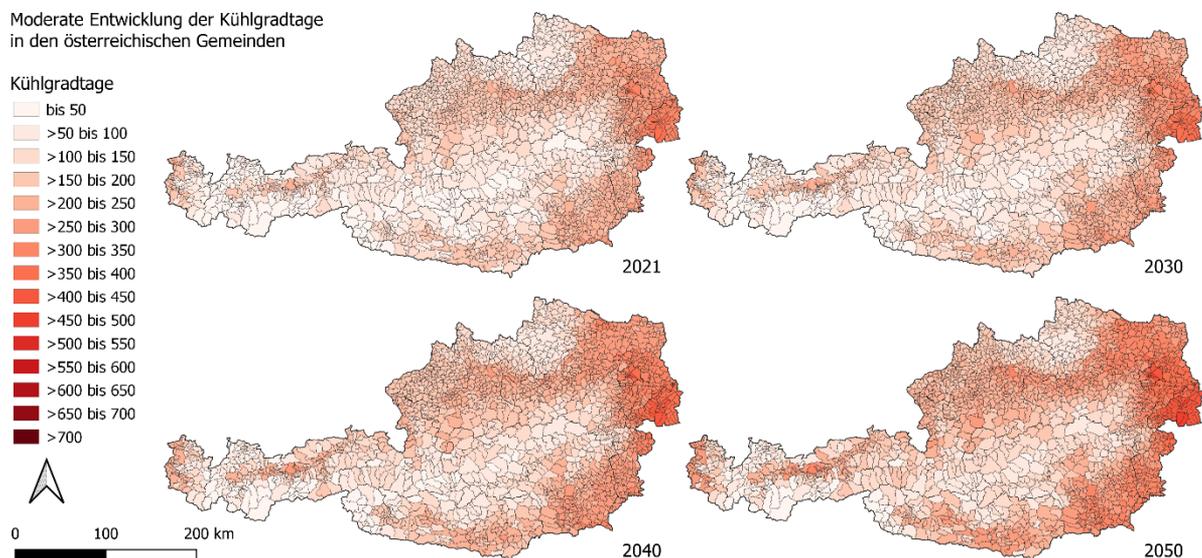
Basierend auf den Daten im 1km-Raster werden mithilfe der Methode der Siedlungsraumpunkte (vgl. Kapitel 2.1) die gleitenden 30-jährigen Mittelwerte der Kühlgradtage aller österreichischen **Gemeinden** für 2021, 2030, 2040 und 2050 ermittelt (vgl. Abbildung 5). Dabei spiegelt sich die räumliche Verteilung der Kühlgradtage, die im 1km-Raster beobachtet werden kann, auch auf Gemeindeebene wider: Besonders der Norden Burgenlands, der (Nord)Osten Niederösterreichs und zahlreiche Wiener Stadtbezirke sind von hohen Kühlgradtagen betroffen. Von 2021 bis 2050 ist beispielsweise in den Gemeinden des Seewinkels eine Zunahme von rund 360 auf etwa 450 und in der Wiener Innenstadt von 430 auf 520 Kühlgradtage(n) zu verzeichnen. Zahlreiche Tiroler und Salzburger Gemeinden, aber auch Gemeinden in Vorarlberg und Kärnten sind demgegenüber durch niedrige Kühlgradtage gekennzeichnet. Im Zeitraum von 2021 bis 2050 halbiert sich etwa die Zahl der Gemeinden mit weniger als 150 Kühlgradtagen, von 1047 auf 510 von insgesamt 2.115 Gemeinden (einschließlich der Wiener Stadtbezirke). Die moderate Entwicklung der Kühlgradtage ist den Szenarien [A] und [B] hinterlegt.

Abbildung 4: Moderate Entwicklung der Kühlgradtage im 1km-Raster nach dem Szenario RCP8.5 - Kühlgradtage 2021, 2030, 2040 und 2050, gleitende 30-jährige Mittelwerte



Quelle: eigene Berechnung basierend auf dem *Climamap-Datensatz*

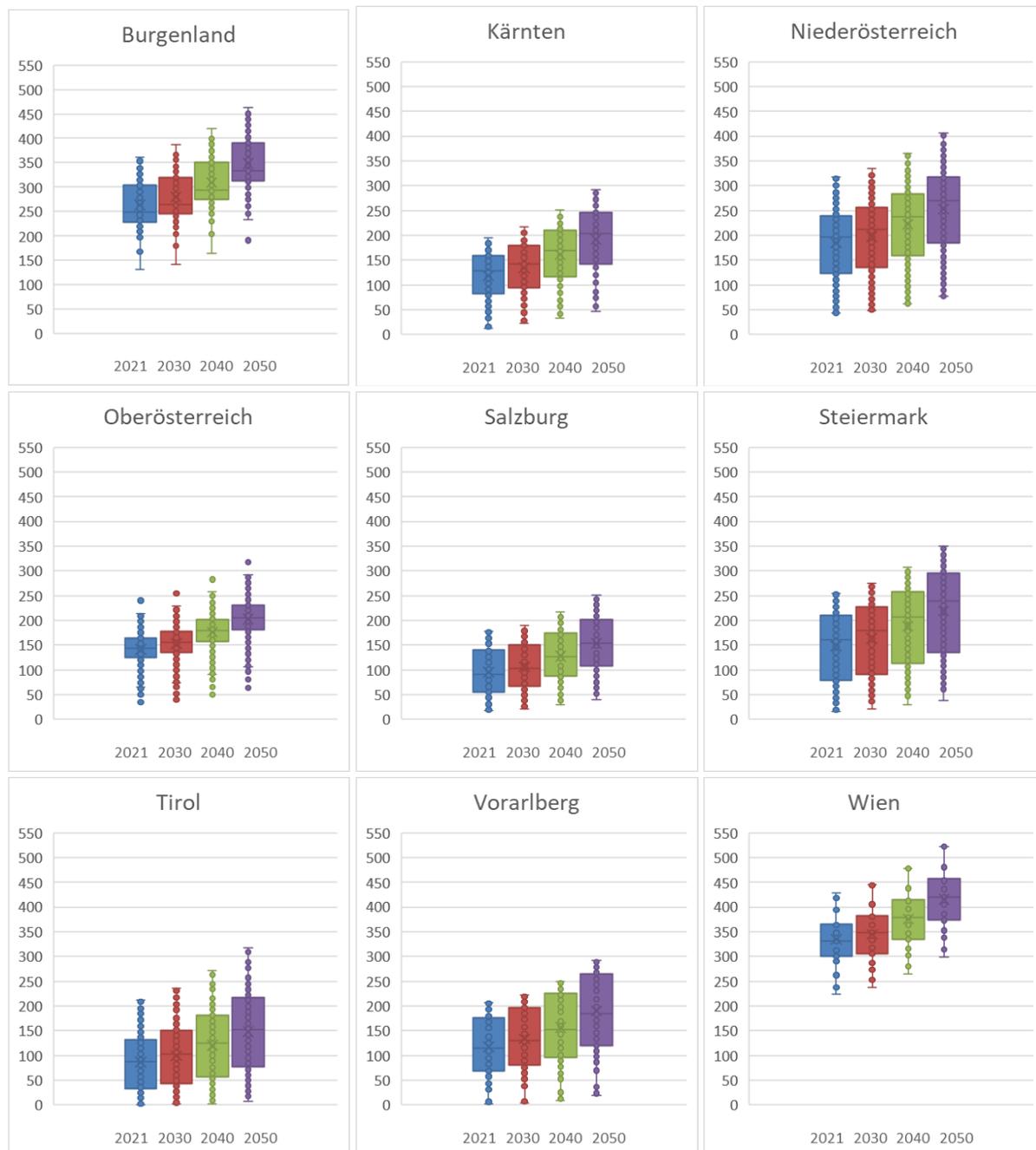
Abbildung 5: Moderate Entwicklung der Kühlgradtage in den österreichischen Gemeinden nach dem Szenario RCP8.5 - Kühlgradtage 2021, 2030, 2040 und 2050, gleitende 30-jährige Mittelwerte berechnet mithilfe der Methode der Siedlungsraumpunkte



Quelle: eigene Berechnung basierend auf dem *Climamap-Datensatz*

Die große **Bandbreite der Kühlgradtage**, die auf Gemeindeebene beobachtet werden kann, lässt sich anhand der nachfolgenden Box-Plots (vgl. Abbildung 6) für die einzelnen Bundesländer anschaulich darstellen.

Abbildung 6: Box-Plots für die moderate Entwicklung der Kühlgradtage in den österreichischen Gemeinden nach dem Szenario RCP8.5 für 2021, 2030, 2040 und 2050, gleitende 30-jährige Mittelwerte berechnet mithilfe der Methode der Siedlungsraumpunkte



Quelle: eigene Berechnung basierend auf dem *Climamap-Datensatz*

Im Rahmen von UKÖ 2030/2050 erfolgt die Modellierung auf Gemeindeebene und fließen daher auch die **gemeindespezifischen Kühlgradtage** in die Ermittlung von Kältebedarf und Kälteleistung ein. Als Überblick wird in Tabelle 2 die Schwankungsbreite der Kühlgradtage auf der Ebene der **Bundesländer** für die Jahre 2021 bzw. 2050 dargestellt: Die höchste Anzahl an Kühlgradtagen weisen Wien (307 bzw. 392 Kühlgradtage) und das Burgenland (258 bzw. 342 Kühlgradtage) auf, die niedrigste Anzahl an Kühlgradtagen verzeichnen Tirol (98 bzw. 163 Kühlgradtage) und Salzburg (110 bzw. 171 Kühlgradtage). In Österreich insgesamt ist eine Zunahme von 163 Kühlgradtagen im Jahr

2021 auf 233 Kühlgradtage im Jahr 2050 bzw. um +43% zu verzeichnen. Dabei weisen die alpin geprägten Bundesländer Tirol mit +66%, Kärnten mit +58%, Salzburg mit +56% und Vorarlberg mit +53% eine deutlich stärkere relative Zunahme an Kühlgradtagen auf als Wien (+28%) und das Burgenland (+33%).

Tabelle 2: Moderate Entwicklung der Kühlgradtage in den österreichischen Bundesländern nach dem Szenario RCP8.5 im Zeitraum von 2021 bis 2050, gleitende 30-jährige Mittelwerte berechnet mithilfe der Methode der Siedlungsraumpunkte

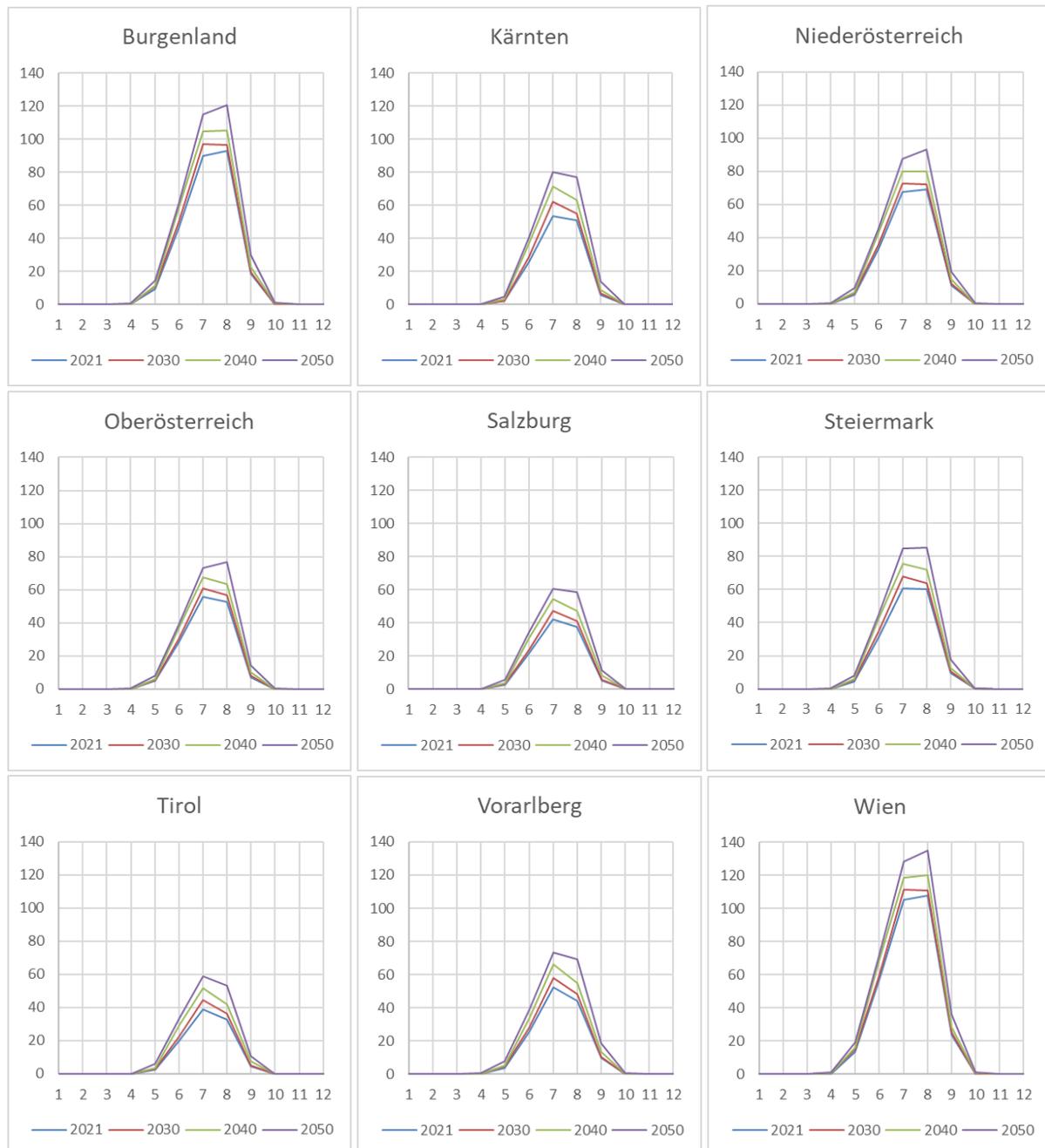
Bundesland	Kühlgradtage	Kühlgradtage	Veränderung
	2021	2050	2021 - 2050
Burgenland	258	342	+33%
Kärnten	137	216	+58%
Niederösterreich	187	256	+37%
Oberösterreich	149	212	+42%
Salzburg	110	171	+56%
Steiermark	167	242	+45%
Tirol	98	163	+66%
Vorarlberg	136	208	+53%
Wien	307	392	+28%
Österreich	163	233	+43%

Quelle: eigene Berechnung basierend auf dem *Climamap-Datensatz*

Neben der großen räumlichen Variation der Kühlgradtage innerhalb Österreichs weisen die Kühlgradtage auch saisonal- und witterungsbedingt einen stark schwankenden Verlauf über die zwölf Monate auf. Zur Übersicht zeigt Abbildung 7 die **monatlichen Kühlgradtage** in den österreichischen Bundesländern mit deutlichen Spitzen in den Monaten Juli und August. In die Modellierung von Kältebedarf und Kälteleistung geht jene Anzahl an monatlichen Kühlgradtagen ein, die für jede österreichische Gemeinde aus dem Climamap-Datensatz ermittelt wird.

Zur Überprüfung der Aussagekraft der über die **Siedlungsraumpunkte** ermittelten Werte der Kühlgradtage (vgl. Kapitel 2.1) wird alternativ dazu die Anzahl an Kühlgradtagen als Mittelwert über die Kühlgradtage in den 1km-Rasterfeldern innerhalb der jeweiligen administrativen Grenzen ermittelt (**Flächenmittel**); in dieser Form wird die Anzahl an Kühlgradtagen vorerst für jedes Bundesland und für ganz Österreich berechnet. Die aus den beiden unterschiedlichen methodischen Zugängen resultierenden Ergebnisse werden einander gegenübergestellt (vgl. Abbildung 8): Dabei zeigt sich, dass im Jahr 2021 die in den österreichischen Siedlungsräumen erfassten Kühlgradtage 170% der im Flächenmittel über Österreich berechneten Werte betragen. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, im Zuge der Ermittlung gemeindespezifischer Kühlgradtage die Lage und Größe der Siedlungsräume zu berücksichtigen. Denn damit wird gewährleistet, dass die Kühlgradtage tatsächlich an den Standorten der zu kühlenden Gebäude erfasst werden, wohingegen unbesiedelte Gebiete, die aufgrund ihrer Höhenlage oftmals durch geringere Kühlgradtage gekennzeichnet sind, nicht in die Ermittlung der Kühlgradtage Eingang finden.

Abbildung 7: Monatliche Verläufe der Kühlgradtage in den österreichischen Bundesländern nach dem Szenario RCP8.5 für die Jahre 2021, 2030, 2040 und 2050 entsprechend der moderaten Entwicklung, gleitende 30-jährige Mittelwerte berechnet mithilfe der Methode der Siedlungsraumpunkte

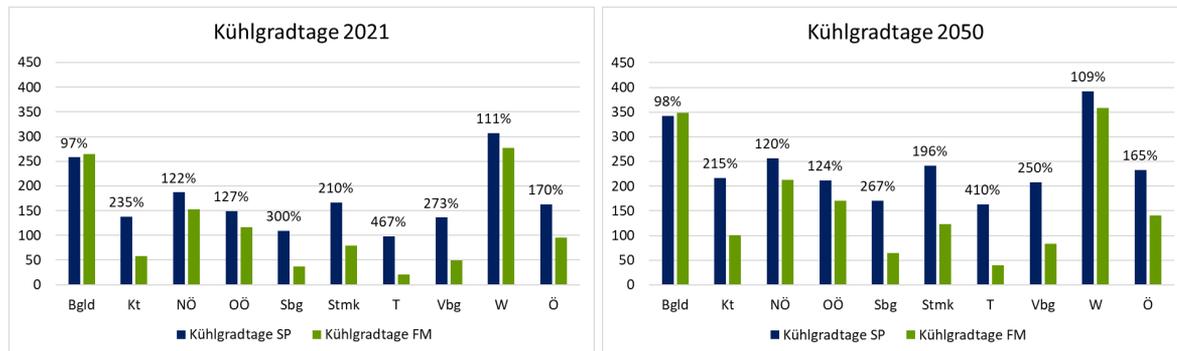


Quelle: eigene Berechnung basierend auf dem *Climamap-Datensatz*

Abbildung 8 zeigt anschaulich, dass die Unterschiede zwischen den beiden Berechnungsmethoden in den Bundesländern Tirol, Salzburg und Vorarlberg (mit ihren erheblichen Anteilen an den Alpen bzw. mit entsprechend geringer Ausdehnung des Dauersiedlungsraumes) deutlich höher sind als österreichweit. In Tirol beispielsweise werden für 2021 in den Siedlungsräumen, die sich vornehmlich in den Tallagen befinden, Kühlgradtage ausgewiesen, die um den Faktor 4,7 höher sind als im Flächenmittel, das maßgeblich von Gebirgsregionen beeinflusst wird. Anders stellt sich die Situation grundsätzlich im Burgenland dar: Hier befinden sich die Siedlungsschwerpunkte überwiegend nicht in

den von hohen Kühlgradtagen betroffenen Gebieten; die Unterschiede zwischen den beiden Berechnungsmethoden sind in diesem Bundesland allerdings minimal.

Abbildung 8: Kühlgradtage 2021 und 2050 in den österreichischen Bundesländern nach dem Szenario RCP8.5, ermittelt nach der Methode der Siedlungsraumpunkte (Kühlgradtage SP) und als Flächenmittel (Kühlgradtage FM), sowie Kühlgradtage SP in Prozent der Kühlgradtage FM, gleitende 30-jährige Mittelwerte



Quelle: eigene Berechnung basierend auf dem *Climamap-Datensatz*

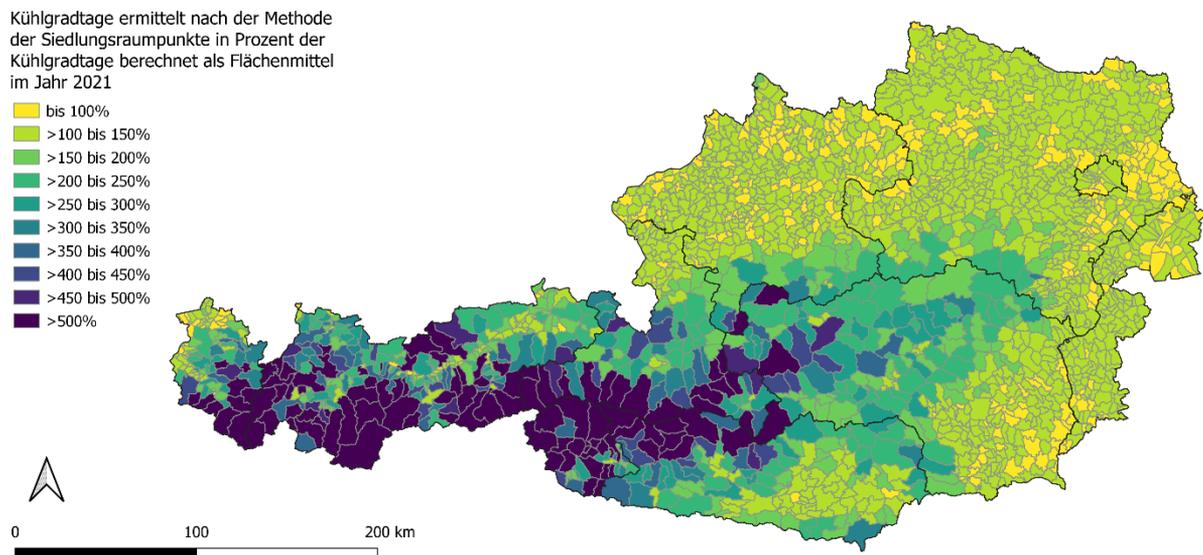
Wie Abbildung 8 erkennen lässt, verringert sich das Verhältnis der in den Siedlungsräumen erfassten Kühlgradtage gegenüber den Flächenmitteln im Zeitraum bis 2050; für ganz Österreich sinkt es geringfügig von 170% auf 165%, in Tirol beispielsweise merklich von 467% auf 410%. Denn künftig werden sich entsprechend dem Szenario RCP8.5 zunehmend auch die höher gelegenen Regionen erwärmen, sodass die Flächenmittel der Kühlgradtage (insbesondere in den alpin geprägten Bundesländern) stärker ansteigen als die Kühlgradtage in den Siedlungsräumen.

Die Gegenüberstellung der beiden Berechnungsmethoden erfolgt auch auf **Gemeindeebene**, wobei die Abweichungen in den alpinen Gemeinden insbesondere Tirols ausgeprägter sind als auf der Ebene der Bundesländer (vgl. Abbildung 9). Das Niveau der Kühlgradtage ist hier allerdings teilweise vergleichsweise niedrig, sodass große relative Abweichungen im Einzelfall zu interpretieren sind.

3.2. Dynamische Entwicklung der Kühlgradtage in Österreich bis 2050

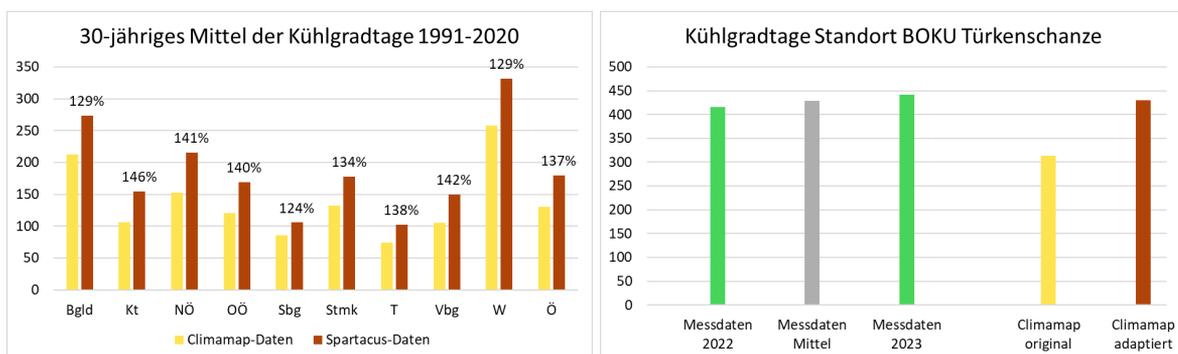
Zur Validierung der bislang dargestellten Analysen der Kühlgradtage, die auf den ÖKS15 bzw. den daraus abgeleiteten Climamap-Daten beruhen, wird eine Gegenüberstellung mit eigens aus **Beobachtungsdaten** – ebenso nach der Methode der Siedlungsraumpunkte – ermittelten Kühlgradtagen vorgenommen. Dafür wird das 30-jährige Mittel der Kühlgradtage für die Klimanormalperiode 1991-2020 herangezogen. Die Gegenüberstellung zeigt, dass österreichweit und in allen Bundesländern die Beobachtungsdaten gegenüber den Climamap-Daten erhöht sind (vgl. Abbildung 10). Das Verhältnis zwischen den 30-jährigen Mittelwerten von 1991 bis 2020, die aus den Climamap-Daten für das Szenario RCP8.5 berechnet werden, und den für dieselbe Periode aus Beobachtungsdaten errechneten Werten für die Kühlgradtage im 30-jährigen Mittel beträgt österreichweit 1:1,37. In Österreich weichen demnach die beobachteten Werte durchschnittlich um +37% von den Climamap-Daten ab, in den einzelnen Bundesländern liegen die Abweichungen der auf Beobachtungsdaten basierenden Werte von den Climamap-Daten zwischen +24% (Salzburg) und +46% (Kärnten).

Abbildung 9: Kühlgradtage 2021 nach dem Szenario RCP8.5, ermittelt nach der Methode der Siedlungsraumpunkte in Prozent der Kühlgradtage berechnet als Flächenmittel, gleitende 30-jährige Mittelwerte



Quelle: eigene Berechnung basierend auf dem *Climamap-Datensatz*

Abbildung 10: 30-jähriges Mittel der Kühlgradtage 1991 bis 2020 in den österreichischen Bundesländern nach dem Szenario RCP8.5 der Climamap-Daten und aus Beobachtungsdaten (Spartacus-Daten), ermittelt nach der Methode der Siedlungsraumpunkte, einschließlich Anteile der Climamap-Daten in Prozent der Spartacus-Daten (links) sowie Kühlgradtage am Standort BOKU Türkenschanze 2022/2023, ermittelt aus Messdaten und Climamap-Daten (rechts)

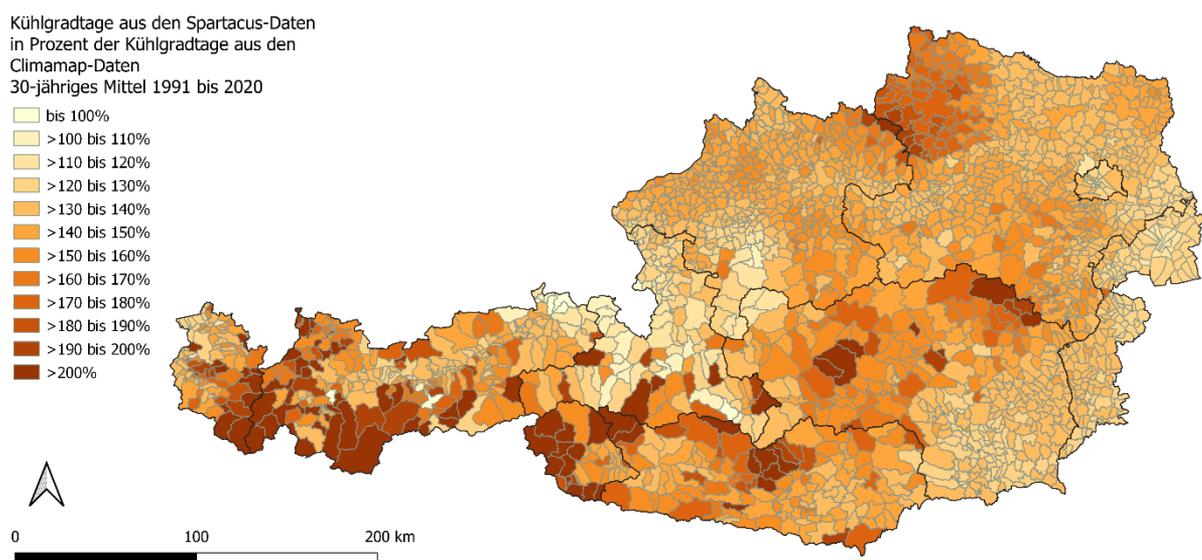


Quelle: eigene Berechnung basierend auf dem *Climamap-Datensatz* und dem *Spartacus-Datensatz* sowie auf Messdaten am Standort BOKU Türkenschanze

Gestützt wird diese Analyse durch die Gegenüberstellung der Climamap-Daten mit einer messdatenbasierten Ermittlung von Kühlgradtagen an einem ausgewählten Standort in Wien (**BOKU Türkenschanze**): Für diesen Standort werden aufgrund der Messdaten 416 Kühlgradtage im Jahr 2022 und 442 Kühlgradtage im Jahr 2023 ermittelt (vgl. E2.1 Bildungsfaktoren des Kältebedarfs). Die Climamap-Daten für das Szenario RCP8.5 weisen an diesem Standort im 30-jährigen Mittel für 2022 bzw. 2023 rund 314 Kühlgradtage auf. Werden sie um den Faktor 1,37 erhöht, resultieren 430 Kühlgradtage; dies entspricht dem Mittelwert der aus den Messdaten für 2022 und 2023 errechneten Kühlgradtage (429 Kühlgradtage) (vgl. Abbildung 10).

Werden die Climamap-Daten auf **Gemeindeebene** den Beobachtungsdaten (Spartacus-Daten) gegenübergestellt, zeigt sich in zahlreichen Gemeinden Österreichs eine Abweichung, die dem österreichweiten Wert von +37% sehr nahe liegt (vgl. Abbildung 11). Die in den alpinen Regionen teilweise auftretenden vergleichsweise großen Abweichungen sind vor dem Hintergrund zu interpretieren, dass in diesen Gemeinden oftmals eine geringe Anzahl an Kühlgradtagen auftritt; kleine absolute Differenzen zwischen den Datensätzen äußern sich dann in großen relativen Unterschieden.

Abbildung 11: 30-jähriges Mittel der Kühlgradtage 1991 bis 2020 aus Beobachtungsdaten (Spartacus-Daten) in Prozent der Kühlgradtage nach dem Szenario RCP8.5 der Climamap-Daten, ermittelt nach der Methode der Siedlungsraumpunkte



Quelle: eigene Berechnung basierend auf dem *Climamap-Datensatz* und dem *Spartacus-Datensatz*

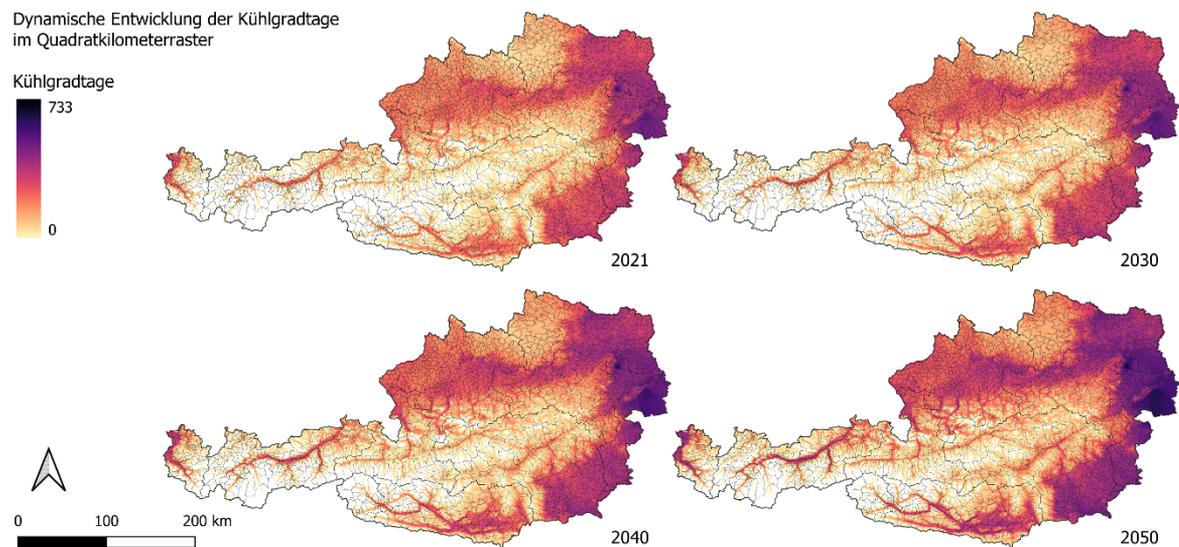
Basierend auf der Abweichung der Beobachtungsdaten von den Climamap-Daten wird ein **dynamischer Entwicklungspfad** für die Kühlgradtage bis 2050 formuliert, indem die Climamap-Daten im **1km-Raster** nach dem Szenario RCP8.5 um den Faktor 1,37 erhöht werden. Abbildung 12 beruht auf den solcherart adaptierten, d.h. an die Beobachtungsdaten in der Klimanormalperiode 1991 bis 2020 angepassten Kühlgradtagen, und zeigt eine dynamische Entwicklung der Kühlgradtage bis 2050.

In diesem Kapitel 3.2 sind – sofern nicht ausdrücklich erläutert – auch für das Jahr 2021 jene Kühlgradtage dargestellt, die aus der Adaptierung der Climamap-Daten an die Beobachtungsdaten resultieren. Im Rahmen der Modellierung von Kältebedarf und Kälteleistung bzw. der Darstellung der diesbezüglichen Ergebnisse (vgl. Kapitel 5 bis 9) werden allerdings für das Jahr 2021 ausschließlich die originalen Climamap-Daten (vgl. Kapitel 3.1) herangezogen, um eine **einheitliche Referenz für das Ausgangsjahr 2021** zu definieren. Alle Aussagen zur Entwicklung von Kältebedarf und Kälteleistung bis zum Jahr 2050 nehmen demnach auf die Ausprägung der originalen Climamap-Daten 2021 Bezug.

Die räumliche Verteilung der adaptierten Kühlgradtage bleibt gegenüber jener der originalen Climamap-Daten unverändert. Allerdings treten im Osten Österreichs vom nördlichen Weinviertel bis in die Südsteiermark im Jahr 2050 großräumig (weit) mehr als 400 Kühlgradtage auf. Selbst das Klagenfurter Becken, Innsbruck und das nördliche Rheintal sind durch rund 400 Kühlgradtage

gekennzeichnet. Nur die höher gelegenen alpinen Regionen in Westösterreich weisen eine vergleichsweise niedrige Anzahl an Kühlgradtagen auf.

Abbildung 12: Dynamische Entwicklung der Kühlgradtage im 1km-Raster - Kühlgradtage 2021, 2030, 2040 und 2050, gleitende 30-jährige Mittelwerte

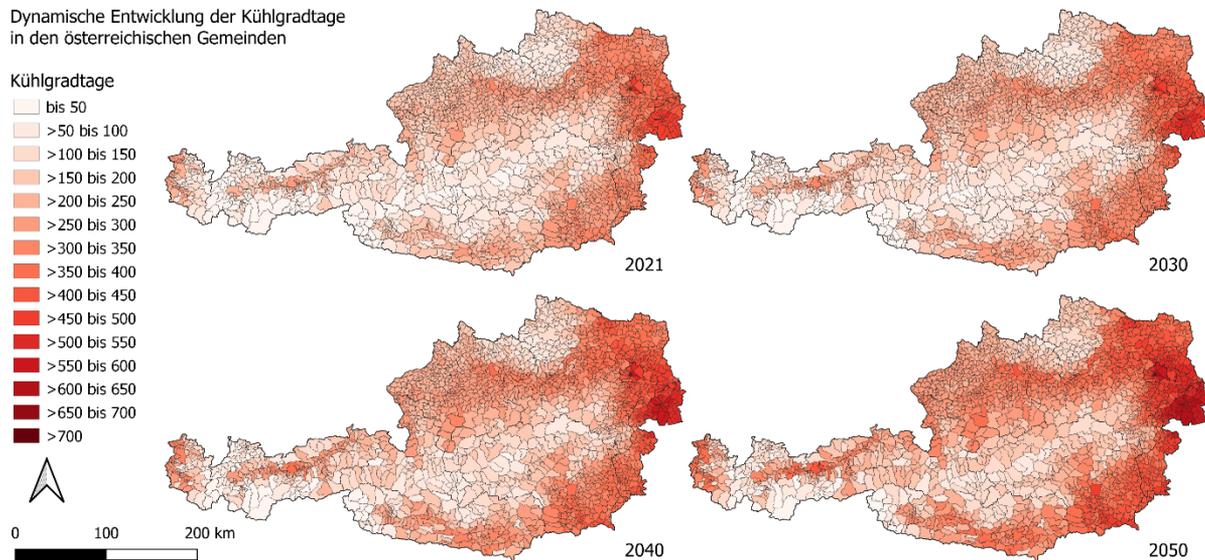


Quelle: eigene Berechnung basierend auf dem *Climamap-Datensatz* und dem *Spartacus-Datensatz*

Auch für alle österreichischen **Gemeinden** werden die Kühlgradtage an die Beobachtungsdaten angepasst (vgl. Abbildung 13). Diese Adaptierung führt im Jahr 2050 zu über 500 Kühlgradtagen in den Marchfeld-Gemeinden, zu über 600 Kühlgradtagen in den Seewinkel-Gemeinden und bis zu 715 Kühlgradtagen in den Wiener Innenstadtbezirken. Nur etwa 250 der 2.115 Gemeinden (einschließlich der Wiener Stadtbezirke) weisen bei der dynamischen Entwicklung der Kühlgradtage im Jahr 2050 weniger als 150 Kühlgradtage auf. Die Szenarien [C] und [D] basieren auf der dynamischen Entwicklung der Kühlgradtage.

Im Falle der dynamischen Entwicklung der Kühlgradtage verändert sich deren Bandbreite auf Gemeindeebene gegenüber der moderaten Entwicklung der Kühlgradtage: Mit der Anpassung der Kühlgradtage an die Beobachtungsdaten geht eine **Erweiterung und Verschiebung der Bandbreite** in Richtung einer höheren Anzahl an Kühlgradtagen einher (österreichweit maximal 715); bei den originalen Climamap-Daten liegen die Höchstwerte bei 520 Kühlgradtagen.

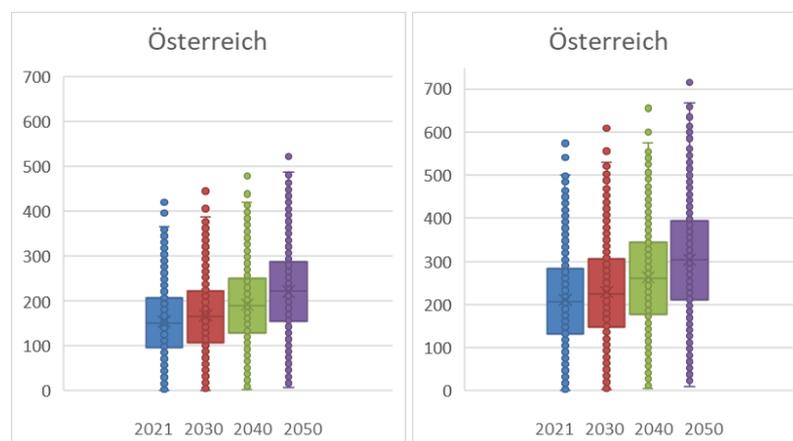
Abbildung 13: Dynamische Entwicklung der Kühlgradtage in den österreichischen Gemeinden - Kühlgradtage 2021, 2030, 2040 und 2050, gleitende 30-jährige Mittelwerte berechnet mithilfe der Methode der Siedlungsraumpunkte



Quelle: eigene Berechnung basierend auf dem *Climamap-Datensatz* und dem *Spartacus-Datensatz*

Diese Unterschiede zeigt ein Vergleich der Box-Plots für die moderate und die dynamische Entwicklung der Kühlgradtage mit jeweils allen österreichischen Gemeinden (vgl. Abbildung 14).

Abbildung 14: Vergleich der Box-Plots für die moderate (links) und die dynamische (rechts) Entwicklung der Kühlgradtage in den österreichischen Gemeinden für 2021, 2030, 2040 und 2050, gleitende 30-jährige Mittelwerte berechnet mithilfe der Methode der Siedlungsraumpunkte



Quelle: eigene Berechnung basierend auf dem *Climamap-Datensatz* und dem *Spartacus-Datensatz*

In die Modellierung von Kältebedarf und Kälteleistung gehen **gemeindespezifische Kühlgradtage** ein. Um einen Überblick zu vermitteln, wird nachfolgend auf der Ebene der **Bundesländer** für das Jahr 2021 eine Gegenüberstellung der aus den originalen Climamap-Daten berechneten Kühlgradtage

(aus Tabelle 2) mit den adaptierten Kühlgradtagen vorgenommen; weiters werden die adaptierten Kühlgradtage für das Jahr 2050 und deren Veränderung gegenüber den originalen Climamap-Daten des Jahres 2021 dargestellt (vgl. Tabelle 3): Im Falle des dynamischen Entwicklungspfades verdoppeln sich die Kühlgradtage österreichweit im Zeitraum von 2021 bis 2050. Etwas schwächer fällt die Dynamik in Wien, dem Burgenland und Niederösterreich aus (+75% bis +88%), stärker ausgeprägt ist die Entwicklung in Tirol (+127%), gefolgt von Kärnten, Salzburg und Vorarlberg (+110% bis 116%).

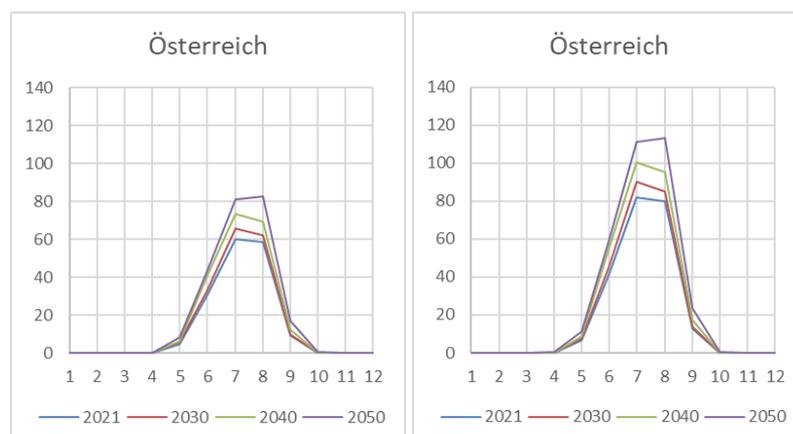
Tabelle 3: Kühlgradtage 2021 aus den originalen Climamap-Daten und adaptierte Kühlgradtage 2021 sowie dynamische Entwicklung der Kühlgradtage in den österreichischen Bundesländern im Zeitraum von 2021 bis 2050, gleitende 30-jährige Mittelwerte berechnet mithilfe der Methode der Siedlungsraumpunkte

Bundesland	Originale Kühlgradtage 2021	Adaptierte Kühlgradtage 2021	Adaptierte Kühlgradtage 2050	Veränderung 2021 (original) bis 2050 (adaptiert)
Burgenland	258	353	469	+82%
Kärnten	137	188	297	+116%
Niederösterreich	187	256	351	+88%
Oberösterreich	149	204	290	+95%
Salzburg	110	150	234	+114%
Steiermark	167	228	331	+99%
Tirol	98	134	223	+127%
Vorarlberg	136	186	285	+110%
Wien	307	421	538	+75%
Österreich	163	223	319	+96%

Quelle: eigene Berechnung basierend auf dem *Climamap-Datensatz* und dem *Spartacus-Datensatz*

Abschließend wird der **Verlauf der adaptierten Kühlgradtage über die zwölf Monate** aufgezeigt und dem Verlauf der Kühlgradtage der originalen Climamap-Daten gegenübergestellt (vgl. Abbildung 15):

Abbildung 15: Vergleich der monatlichen Verläufe der Kühlgradtage für die Jahre 2021, 2030, 2040 und 2050 entsprechend der moderaten (links) und der dynamischen (rechts) Entwicklung, gleitende 30-jährige Mittelwerte berechnet mithilfe der Methode der Siedlungsraumpunkte



Quelle: eigene Berechnung basierend auf dem *Climamap-Datensatz* und dem *Spartacus-Datensatz*

Grundsätzlich tritt keine Veränderung in der Verteilung der Kühlgradtage auf die einzelnen Monate gegenüber den originalen Climamap-Daten auf. Allerdings verschieben sich die Spitzen in den Monaten Juli und August österreichweit von etwa 80 Kühlgradtagen im Zuge der moderaten Entwicklung auf rund 110 Kühlgradtage im Rahmen der dynamischen Entwicklung.

4 Wohn- und Büroflächen in Österreich

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse betreffend den Stand, die Entwicklung und die räumliche Verteilung der Wohn- und Büroflächen in Österreichs Gemeinden erörtert. Die Ausgangslage kann basierend auf gemeindespezifischen Daten der Statistik Austria betreffend die Wohnflächen (vgl. Kapitel 4.1) und die Beschäftigten (vgl. Kapitel 4.2) beschrieben werden. Für die künftige Entwicklung (vgl. Kapitel 4.3) wird die regionale Bevölkerungsprognose 2050 der Österreichischen Raumordnungskonferenz unter Berücksichtigung gemeindespezifischer Daten zur Bevölkerungsentwicklung verfeinert und daraus ein moderater Pfad zur räumlichen Entwicklung abgeleitet. In Anbetracht der Zunahme des spezifischen Flächenbedarfs pro Person wird ein dynamischer Pfad zur räumlichen Entwicklung formuliert (vgl. Kapitel 2.2).

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Bruttogrundflächen, die der Modellierung des Kältebedarfs zugrunde liegen. Für die Ermittlung der Kälteleistung werden Nutzflächen im Ausmaß von 80% der Bruttogrundflächen herangezogen.

4.1. Wohnflächen in Österreich 2021

Im Jahr 2021 verzeichnen **Österreichs Wohnungen** insgesamt 526 Mio.m² Bruttogrundfläche (vgl. Tabelle 4). Davon entfallen 113 Mio.m² bzw. 21% auf Niederösterreich; jeweils 17-18% aller österreichischen Wohnflächen verzeichnen Wien und Oberösterreich mit je 90-92 Mio.m². Die Bundesländer mit dem niedrigsten Anteil in der Höhe von je 4% sind das Burgenland und Vorarlberg mit jeweils 21-22 Mio.m², gefolgt von Salzburg (31 Mio.m²) und Kärnten (36 Mio.m²) mit jeweils 7-8% der Wohnflächen Österreichs insgesamt.

Tabelle 4: Wohnflächen in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich Anteile der Bundesländer an den Wohnflächen in Österreich insgesamt

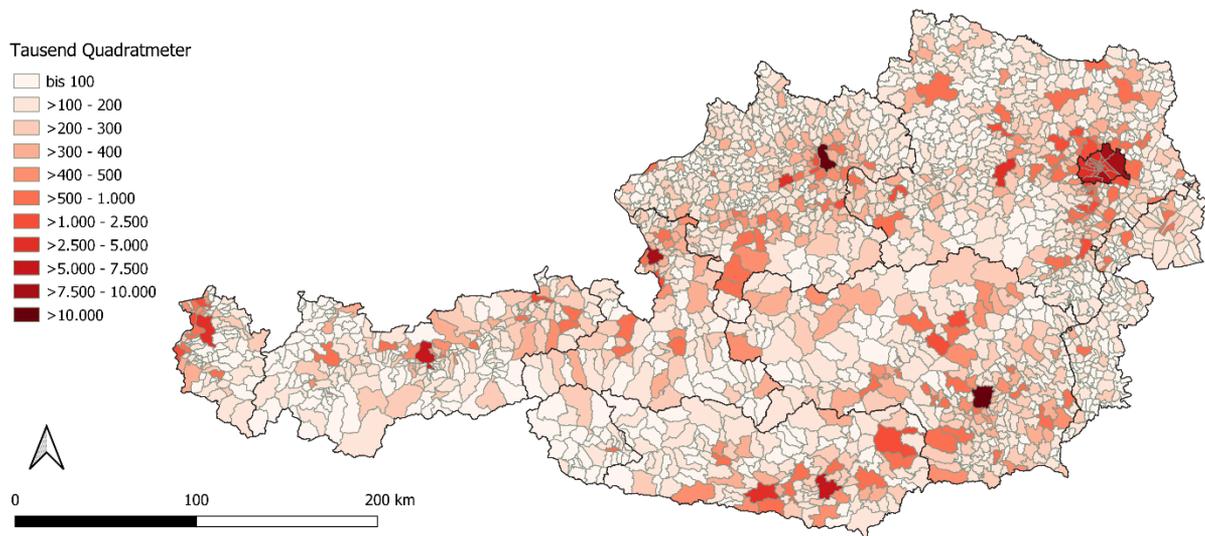
Wohnflächen 2021	Wohnflächen	Anteil an allen
Bundesländer	in Mio.m²	Wohnflächen
Burgenland	20,9	4%
Kärnten	35,8	7%
Niederösterreich	112,8	21%
Oberösterreich	92,1	18%
Salzburg	31,4	6%
Steiermark	75,8	14%
Tirol	44,6	8%
Vorarlberg	22,5	4%
Wien	90,0	17%
Österreich	526,0	100%

Quelle: *Gebäude- und Wohnungszählung 2021*, eigene Bearbeitung

Abbildung 16 zeigt die **räumliche Verteilung der Wohnflächen** 2021 innerhalb Österreichs. Sie folgt im Wesentlichen der Größe der Gemeinden gemessen an der Bevölkerungszahl, in untergeordnetem Maße ist die Funktion einzelner Gemeinden (z.B. als Wohngemeinde) von Bedeutung.

Abbildung 16: Bruttogrundflächen der Wohnungen (Wohnflächen) 2021

Bruttogrundflächen der Wohnungen 2021



Quelle: *Gebäude- und Wohnungszählung 2021*, eigene Bearbeitung

Die Wohnflächen liegen nach neun Bauperioden differenziert vor, die zu drei Bauperioden – vor 1945, 1945-1990 sowie nach 1990 – aggregiert werden. Innerhalb jeder Bauperiode wird nach dem energetischen Standard der Gebäude und nach der Qualität des Schutzes vor solarer Einstrahlung unterschieden (vgl. E2.1 Bildungsfaktoren des Kältebedarfs). Daher lassen sich die Wohnflächen auf insgesamt **zwölf Wohngebäudekategorien** verteilen (vgl. Tabelle 5). Da im Jahr 2021 die Wohnflächen der älteren beiden Bauperioden je zur Hälfte als unsaniert bzw. saniert gelten, sind hier jeweils zwei Kategorien gleich stark besetzt; außerdem weisen die Wohnflächen der jüngsten Bauperiode jeweils zur Hälfte einen mittelmäßigen bzw. hohen Schutz vor solarer Einstrahlung auf.

Tabelle 5: Wohnflächen nach Wohngebäudekategorien einschließlich Anteile der Wohngebäudekategorien an den Wohnflächen in Österreich insgesamt

Wohnflächen in Österreich 2021 nach Wohngebäudekategorien	Wohnflächen	Anteil an allen
Wohngebäudekategorie	in Mio.m²	Wohnflächen
Baujahr vor 1945 , mittelmäßiger Schutz vor solarer Einstrahlung, unsaniert	36,1	7%
Baujahr vor 1945, mittelmäßiger Schutz vor solarer Einstrahlung, saniert	36,1	7%
Baujahr vor 1945, hoher Schutz vor solarer Einstrahlung, unsaniert	15,5	3%
Baujahr vor 1945, hoher Schutz vor solarer Einstrahlung, saniert	15,5	3%
Baujahr 1945-1990 , mittelmäßiger Schutz vor solarer Einstrahlung, unsaniert	85,0	16%
Baujahr 1945-1990, mittelmäßiger Schutz vor solarer Einstrahlung, saniert	85,0	16%
Baujahr 1945-1990, hoher Schutz vor solarer Einstrahlung, unsaniert	36,5	7%

Wohnflächen in Österreich 2021 nach Wohngebäudekategorien	Wohnflächen	Anteil an allen
Wohngebäudekategorie	in Mio.m²	Wohnflächen
Baujahr 1945-1990, hoher Schutz vor solarer Einstrahlung, saniert	36,5	7%
Baujahr nach 1990 , mittelmäßiger Schutz vor solarer Einstrahlung, unsaniert	76,4	15%
Baujahr nach 1990, mittelmäßiger Schutz vor solarer Einstrahlung, saniert/neu	13,5	3%
Baujahr nach 1990, hoher Schutz vor solarer Einstrahlung, unsaniert	76,4	15%
Baujahr nach 1990, hoher Schutz vor solarer Einstrahlung, saniert/neu	13,5	3%
insgesamt	526,0	100%

Quelle: eigene Berechnung basierend auf der *Gebäude- und Wohnungszählung 2021*

Die beiden Kategorien mit den höchsten Anteilen (je ein Sechstel aller Wohnflächen) zählen zur Bauperiode 1945-1990, sind durch einen mittelmäßigen Schutz vor solarer Einstrahlung gekennzeichnet und umfassen jeweils unsanierte und sanierte Gebäude (je 85 Mio.m²). Demgegenüber weisen die beiden Kategorien aus der Bauperiode nach 1990, die als saniert bzw. neu gelten und sowohl einen mittelmäßigen als auch einen hohen Schutz vor solarer Einstrahlung aufweisen (je 13,5 Mio.m²), die niedrigsten Anteile auf (je 3% der Wohnflächen insgesamt).

4.2. Büroflächen in Österreich 2021

Die **Büros** verzeichnen in Österreich im Jahr 2021 ein Ausmaß von 97 Mio.m² Bruttogrundfläche (vgl. Tabelle 6). Hier dominiert klar die Bundeshauptstadt Wien, auf die mit 25 Mio.m² mehr als ein Viertel der Büroflächen insgesamt entfällt. Die Steiermark (13 Mio.m²), Niederösterreich (15 Mio.m²) und Oberösterreich (17 Mio.m²) weisen Anteile von je 13-17% auf. Jeweils unter 5% der österreichischen Büroflächen entfallen auf Vorarlberg (4 Mio.m²) und das Burgenland (2,5 Mio.m²).

Tabelle 6: Büroflächen in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich Anteile der Bundesländer an den Büroflächen in Österreich insgesamt

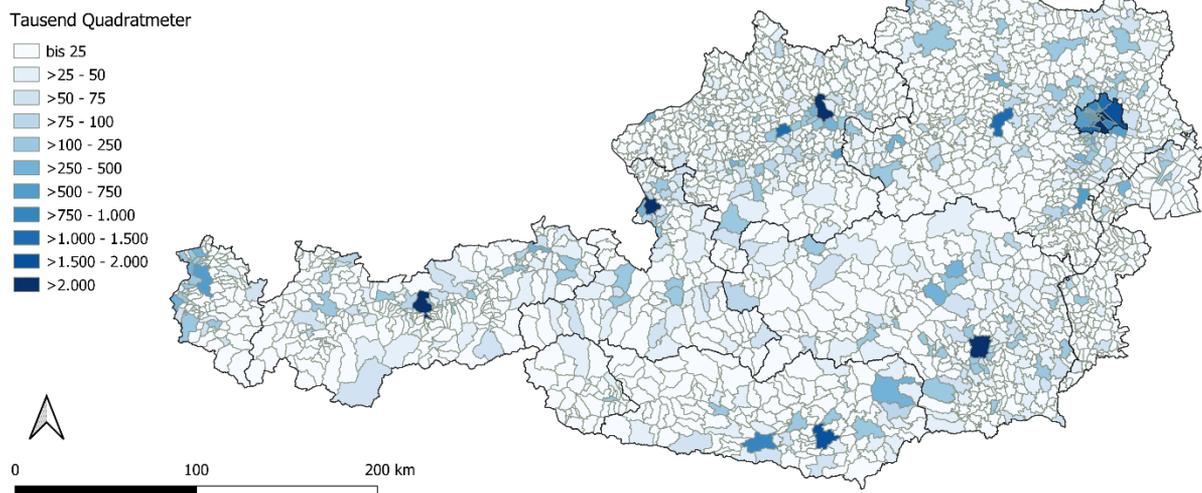
Büroflächen 2021	Büroflächen	Anteil an allen
Bundesländer	in Mio.m²	Büroflächen
Burgenland	2,5	3%
Kärnten	5,3	5%
Niederösterreich	15,3	16%
Oberösterreich	16,6	17%
Salzburg	6,4	7%
Steiermark	13,2	14%
Tirol	8,1	8%
Vorarlberg	4,2	4%
Wien	25,1	26%
Österreich	96,8	100%

Quelle: eigene Berechnung basierend auf der *Arbeitsstättenzählung 2021* sowie auf *Hammermann und Stettes 2023, Benke et al. 2012*

Die **räumliche Verteilung der Büroflächen** 2021 innerhalb Österreichs ist in Abbildung 17 ersichtlich. Sie orientiert sich nicht nur an der Größe der Gemeinden, sondern wird wesentlich von der Struktur und Funktion der einzelnen Gemeinden geprägt. Die Büroflächen konzentrieren sich stärker auf ausgewählte Gemeinden mit besonderen Standortqualitäten, als dies für die Wohnflächen der Fall ist.

Abbildung 17: Bruttogrundflächen der Büros (Büroflächen) 2021

Bruttogrundflächen der Büros 2021



Quelle: eigene Berechnung basierend auf der *Arbeitsstättenzählung 2021* sowie auf *Hammermann und Stettes 2023, Benke et al. 2012*

Analog zu den Wohnflächen werden auch die Büroflächen nach Bauperioden, dem energetischen Standard der Gebäude und der Qualität des Schutzes vor solarer Einstrahlung differenziert (vgl. E2.1 Bildungsfaktoren des Kältebedarfs). Im Falle der Büroflächen werden **18 Bürogebäudekategorien** unterschieden (vgl. Tabelle 7). Mit Anteilen von jeweils über 10% an den Büroflächen insgesamt fallen die unsanierten Gebäude aus der jüngsten Bauperiode mit einem mittelmäßigen Schutz vor solarer Einstrahlung sowie sanierte und unsanierte Gebäude aus der Bauperiode 1945-1990 mit einem mittelmäßigen Schutz vor solarer Einstrahlung auf.

Tabelle 7: Büroflächen nach Bürogebäudekategorien einschließlich Anteile der Bürogebäudekategorien an den Büroflächen in Österreich insgesamt

Büroflächen in Österreich 2021 nach Bürogebäudekategorien	Büroflächen in Mio.m ²	Anteil an allen Büroflächen
Baujahr vor 1945, niedriger Schutz vor solarer Einstrahlung, unsaniert	2,9	3%
Baujahr vor 1945, niedriger Schutz vor solarer Einstrahlung, saniert	2,9	3%
Baujahr vor 1945, mittelmäßiger Schutz vor solarer Einstrahlung, unsaniert	5,9	6%
Baujahr vor 1945, mittelmäßiger Schutz vor solarer Einstrahlung, saniert	5,9	6%
Baujahr vor 1945, hoher Schutz vor solarer Einstrahlung, unsaniert	2,9	3%

Büroflächen in Österreich 2021 nach Bürogebäudekategorien	Büroflächen in Mio.m ²	Anteil an allen Büroflächen
Baujahr vor 1945, hoher Schutz vor solarer Einstrahlung, saniert	2,9	3%
Baujahr 1945-1990 , niedriger Schutz vor solarer Einstrahlung, unsaniert	5,4	6%
Baujahr 1945-1990, niedriger Schutz vor solarer Einstrahlung, saniert	5,4	6%
Baujahr 1945-1990, mittelmäßiger Schutz vor solarer Einstrahlung, unsaniert	10,7	11%
Baujahr 1945-1990, mittelmäßiger Schutz vor solarer Einstrahlung, saniert	10,7	11%
Baujahr 1945-1990, hoher Schutz vor solarer Einstrahlung, unsaniert	5,4	6%
Baujahr 1945-1990, hoher Schutz vor solarer Einstrahlung, saniert	5,4	6%
Baujahr nach 1990 , niedriger Schutz vor solarer Einstrahlung, unsaniert	6,5	7%
Baujahr nach 1990, niedriger Schutz vor solarer Einstrahlung, saniert/neu	1,1	1%
Baujahr nach 1990, mittelmäßiger Schutz vor solarer Einstrahlung, unsaniert	12,9	13%
Baujahr nach 1990, mittelmäßiger Schutz vor solarer Einstrahlung, saniert/neu	2,3	2%
Baujahr nach 1990, hoher Schutz vor solarer Einstrahlung, unsaniert	6,5	7%
Baujahr nach 1990, hoher Schutz vor solarer Einstrahlung, saniert/neu	1,1	1%
insgesamt	96,8	100%

Quelle: eigene Berechnung basierend auf der *Arbeitsstättenzählung 2021* sowie auf *Hammermann und Stettes 2023, Benke et al. 2012*

4.3. Entwicklung der Wohn- und Büroflächen bis 2050

Den Aussagen zur Entwicklung der Wohn- und Büroflächen im Zeitraum von 2021 bis 2050 wird eine Übersicht über die Flächen insgesamt im Ausgangsjahr 2021 vorangestellt (vgl. Tabelle 8): In Österreich werden **Wohn- und Büroflächen insgesamt** im Ausmaß von 623 Mio.m² verzeichnet. Das größte Ausmaß an Flächen verzeichnet Niederösterreich mit 128 Mio.m², gefolgt von Wien mit 115 Mio.m² und Oberösterreich mit 109 Mio.m². Über ein vergleichsweise geringes Ausmaß an Wohn- und Büroflächen verfügen das Burgenland mit 24 Mio.m² und Vorarlberg mit 27 Mio.m². Von den Wohn- und Büroflächen insgesamt entfallen 16% auf Büroflächen und 84% auf Wohnflächen. Allerdings variieren die Anteile zwischen den Bundesländern: In Wien beträgt der Anteil der Büroflächen 22%, im Burgenland 11%, in Niederösterreich 12% und in Kärnten 13% der Wohn- und Büroflächen insgesamt.

Tabelle 8: Wohn- und Büroflächen in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich Anteile der Büroflächen an den Wohn- und Büroflächen insgesamt

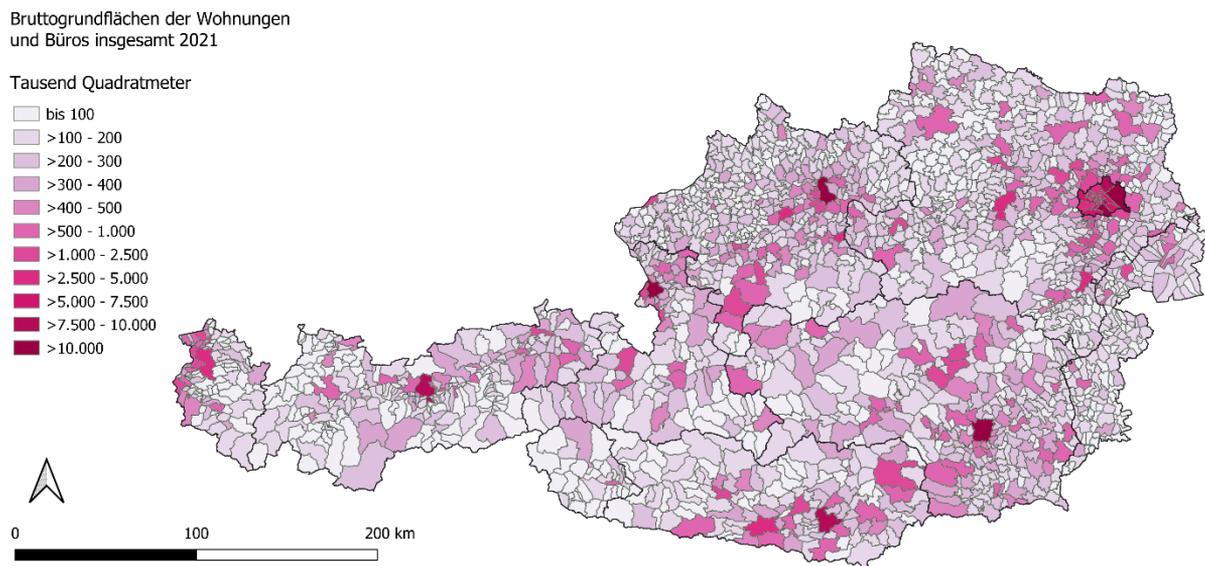
Wohn- und Büroflächen 2021	Wohnflächen in Mio.m ²	Büroflächen in Mio.m ²	Wohn- und Büroflächen insgesamt in Mio.m ²	Anteil der Büroflächen
Bundesland				
Burgenland	20,9	2,5	23,5	11%
Kärnten	35,8	5,3	41,1	13%
Niederösterreich	112,8	15,3	128,1	12%
Oberösterreich	92,1	16,6	108,7	15%
Salzburg	31,4	6,4	37,9	17%
Steiermark	75,8	13,2	88,9	15%

Wohn- und Büroflächen 2021	Wohnflächen in Mio.m ²	Büroflächen in Mio.m ²	Wohn- und Büroflächen insgesamt in Mio.m ²	Anteil der Büroflächen
Bundesland				
Tirol	44,6	8,1	52,7	15%
Vorarlberg	22,5	4,2	26,7	16%
Wien	90,0	25,1	115,2	22%
Österreich	526,0	96,8	622,8	16%

Quelle: eigene Berechnung basierend auf der *Gebäude- und Wohnungszählung 2021*, der *Arbeitsstättenzählung 2021* sowie auf *Hammermann und Stettes 2023*, *Benke et al. 2012*

Die **räumliche Verteilung der Wohn- und Büroflächen insgesamt** 2021 auf Gemeindeebene veranschaulicht Abbildung 18. Sie widerspiegelt in hohem Maße die Verteilung der Wohnflächen auf die Gemeinden. Allerdings erhalten einwohnerstarke Gemeinden, die zugleich auch Standorte zahlreicher bzw. großer Arbeitsstätten sind und daher umfangreiche Büroflächen aufweisen, eine zusätzliche Bedeutung.

Abbildung 18: Bruttogrundflächen der Wohnungen und Büros insgesamt 2021



Quelle: eigene Berechnung basierend auf der *Gebäude- und Wohnungszählung 2021*, der *Arbeitsstättenzählung 2021* sowie auf *Hammermann und Stettes 2023*, *Benke et al. 2012*

Die Modellierung von Kältebedarf und Kälteleistung in der Zukunft beruht maßgeblich auf der künftigen räumlichen Entwicklung bzw. den künftig zu erwartenden Wohn- und Büroflächen. Um Unsicherheiten in der Abschätzung der Wohn- und Büroflächenentwicklung bis 2050 abzufedern, werden ein moderater und ein dynamischer Entwicklungspfad verfolgt (vgl. Kapitel 2.2.3).

Der **moderate Entwicklungspfad** sieht einen Anstieg der Wohn- und Büroflächen in Österreich bis zum Jahr 2050 in der Höhe von 7% gegenüber 2021 vor (vgl. Tabelle 9). Demnach vergrößern sich die

Wohn- und Büroflächen von 623 Mio.m² im Jahr 2021 auf 668 Mio.m² im Jahr 2050. Mit Ausnahme von Kärnten, das eine leicht rückläufige Entwicklung aufweist (um 3% gegenüber 2021), nimmt in allen Bundesländern das Ausmaß an Wohn- und Büroflächen bis 2050 zu; besonders stark zeigt sich die Zunahme in Wien mit 13% gegenüber 2021. Auf der moderaten räumlichen Entwicklung beruhen die Szenarien [A] und [C].

Tabelle 9: Moderate Entwicklung der Wohn- und Büroflächen in den österreichischen Bundesländern und relative Veränderung der Flächen von 2021 bis 2050

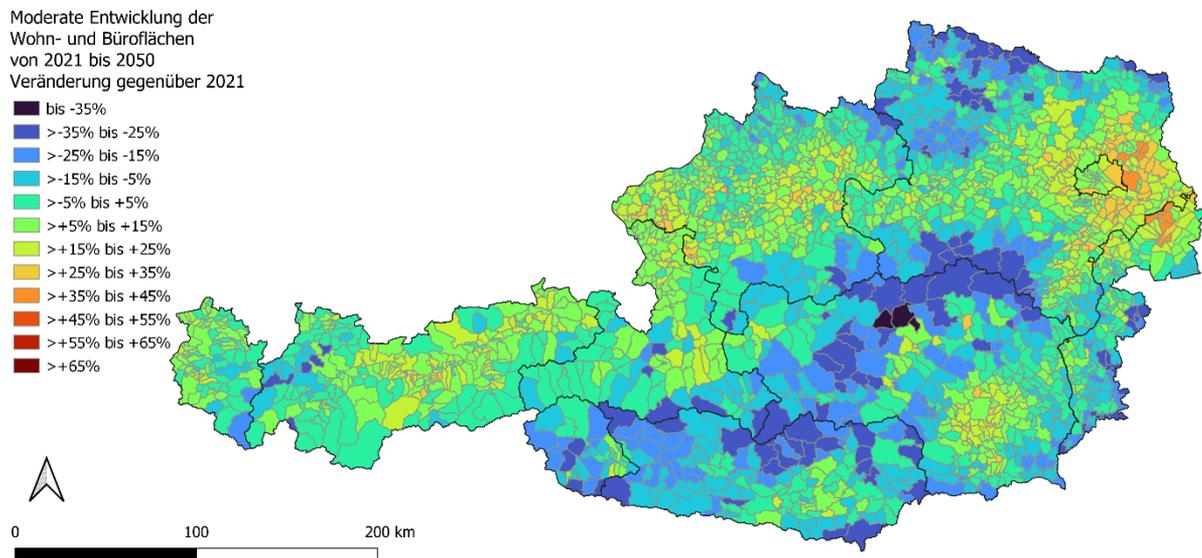
Moderate Entwicklung der Wohn- und Büroflächen 2021 - 2050 Bundesländer	Wohnflächen 2050 in Mio.m ²	Büroflächen 2050 in Mio.m ²	Wohn- und Büroflächen 2050 in Mio.m ²	Veränderung 2021 - 2050
Burgenland	22,2	2,8	25,0	+6%
Kärnten	34,7	5,3	39,9	-3%
Niederösterreich	121,5	16,7	138,2	+8%
Oberösterreich	99,5	18,0	117,5	+8%
Salzburg	33,3	6,9	40,2	+6%
Steiermark	77,1	13,7	90,8	+2%
Tirol	48,2	8,7	56,9	+8%
Vorarlberg	24,6	4,6	29,1	+9%
Wien	102,7	28,0	130,7	+13%
Österreich	563,7	104,7	668,4	+7%

Quelle: eigene Berechnung basierend auf den *Bevölkerungszählungen 1971-2021* und der *ÖROK-Prognose*

Die Unterschiede zwischen den **Gemeinden** sind wesentlich ausgeprägter als auf der Ebene der Bundesländer; dies zeigt die nachfolgende Karte anschaulich (vgl. Abbildung 19). In zahlreichen Gemeinden Kärntens und der Steiermark, aber auch im Waldviertel, teilweise im südlichen Burgenland und in einzelnen alpinen Gemeinden wird eine Abnahme der Wohn- und Büroflächen verzeichnet; nennenswerte Zuwächse treten in den Zentralräumen auf, insbesondere im (östlichen) Wiener Umland.

Im Zuge der **dynamischen Entwicklung** zeigt sich eine Zunahme der Wohn- und Büroflächen in Österreich bis 2050 um 30% gegenüber 2021 (vgl. Tabelle 10). Die Wohn- und Büroflächen belaufen sich demnach im Jahr 2050 auf 810 Mio.m². In diesem Fall nehmen die Wohn- und Büroflächen in allen Bundesländern zu. Angesichts der Tatsache, dass in den dynamischen Entwicklungspfad auch der spezifische Flächenbedarf pro Person einfließt, weist nicht Wien mit vergleichsweise niedrigen Pro-Kopf-Werten den stärksten Anstieg auf, sondern das Burgenland mit einer Zunahme von 34% gegenüber 2021. Die dynamische räumliche Entwicklung liegt den Szenarien [B] und [D] zugrunde.

Abbildung 19: Moderate Entwicklung der Wohn- und Büroflächen von 2021 bis 2050



Quelle: eigene Berechnung basierend auf den *Bevölkerungszählungen 1971-2021* und der *ÖROK-Prognose*

Tabelle 10: Dynamische Entwicklung der Wohn- und Büroflächen in den österreichischen Bundesländern und relative Veränderung der Flächen von 2021 bis 2050

Dynamische Entwicklung der Wohn- und Büroflächen 2021 - 2050 Bundesländer	Wohnflächen 2050 in Mio.m ²	Büroflächen 2050 in Mio.m ²	Wohn- und Büroflächen 2050 in Mio.m ²	Veränderung 2021 - 2050
Burgenland	28,1	3,5	31,5	+34%
Kärnten	43,7	6,6	50,3	+22%
Niederösterreich	148,8	20,3	169,1	+32%
Oberösterreich	122,2	21,9	144,1	+33%
Salzburg	40,5	8,3	48,8	+29%
Steiermark	96,7	17,0	113,7	+28%
Tirol	58,3	10,5	68,8	+31%
Vorarlberg	29,7	5,5	35,2	+32%
Wien	116,5	31,8	148,3	+29%
Österreich	684,5	125,4	809,9	+30%

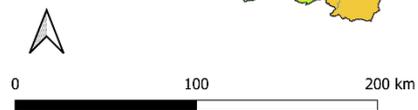
Quelle: eigene Berechnung basierend auf den *Bevölkerungszählungen 1971-2021*, der *ÖROK-Prognose*, den *Volks-/Registerzählungen 1971-2021* und den *Gebäude- und Wohnungszählungen 1971-2021*

Abbildung 20 veranschaulicht die dynamische Entwicklung der Wohn- und Büroflächen, die sich angesichts steigender Flächenbedarfe pro Person in fast allen österreichischen **Gemeinden** in einer Zunahme der Flächen äußert. In den Landeshauptstadtregionen und im Großraum Wien steigt das Ausmaß der Wohn- und Büroflächen bis 2050 besonders stark an.

Abbildung 20: Dynamische Entwicklung der Wohn- und Büroflächen von 2021 bis 2050

Dynamische Entwicklung der
Wohn- und Büroflächen
von 2021 bis 2050
Veränderung gegenüber 2021

- bis -35%
- >-35% bis -25%
- >-25% bis -15%
- >-15% bis -5%
- >-5% bis +5%
- >+5% bis +15%
- >+15% bis +25%
- >+25% bis +35%
- >+35% bis +45%
- >+45% bis +55%
- >+55% bis +65%
- >+65%



Quelle: eigene Berechnung basierend auf den *Bevölkerungszählungen 1971-2021*, der *ÖROK-Prognose*, den *Volks-/Registerzählungen 1971-2021* und den *Gebäude- und Wohnungszählungen 1971-2021*

5 Entwicklung des Kältebedarfs

Basierend auf den Datensätzen zur räumlich differenzierten Entwicklung der Kühlgradtage (vgl. Kapitel 3) sowie der Wohn- und Büroflächen (vgl. Kapitel 4) von 2021 bis 2050 wird unter Berücksichtigung der Kältebedarfs- und Kälteleistungsfunktionen aus der Kältematrix (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix) ein Modell entwickelt, mit dem für jede österreichische Gemeinde Aussagen zum Kältebedarf für die Zeithorizonte 2030, 2040 und 2050 getroffen werden können. Als Referenz dafür wird das Modell zunächst auf das **Ausgangsjahr 2021** angewendet: Darin fließen der Bestand an Wohn- und Büroflächen im Jahr 2021 sowie die originalen Climamap-Daten nach dem Szenario RCP8.5 für das Jahr 2021 ein, die auch dem moderaten Entwicklungspfad zugrunde liegen. Sämtliche Aussagen zur Entwicklung von Kältebedarf und Kälteleistung referenzieren demnach auf die Ausprägung der originalen Climamap-Daten im Jahr 2021.

Im Anschluss an die Modellierung der Ausgangslage werden für die **drei künftigen Zeithorizonte 2030, 2040 und 2050** jeweils die **vier Szenarien [A], [B], [C] und [D]** modelliert, die auf den Kombinationen von moderater bzw. dynamischer Entwicklung der Kühlgradtage sowie der Wohn- und Büroflächen basieren (vgl. Kapitel 2.3): Die Szenarien [A] und [B] beruhen auf einer moderaten Entwicklung der Kühlgradtage und unterscheiden sich hinsichtlich der räumlichen Entwicklung ([A] moderat und [B] dynamisch). Die Szenarien [C] und [D] gehen von einer dynamischen Entwicklung der Kühlgradtage aus und bilden wiederum beide Pfade der räumlichen Entwicklung ab ([C] moderat und [D] dynamisch).

Im Anschluss an das Kapitel 5 mit den Ergebnissen der Szenarioanalyse zum Kältebedarf folgt eine Darstellung der Ergebnisse zur Kälteleistung (vgl. Kapitel 6). Die Ergebnisse der Szenarioanalyse schließen für die Wohnnutzung auch Aussagen zum Unterschied zwischen dem generellen und dem adaptiven **Komfortniveau** ein (vgl. Kapitel 7). Weiters wird der Einfluss der **Kühlsättigung** der Wohnungen untersucht, d.h. welche Wirkung auf den Kältebedarf und die Kälteleistung auftritt, wenn ausgewählte Schwellenwerte für den spezifischen Kältebedarf der Wohnungen unterschritten und die betreffenden Wohnflächen nicht gekühlt werden (vgl. Kapitel 8). Außerdem wird der Einfluss der **Gebäudesanierung** auf den Kältebedarf und die Kälteleistung aufgezeigt und deren Rolle dem Einfluss der beiden anderen Komponenten, die für die Entwicklung des Kältebedarfs und der Kälteleistung maßgeblich sind, nämlich der räumlichen Entwicklung und der Entwicklung der Kühlgradtage, gegenübergestellt (vgl. Kapitel 9). Abschließend wird der Kältebedarf der Wohnungen auf der Ebene der **Katastralgemeinden** dargelegt (vgl. Kapitel 10).

Die nachfolgenden Ausführungen umfassen die Ergebnisse der Modellierung und Szenarioanalyse betreffend die Entwicklung des absoluten Kältebedarfs (vgl. Kapitel 5.1), des spezifischen Kältebedarfs (vgl. Kapitel 5.2) und des monatlichen Kältebedarfs (vgl. Kapitel 5.3). Alle Aussagen in diesem Kapitel beziehen sich auf das **generelle Komfortniveau**.

5.1. Absoluter Kältebedarf

5.1.1. Absoluter Kältebedarf 2021

In Österreich liegt der absolute Kältebedarf im Jahr 2021 bei **2,5 TWh/a**, wobei auf die Wohnungen 1,2 TWh/a und auf die Büros 1,3 TWh/a entfallen (vgl. Tabelle 11). Die Anteile der Wohnungen (49%) und der Büros (51%) am Kältebedarf insgesamt sind demnach beinahe gleich hoch. Bei einem deutlichen Überhang an Wohnflächen mit 526 Mio.m² Bruttogrundfläche bzw. 84% gegenüber den Büroflächen mit 97 Mio.m² Bruttogrundfläche bzw. 16% der Flächen insgesamt (vgl. Tabelle 8) ist dies den erheblich höheren spezifischen Energiebedarfen für die Kühlung von Büroflächen als jenen für die Wohnnutzung geschuldet (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix).

Tabelle 11: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich absoluter Kältebedarf insgesamt und Anteile der Bundesländer daran, generelles Komfortniveau

Absoluter Kältebedarf 2021	Kältebedarf Wohnungen	Kältebedarf Büros	Kältebedarf insgesamt	Anteile der Bundesländer
Bundesländer	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a	
Burgenland	89	38	127	5%
Kärnten	33	60	93	4%
Niederösterreich	269	197	467	19%
Oberösterreich	109	197	306	12%
Salzburg	20	69	88	3%
Steiermark	129	160	289	11%
Tirol	33	88	120	5%
Vorarlberg	28	49	77	3%
Wien	521	433	954	38%
Österreich	1.230	1.291	2.522	100%
Anteile der Wohnungen und Büros	49%	51%	100%	

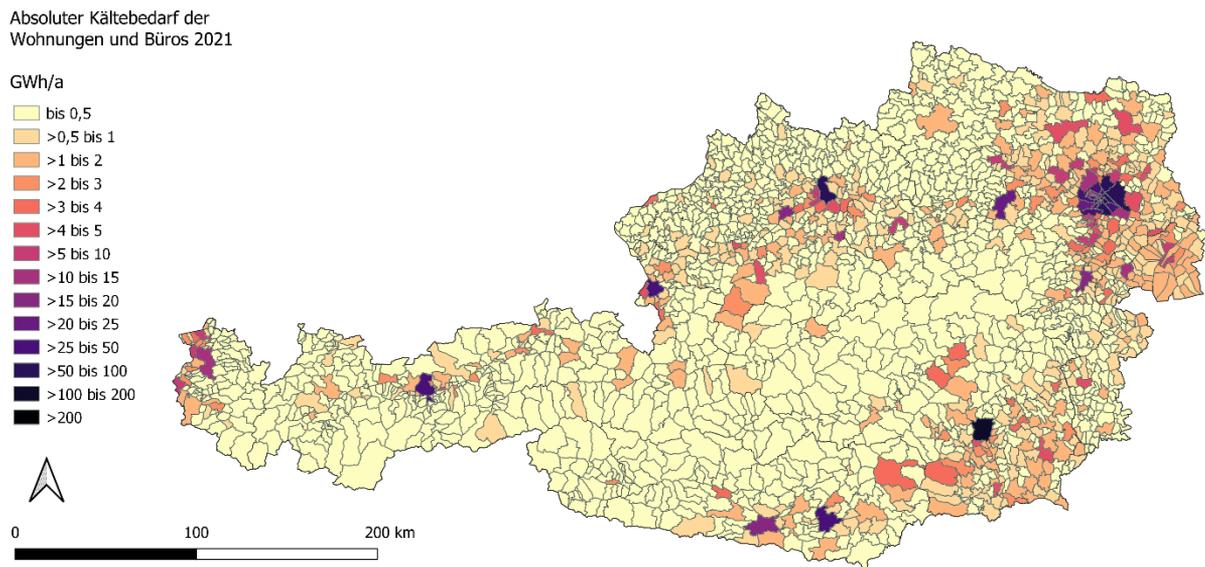
Quelle: eigene Berechnung

Die Höhe der absoluten Kältebedarfe in den einzelnen **Bundesländern** ist sowohl von deren Ausstattung mit Wohn- und Büroflächen als auch von der jeweiligen Anzahl an Kühlgradtagen abhängig. Den höchsten absoluten Kältebedarf weist die Bundeshauptstadt Wien mit 950 GWh/a auf; das sind 38% des österreichischen Kältebedarfs insgesamt. Angesichts der Tatsache, dass die Wohn- und Büroflächen Wiens insgesamt nur einen Anteil von rund 18% aller österreichischen Wohn- und Büroflächen einnehmen (Wohnflächen: 17%, Büroflächen: 26%; vgl. Tabelle 4 und Tabelle 6), wird hier die überdurchschnittlich **hohe Anzahl an Kühlgradtagen** im Osten Österreichs besonders deutlich (vgl. Tabelle 2): Mit 307 Kühlgradtagen liegt Wien rund 90% über dem österreichischen Durchschnitt von 163 Kühlgradtagen. Andererseits geht der hohe Anteil Wiens am Kältebedarf auch auf die – im Vergleich zu den anderen Bundesländern – überdurchschnittliche **Ausstattung mit Büroflächen** zurück (vgl. Tabelle 8), die einen im Vergleich zur Wohnnutzung höheren spezifischen Energiebedarf für die Kühlung aufweisen (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix). Die niedrigsten Kältebedarfe

zeigen die Bundesländer Vorarlberg, Salzburg und Kärnten mit jeweils rund 80-90 GWh/a; das sind jeweils 3-4% des österreichischen Kältebedarfs; der Anteil der drei Bundesländer an den Wohn- und Büroflächen beträgt jeweils 4-7% (vgl. Tabelle 4 und Tabelle 6). Vorarlberg und Kärnten liegen mit 136 bzw. 137 Kühlgradtagen rund ein Sechstel, Salzburg mit 110 Kühlgradtagen sogar rund ein Drittel unter dem österreichischen Durchschnitt (vgl. Tabelle 2). Folglich sind die Anteile dieser Bundesländer am Kältebedarf geringer als an den Wohn- und Büroflächen.

Die Verteilung des absoluten Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt auf die österreichischen **Gemeinden** im Jahr 2021 zeigt Abbildung 21; dabei wird die Farbskala im Ausgangsjahr 2021 nicht vollumfänglich ausgeschöpft.

Abbildung 21: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) 2021, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

5.1.2. Entwicklung des absoluten Kältebedarfs bis 2050

Im Zeitraum bis 2050 nimmt der **absolute Kältebedarf insgesamt** ausgehend von 2,5 TWh/a (vgl. Tabelle 11) zu: im Szenario [A] auf 3,5 TWh/a, im Szenario [B] auf 4,2 TWh/a, im Szenario [C] auf 5,3 TWh/a und im Szenario [D] auf 6,3 TWh/a (vgl. Tabelle 12). Bei moderater Entwicklung der Kühlgradtage variiert die Zunahme des Kältebedarfs gegenüber 2021 demnach in Abhängigkeit von der räumlichen Entwicklung zwischen +39% im Szenario [A] bzw. +65% im Szenario [B], während sich bei der dynamischen Entwicklung der Kühlgradtage je nach räumlicher Entwicklung der Kältebedarf im Szenario [C] gegenüber 2021 mehr als verdoppelt bzw. im Szenario [D] 2½-mal so hoch ist wie 2021 (vgl. Tabelle 13).

Tabelle 12: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau

Absoluter Kältebedarf	Kältebedarf	Kältebedarf	Kältebedarf
	2030	2040	2050
Szenarien	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a
Szenario [A]	2.655	2.966	3.494
Szenario [B]	2.815	3.342	4.168
Szenario [C]	4.074	4.539	5.299
Szenario [D]	4.322	5.116	6.322

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 13: Veränderung des absoluten Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050 gegenüber 2021 in Prozent, generelles Komfortniveau

Veränderung des absoluten Kältebedarfs	Veränderung	Veränderung	Veränderung
Szenarien	2021 - 2030	2021 - 2040	2021 - 2050
Szenario [A]	+5%	+18%	+39%
Szenario [B]	+12%	+33%	+65%
Szenario [C]	+62%	+80%	+110%
Szenario [D]	+71%	+103%	+151%

Quelle: eigene Berechnung

Der **Kältebedarf der Wohnungen** steigt bis 2050 an: von 1,2 TWh/a im Jahr 2021 (vgl. Tabelle 11) auf – je nach Szenario – 2,0 bis 4,2 TWh/a (vgl. Tabelle 14). Dies bedeutet im Szenario [A] eine Zunahme des Kältebedarfs um 64% und im Szenario [D] eine Zunahme des Kältebedarfs auf beinahe den 3½-fachen Wert gegenüber 2021. Der **Kältebedarf der Büros** beläuft sich im Jahr 2021 auf 1,3 TWh/a (vgl. Tabelle 11) und im Jahr 2050 – je nach Szenario – auf 1,5 bis 2,2 TWh/a (vgl. Tabelle 15). Der Kältebedarf der Büros entwickelt sich demnach mit höchstens +68% gegenüber 2021 moderater als jener der Wohnungen.

Tabelle 14: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau

Absoluter Kältebedarf	Kältebedarf	Kältebedarf	Kältebedarf
Wohnungen	2030	2040	2050
Szenarien	in GWh/a	in GWh/a	in GWh/a
Szenario [A]	1.368	1.629	2.020
Szenario [B]	1.445	1.829	2.410
Szenario [C]	2.514	2.902	3.476
Szenario [D]	2.663	3.266	4.153

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 15: Absoluter Kältebedarf der Büros in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau

Absoluter Kältebedarf Büros Szenarien	Kältebedarf 2030 in GWh/a	Kältebedarf 2040 in GWh/a	Kältebedarf 2050 in GWh/a
Szenario [A]	1.287	1.337	1.474
Szenario [B]	1.369	1.512	1.758
Szenario [C]	1.560	1.638	1.823
Szenario [D]	1.659	1.850	2.169

Quelle: eigene Berechnung

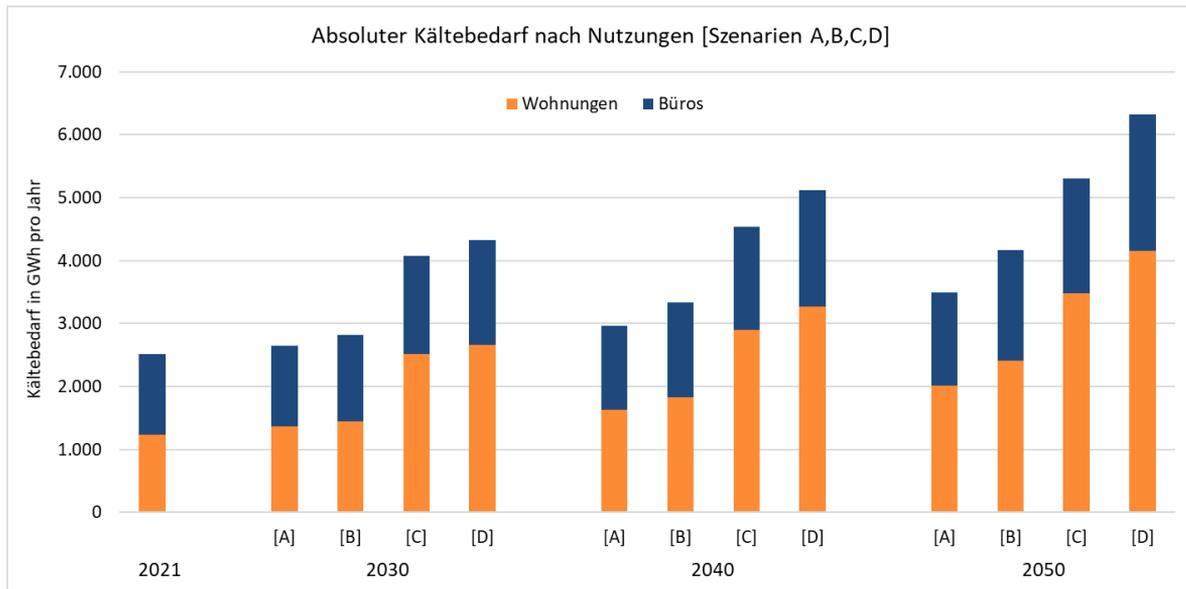
Für die Unterschiede im absoluten Kältebedarf zwischen den einzelnen Szenarien sind – je nach Nutzungen – verschiedene Einflussfaktoren verantwortlich: Der Kältebedarf der Wohnungen zeigt einen markanten Anstieg vom Szenario [B] zum Szenario [C], d.h. von den Szenarien mit moderater Entwicklung der Kühlgradtage zu jenen mit dynamischer Entwicklung der Kühlgradtage. Dieser Anstieg liegt darin begründet, dass in den Szenarien [A] und [B] ein beträchtliches **Ausmaß an Wohnflächen** noch keinen Kältebedarf aufweist. Denn bei den niedrigen Kühlgradtagen, die in den Szenarien [A] und [B] auftreten, wird in vielen Gemeinden bzw. in zahlreichen Wohngebäudekategorien die kritische Grenze von 120-150 Kühlgradtagen pro Jahr noch nicht überschritten; Wohnflächen verzeichnen unterhalb dieser Grenze keinen Kältebedarf (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix und Kapitel 8.1). Bei den höheren Kühlgradtagen der Szenarien [C] und [D] wird die kritische Grenze in der überwiegenden Anzahl von Gemeinden bzw. in zahlreichen Gebäudekategorien überschritten. Daher weist ein erhebliches Ausmaß an Wohnflächen einen zusätzlichen Kältebedarf auf und der absolute Kältebedarf nimmt von 2,0 bis 2,4 TWh/a in den Szenarien [A] und [B] auf 3,5 bis 4,2 TWh/a in den Szenarien [C] und [D] deutlich zu (vgl. Tabelle 14).

Demgegenüber weisen alle Büroflächen in Österreich bereits im Jahr 2021 einen Kältebedarf auf, denn bei 120-150 Kühlgradtagen ist bereits ein spezifischer Energiebedarf für die Kühlung von Büroflächen gegeben (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix). Daher spiegelt sich eine steigende Anzahl von Kühlgradtagen zwar auch in steigendem Kältebedarf der Büros wider, darüber hinaus ist aber die unterschiedlich **dynamische Entwicklung der Büroflächen** für die Anstiege des Kältebedarfs vom Szenario [A] zu Szenario [B] bzw. vom Szenario [C] zum Szenario [D] verantwortlich. Dies ist im zeitlichen Verlauf von 2030 bis 2050 mit zunehmender Deutlichkeit zu beobachten: Von 2021 bis 2050 nehmen der Kältebedarf der Büros im Szenario [B] (dynamische räumliche Entwicklung und moderate Entwicklung der Kühlgradtage) und jener im Szenario [C] (moderate räumliche Entwicklung und dynamische Entwicklung der Kühlgradtage) annähernd gleich stark zu: Im Jahr 2050 beträgt er jeweils 1,8 TWh/a (vgl. Tabelle 15).

Abbildung 22 veranschaulicht die Entwicklung des absoluten Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt differenziert nach **Nutzungen** von 2021 bis 2050 für die vier Szenarien [A], [B], [C] und [D]. Im Jahr 2030 sind jeweils die beiden Szenarien [A] und [B] einerseits sowie [C] und [D] andererseits durch einen etwa gleich hohen Kältebedarf gekennzeichnet und unterscheiden sich dafür deutlich voneinander. Demnach zeigt hier die räumliche Entwicklung einen weniger starken Einfluss, als sich die Auswirkungen einer steigenden Anzahl an Kühlgradtagen bemerkbar machen; sie sind für den erheblichen Anstieg des Kältebedarfs vom Szenario [B] zum Szenario [C] verantwortlich, wobei sich

hier vornehmlich der steigende Kältebedarf der Wohnungen zeigt. Demgegenüber sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Szenarien im Jahr 2050 vergleichsweise ausgewogen. Hier ergänzen einander die Anstiege im Kältebedarf, die auf die räumliche Entwicklung zurückgeführt werden können, und die Zunahmen des Kältebedarfs, die auf der steigenden Anzahl an Kühlgradtagen basieren.

Abbildung 22: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt nach Nutzungen in Gigawattstunden (GWh) pro Jahr für 2021 und für die vier Szenarien [A], [B], [C], [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau

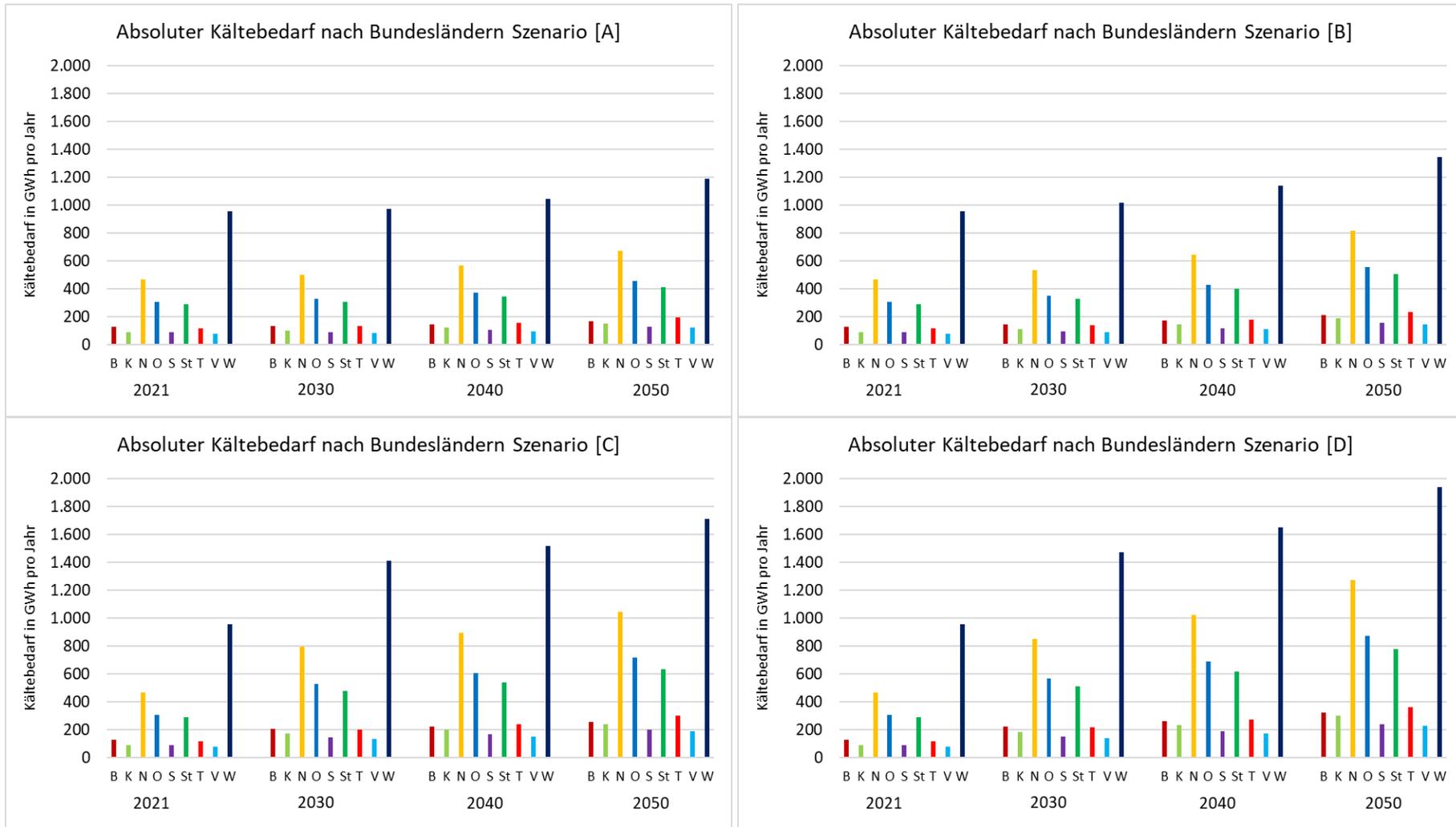


Quelle: eigene Berechnung

Die Unterschiede im absoluten Kältebedarf zwischen den **Bundesländern** sind sowohl auf deren unterschiedliche Ausstattung mit Wohn- und Büroflächen (vgl. Tabelle 4 und Tabelle 6) als auch auf die unterschiedliche Anzahl an Kühlgradtagen (vgl. Tabelle 2 und Tabelle 3) zurückzuführen. Aus Abbildung 23 ist ersichtlich, dass der höchste Kältebedarf – unabhängig vom Szenario und vom Zeithorizont – jeweils auf Wien entfällt, gefolgt von Niederösterreich, Oberösterreich und der Steiermark. Im Jahr 2050 weist **Wien** Wohn- und Büroflächen im Ausmaß von 131 Mio.m² im Szenario [A] (vgl. Tabelle 9) und 148 Mio.m² im Szenario [D] (vgl. Tabelle 10) auf. Das ist jeweils der zweithöchste Wert aller österreichischen Bundesländer (nach Niederösterreich). Gleichzeitig ist Wien im Jahr 2050 durch 392 Kühlgradtage im Szenario [A] (vgl. Tabelle 2) und 538 Kühlgradtage im Szenario [D] (vgl. Tabelle 3) gekennzeichnet; das ist jeweils der höchste Wert aller österreichischen Bundesländer. Demnach verzeichnet Wien im Jahr 2050 einen absoluten Kältebedarf in der Höhe von 1,2 TWh/a im Szenario [A] (vgl. Tabelle 16) und 1,9 TWh/a im Szenario [D] (vgl. Tabelle 17).

Die niedrigsten Kältebedarfe weisen Vorarlberg und Salzburg auf, d.h. zwei Bundesländer, die sowohl ein vergleichsweise geringes Ausmaß an Wohn- und Büroflächen als auch eine geringe Anzahl an Kühlgradtagen verzeichnen. Danach folgen **Kärnten und Burgenland** mit einem Kältebedarf etwa in der gleichen Höhe: Im Jahr 2050 sind es im Szenario [A] 152 bzw. 169 TWh/a (vgl. Tabelle 16); im Szenario [D] sind es 302 bzw. 322 TWh/a (vgl. Tabelle 17). Allerdings stellt sich in Kärnten das Ausmaß an Wohn- und Büroflächen im Jahr 2050 mit 40 Mio.m² im Szenario [A] (vgl. Tabelle 9) und

Abbildung 23: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in den Bundesländern, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

50 Mio.m² im Szenario [D] (vgl. Tabelle 10) um rund 60% höher dar als im Burgenland; demgegenüber ist im Burgenland die Anzahl an Kühlgradtagen im Jahr 2050 mit 342 im Szenario [A] (vgl. Tabelle 2) und 469 im Szenario [D] (vgl. Tabelle 3) um etwa 60% höher als in Kärnten; demnach sind hier unterschiedliche Einflussfaktoren für die Höhe des Kältebedarfs verantwortlich.

Tirol weist die niedrigste Anzahl an Kühlgradtagen in Österreich auf: Im Jahr 2021 sind es 98 Kühlgradtage; im Jahr 2050 sind es – je nach Entwicklungspfad – 163 bzw. 223 Kühlgradtage (vgl. Tabelle 2 und Tabelle 3). Tirol ist aber angesichts seiner umfangreicheren Ausstattung mit Wohn- und Büroflächen durch einen höheren absoluten Kältebedarf gekennzeichnet als Vorarlberg, Salzburg, Kärnten und das Burgenland.

Exemplarisch für die vier Szenarien zu den drei Zeithorizonten werden die absoluten Kältebedarfe für das Jahr 2050 im Szenario [A] in der Tabelle 16 und im Szenario [D] in der Tabelle 17 differenziert nach Bundesländern und Nutzungen dargestellt. Die Verteilung des Kältebedarfs auf die **Bundesländer** verändert sich im zeitlichen Verlauf nicht erheblich. Lediglich der Anteil Wiens nimmt von 2021 bis 2050 von 38% auf 34% im Szenario [A] und auf 31% im Szenario [D] ab, während die restlichen Bundesländer geringfügig zunehmende Anteile aufweisen: In Wien weisen bereits im Jahr 2021 alle Wohnflächen einen Kältebedarf auf, während insbesondere in den westlichen Bundesländern das Ausmaß an zu kühlenden Wohnflächen von 2021 bis 2050 mit steigenden Kühlgradtagen merklich zunimmt; weiters ist Wiens Kältebedarf in besonderem Maße vom Kältebedarf der Büros gekennzeichnet, der mit einer zunehmenden Anzahl an Kühlgradtagen weniger stark ansteigt als der Kältebedarf der Wohnungen; schließlich erwärmen sich mit zunehmendem Klimawandel die höher gelegenen Regionen stärker als die tiefen Lagen, sodass die westlichen Bundesländer von 2021 bis 2050 eine stärker steigende Anzahl an Kühlgradtagen verzeichnen als der Osten Österreichs (vgl. Tabelle 2 und Tabelle 3).

Tabelle 16: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [A] im Jahr 2050 einschließlich absoluter Kältebedarf insgesamt und Anteile der Bundesländer daran, generelles Komfortniveau

Absoluter Kältebedarf Szenario [A] 2050 Bundesländer	Kältebedarf Wohnungen in GWh/a	Kältebedarf Büros in GWh/a	Kältebedarf insgesamt in GWh/a	Anteile der Bundesländer
Burgenland	125	44	169	5%
Kärnten	86	66	152	4%
Niederösterreich	447	227	674	19%
Oberösterreich	230	224	454	13%
Salzburg	52	77	128	4%
Steiermark	231	181	412	12%
Tirol	92	103	195	6%
Vorarlberg	65	57	122	3%
Wien	693	494	1.187	34%
Österreich	2.020	1.474	3.494	100%
Anteile der Wohnungen und Büros	58%	42%	100%	

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 17: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [D] im Jahr 2050 einschließlich absoluter Kältebedarf insgesamt und Anteile der Bundesländer daran, generelles Komfortniveau

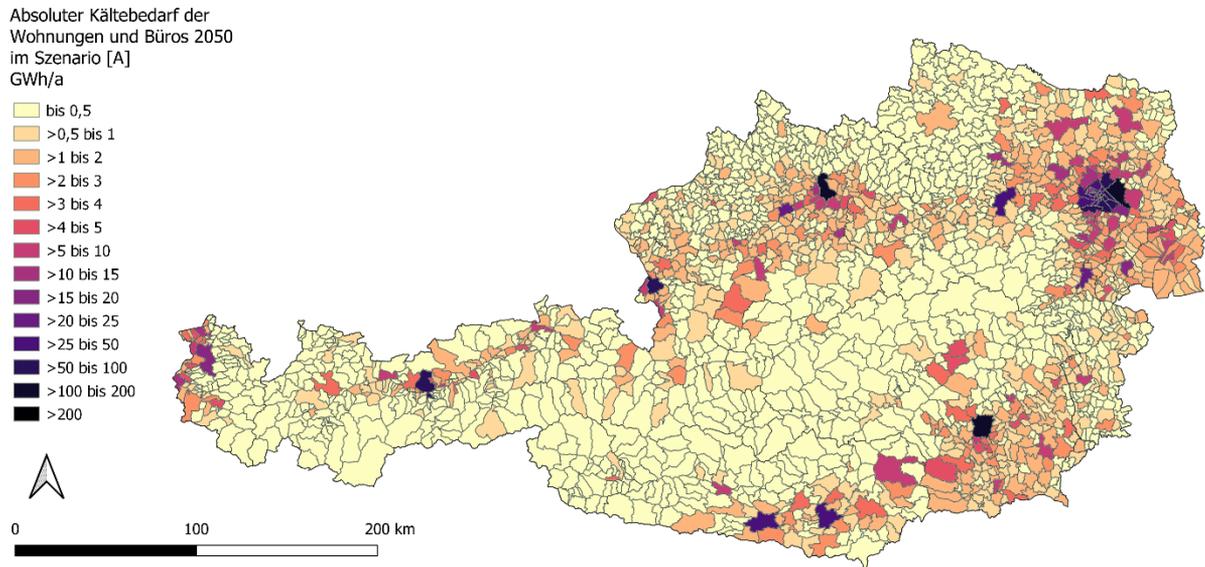
Absoluter Kältebedarf Szenario [D] 2050 Bundesländer	Kältebedarf Wohnungen in GWh/a	Kältebedarf Büros in GWh/a	Kältebedarf insgesamt in GWh/a	Anteile der Bundesländer
Burgenland	253	69	322	5%
Kärnten	202	100	302	5%
Niederösterreich	931	339	1.270	20%
Oberösterreich	542	333	874	14%
Salzburg	130	111	241	4%
Steiermark	508	273	781	12%
Tirol	212	150	362	6%
Vorarlberg	144	84	228	4%
Wien	1.232	710	1.942	31%
Österreich	4.153	2.169	6.322	100%
Anteile der Wohnungen und Büros	66%	34%	100%	

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 16 und Tabelle 17 zeigen unter anderem, dass der Anteil des Kältebedarfs für Wohnflächen von 49% im Jahr 2021 im Szenario [A] bis 2050 auf 58% sowie im Szenario [D] auf 66% ansteigt, während der Anteil des Kältebedarfs für Büros von 51% im Jahr 2021 auf 42% bzw. 34% im Jahr 2050 zurückgeht. In der Verschiebung der Anteile der beiden **Nutzungen** am Kältebedarf spiegelt sich die unterschiedlich dynamische Entwicklung des Kältebedarfs der Wohnungen und jener der Büros wider. Die Verschiebung ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass im Jahr 2021 alle Büroflächen einen Kältebedarf aufweisen und das Ausmaß der zu kühlenden Büroflächen bis zum Jahr 2050 nur durch die räumliche Entwicklung beeinflusst wird. Hingegen verändert sich das Ausmaß der Wohnflächen mit Kältebedarf bis zum Jahr 2050 nicht nur entsprechend der räumlichen Entwicklung, sondern auch aufgrund der wachsenden Anzahl an Kühlgradtagen; sie führt dazu, dass im betrachteten Zeitraum ein immer größeres Ausmaß an Wohnflächen einen Kältebedarf aufweist. Für die Verschiebung der Anteile der Wohnungen und Büros am absoluten Kältebedarf insgesamt ist auch der unterschiedlich starke Anstieg der spezifischen Energiebedarfe für die Kühlung der Wohnflächen bzw. der Büroflächen verantwortlich (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix): Die spezifischen Energiebedarfe für die Kühlung der Wohnflächen steigen mit zunehmenden Kühlgradtagen stärker an als jene für die Kühlung der Büroflächen, die in hohem Maße von inneren Lasten (Personen, (EDV)Geräte, Beleuchtung) beeinflusst werden.

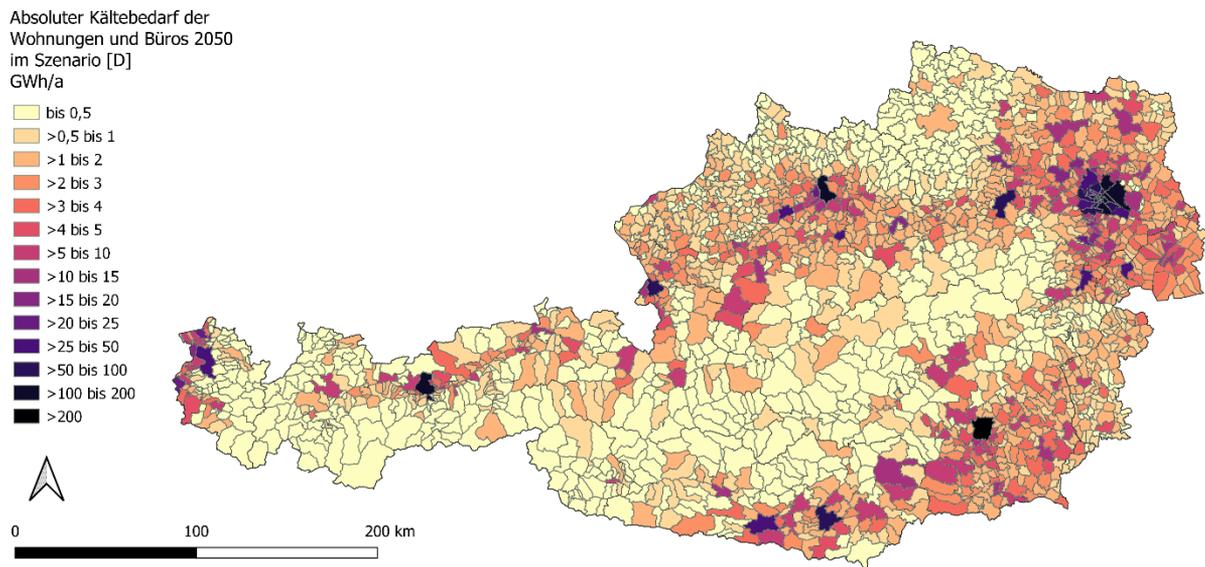
Die große Bandbreite, die im Jahr 2050 betreffend den absoluten Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt auf **Gemeindeebene** zu beobachten ist, veranschaulichen Abbildung 24 für das Szenario [A] und Abbildung 25 für das Szenario [D].

Abbildung 24: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für das Szenario [A] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 25: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

5.2. Spezifischer Kältebedarf

5.2.1. Spezifischer Kältebedarf 2021

Für die Vergleichbarkeit unter den Bundesländern bzw. den Gemeinden ist der spezifische Kältebedarf pro Jahr, d.h. der jährliche Kältebedarf pro Quadratmeter Bruttogrundfläche, ein aussagekräftiger Parameter. Österreichweit liegt er im Jahr 2021 bei **4,0 kWh/m²,a**. Dabei finden die sehr unterschiedlichen spezifischen Energiebedarfe für die Kühlung der Wohn- und Büroflächen (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix) ihren Niederschlag in erheblichen Unterschieden zwischen den beiden Nutzungen: Die Wohnungen weisen durchschnittlich einen spezifischen Kältebedarf in der Höhe von 2,3 kWh/m²,a auf; damit liegt der spezifische Kältebedarf der Wohnungen rund 40% unter dem österreichischen Durchschnitt; der spezifische Kältebedarf der Büroflächen beträgt 13,3 kWh/m²,a und ist damit mehr als drei Mal so hoch wie der durchschnittliche spezifische Kältebedarf in Österreich (vgl. Tabelle 18). Der deutliche Überhang an Wohnflächen gegenüber den Büroflächen kommt – wie beim absoluten Kältebedarf – auch hier zum Ausdruck, und zwar in der vergleichsweise geringen Höhe des spezifischen Kältebedarfs für die Wohn- und Büroflächen insgesamt.

Tabelle 18: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich spezifischer Kältebedarf insgesamt und Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt, generelles Komfortniveau

Spezifischer Kältebedarf 2021	Kältebedarf Wohnungen	Kältebedarf Büros	Kältebedarf insgesamt	Abweichung vom österr. Durchschnitt
Bundesländer	in kWh/m²,a	in kWh/m²,a	in kWh/m²,a	
Burgenland	4,2	15,0	5,4	+33%
Kärnten	0,9	11,3	2,3	-44%
Niederösterreich	2,4	12,9	3,6	-10%
Oberösterreich	1,2	11,9	2,8	-30%
Salzburg	0,6	10,6	2,3	-42%
Steiermark	1,7	12,2	3,2	-20%
Tirol	0,7	10,8	2,3	-44%
Vorarlberg	1,3	11,6	2,9	-29%
Wien	5,8	17,2	8,3	+105%
Österreich	2,3	13,3	4,0	0%
Abweichung vom österr. Durchschnitt	-42%	+229%	0%	

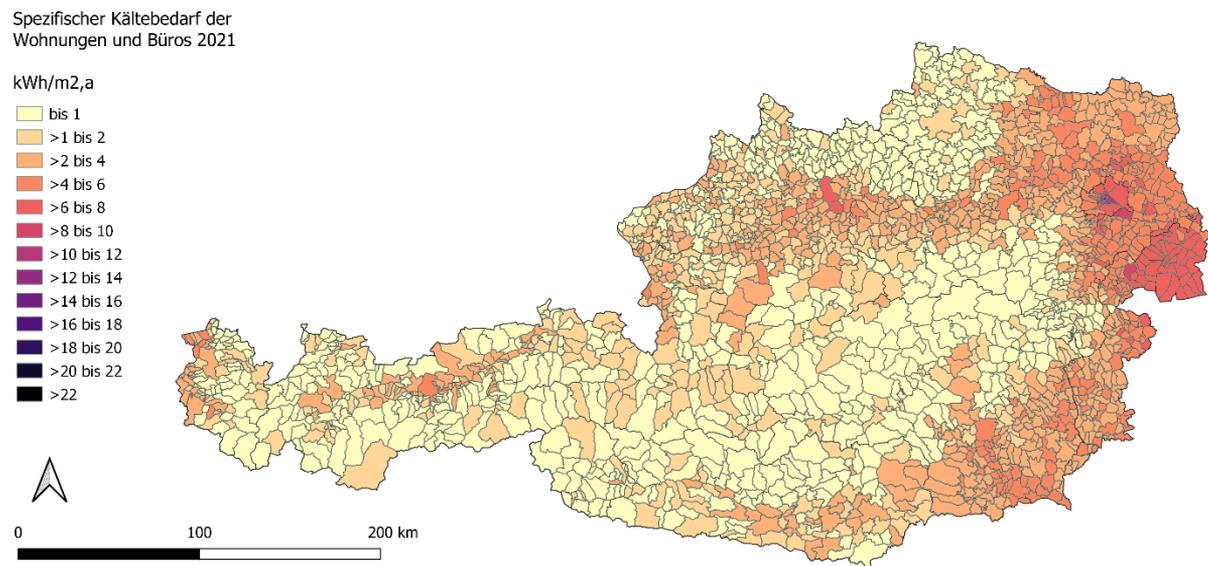
Quelle: eigene Berechnung

Die räumliche Verteilung des spezifischen Kältebedarfs **innerhalb Österreichs** zeigt ein deutliches Gefälle von (Nord)Ost nach West. Diese Beobachtung spiegelt sich auch im höchsten Wert für den spezifischen Kältebedarf in Wien wider: Mit 8,9 kWh/m²,a ist der spezifische Kältebedarf hier mehr als doppelt so hoch wie im österreichischen Durchschnitt. Überdurchschnittlich (+33%) ist der spezifische Kältebedarf mit 5,4 kWh/m²,a auch im Burgenland. In den übrigen Bundesländern liegt der spezifische Kältebedarf zwischen 2,3 kWh/m²,a (Tirol, Salzburg, Kärnten) und 3,6 kWh/m²,a

(Oberösterreich) und damit um 10 bis 44% unter dem österreichischen Durchschnitt. Die räumliche Verteilung des spezifischen Kältebedarfs spiegelt demnach – noch deutlicher als beim absoluten Kältebedarf – vornehmlich das Gefälle der Anzahl an Kühlgradtagen von (Nord)Ost nach West wider: Die Kühlgradtage sind in Wien mit 307 sowie dem Burgenland mit 258 am höchsten; in den alpin geprägten Bundesländern wie beispielsweise Tirol (98 Kühlgradtage) sowie Salzburg (110 Kühlgradtage) sind sie am niedrigsten (vgl. Tabelle 2). In Wien ist der hohe spezifische Kältebedarf auch auf die – im Vergleich der Bundesländer – überdurchschnittliche Ausstattung mit Büroflächen mit einem hohen spezifischen Energiebedarf für die Kühlung zurückzuführen (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix): 22% der Flächen insgesamt entfallen in Wien auf Büroflächen; im Burgenland hingegen werden nur 11% der Flächen insgesamt als Büros genutzt (vgl. Tabelle 8).

Auf **Gemeindeebene** sind die Disparitäten betreffend den spezifischen Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt noch deutlicher ausgeprägt (vgl. Abbildung 26), wenngleich im Ausgangsjahr 2021 die Farbskala nicht vollumfänglich ausgeschöpft wird.

Abbildung 26: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) 2021, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

5.2.2. Entwicklung des spezifischen Kältebedarfs bis 2050

Bis zum Jahr 2050 nimmt der **spezifische Kältebedarf** – je nach Szenario – um knapp 30% in den Szenarien [A] und [B]) bzw. um rund 95% in Szenarien [C] und [D] gegenüber 2021 zu: Demnach steigen die spezifischen Kältebedarfe von 4,0 kWh/m²,a im Jahr 2021 (vgl. Tabelle 18) im Fall der moderaten Entwicklung der Kühlgradtage auf bis zu 5,2 kWh/m²,a bzw. im Fall der dynamischen Entwicklung der Kühlgradtage auf bis zu 7,9 kWh/m²,a bis zum Jahr 2050 an. Der spezifische Kältebedarf in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050 ist in Tabelle 19 dargelegt; die relative Veränderung des spezifischen Kältebedarfs gegenüber 2021 kann Tabelle 20 entnommen werden.

Tabelle 19: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau

Spezifischer Kältebedarf Szenarien	Kältebedarf	Kältebedarf	Kältebedarf
	2030 in kWh/m ² ,a	2040 in kWh/m ² ,a	2050 in kWh/m ² ,a
Szenario [A]	4,2	4,5	5,2
Szenario [B]	4,1	4,5	5,1
Szenario [C]	6,4	6,9	7,9
Szenario [D]	6,3	6,8	7,8

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 20: Veränderung des spezifischen Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050 gegenüber 2021 in Prozent, generelles Komfortniveau

Veränderung des spezifischen Kältebedarfs Szenarien	Veränderung	Veränderung	Veränderung
	2021 - 2030	2021 - 2040	2021 - 2050
Szenario [A]	+3%	+12%	+29%
Szenario [B]	+1%	+10%	+27%
Szenario [C]	+58%	+72%	+96%
Szenario [D]	+56%	+69%	+93%

Quelle: eigene Berechnung

Der spezifische Kältebedarf der **Wohnungen** zeigt von 2021 bis 2050 – je nach Szenario – einen Anstieg von 2,3 kWh/m²,a (vgl. Tabelle 18) auf 3,5 bis 6,2 kWh/m²,a (vgl. Tabelle 21). Somit wird eine Zunahme um etwa 50% im Falle der moderaten Entwicklung der Kühlgradtage in den Szenarien [A] und [B] bzw. auf mehr als den 2½-fachen Wert gegenüber 2021 im Falle der dynamischen Entwicklung der Kühlgradtage in den Szenarien [C] und [D] beobachtet. Der spezifische Kältebedarf der **Büros** erhöht sich von 13,3 kWh/m²,a (vgl. Tabelle 18) auf – je nach Szenario – 14,0 bis 17,4 kWh/m²,a (vgl. Tabelle 22). Der Anstieg verläuft demnach von 2021 bis 2050 vergleichsweise moderat und beträgt in den Szenarien [C] und [D] mit einer dynamischen Entwicklung der Kühlgradtage höchstens 30%.

Tabelle 21: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau

Spezifischer Kältebedarf Wohnungen Szenarien	Kältebedarf	Kältebedarf	Kältebedarf
	2030 in kWh/m ² ,a	2040 in kWh/m ² ,a	2050 in kWh/m ² ,a
Szenario [A]	2,5	3,0	3,6
Szenario [B]	2,5	2,9	3,5
Szenario [C]	4,7	5,3	6,2
Szenario [D]	4,6	5,2	6,1

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 22: Spezifischer Kältebedarf der Büros in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau

Spezifischer Kältebedarf	Kältebedarf	Kältebedarf	Kältebedarf
Büros	2030	2040	2050
Szenarien	in kWh/m ² ,a	in kWh/m ² ,a	in kWh/m ² ,a
Szenario [A]	12,9	13,1	14,1
Szenario [B]	12,9	13,1	14,0
Szenario [C]	15,7	16,0	17,4
Szenario [D]	15,6	16,0	17,3

Quelle: eigene Berechnung

Die unterschiedliche Entwicklung der spezifischen Kältebedarfe der Wohnungen und der Büros ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass zwar bei beiden Nutzungen ein steigender Kältebedarf auf eine höhere Anzahl an Kühlgradtagen zurückgeführt werden kann; allerdings hängt der spezifische Energiebedarf für die Kühlung der Wohnungen wesentlich stärker von der Anzahl an Kühlgradtagen ab als jener für die Kühlung der Büros (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix); denn hier haben **innere Lasten** (Personen, (EDV)Geräte, Beleuchtung), die unabhängig vom Szenario und vom Zeithorizont sind, einen wesentlich größeren Einfluss auf den Kältebedarf, als dies bei der Wohnnutzung der Fall ist. Deshalb nehmen die spezifischen Kältebedarfe der Büros mit steigender Anzahl an Kühlgradtagen prozentuell weniger stark zu als jene der Wohnnutzung.

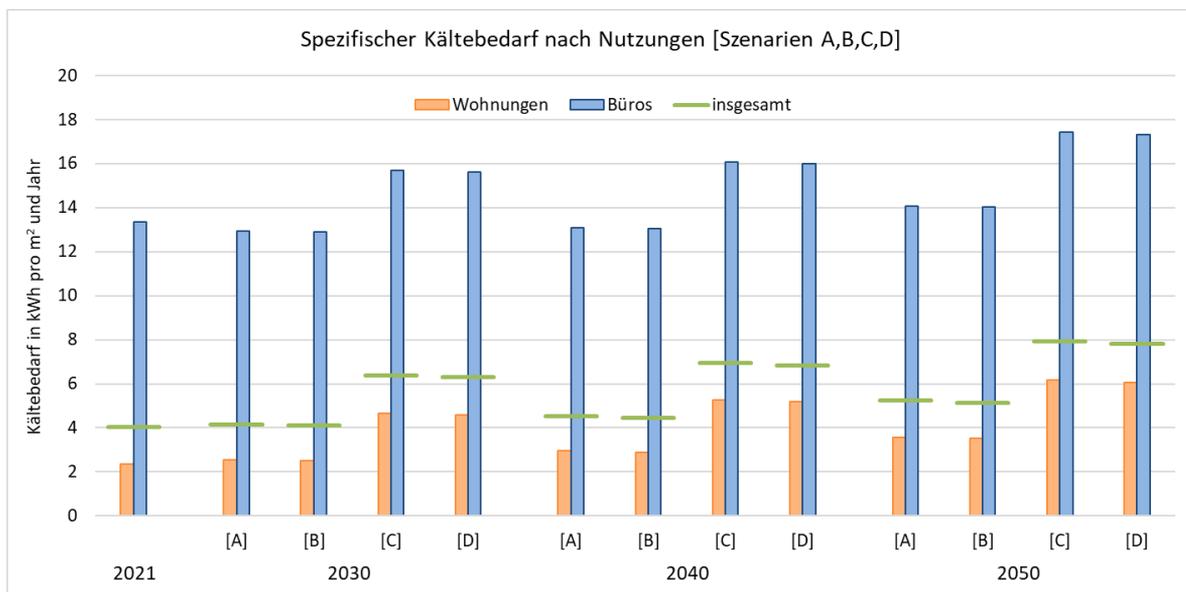
Ausgehend von 13,3 kWh/m²,a im Jahr 2021 (vgl. Tabelle 18) sinkt der spezifische Kältebedarf der Büros in den Szenarien [A] und [B], d.h. bei moderater Entwicklung der Kühlgradtage, bis 2030 leicht auf 12,9 kWh/m²,a, steigt dann wieder an und bleibt mit 13,1 kWh/m²,a im Jahr 2040 noch geringfügig unter dem Niveau von 2021; erst im Jahr 2050 ist der spezifische Kältebedarf mit 14,0 bis 14,1 kWh/m²,a höher als im Jahr 2021 (vgl. Tabelle 22). Diese Entwicklung zeigt anschaulich die Auswirkungen der **Sanierung** im Gebäudebestand, d.h. sowohl der thermischen Instandsetzung von Gebäudehüllen als auch der Verschattung von Fensterflächen. Durch die Sanierung werden Flächen aus den Gebäudekategorien, die als unsaniert gelten und durch einen vergleichsweise hohen spezifischen Energiebedarf für die Kühlung gekennzeichnet sind, in jene Gebäudekategorien verschoben, die als saniert gelten und geringe spezifische Energiebedarfe aufweisen. Die Sanierung zeigt in der Folge Wirkung auf den spezifischen Kältebedarf der Büros und verringert ihn von 2021 bis 2040 um rund 0,4 kWh/m²,a. Sobald allerdings die Sanierungspotenziale ausgeschöpft sind, nimmt der spezifische Kältebedarf der Büros in Anbetracht steigender Kühlgradtage wieder zu. In den Szenarien [C] und [D], die durch eine dynamische Entwicklung der Kühlgradtage gekennzeichnet sind, werden die Auswirkungen der Sanierung schon im Jahr 2030 durch den Einfluss höherer Kühlgradtage auf den spezifischen Kältebedarf der Büros kompensiert. Die spezifischen Kältebedarfe der Wohnungen lassen die Auswirkungen der Sanierung in keinem Szenario erkennen, weil bei der Wohnnutzung der Einfluss der Kühlgradtage auf den spezifischen Kältebedarf so stark ist, dass selbst bei moderater Entwicklung der Kühlgradtage die Auswirkungen der Sanierung kompensiert werden.

Die räumliche Entwicklung und damit die Zunahme der Wohn- und Büroflächen sind für die Höhe der spezifischen Kältebedarfe weit weniger entscheidend als die Entwicklung der Kühlgradtage und unter

gewissen Umständen die Sanierung. Aus diesem Grund sind die spezifischen Kältebedarfe in den Szenarien [A] und [B] bzw. in den Szenarien [C] und [D] jeweils beinahe gleich hoch (vgl. Tabelle 19, Tabelle 21 und Tabelle 22). Allerdings erhöhen sich im Falle einer dynamischen räumlichen Entwicklung und damit Zunahme **neu errichteter** Wohn- und Bürogebäude die Anteile jener Gebäudekategorien, die hohe energetische Standards sowie einen hochwertigen Schutz vor solarer Einstrahlung aufweisen; sie sind durch niedrige spezifische Energiebedarfe für die Kühlung gekennzeichnet. Demgegenüber verlieren die **Bestandsgebäude** mit höheren spezifischen Energiebedarfen für die Kühlung anteilmäßig an Bedeutung. Aus diesem Grund weisen die Szenarien mit dynamischer räumlicher Entwicklung (Szenarien [B] und [D]) jeweils einen gegenüber der moderaten räumlichen Entwicklung (Szenarien [A] und [C]) geringfügig niedrigeren spezifischen Kältebedarf auf (vgl. Tabelle 19, Tabelle 21 und Tabelle 22).

In Abbildung 27 wird der spezifische Kältebedarf der Wohnungen und Büros nach **Nutzungen** differenziert sowie insgesamt für die vier Szenarien in den Jahren 2030, 2040 und 2050 gezeigt. Sie veranschaulicht den großen Einfluss der Entwicklung der Kühlgradtage auf den spezifischen Kältebedarf, indem jeweils zwischen den Szenarien [A] und [B] einerseits sowie [C] und [D] andererseits eine beträchtliche Erhöhung des spezifischen Kältebedarfs verzeichnet wird. Dies gilt für alle drei Zeithorizonte gleichermaßen.

Abbildung 27: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros nach Nutzungen sowie insgesamt in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) für 2021 und für die vier Szenarien [A], [B], [C], [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

Deutlich zeigt sich in Abbildung 27 auch der Unterschied zwischen den beiden Nutzungen: Der spezifische Kältebedarf der Büros ist erheblich höher als jener der Wohnflächen und beläuft sich im Jahr 2050 mit 14,1 bis 17,3 kWh/m²,a – je nach Szenario – auf einen etwa 3 bis 4 mal so hohen Wert, wie der spezifische Kältebedarf der Wohnungen beträgt (3,6 bis 6,2 kWh/m²,a). Angesichts des deutlichen Überhangs an Wohnflächen gegenüber den Büroflächen liegt der spezifische Kältebedarf,

der für die Wohn- und Büroflächen insgesamt zutrifft, nur geringfügig über jenem der Wohnungen. Auch der absolute Kältebedarf wird im Jahr 2050 in hohem Maße von den Wohnungen geprägt (vgl. Abbildung 22): Je nach Szenario nehmen die Wohnungen am absoluten Kältebedarf insgesamt einen Anteil von 58% bzw. 66% ein (vgl. Tabelle 16 und Tabelle 17).

Die unterschiedliche Höhe des spezifischen Kältebedarfs in den einzelnen **Bundesländern** spiegelt im Wesentlichen die Unterschiede in der Anzahl Kühlgradtage wider (vgl. Tabelle 2 und Tabelle 3); wohingegen dem Ausmaß an Wohn- und Büroflächen keine Bedeutung zukommt. Demnach verzeichnen – unabhängig vom Szenario und vom Zeithorizont – Wien und das Burgenland die höchsten spezifischen Kältebedarfe, danach folgen Niederösterreich und die Steiermark; die geringsten spezifischen Kältebedarfe weisen die Bundesländer Salzburg und Tirol auf, deren alpine Prägung in vielen Gemeinden zu relativ niedrigen Kühlgradtagen führt (Abbildung 28).

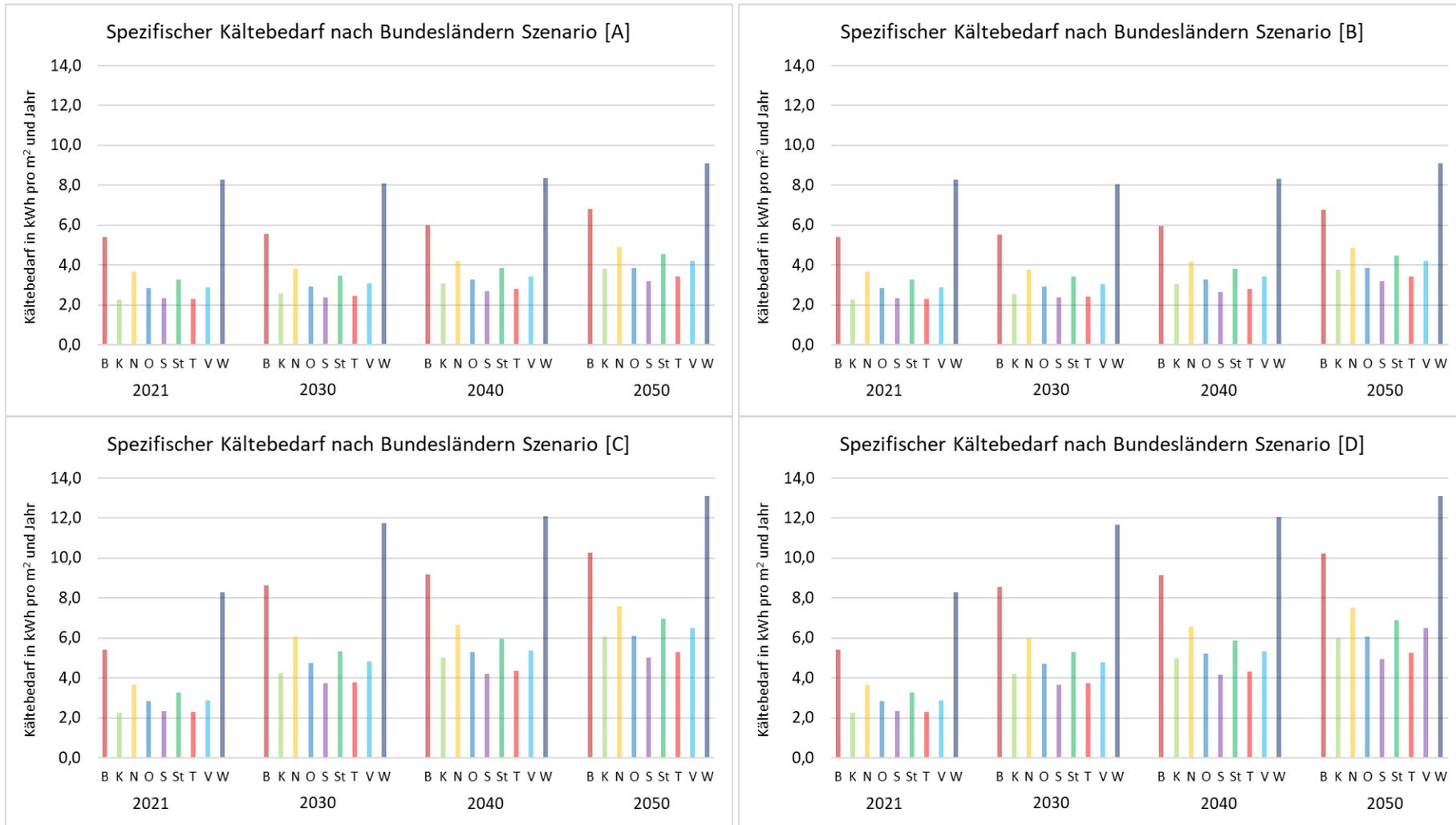
Exemplarisch für die vier Szenarien zu den drei Zeithorizonten werden für das Jahr 2050 die spezifischen Kältebedarfe in der Tabelle 23 für das Szenario [A] und in der Tabelle 24 für das Szenario [D] nach Bundesländern und Nutzungen differenziert dargelegt. Die Bandbreite zwischen den **Bundesländern** nimmt – wie bei den absoluten Kältebedarfen – im Verlauf der Jahre geringfügig ab. Während Wien beispielsweise im Jahr 2021 einen spezifischen Kältebedarf aufweist, der doppelt so hoch ist wie der österreichische Durchschnitt (vgl. Tabelle 18), liegt der Wert in Wien im Szenario [D] für das Jahr 2050 nur mehr rund zwei Drittel über dem durchschnittlichen spezifischen Kältebedarf in Österreich.

Tabelle 23: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [A] im Jahr 2050 einschließlich spezifischer Kältebedarf insgesamt und Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt, generelles Komfortniveau

Spezifischer Kältebedarf Szenario [A] 2050 Bundesländer	Kältebedarf Wohnungen in kWh/m²,a	Kältebedarf Büros in kWh/m²,a	Kältebedarf insgesamt in kWh/m²,a	Abweichung vom österr. Durchschnitt
Burgenland	5,6	15,8	6,8	+30%
Kärnten	2,5	12,4	3,8	-27%
Niederösterreich	3,7	13,6	4,9	-7%
Oberösterreich	2,3	12,5	3,9	-26%
Salzburg	1,5	11,2	3,2	-39%
Steiermark	3,0	13,2	4,5	-13%
Tirol	1,9	11,8	3,4	-34%
Vorarlberg	2,6	12,5	4,2	-20%
Wien	6,7	17,6	9,1	+74%
Österreich	3,6	14,1	5,2	0%
Abweichung vom österr. Durchschnitt	-31%	+169%	0%	

Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 28: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in den Bundesländern, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 24: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [D] im Jahr 2050 einschließlich spezifischer Kältebedarf insgesamt und Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt, generelles Komfortniveau

Spezifischer Kältebedarf	Kältebedarf	Kältebedarf	Kältebedarf	Abweichung
Szenario [D] 2050	Wohnungen	Büros	insgesamt	vom österr.
Bundesländer	in kWh/m²,a	in kWh/m²,a	in kWh/m²,a	Durchschnitt
Burgenland	9,0	19,8	10,2	+31%
Kärnten	4,6	15,1	6,0	-23%
Niederösterreich	6,3	16,7	7,5	-4%
Oberösterreich	4,4	15,2	6,1	-22%
Salzburg	3,2	13,4	4,9	-37%
Steiermark	5,3	16,1	6,9	-12%
Tirol	3,6	14,3	5,3	-33%
Vorarlberg	4,8	15,2	6,5	-17%
Wien	10,6	22,3	13,1	+68%
Österreich	6,1	17,3	7,8	0%
Abweichung vom österr. Durchschnitt	-22%	+122%	0%	

Quelle: eigene Berechnung

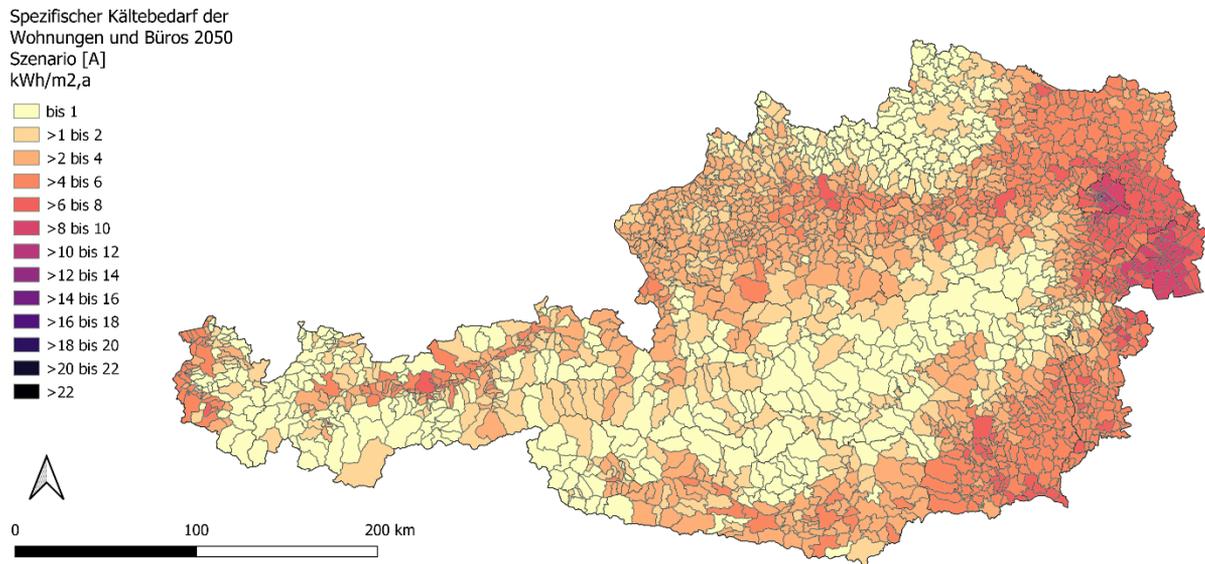
Die Bandbreite zwischen den beiden **Nutzungen** bleibt grundsätzlich hoch, wenngleich eine Annäherung im Zeitraum von 2021 bis 2050 zu beobachten ist: Da sich die spezifischen Kältebedarfe der Wohnungen dynamischer entwickeln als jene der Büros (vgl. Tabelle 21 und Tabelle 22), nähern sich die spezifischen Kältebedarfe der beiden Nutzungen geringfügig einander an und weichen im Jahr 2050 jeweils weniger stark vom österreichischen Durchschnitt ab, als dies 2021 der Fall der ist (vgl. Tabelle 18).

Die Unterschiede zwischen den **Gemeinden** betreffend den spezifischen Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt im Jahr 2050 werden in Abbildung 29 für das Szenario [A] und in Abbildung 30 für das Szenario [D] deutlich.

5.3. Monatlicher Kältebedarf

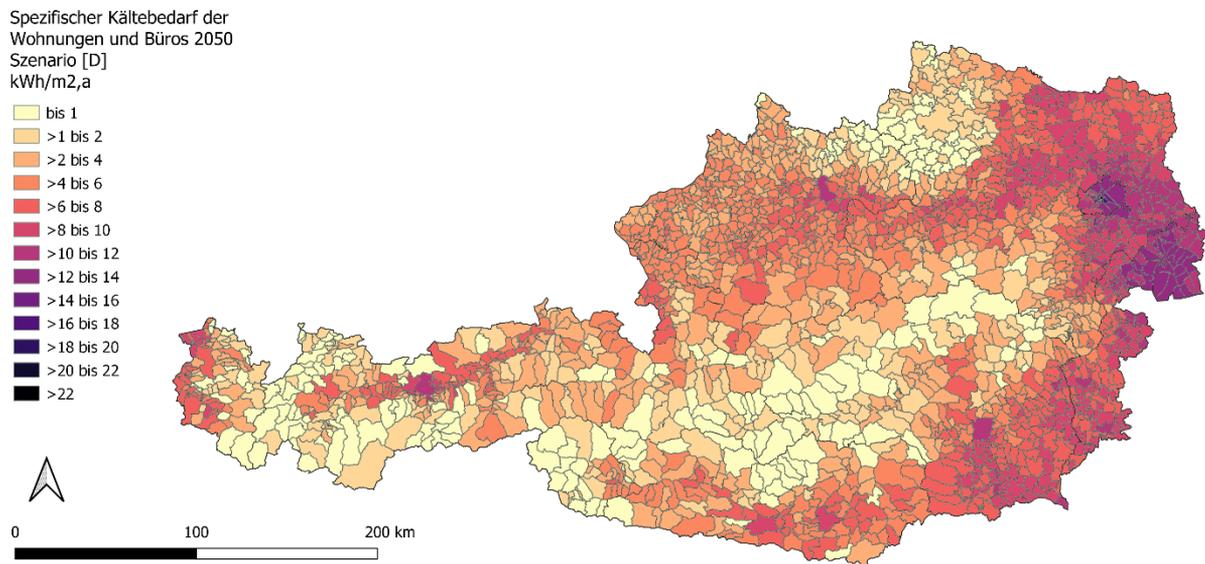
Da der Kältebedarf von Wohn- und Büroflächen starken jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt, wird neben der Modellierung des jährlichen Kältebedarfs im Rahmen von UKÖ 2030/2050 auch der **Verteilung des Kältebedarfs auf die zwölf Monate** eines Jahres ein besonderes Augenmerk geschenkt; dabei werden naturgemäß von November bis März keine Kältebedarfe verzeichnet. Die Monate mit den höchsten Kältebedarfen sind Juli und August mit einem Anteil von jeweils 34-35% an den jährlichen Kältebedarfen insgesamt. Auf den Juni entfallen etwa 19% des Kältebedarfs. Die restlichen rund 12% werden im September (7-8%) und im Mai (4%) sowie vereinzelt im April und im Oktober verzeichnet. Weitreichende Verschiebungen zwischen den Monaten sind im Zeitraum von 2021 bis 2050 nicht zu beobachten, wenngleich sich ein leichter Trend des Kältebedarfs zugunsten der Frühlings- und Herbstmonate erkennen lässt.

Abbildung 29: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) für das Szenario [A] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 30: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

Exemplarisch werden die absoluten Kältebedarfe in den Monaten von April bis Oktober für das Jahr 2021 sowie für das Szenario [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050 in Tabelle 25 sowie deren Anteile am jährlichen Kältebedarf in Tabelle 26 dargestellt: Der absolute Kältebedarf nimmt im Falle des

Szenarios [D] von 2021 bis 2050 von knapp 900 GWh auf bis zu 2.100 GWh in den Monaten Juli bzw. August erheblich zu und widerspiegelt damit die dynamische Entwicklung des Jahreskältebedarfs in diesem Zeitraum.

Tabelle 25: Absoluter monatlicher Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden (GWh) von April bis Oktober für 2021 sowie für das Szenario [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050 einschließlich des Jahreskältebedarfs, generelles Komfortniveau

Absoluter Kältebedarf 2021 und Szenario [D]	April GWh	Mai GWh	Juni GWh	Juli GWh	Aug GWh	Sep GWh	Okt GWh	insg. GWh
2021	2	98	472	892	882	175	1	2.522
Szenario [D] 2030	5	176	812	1.546	1.484	294	4	4.322
Szenario [D] 2040	6	200	1.019	1.788	1.730	368	6	5.116
Szenario [D] 2050	12	275	1.176	2.128	2.191	524	17	6.322

Quelle: eigene Berechnung

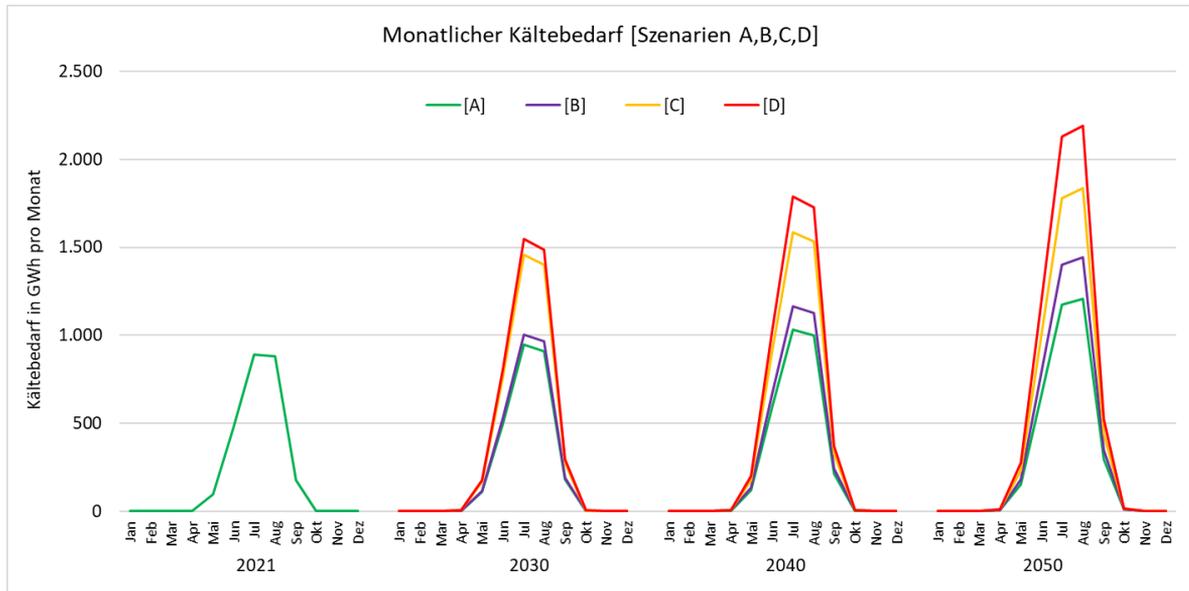
Tabelle 26: Anteile der Monate von April bis Oktober am Jahreskältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt für 2021 sowie für das Szenario [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau

Anteile am jährlichen Kältebedarf 2021 und Szenario [D]	Anteil April	Anteil Mai	Anteil Juni	Anteil Juli	Anteil Aug	Anteil Sep	Anteil Okt	insg.
2021	0,1%	3,9%	18,7%	35,4%	35,0%	6,9%	0,0%	100%
Szenario [D] 2030	0,1%	4,1%	18,8%	35,8%	34,4%	6,8%	0,1%	100%
Szenario [D] 2040	0,1%	3,9%	19,9%	34,9%	33,8%	7,2%	0,1%	100%
Szenario [D] 2050	0,2%	4,3%	18,6%	33,7%	34,6%	8,3%	0,3%	100%

Quelle: eigene Berechnung

Den Anstieg des absoluten monatlichen Kältebedarfs im Zeitraum von 2021 bis 2050 verdeutlicht Abbildung 31. Deutlich wird dabei, dass im Jahr 2030 vornehmlich die unterschiedliche Anzahl an Kühlgradtagen für einen deutlichen Unterschied zwischen den Szenarien [A] und [B] einerseits und den Szenarien [C] und [D] andererseits verantwortlich ist. Hingegen erweisen sich im Jahr 2050 die Unterschiede zwischen den Szenarien als vergleichsweise ausgewogen. Die **Spitze in den Monaten Juli und August** zeigt sich in allen Zeithorizonten deutlich; die geringfügige Verschiebung des Kältebedarfs in die Übergangszeiten wird nicht sichtbar.

Abbildung 31: Absoluter monatlicher Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden (GWh) für 2021 sowie für die vier Szenarien in den Jahren 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

6 Entwicklung der Kälteleistung bis 2050

Die im vorangegangenen Kapitel dargestellte Zunahme des Kältebedarfs äußert sich auch in einer Zunahme der maximalen Kälteleistung im betrachteten Zeitraum. In diesem Kapitel werden daher die Ergebnisse der Modellierung und Szenarioanalyse betreffend die Entwicklung der absoluten Kälteleistung (vgl. Kapitel 6.1) sowie der spezifischen Kälteleistung (vgl. Kapitel 6.2) bei **generellem Komfortniveau** dargelegt.

6.1. Absolute Kälteleistung

6.1.1. Absolute Kälteleistung 2021

Mit dem zuvor für das Jahr 2021 dargestellten absoluten Kältebedarf für Österreich in der Höhe von 2,5 TWh (vgl. Tabelle 11) geht eine absolute Kälteleistung in der Höhe von **12,6 GW** einher. Davon entfallen 9,3 GW bzw. 73% auf die Wohnflächen und 3,4 GW bzw. 27% auf die Büroflächen (vgl. Tabelle 27). Damit entspricht die Verteilung auf die beiden Nutzungsarten eher den Anteilen der Wohnflächen (84%) und der Büroflächen (16%) an den betrachteten Flächen insgesamt (vgl. Tabelle 8), als dies für die Verteilung des absoluten Kältebedarfs der Fall ist, der im Jahr 2021 etwa je zur Hälfte den beiden Nutzungsarten zugeordnet ist (vgl. Tabelle 11).

Tabelle 27: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros in Megawatt (MW) in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich absoluter Kälteleistung insgesamt und Anteile der Bundesländer daran, generelles Komfortniveau

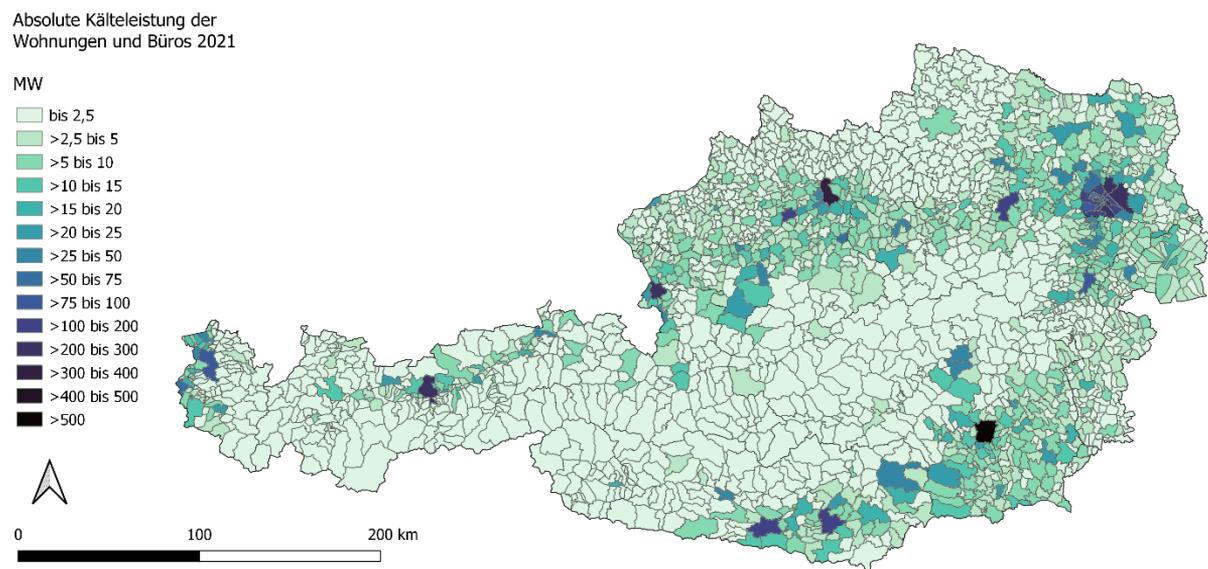
Absolute Kälteleistung 2021 Bundesländer	Kälteleistung Wohnungen in MW	Kälteleistung Büros in MW	Kälteleistung insgesamt in MW	Anteile der Bundesländer
Burgenland	477	88	565	4%
Kärnten	553	185	738	6%
Niederösterreich	2.139	533	2.672	21%
Oberösterreich	1.545	576	2.122	17%
Salzburg	375	224	600	5%
Steiermark	1.174	458	1.632	13%
Tirol	467	282	750	6%
Vorarlberg	366	146	512	4%
Wien	2.177	882	3.059	24%
Österreich	9.274	3.375	12.649	100%
Anteile der Wohnungen und Büros	73%	27%	100%	

Quelle: eigene Berechnung

Die Anteile der einzelnen **Bundesländer** an der absoluten Kälteleistung Österreichs insgesamt variieren weniger stark als im Falle des absoluten Kältebedarfs (vgl. Tabelle 11): Den höchsten Anteil weist Wien mit 24% auf (3,1 GW), gefolgt von Niederösterreich (21%) und Oberösterreich (17%); demgegenüber werden Anteile von jeweils maximal 5% in Vorarlberg, im Burgenland und in Salzburg (0,5-0,6 GWh) verzeichnet. Damit folgt die räumliche Verteilung der Kälteleistung stärker der räumlichen Verteilung der Wohn- und Büroflächen auf die Bundesländer (vgl. Tabelle 4 und Tabelle 6), als dies für den Kältebedarf zu beobachten ist.

Die absolute Kälteleistung 2021 in den einzelnen österreichischen **Gemeinden** zeigt Abbildung 32.

Abbildung 32: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Megawatt (MW) 2021, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

6.1.2. Entwicklung der absoluten Kälteleistung bis 2050

Die Entwicklung der **absoluten Kälteleistung** bis zum Jahr 2050 zeigt – in Abhängigkeit des betrachteten Szenarios – einen Anstieg auf 13,9 GW im Szenario [A] bis 18,6 GW im Szenario [D] (vgl. Tabelle 28). Dieser Anstieg bedeutet eine Zunahme von 10% bzw. 47% gegenüber 2021 (vgl. Tabelle 29) und stellt sich somit moderater dar als die Entwicklung des absoluten Kältebedarfs (vgl. Tabelle 13). Die Entwicklung der Wohn- und Büroflächen zeigt auf die Entwicklung der absoluten Kälteleistung einen beträchtlichen Einfluss: Das Szenario [B], das durch eine dynamische räumliche Entwicklung bei moderater Entwicklung der Kühlgradtage gekennzeichnet ist, weist mit 16,7 GW eine höhere absolute Kälteleistung auf als Szenario [C] mit 15,4 GW, dem eine moderate räumliche Entwicklung und eine dynamische Entwicklung der Kühlgradtage zugrunde liegt.

Tabelle 28: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Megawatt (MW) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau

Absolute Kälteleistung	Kälteleistung	Kälteleistung	Kälteleistung
	2030	2040	2050
Szenarien	in MW	in MW	in MW
Szenario [A]	12.900	13.234	13.884
Szenario [B]	13.739	15.015	16.724
Szenario [C]	14.395	14.732	15.386
Szenario [D]	15.351	16.742	18.559

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 29: Veränderung der absoluten Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050 gegenüber 2021 in Prozent, generelles Komfortniveau

Veränderung der absoluten Kälteleistung	Veränderung	Veränderung	Veränderung
Szenarien	2021 - 2030	2021 - 2040	2021 - 2050
Szenario [A]	+2%	+5%	+10%
Szenario [B]	+9%	+19%	+32%
Szenario [C]	+14%	+16%	+22%
Szenario [D]	+21%	+32%	+47%

Quelle: eigene Berechnung

Die absolute Kälteleistung der **Wohnungen** erhöht sich bis zum Jahr 2050 – in Abhängigkeit vom Szenario – von 9,3 GW im Jahr 2021 (vgl. Tabelle 27) auf 10,5 bis 14,6 GW (vgl. Tabelle 30). Dies entspricht einem Anstieg von 14% im Szenario [A] und von 57% im Szenario [D]. Die Kälteleistung der **Büros** weist im Jahr 2021 eine Höhe von 3,4 GW auf (vgl. Tabelle 27) und beläuft sich im Jahr 2050 auf 3,3 bis 4,0 GW (vgl. Tabelle 31). Demnach verringert sich die Kälteleistung der Büros um 1% in den Szenarien [A] und [C] bzw. nimmt um 19% in den Szenarien [B] und [D] zu. Für beide Nutzungen verläuft die Entwicklung der absoluten Kälteleistung im Zeitraum von 2021 bis 2050 moderater als jene des absoluten Kältebedarfs: Im Szenario [D] erhöht sich der absolute Kältebedarf der Wohnungen auf beinahe den 3 ½-fachen Wert; jener der Büros auf 68% (vgl. Tabelle 14 und Tabelle 15).

Tabelle 30: Absolute Kälteleistung der Wohnungen in Megawatt (MW) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau

Absolute Kälteleistung	Kälteleistung	Kälteleistung	Kälteleistung
Wohnungen	2030	2040	2050
Szenarien	in MW	in MW	in MW
Szenario [A]	9.588	9.956	10.539
Szenario [B]	10.208	11.300	12.722
Szenario [C]	11.083	11.454	12.041
Szenario [D]	11.819	13.026	14.557

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 31: Absolute Kälteleistung der Büros in Megawatt (MW) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau

Absolute Kälteleistung Büros Szenarien	Kälteleistung 2030 in MW	Kälteleistung 2040 in MW	Kälteleistung 2050 in MW
Szenario [A]	3.312	3.278	3.346
Szenario [B]	3.531	3.716	4.002
Szenario [C]	3.312	3.278	3.346
Szenario [D]	3.531	3.716	4.002

Quelle: eigene Berechnung

Die unterschiedliche Entwicklung der absoluten Kälteleistung in den einzelnen Szenarien ist für Wohnungen und Büros auf verschiedene Einflussfaktoren zurückzuführen: Die absolute Kälteleistung der Wohnungen wird sowohl von der räumlichen Entwicklung als auch von der Entwicklung der Kühlgradtage bestimmt. Demnach steigt die absolute Kälteleistung weitgehend konsequent sowohl über den Zeitraum von 2021 bis 2050 als auch über die Szenarien [A] bis [D] an. Allerdings zeigt sich, dass im Jahr 2050 das Szenario [B] zu einer höheren absoluten Kälteleistung der Wohnungen führt als das Szenario [C]. Dies liegt darin begründet, dass die Kälteleistung nicht in einem so hohen Maße von der Anzahl an Kühlgradtagen abhängt, dass deren Einfluss gegenüber anderen Einflussfaktoren stets überwiegt. Im konkreten Fall hat die **räumliche Entwicklung** bzw. das zunehmende Ausmaß an zu kühlenden Wohnflächen im Szenario [B] größere Auswirkungen auf die Kälteleistung als die steigende Anzahl an Kühlgradtagen im Szenario [C]. Dies spiegelt sich auch in der absoluten Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt wider.

Die Entwicklung der absoluten Kälteleistung der Büros ist dadurch gekennzeichnet, dass ihre spezifische maximale Leistung für die Kühlung **unabhängig von der Anzahl an Kühlgradtagen** ist (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix). Daher zeigt hier primär die räumliche Entwicklung Auswirkungen auf die absolute Kälteleistung. Dies bedeutet, dass die Entwicklung der Kälteleistung in jeweils zwei Szenarien gleich verläuft: in den Szenarien [A] und [C] einerseits, die sich bei moderater räumlicher Entwicklung durch die Entwicklung der Kühlgradtage unterscheiden, sowie in den Szenarien [B] und [D] andererseits, die sich bei dynamischer räumlicher Entwicklung durch die Entwicklung der Kühlgradtage unterscheiden. Die höhere Kälteleistung in den Szenarien [B] und [D] gegenüber jener in den Szenarien [A] und [C] geht demnach nur auf die unterschiedliche räumliche Entwicklung zurück.

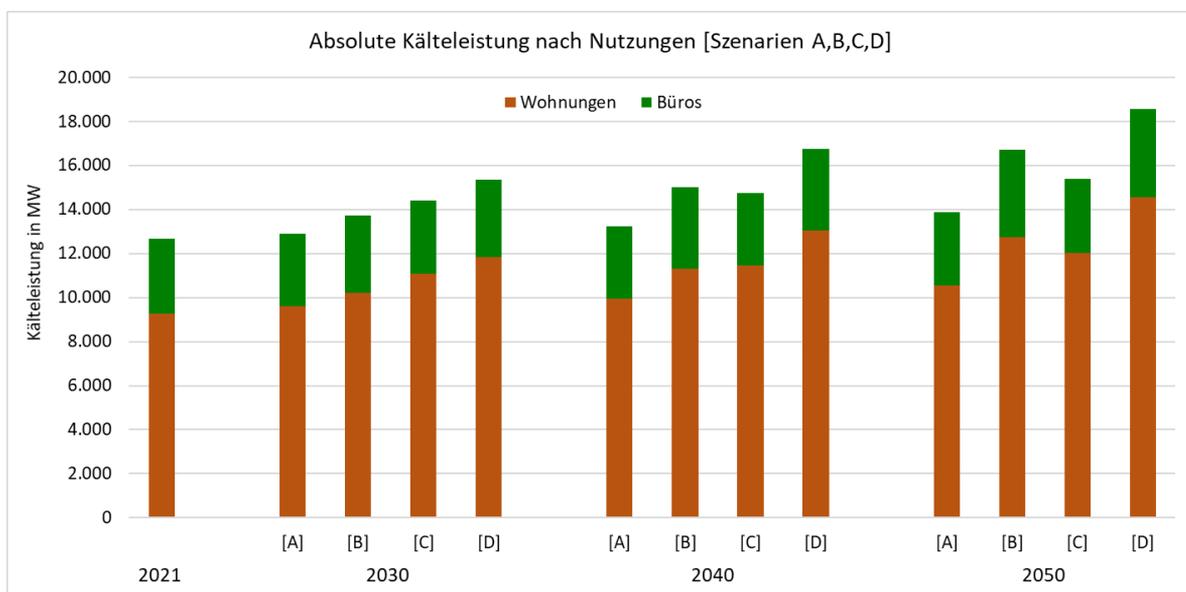
Daneben offenbart sich hier der Einfluss der Sanierung auf die Höhe der absoluten Kälteleistung, d.h. sowohl der thermischen Instandsetzung von Gebäudehüllen als auch der Verschattung von Fensterflächen: In den Szenarien [A] und [C] mit moderater räumlicher Entwicklung lässt sich erkennen, dass von 2021 bis 2040 der Einfluss der **Sanierung** der Bürogebäude die Auswirkungen der **räumlichen Entwicklung** und damit der Zunahme der Büroflächen kompensiert; dies wirkt sich in einer verringerten Kälteleistung der Büros in den Jahren 2030 und 2040 gegenüber der Kälteleistung des Jahres 2021 in der Höhe von 3,4 GW aus (vgl. Tabelle 27). Nach der Ausschöpfung der Sanierungspotenziale macht sich die Zunahme der Büroflächen aufgrund der räumlichen Entwicklung bemerkbar, sodass bis zum Jahr 2050 ein Anstieg der absoluten Kälteleistung der Büros beobachtet werden kann, wenngleich dieser unter dem Niveau von 2021 bleibt. In den Szenarien [B] und [D]

verläuft die räumliche Entwicklung so dynamisch, dass die Zunahme der absoluten Kälteleistung, die aus der dynamischen Entwicklung der Büroflächen resultiert, bereits 2030 die Abnahme der Kälteleistung, die auf die Sanierung zurückgeht, überwiegt. Daher lässt sich in diesen beiden Szenarien ein durchgehender Anstieg der absoluten Kälteleistung beobachten.

In Abbildung 33 ist die Entwicklung der absoluten Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt differenziert nach **Nutzungen** von 2021 bis 2050 in den vier Szenarien veranschaulicht. Daraus wird der unterschiedlich hohe Anteil der beiden Nutzungen an der absoluten Kälteleistung ersichtlich: Rund $\frac{3}{4}$ der Kälteleistung entfallen auf die Wohnungen, etwa $\frac{1}{4}$ ist den Büros zuzuordnen. Damit ist die Dominanz der Wohnnutzung bei der absoluten Kälteleistung noch ausgeprägter als beim absoluten Kältebedarf.

Die im Szenario [A] von 2021 bis 2050 erfolgende geringe Zunahme der Kälteleistung insgesamt ist bei einer weitgehend stagnierenden Kälteleistung der Büros auf die moderat steigende Kälteleistung der Wohnungen zurückzuführen. Die Szenarien [B] und [D] sind dadurch gekennzeichnet, dass im Zeitraum von 2021 bis 2050 angesichts der dynamischen Entwicklung der Wohn- und Büroflächen die Kälteleistung sowohl der Wohnungen als auch der Büros merklich zunimmt. Das Szenario [C] verzeichnet einerseits eine stagnierende Kälteleistung der Büros und angesichts der moderaten räumlichen Entwicklung nur eine mäßig zunehmende Kälteleistung der Wohnungen. Deshalb weist das Szenario [C] im Jahr 2040 trotz der dynamischen Entwicklung der Kühlgradtage eine geringfügig niedrigere Kälteleistung auf als das Szenario [B]. Im Jahr 2050 verstärkt sich diese Differenz zwischen den Szenarien [B] und [C]. Hier zeigt die Entwicklung der Kälteleistung eine stärkere Abhängigkeit von der räumlichen Entwicklung als von der Entwicklung der Kühlgradtage.

Abbildung 33: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt nach Nutzungen in Megawatt (MW) für 2021 und für die vier Szenarien [A], [B], [C], [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

Die absoluten Kälteleistungen im Jahr 2050 werden für das Szenario [A] in der Tabelle 32 und für das Szenario [D] in der Tabelle 33 nach **Bundesländern** und Nutzungen differenziert dargelegt. Die Anteile der Bundesländer an der absoluten Kälteleistung Österreichs insgesamt verschieben sich bis zum Jahr 2050 um rund 1-2 Prozentpunkte gegenüber 2021; lediglich der Anteil Wiens verringert sich im betrachteten Zeitraum von 24% (vgl. Tabelle 27) auf 21% im Szenario [D].

Tabelle 32: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros in Megawatt (MW) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [A] im Jahr 2050 einschließlich absoluter Kälteleistung insgesamt und Anteile der Bundesländer daran, generelles Komfortniveau

Absolute Kälteleistung Szenario [A] 2050 Bundesländer	Kälteleistung Wohnungen in MW	Kälteleistung Büros in MW	Kälteleistung insgesamt in MW	Anteile der Bundesländer
Burgenland	479	90	568	4%
Kärnten	631	169	800	6%
Niederösterreich	2.326	533	2.859	21%
Oberösterreich	1.828	575	2.403	17%
Salzburg	513	219	733	5%
Steiermark	1.332	439	1.771	13%
Tirol	703	279	982	7%
Vorarlberg	434	147	580	4%
Wien	2.292	896	3.188	23%
Österreich	10.539	3.346	13.884	100%
Anteile der Wohnungen und Büros	76%	24%	100%	

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 33: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros in Megawatt (MW) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [D] im Jahr 2050 einschließlich absoluter Kälteleistung insgesamt und Anteile der Bundesländer daran, generelles Komfortniveau

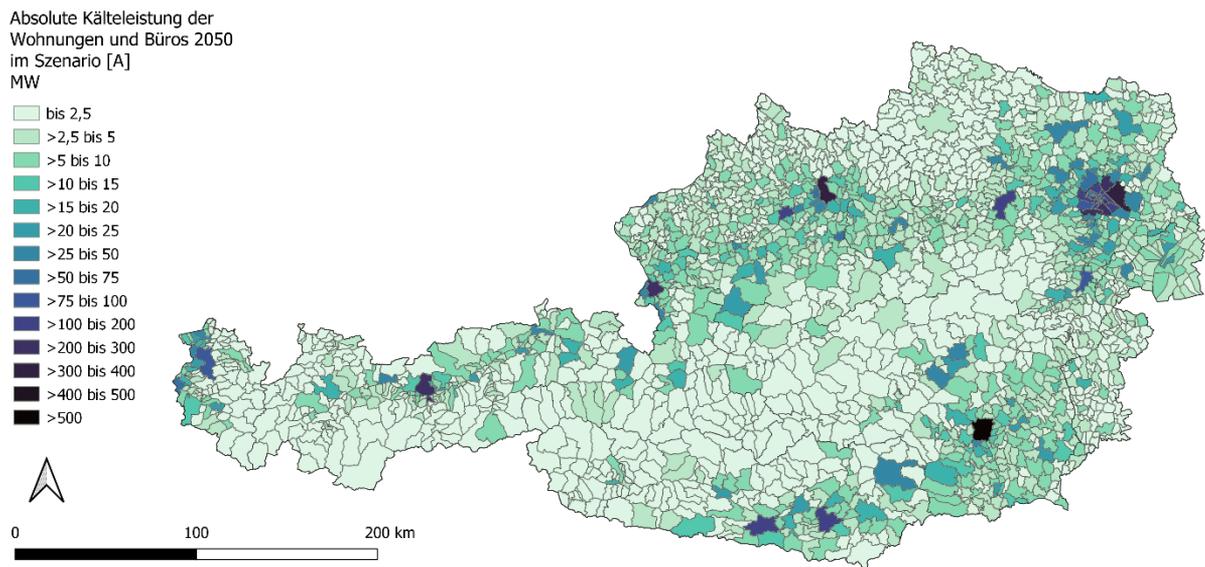
Absolute Kälteleistung Szenario [D] 2050 Bundesländer	Kälteleistung Wohnungen in MW	Kälteleistung Büros in MW	Kälteleistung insgesamt in MW	Anteile der Bundesländer
Burgenland	670	111	781	4%
Kärnten	880	211	1.091	6%
Niederösterreich	3.217	648	3.864	21%
Oberösterreich	2.516	699	3.215	17%
Salzburg	746	264	1.010	5%
Steiermark	1.998	541	2.539	14%
Tirol	1.030	336	1.366	7%
Vorarlberg	601	177	777	4%
Wien	2.899	1.017	3.916	21%
Österreich	14.557	4.002	18.559	100%
Anteile der Wohnungen und Büros	78%	22%	100%	

Quelle: eigene Berechnung

Die **Wohnnutzung** gewinnt bis zum Jahr 2050 leicht an Bedeutung: Ihr Anteil an der absoluten Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt erhöht sich geringfügig von 73% im Jahr 2021 (vgl. Tabelle 27) auf 76-78% im Jahr 2050.

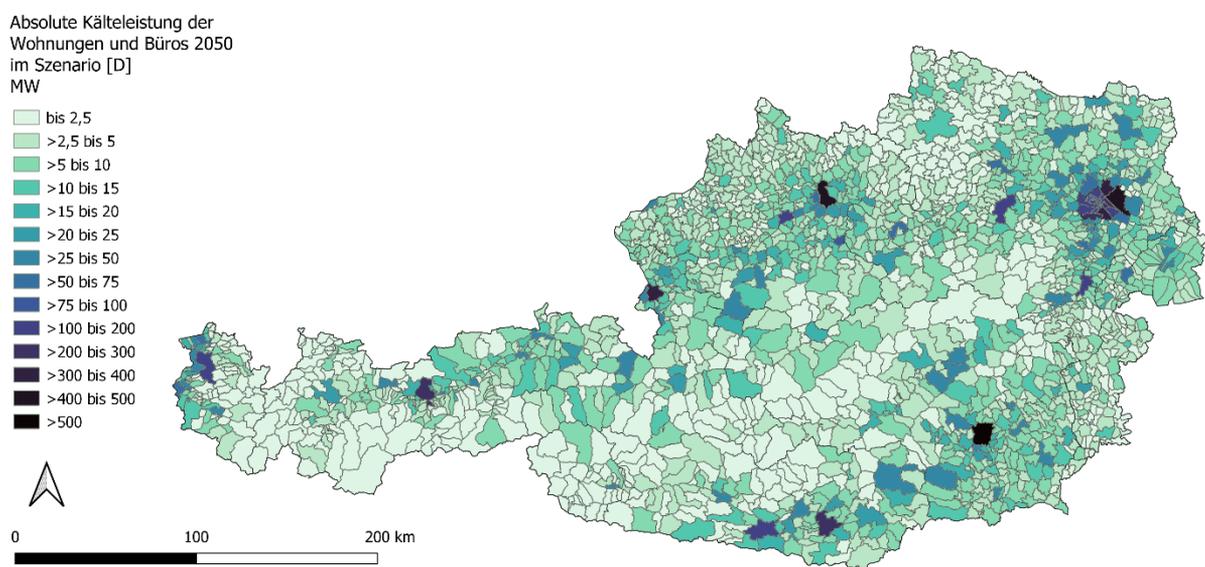
Auf **Gemeindeebene** werden die absoluten Kälteleistungen der Wohnungen und Büros insgesamt in Abbildung 34 für das Szenario [A] und in Abbildung 35 für das Szenario [D] veranschaulicht.

Abbildung 34: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Megawatt (MW) für das Szenario [A] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 35: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Megawatt (MW) für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

6.2. Spezifische Kälteleistung

6.2.1. Spezifische Kälteleistung 2021

Die spezifische Kälteleistung, d.h. die Kälteleistung pro Quadratmeter Nutzfläche, erlaubt eine Gegenüberstellung aller österreichischen Gemeinden unabhängig von deren Ausstattung mit Wohn- und Büroflächen. Im österreichischen Durchschnitt beträgt die spezifische Kälteleistung 25 W/m² im Jahr 2021 (vgl. Tabelle 34). Wie bei der absoluten Kälteleistung spiegelt sich hier die Dominanz der Wohnflächen an den zu kühlenden Flächen wider: Die Wohnungen weisen eine spezifische Kälteleistung von 22 W/m² auf; sie liegt 10% unter dem österreichischen Durchschnitt. Demgegenüber sind die flächenmäßig untergeordneten Büros durch eine spezifische Kälteleistung in der Höhe von 44 W/m² gekennzeichnet; sie liegt 70% über dem österreichischen Durchschnitt und ist damit doppelt so hoch wie die spezifische Kälteleistung der Wohnungen. Der relative Unterschied zwischen den beiden Nutzungen hinsichtlich der spezifischen Kälteleistung ist geringer als jener betreffend den spezifischen Kältebedarf.

Tabelle 34: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m²) in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich spezifischer Kälteleistung insgesamt und Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt, generelles Komfortniveau

Spezifische Kälteleistung 2021 Bundesländer	Kälteleistung Wohnungen in W/m ²	Kälteleistung Büros in W/m ²	Kälteleistung insgesamt in W/m ²	Abweichung vom österr. Durchschnitt
Burgenland	28,5	43,4	30,1	+18%
Kärnten	19,3	43,5	22,5	-12%
Niederösterreich	23,7	43,5	26,1	+3%
Oberösterreich	21,0	43,5	24,4	-4%
Salzburg	14,9	43,5	19,8	-22%
Steiermark	19,4	43,5	22,9	-10%
Tirol	13,1	43,5	17,8	-30%
Vorarlberg	20,4	43,4	24,0	-5%
Wien	30,2	43,8	33,2	+31%
Österreich	22,0	43,6	25,4	0%
Abweichung vom österr. Durchschnitt	-13%	+72%	0%	

Quelle: eigene Berechnung

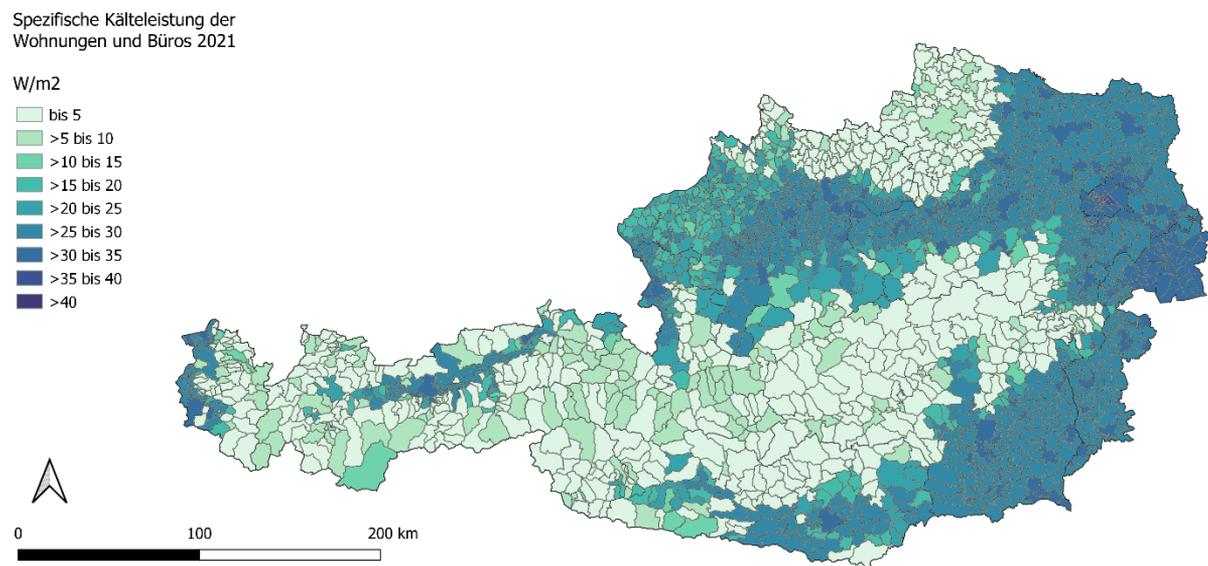
In den einzelnen Bundesländern weicht die spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt um maximal ±30% bis 31% vom österreichischen Durchschnitt ab. Am höchsten ist der Wert in Wien (33 W/m²), als überdurchschnittlich erweist er sich auch noch im Burgenland (30 W/m²). Demgegenüber verzeichnet Tirol mit 18 W/m² die niedrigste spezifische Kälteleistung aller Bundesländer. In diesen Werten spiegelt sich das Gefälle von (Nord)Ost nach West im Hinblick auf die Anzahl an Kühlgradtagen wider. Im Falle Wiens spielt auch die überdurchschnittliche Ausstattung mit Büroflächen eine Rolle. Die spezifische Kälteleistung der Büros ist unabhängig von

der Anzahl an Kühlgradtagen (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix). Deshalb variieren die diesbezüglichen Werte in Tabelle 34 nur geringfügig, und zwar in Abhängigkeit vom energetischen Standard und von der Qualität des Schutzes vor solarer Einstrahlung im derzeitigen Gebäudebestand.

Die spezifische Kälteleistung wird nicht so stark von den Kühlgradtagen geprägt wie der spezifische Kältebedarf: Sofern ein Kältebedarf ausgewiesen wird – auch wenn er sich angesichts einer geringen Anzahl an Kühlgradtagen als geringfügig erweist, geht damit ein vergleichsweise **hohes Maß an erforderlicher Kälteleistung** einher. Im Gegensatz dazu nimmt der spezifische Kältebedarf mit steigender Anzahl an Kühlgradtagen kontinuierlich zu und zeigt daher eine größere Vielfalt an Ausprägungen als die spezifische Kälteleistung. In der geringen Variation unterscheidet sich die spezifische Kälteleistung auch von der absoluten Kälteleistung, auf deren Höhe das gemeinde-spezifische Ausmaß der Wohn- und Büroflächen einen wesentlichen Einfluss hat, sodass sich die Werte für die absolute Kälteleistung in den einzelnen Gemeinden als sehr heterogen gestalten.

Die räumliche Verteilung der spezifischen Kälteleistungen innerhalb Österreichs auf **Gemeindeebene** veranschaulicht Abbildung 36.

Abbildung 36: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) 2021, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

6.2.2. Entwicklung der spezifischen Kälteleistung bis 2050

Im Zeitraum von 2021 bis 2050 zeigt die **spezifische Kälteleistung** nur eine Zunahme um 2% auf $26 W/m^2$ im Falle der moderaten Entwicklung der Kühlgradtage in den Szenarien [A] und [B] sowie um 13% auf $29 W/m^2$ im Falle der dynamischen Entwicklung der Kühlgradtage in den Szenarien [C] und [D] (vgl. Tabelle 35 und Tabelle 36). Die spezifische Kälteleistung ändert sich demnach im betrachteten Zeitraum nur geringfügig – im Unterschied zur Entwicklung des spezifischen Kältebedarfs, der sich im Szenario [D] gegenüber 2021 beinahe verdoppelt (vgl. Tabelle 20).

Tabelle 35: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau

Spezifische Kälteleistung	Kälteleistung	Kälteleistung	Kälteleistung
Szenarien	2030 in W/m^2	2040 in W/m^2	2050 in W/m^2
Szenario [A]	25,3	25,3	26,0
Szenario [B]	25,1	25,1	25,8
Szenario [C]	28,2	28,2	28,8
Szenario [D]	28,0	28,0	28,6

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 36: Veränderung der spezifischen Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050 gegenüber 2021 in Prozent, generelles Komfortniveau

Veränderung der spezifischen Kälteleistung	Veränderung	Veränderung	Veränderung
Szenarien	2021 - 2030	2021 - 2040	2021 - 2050
Szenario [A]	0%	0%	+2%
Szenario [B]	-1%	-1%	+2%
Szenario [C]	+11%	+11%	+13%
Szenario [D]	+10%	+10%	+13%

Quelle: eigene Berechnung

Die spezifische Kälteleistung der **Wohnungen** erhöht sich im Zeitraum von 2021 bis 2050 von $22,0 W/m^2$ (vgl. Tabelle 34) auf $23,4 W/m^2$ im Szenario [A] sowie $26,7 W/m^2$ im Szenario [C] (vgl. Tabelle 37). Dies bedeutet einen Anstieg von höchstens 21%. Demgegenüber nimmt die spezifische Kälteleistung der **Büroflächen** im betrachteten Zeitraum von $43,6 W/m^2$ (vgl. Tabelle 34) auf $40,0 W/m^2$ (vgl. Tabelle 38) bzw. um 8% ab.

Tabelle 37: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau

Spezifische Kälteleistung	Kälteleistung	Kälteleistung	Kälteleistung
Wohnungen	2030	2040	2050
Szenarien	in W/m^2	in W/m^2	in W/m^2
Szenario [A]	22,3	22,6	23,4
Szenario [B]	22,0	22,4	23,2
Szenario [C]	25,7	26,0	26,7
Szenario [D]	25,5	25,8	26,6

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 38: Spezifische Kälteleistung der Büros in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m²) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau

Spezifische Kälteleistung Büros Szenarien	Kälteleistung 2030 in W/m ²	Kälteleistung 2040 in W/m ²	Kälteleistung 2050 in W/m ²
Szenario [A]	41,6	40,1	39,9
Szenario [B]	41,5	40,1	39,9
Szenario [C]	41,6	40,1	39,9
Szenario [D]	41,5	40,1	39,9

Quelle: eigene Berechnung

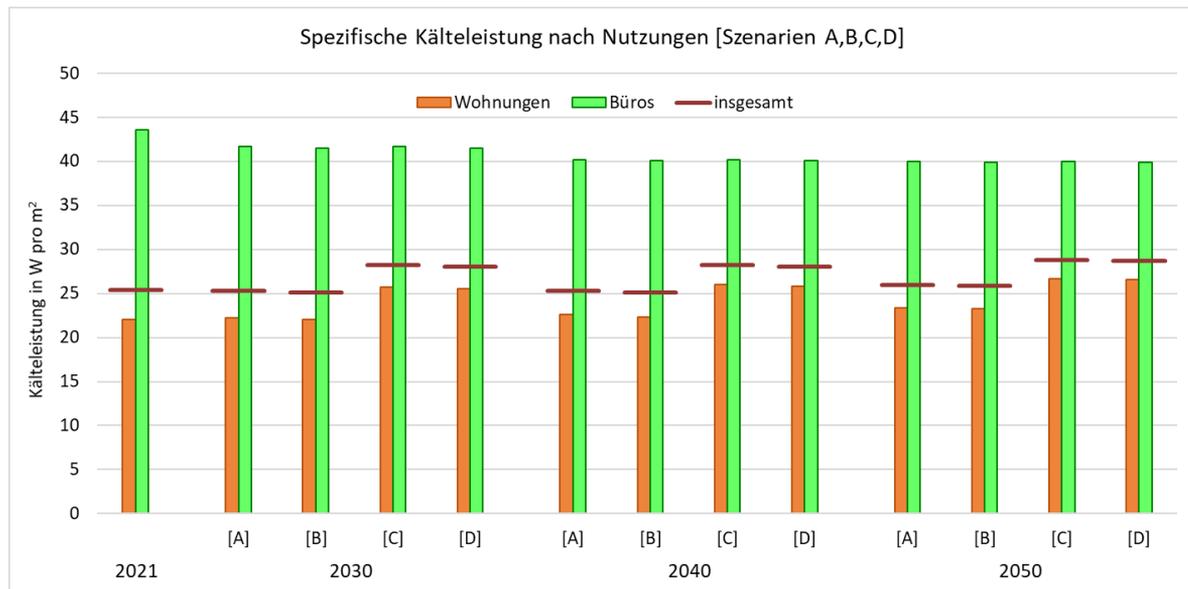
Die Bandbreite für die spezifische Kälteleistung erweist sich im Zeitraum von 2021 bis 2050 bzw. in den vier Szenarien als gering (vgl. Tabelle 36). Die räumliche Entwicklung hat auf die spezifische Kälteleistung nur insofern Einfluss, als in den Szenarien [B] und [D] angesichts der stärkeren räumlichen Dynamik der **Anteil neu errichteter Wohn- und Büroflächen** mit hohen energetischen Standards und einem hochwertigen Schutz vor solarer Einstrahlung an den zu kühlenden Flächen insgesamt deutlich zunimmt. Die Szenarien [A] und [C] hingegen sind durch eine moderate räumliche Entwicklung gekennzeichnet, sodass die Bestandsgebäude weiterhin eine dominante Rolle spielen. Dies führt zu geringfügig niedrigeren spezifischen Kälteleistungen in den Szenarien [B] und [D] als in den Szenarien [A] und [C] (vgl. Tabelle 35, Tabelle 37 und Tabelle 38).

Da die Kälteleistung der Büros unabhängig von der Anzahl an Kühlgradtagen ist (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix), beschränkt sich der **Einfluss der Kühlgradtage** auf die Kälteleistung der Wohnungen. Allerdings wird auch die Kälteleistung der Wohnungen nicht sehr stark von den Kühlgradtagen beeinflusst, sodass die spezifische Kälteleistung der Wohnungen im Zeitraum von 2021 bis 2050 nur moderat zunimmt (vgl. Tabelle 37). Angesichts des Überhangs an Wohnflächen und dem hohen Stellenwert, den die Kälteleistung der Wohnungen für die Kälteleistung insgesamt hat, findet die moderate Zunahme der spezifischen Kälteleistungen der Wohnungen auch ihren Niederschlag in einer moderaten Zunahme der spezifischen Kälteleistungen insgesamt (vgl. Tabelle 35).

Die spezifische Kälteleistung der Büros weist hingegen eine gegenläufige Entwicklung auf: Hier führt die **Sanierung**, d.h. die thermische Instandsetzung von Gebäudehüllen und die Verschattung von Fensterflächen, im Zeitraum von 2021 bis 2050 zu sinkenden spezifischen Kälteleistungen der Büros. Dabei schwächt sich die Abnahme zwischen 2040 und 2050 angesichts der Ausschöpfung der Sanierungspotenziale ab (vgl. Tabelle 38).

Abbildung 37 veranschaulicht die Entwicklung der spezifischen Kälteleistung der Wohnungen und Büros differenziert nach **Nutzungen** sowie insgesamt von 2021 bis 2050 in den vier Szenarien. Wie der spezifische Kältebedarf ist auch die spezifische Kälteleistung der Wohnungen niedriger als jene der Büros, wenngleich im Falle der Kälteleistung die Unterschiede zwischen den beiden Nutzungen nicht ganz so ausgeprägt sind wie bei den Kältebedarfen. Trotz der geringeren spezifischen Kälteleistung der Wohnungen gegenüber jener der Büros, wird die absolute Kälteleistung – angesichts des Überhangs an Wohnflächen gegenüber den Büroflächen – von der Wohnnutzung geprägt.

Abbildung 37: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros nach Nutzungen sowie insgesamt in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) für 2021 und für die vier Szenarien [A], [B], [C], [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

Exemplarisch für die vier Szenarien zu den drei Zeithorizonten wird die spezifische Kälteleistung nach Bundesländern und Nutzungen differenziert in Tabelle 39 für das Szenario [A] und in Tabelle 40 für das Szenario [D] im Jahr 2050 dargestellt.

Tabelle 39: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [A] im Jahr 2050 einschließlich spezifischer Kälteleistung insgesamt und Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt, generelles Komfortniveau

Spezifische Kälteleistung Szenario [A] 2050 Bundesländer	Kälteleistung Wohnungen in W/m^2	Kälteleistung Büros in W/m^2	Kälteleistung insgesamt in W/m^2	Abweichung vom österr. Durchschnitt
Burgenland	27,0	39,9	28,4	+9%
Kärnten	22,8	39,9	25,0	-4%
Niederösterreich	23,9	39,9	25,9	0%
Oberösterreich	23,0	39,9	25,6	-2%
Salzburg	19,3	39,9	22,8	-12%
Steiermark	21,6	39,9	24,4	-6%
Tirol	18,2	39,9	21,6	-17%
Vorarlberg	22,1	39,9	24,9	-4%
Wien	27,9	39,9	30,5	+17%
Österreich	23,4	39,9	26,0	0%
Abweichung vom österr. Durchschnitt	-10%	+54%	0%	

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 40: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [D] im Jahr 2050 einschließlich spezifischer Kälteleistung insgesamt und Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt, generelles Komfortniveau

Spezifische Kälteleistung Szenario [D] 2050 Bundesländer	Kälteleistung Wohnungen in W/m^2	Kälteleistung Büros in W/m^2	Kälteleistung insgesamt in W/m^2	Abweichung vom österr. Durchschnitt
Burgenland	29,8	39,9	30,9	+8%
Kärnten	25,2	39,9	27,1	-5%
Niederösterreich	27,0	39,9	28,6	0%
Oberösterreich	25,7	39,9	27,9	-3%
Salzburg	23,0	39,9	25,9	-10%
Steiermark	25,8	39,9	27,9	-2%
Tirol	22,1	39,9	24,8	-13%
Vorarlberg	25,3	39,9	27,6	-4%
Wien	31,1	39,9	33,0	+15%
Österreich	26,6	39,9	28,6	0%
Abweichung vom österr. Durchschnitt	-7%	+39%	0%	

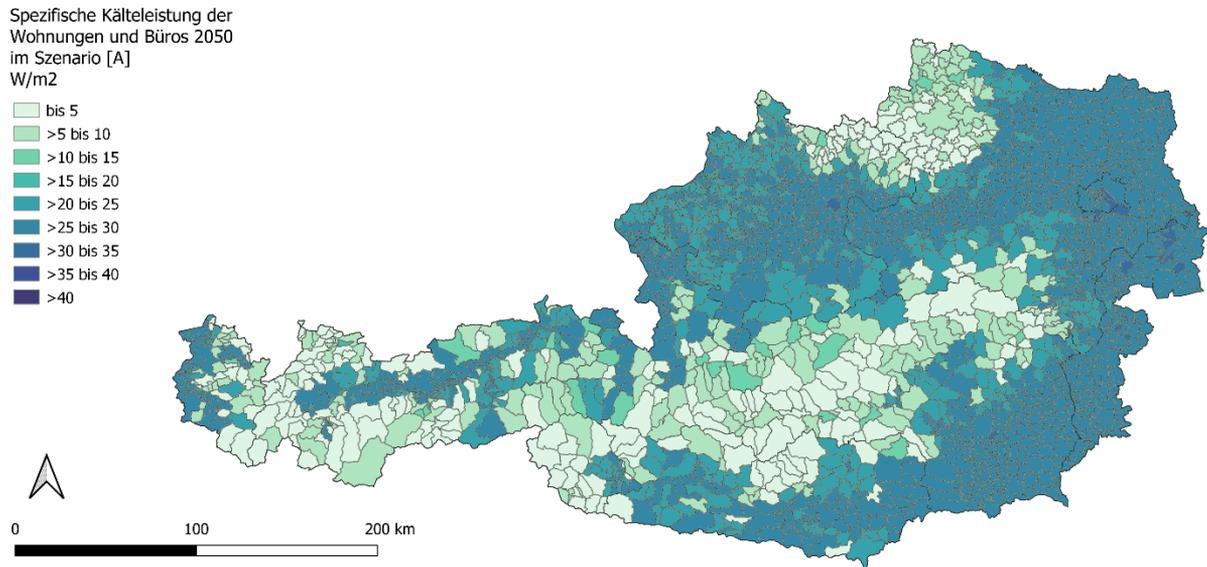
Quelle: eigene Berechnung

Die Bandbreite der spezifischen Kälteleistung in den einzelnen **Bundesländern** verringert sich von einer $\pm 30\%$ bis 31% -igen Abweichung vom österreichischen Durchschnitt im Jahr 2021 (vgl. Tabelle 34) auf eine Abweichung in der Höhe von höchstens $\pm 17\%$ im Jahr 2050.

Die Abweichung der beiden **Nutzungen** vom österreichischen Durchschnitt der spezifischen Kälteleistungen verringern sich im Zeitraum von 2021 mit -13% und $+72\%$ (vgl. Tabelle 34) bis 2050 mit -7% und $+39\%$ im Szenario [D], wobei die Bandbreiten bei den spezifischen Kälteleistungen grundsätzlich deutlich geringer sind als bei den spezifischen Kältebedarfen.

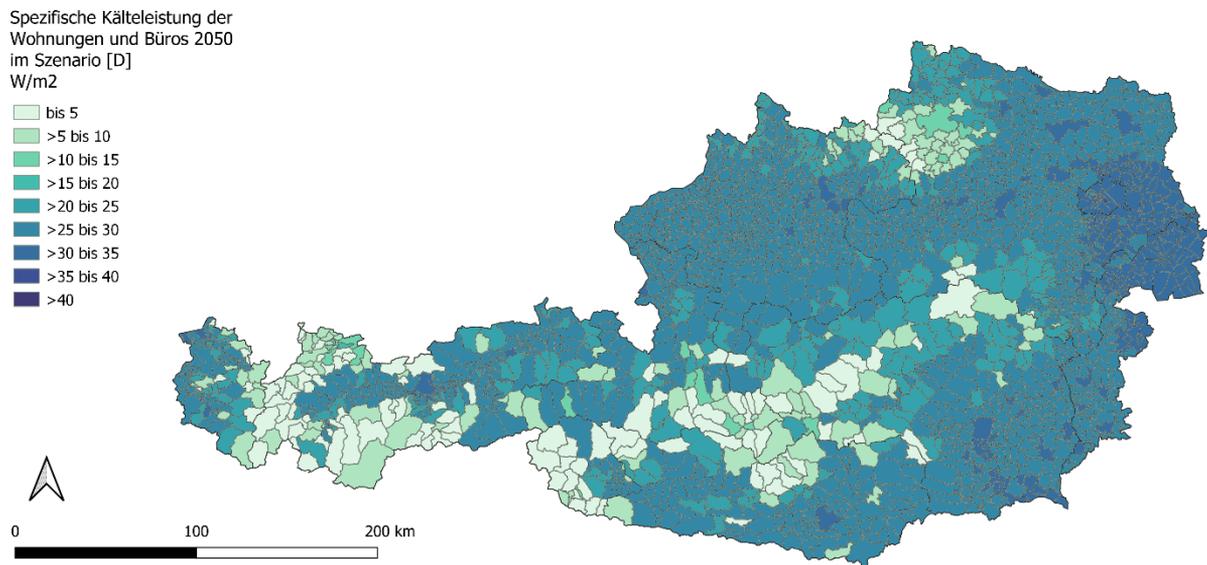
Im Jahr 2050 stellt sich die räumliche Verteilung der spezifischen Kälteleistungen der Wohnungen und Büros insgesamt auf **Gemeindeebene** wie in Abbildung 38 für das Szenario [A] und in Abbildung 39 für das Szenario [D] dar.

Abbildung 38: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) für das Szenario [A] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 39: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

7 Einfluss des Komfortniveaus auf den Kältebedarf

Ein besonderes Augenmerk wird im Rahmen von UKÖ 2030/2050 auf die Gegenüberstellung jener Kältebedarfe gerichtet, die basierend auf zwei unterschiedlichen Komfortniveaus für die Wohnnutzung ermittelt werden. Daher werden die in Kapitel 5 getroffenen Aussagen zum Kältebedarf der Wohnnutzung unter Berücksichtigung des **generellen Komfortniveaus** in der Folge differenziert nach Bauperioden betrachtet und ergänzt um Aussagen zum Kältebedarf, der aus der Anwendung des **adaptiven Komfortniveaus** resultiert. Vorweg werden die Wohnflächen nach Bauperioden im Jahr 2021 dargelegt und deren Entwicklung bis 2050 aufgezeigt.

Von den im Jahr 2021 in Österreich ausgewiesenen Wohnflächen im Ausmaß von 526 Mio.m² (vgl. Kapitel 4) entfallen 20% auf die Bauperiode vor 1945 (103 Mio.m²), 46% auf die Bauperiode 1945-1990 (243 Mio.m²) sowie 34% auf die Bauperiode nach 1990 (180 Mio.m²) (vgl. Tabelle 41 und Tabelle 42). **Bis zum Jahr 2050** verschieben sich die Anteile der drei Bauperioden: Im Falle des moderaten Pfades für die räumliche Entwicklung in den Szenarien [A] und [C] erhöhen sich die Wohnflächen auf 564 Mio.m² im Jahr 2050. Dabei verringern sich angesichts rückläufiger Entwicklungen in einigen Regionen die Wohnflächen der beiden älteren Bauperioden geringfügig; deren Anteile gehen auf 18% (vor 1945) und 42% (1945-1990) zurück, während der Anteil der jüngsten Bauperiode (nach 1990) auf 40% steigt (vgl. Tabelle 41 und Tabelle 42). Der dynamische Pfad der räumlichen Entwicklung in den Szenarien [B] und [D] führt zu Wohnflächen im Ausmaß von 685 Mio.m² im Jahr 2050, wobei die Anteile der beiden früheren Bauperioden auf 15% (vor 1945) und 35% (1945-1990) sinken und der Anteil der jüngsten Bauperiode (nach 1990) auf 49% zunimmt (vgl. Tabelle 41 und Tabelle 42).

Tabelle 41: Wohnflächen nach Bauperioden 2021 und in den Szenarien für 2050

Wohnflächen nach Bauperioden 2021 und Szenarien	Wohnflächen vor 1945 in Mio.m ²	Wohnflächen 1945-1990 in Mio.m ²	Wohnflächen nach 1990 in Mio.m ²	Wohnflächen insgesamt in Mio.m ²
2021	103	243	180	526
Szenario [A] und [C] 2050	101	237	226	564
Szenario [B] und [D] 2050	103	243	338	685

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 42: Anteile der Bauperioden an den Wohnflächen 2021 und in den Szenarien für 2050

Anteile der Bauperioden 2021 und Szenarien	Bauperiode vor 1945	Bauperiode 1945-1990	Bauperiode nach 1990	Wohnflächen insgesamt
2021	20%	46%	34%	100%
Szenario [A] und [C] 2050	18%	42%	40%	100%
Szenario [B] und [D] 2050	15%	35%	49%	100%

Quelle: eigene Berechnung

7.1. Absoluter Kältebedarf der Wohnungen bei unterschiedlichen Komfortniveaus

7.1.1. Einfluss des Komfortniveaus auf den absoluten Kältebedarf 2021

Unter Berücksichtigung des **generellen Komfortniveaus** (vgl. Kapitel 5.1) weist die Wohnnutzung im Jahr 2021 einen absoluten Kältebedarf in der Höhe von **1,2 TWh/a** auf (vgl. Tabelle 11 und Abbildung 40). Der höchste Anteil am Kältebedarf entfällt auf Wien mit 42%, Niederösterreich verzeichnet einen Anteil von 22% am Kältebedarf der Wohnnutzung. Durch vergleichsweise geringe Anteile in der Höhe von jeweils 2-3% sind Salzburg, Vorarlberg, Kärnten und Tirol gekennzeichnet (vgl. Tabelle 43).

Von dem Kältebedarf der Wohnungen in der Höhe von 1,2 TWh/a insgesamt entfallen jeweils 28% auf die **Bauperioden** vor 1945 und nach 1990 sowie 44% auf die Bauperiode 1945-1990. Der höhere Anteil der ältesten Bauperiode am Kältebedarf gegenüber dem Anteil an den Wohnflächen resultiert aus dem unzureichenden energetischen Standard der Gebäude und dem unzulänglichen Schutz vor solarer Einstrahlung. Im Gegenzug weist die jüngste Bauperiode (nach 1990) einen gegenüber dem Anteil an den Wohnflächen geringeren Anteil am Kältebedarf auf (vgl. Abbildung 40).

Wird der Modellierung des Kältebedarfs das **adaptive Komfortniveau** zugrunde gelegt, ergibt sich im Jahr 2021 ein absoluter Kältebedarf der Wohnungen in der Höhe von **59 GWh/a** (!). Dies sind nur knapp 5% des Kältebedarfs, der bei Anwendung des generellen Komfortniveaus ausgewiesen wird. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass im Falle des adaptiven Komfortniveaus nur in drei Bundesländern ein nennenswerter Kältebedarf verzeichnet wird: in Wien (80% des Kältebedarfs insgesamt) sowie in Niederösterreich und im Burgenland (je 10%); vernachlässigbare Kältebedarfe werden in der Steiermark und in Oberösterreich ausgewiesen (vgl. Tabelle 43 und Abbildung 40).

Tabelle 43: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen bei unterschiedlichen Komfortniveaus in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich Anteile der Bundesländer daran

Absoluter Kältebedarf Wohnungen 2021 Bundesländer	genereller Komfort in GWh/a	Anteile der Bundesländer	adaptiver Komfort in GWh/a	Anteile der Bundesländer
Burgenland	89	7%	5	9%
Kärnten	33	3%	0	0%
Niederösterreich	269	22%	6	10%
Oberösterreich	109	9%	0,4	1%
Salzburg	20	2%	0	0%
Steiermark	129	10%	1	2%
Tirol	33	3%	0	0%
Vorarlberg	28	2%	0	0%
Wien	521	42%	46	79%
Österreich	1.230	100%	59	100%

Anteil des Kältebedarfs bei adaptivem Komfort
am Kältebedarf bei generellem Komfort

5%

Quelle: eigene Berechnung

7.1.2. Einfluss des Komfortniveaus auf den absoluten Kältebedarf bis 2050

Unter Bedachtnahme auf das **generelle Komfortniveau** (vgl. Kapitel 5.1) resultiert im Jahr 2050 – in Abhängigkeit vom betrachteten Szenario – ein Kältebedarf der Wohnungen in der Höhe von 2,0 TWh/a im Szenario [A], von 2,4 TWh/a im Szenario [B], von 3,5 TWh/a im Szenario [C] und von 4,2 TWh/a im Szenario [D] (vgl. Tabelle 44 – *ident mit Tabelle 14* und Abbildung 40). Somit geht im betrachteten Zeitraum zumindest ein Anstieg des Kältebedarfs um 64% einher; aber auch eine Zunahme auf mehr als das Dreifache des Kältebedarfs gegenüber 2021 kann dargestellt werden (vgl. Tabelle 45). Angesichts der räumlichen Entwicklung nimmt der Anteil der jüngsten Bauperiode am Kältebedarf der Wohnnutzung insgesamt zu (vgl. Abbildung 40).

Tabelle 44: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen bei generellem Komfortniveau in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050

Absoluter Kältebedarf Wohnungen genereller Komfort Szenarien	Kältebedarf 2030 in GWh/a	Kältebedarf 2040 in GWh/a	Kältebedarf 2050 in GWh/a
Szenario [A]	1.368	1.629	2.020
Szenario [B]	1.445	1.829	2.410
Szenario [C]	2.514	2.902	3.476
Szenario [D]	2.663	3.266	4.153

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 45: Veränderung des absoluten Kältebedarfs der Wohnungen bei generellem Komfortniveau in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050 gegenüber 2021 in Prozent

Veränderung des absoluten Kältebedarfs Wohnungen Szenarien	Veränderung 2021 - 2030	Veränderung 2021 - 2040	Veränderung 2021 - 2050
Szenario [A]	+11%	+32%	+64%
Szenario [B]	+17%	+49%	+96%
Szenario [C]	+104%	+136%	+183%
Szenario [D]	+116%	+165%	+238%

Quelle: eigene Berechnung

Erfolgt die Modellierung des Kältebedarfs unter Heranziehung des **adaptiven Komfortniveaus** wird für das Jahr 2050 – je nach Szenario – ein Kältebedarf der Wohnungen in der Höhe von 119 GWh/a im Szenario [A], 143 GWh/a im Szenario [B], 336 GWh/a im Szenario [C] und 403 GWh/a im Szenario [D] ausgewiesen (vgl. Tabelle 46 und Abbildung 40). Die Bandbreite des Kältebedarfs unter den Szenarien ist im Falle des adaptiven Komfortniveaus größer als im Falle des generellen Komfortniveaus und reicht von einer Verdoppelung bis zu einem Kältebedarf, der beinahe sieben Mal so hoch ist wie im Jahr 2021, allerdings ausgehend von einem sehr niedrigen Niveau (vgl. Tabelle 47).

Tabelle 46: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen bei adaptivem Komfortniveau in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050

Absoluter Kältebedarf Wohnungen adaptiver Komfort Szenarien	Kältebedarf 2030 in GWh/a	Kältebedarf 2040 in GWh/a	Kältebedarf 2050 in GWh/a
Szenario [A]	67	86	119
Szenario [B]	70	95	143
Szenario [C]	225	268	336
Szenario [D]	236	299	403

Quelle: eigene Berechnung

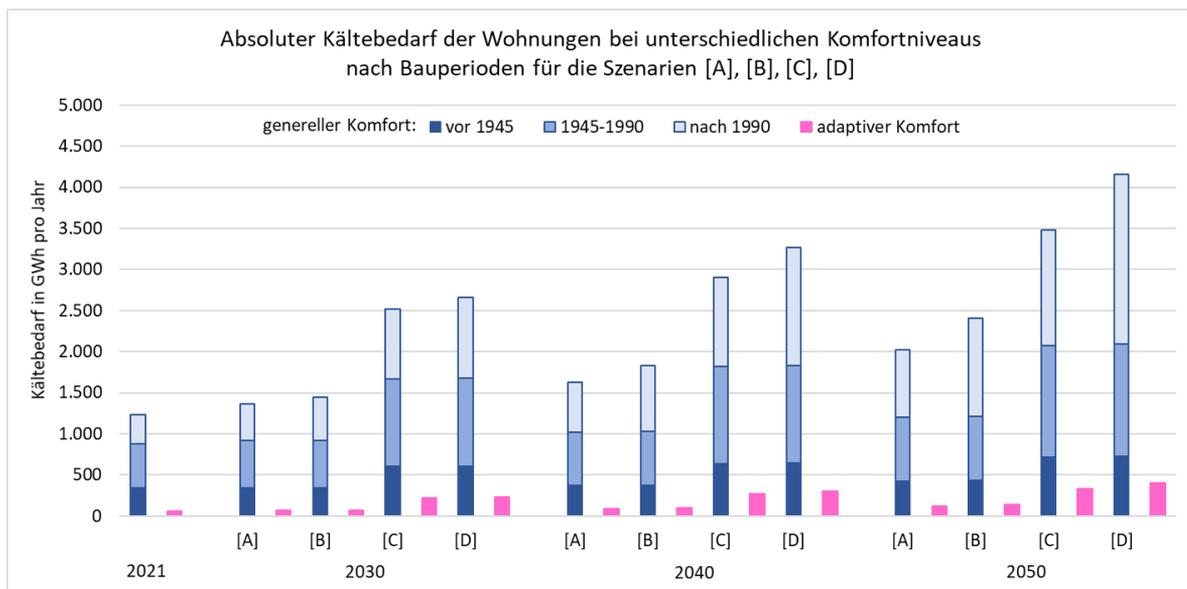
Tabelle 47: Veränderung des absoluten Kältebedarfs der Wohnungen bei adaptivem Komfortniveau in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050 gegenüber 2021 in Prozent

Veränderung des absoluten Kältebedarfs Wohnungen Szenarien	Veränderung 2021 - 2030	Veränderung 2021 - 2040	Veränderung 2021 - 2050
Szenario [A]	+15%	+47%	+104%
Szenario [B]	+20%	+63%	+144%
Szenario [C]	+285%	+358%	+475%
Szenario [D]	+303%	+411%	+569%

Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 40 veranschaulicht die unterschiedliche Entwicklung des absoluten Kältebedarfs der Wohnungen bei generellem bzw. adaptivem Komfortniveau von 2021 bis 2050 in den vier Szenarien.

Abbildung 40: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen bei generellem bzw. adaptivem Komfortniveau für 2021 und für die vier Szenarien [A], [B], [C], [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050, differenziert nach Bauperioden



Quelle: eigene Berechnung

Exemplarisch wird eine Differenzierung des absoluten Kältebedarfs der Wohnungen nach **Bundesländern** im Jahr 2050 für das Szenario [A] in Tabelle 48 und für das Szenario [D] in Tabelle 49 aufgezeigt. Die Bundesländer mit dem höchsten Kältebedarf bei **generellem Komfortniveau** (aus Tabelle 16 und Tabelle 17) sind Wien mit Anteilen von 30-34% des Kältebedarfs im Jahr 2050 insgesamt, gefolgt von Niederösterreich mit 22% sowie Oberösterreich und der Steiermark, die jeweils einen Anteil von 11-13% am Kältebedarf insgesamt einnehmen. Demgegenüber verzeichnen Salzburg, Vorarlberg, Kärnten und Tirol Anteile am Kältebedarf der Wohnnutzung des Jahres 2050 in der Höhe von jeweils 3-5%.

Unter Berücksichtigung des **adaptiven Komfortniveaus** verschiebt sich die räumliche Verteilung des Kältebedarfs der Wohnungen gegenüber 2021 insofern, als im Jahr 2050 alle Bundesländer einen Kältebedarf aufweisen. Daher halbiert sich der Anteil Wiens von 79% im Jahr 2021 (vgl. Tabelle 43) auf 38% im Jahr 2050 im Szenario [D], während die Anteile der übrigen Bundesländer steigen (vgl. Tabelle 48 und Tabelle 49): Der Anteil Niederösterreichs am Kältebedarf insgesamt verdoppelt sich etwa von 10% im Jahr 2021 (vgl. Tabelle 43) auf 19-22% im Jahr 2050 in den Szenarien [A] und [D]. Die geringsten Anteile am Kältebedarf der Wohnnutzung des Jahres 2050 verzeichnen auch im Falle des adaptiven Komfortniveaus die Bundesländer Salzburg, Vorarlberg, Kärnten und Tirol in der Höhe von jeweils maximal 4% im Szenario [D]. Der absolute Kältebedarf bei adaptivem Komfortniveau beläuft sich im Jahr 2050 auf (!) 6-10% des Kältebedarfs, der bei Anwendung des generellen Komfortniveaus ermittelt wird.

Tabelle 48: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen bei unterschiedlichen Komfortniveaus in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [A] im Jahr 2050 einschließlich Anteile der Bundesländer daran

Absoluter Kältebedarf Szenario [A] 2050 Bundesländer	genereller Komfort in GWh/a	Anteile der Bundesländer	adaptiver Komfort in GWh/a	Anteile der Bundesländer
Burgenland	125	6%	10	8%
Kärnten	86	4%	1	1%
Niederösterreich	447	22%	23	19%
Oberösterreich	230	11%	4	4%
Salzburg	52	3%	0	0%
Steiermark	231	11%	10	9%
Tirol	92	5%	3	2%
Vorarlberg	65	3%	1	1%
Wien	693	34%	66	55%
Österreich	2.020	100%	119	100%
Anteil des Kältebedarfs für Wohnungen bei adaptivem Komfort am Kältebedarf für Wohnungen bei generellem Komfort			6%	

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 49: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen bei unterschiedlichen Komfortniveaus in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [D] im Jahr 2050 einschließlich Anteile der Bundesländer

Absoluter Kältebedarf Szenario [D] 2050 Bundesländer	genereller Komfort in GWh/a	Anteile der Bundesländer	adaptiver Komfort in GWh/a	Anteile der Bundesländer
Burgenland	253	6%	30	7%
Kärnten	202	5%	14	4%
Niederösterreich	931	22%	91	22%
Oberösterreich	542	13%	35	9%
Salzburg	130	3%	6	2%
Steiermark	508	12%	46	11%
Tirol	212	5%	15	4%
Vorarlberg	144	3%	11	3%
Wien	1.232	30%	155	38%
Österreich	4.153	100%	403	100%
Anteil des Kältebedarfs für Wohnungen bei adaptivem Komfort am Kältebedarf für Wohnungen bei generellem Komfort			10%	

Quelle: eigene Berechnung

7.2. Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen bei unterschiedlichen Komfortniveaus

7.2.1. Einfluss des Komfortniveaus auf den spezifischen Kältebedarf 2021

Unter Bedachtnahme auf das **generelle Komfortniveau** (vgl. Kapitel 5.2) ist die Wohnnutzung im Jahr 2021 durch einen spezifischen Kältebedarf in der Höhe von **2,3 kWh/m²,a** gekennzeichnet (vgl. Tabelle 18 und Abbildung 41). Den höchsten spezifischen Kältebedarf der Wohnungen verzeichnet Wien mit 5,8 kWh/m²,a; der spezifische Kältebedarf im Burgenland beträgt 4,2 kWh/m²,a, jener in Niederösterreich 2,4 kWh/m²,a. Vergleichsweise niedrige spezifische Kältebedarfe in der Höhe von 0,6 bis 0,9 kWh/m²,a treten in Salzburg, Tirol und Kärnten auf (vgl. Tabelle 50).

Der spezifische Kältebedarf der Wohnungen bei **adaptivem Komfortniveau** beläuft sich im Jahr 2021 auf **0,1 kWh/m²,a** (!). Dies sind nur knapp 5% des spezifischen Kältebedarfs unter Berücksichtigung des generellen Komfortniveaus. Dabei weisen nur drei Bundesländer einen nennenswerten spezifischen Kältebedarf auf: Wien, das Burgenland und Niederösterreich (vgl. Tabelle 50 und Abbildung 41).

Tabelle 50: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen bei unterschiedlichen Komfortniveaus in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt

Spezifischer Kältebedarf Wohnungen 2021 Bundesländer	genereller Komfort in kWh/m²,a	Abweichung vom österr. Durchschnitt	adaptiver Komfort in kWh/m²,a	Abweichung vom österr. Durchschnitt
Burgenland	4,2	+81%	0,3	+121%
Kärnten	0,9	-61%	≈0,0	-
Niederösterreich	2,4	+2%	0,1	-52%
Oberösterreich	1,2	-49%	≈0,0	-
Salzburg	0,6	-73%	≈0,0	-
Steiermark	1,7	-27%	≈0,0	-
Tirol	0,7	-69%	≈0,0	-
Vorarlberg	1,3	-46%	≈0,0	-
Wien	5,8	+147%	0,5	+359%
Österreich	2,3	0%	0,1	0%
Anteil des Kältebedarfs bei adaptivem Komfort am Kältebedarf bei generellem Komfort			5%	

Quelle: eigene Berechnung

7.2.2. Einfluss des Komfortniveaus auf den spezifischen Kältebedarf bis 2050

Im Falle der Anwendung des **generellen Komfortniveaus** (vgl. Kapitel 5.2) beläuft sich der spezifische Kältebedarf der Wohnnutzung im Jahr 2050 – in Abhängigkeit vom betrachteten Szenario – auf 3,5 bis 3,6 kWh/m²,a in den Szenarien [A] und [B] sowie auf 6,1 bis 6,2 kWh/m²,a in den Szenarien [C] und [D] (vgl. Tabelle 51 – *ident mit Tabelle 21* und Abbildung 41). Damit ist der spezifische Kältebedarf der Wohnungen im Szenario [A] etwa 1½ Mal so hoch und im Szenario [D] rund 2½ Mal so hoch wie 2021 (vgl. Tabelle 52).

Tabelle 51: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen bei generellem Komfortniveau in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050

Spezifischer Kältebedarf Wohnungen genereller Komfort Szenarien	Kältebedarf 2030 in kWh/m²,a	Kältebedarf 2040 in kWh/m²,a	Kältebedarf 2050 in kWh/m²,a
Szenario [A]	2,5	3,0	3,6
Szenario [B]	2,5	2,9	3,5
Szenario [C]	4,7	5,3	6,2
Szenario [D]	4,6	5,2	6,1

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 52: Veränderung des spezifischen Kältebedarfs der Wohnungen bei generellem Komfortniveau in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050 gegenüber 2021 in Prozent

Veränderung des spezifischen Kältebedarfs Wohnungen Szenarien	Veränderung 2021 - 2030	Veränderung 2021 - 2040	Veränderung 2021 - 2050
Szenario [A]	+9%	+26%	+53%
Szenario [B]	+7%	+24%	+51%
Szenario [C]	+100%	+125%	+164%
Szenario [D]	+97%	+121%	+159%

Quelle: eigene Berechnung

Unter Berücksichtigung des **adaptiven Komfortniveaus** beträgt im Jahr 2050 der spezifische Kältebedarf der Wohnungen 0,2 kWh/m²,a in den Szenarien [A] und [B] sowie 0,6 kWh/m²,a in den Szenarien [C] und [D] (vgl. Tabelle 53 und Abbildung 41). Der spezifische Kältebedarf bei adaptivem Komfortniveau variiert in der Entwicklung von 2021 bis 2050 sehr stark unter den Szenarien: Im Szenario [A] verdoppelt sich der spezifische Kältebedarf der Wohnungen knapp, im Szenario [D] beläuft er sich auf einen mehr als fünf Mal so hohen Wert wie 2021, allerdings ausgehend von sehr niedrigem Niveau (vgl. Tabelle 54).

Tabelle 53: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen bei adaptivem Komfortniveau in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050

Spezifischer Kältebedarf Wohnungen adaptiver Komfort Szenarien	Kältebedarf 2030 in kWh/m ² ,a	Kältebedarf 2040 in kWh/m ² ,a	Kältebedarf 2050 in kWh/m ² ,a
Szenario [A]	0,1	0,2	0,2
Szenario [B]	0,1	0,2	0,2
Szenario [C]	0,4	0,5	0,6
Szenario [D]	0,4	0,5	0,6

Quelle: eigene Berechnung

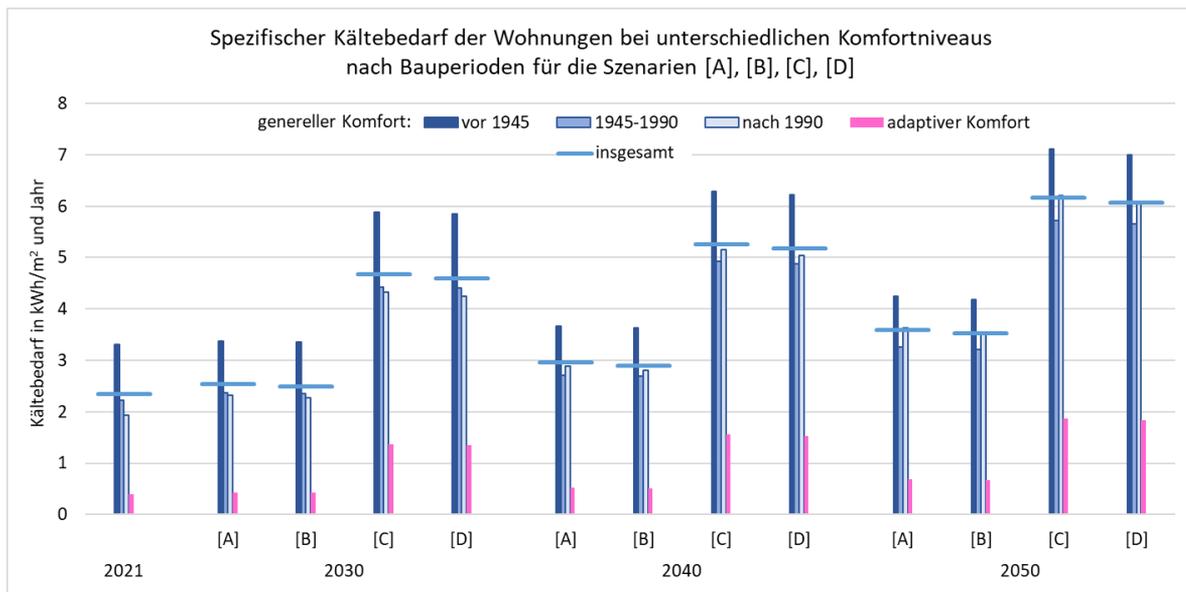
Tabelle 54: Veränderung des spezifischen Kältebedarfs der Wohnungen bei adaptivem Komfortniveau in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050 gegenüber 2021 in Prozent

Veränderung des spezifischen Kältebedarfs Wohnungen Szenarien	Veränderung 2021 - 2030	Veränderung 2021 - 2040	Veränderung 2021 - 2050
Szenario [A]	+12%	+40%	+90%
Szenario [B]	+9%	+35%	+88%
Szenario [C]	+276%	+337%	+436%
Szenario [D]	+266%	+326%	+429%

Quelle: eigene Berechnung

In Abbildung 41 wird die unterschiedliche Entwicklung des spezifischen Kältebedarfs der Wohnungen bei generellem bzw. adaptivem Komfortniveau von 2021 bis 2050 in den vier Szenarien dargestellt.

Abbildung 41: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen bei generellem bzw. adaptivem Komfortniveau für 2021 und für die vier Szenarien [A], [B], [C], [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050, differenziert nach Bauperioden



Quelle: eigene Berechnung

Exemplarisch für die vier Szenarien zu den drei Zeithorizonten wird eine Differenzierung des spezifischen Kältebedarfs der Wohnungen nach Bundesländern bei generellem und adaptivem Komfortniveau für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 in Tabelle 55 und in Tabelle 56 dargestellt. Den höchsten spezifischen Kältebedarf der Wohnungen bei **generellem Komfortniveau** (aus Tabelle 23 und Tabelle 24) weist Wien mit 6,7 kWh/m²,a im Szenario [A] bzw. 10,6 kWh/m²,a im Szenario [D] auf; die Werte liegen jeweils deutlich über dem österreichischen Durchschnitt von 3,6 kWh/m²,a im Szenario [A] bzw. 6,1 kWh/m²,a im Szenario [D]. Mit Ausnahme des Burgenlands weisen die übrigen Bundesländer unterdurchschnittliche Kältebedarfe auf; am stärksten, nämlich um -57% im Szenario [A] bzw. -47% im Szenario [D], weicht dabei Salzburg mit einem spezifischen Kältebedarf von 1,5 bzw. 3,2 kWh/m²,a vom Durchschnitt ab.

Unter Berücksichtigung des **adaptiven Komfortniveaus** sind Wien und das Burgenland dadurch gekennzeichnet, dass sie am weitesten vom österreichischen Durchschnitt des spezifischen Kältebedarfs in der Höhe von 0,2 kWh/m²,a im Szenario [A] bzw. 0,6 kWh/m²,a im Szenario [D] abweichen: Der Wert in Wien ist beispielsweise etwa zwei- bzw. dreimal so hoch wie der durchschnittliche spezifische Kältebedarf in Österreich. Im Szenario [D] weisen alle Bundesländer einen nennenswerten spezifischen Kältebedarf auf. Demnach beläuft sich der spezifische Kältebedarf bei adaptivem Komfortniveau auf (!) 6-10% des Kältebedarfs bei generellem Komfortniveau (vgl. Tabelle 55 und Tabelle 56).

Tabelle 55: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen bei unterschiedlichen Komfortniveaus in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m², a) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [A] im Jahr 2050 einschließlich Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt

Spezifischer Kältebedarf Szenario [A] 2050 Bundesländer	genereller Komfort in kWh/m²,a	Abweichung vom österr. Durchschnitt	adaptiver Komfort in kWh/m²,a	Abweichung vom österr. Durchschnitt
Burgenland	5,6	+57%	0,5	+114%
Kärnten	2,5	-31%	≈0,0	-
Niederösterreich	3,7	+3%	0,2	-11%
Oberösterreich	2,3	-35%	≈0,0	-
Salzburg	1,5	-57%	≈0,0	-
Steiermark	3,0	-16%	0,1	-37%
Tirol	1,9	-47%	0,1	-74%
Vorarlberg	2,6	-26%	0,1	-73%
Wien	6,7	+88%	0,6	+203%
Österreich	3,6	0%	0,2	0%

Anteil des Kältebedarfs für Wohnungen bei adaptivem
Komfort am Kältebedarf für Wohnungen bei generellem
Komfort

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 56: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen bei unterschiedlichen Komfortniveaus in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m², a) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [D] im Jahr 2050 einschließlich Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt

Spezifischer Kältebedarf Szenario [D] 2050 Bundesländer	genereller Komfort in kWh/m²,a	Abweichung vom österr. Durchschnitt	adaptiver Komfort in kWh/m²,a	Abweichung vom österr. Durchschnitt
Burgenland	9,0	+49%	1,1	+81%
Kärnten	4,6	-24%	0,3	-45%
Niederösterreich	6,3	+3%	0,6	+3%
Oberösterreich	4,4	-27%	0,3	-51%
Salzburg	3,2	-47%	0,2	-74%
Steiermark	5,3	-13%	0,5	-19%
Tirol	3,6	-40%	0,3	-56%
Vorarlberg	4,8	-20%	0,4	-35%
Wien	10,6	+74%	1,3	+126%
Österreich	6,1	0%	0,6	0%

Anteil des Kältebedarfs für Wohnungen bei adaptivem
Komfort am Kältebedarf für Wohnungen bei generellem
Komfort

Quelle: eigene Berechnung

7.3. Kältebedarf bei Komfortmix

7.3.1. Absoluter Kältebedarf bei Komfortmix von 2021 bis 2050

Die Anwendung des adaptiven Komfortniveaus für Wohnungen zeigt im Jahr 2050 eine bedeutende Verringerung des absoluten Kältebedarfs für Wohnflächen auf (!) 6-10% jenes Kältebedarfs, der unter Berücksichtigung des generellen Komfortniveaus für Wohnungen ermittelt wird (vgl. Kapitel 7.1). Dadurch verringert sich auch der Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt erheblich: Unter Berücksichtigung des **Komfortmix**, d.h. des Kältebedarfs der Wohnungen bei adaptivem Komfort und des Kältebedarfs der Büros bei generellem Komfort (*aus Tabelle 15*), resultiert ein **absoluter Kältebedarf** der Wohnungen und Büros insgesamt im Jahr 2050 in der Höhe von 1,6 TWh/a im Szenario [A], 1,9 TWh/a im Szenario [B], 2,2 TWh/a im Szenario [C] und 2,6 TWh/a im Szenario D (vgl. Tabelle 57). Davon nimmt der Kältebedarf der Büros mit über 80-90% des Kältebedarfs in Österreich insgesamt einen erheblichen Anteil ein. Demnach unterscheidet sich bei Komfortmix die Aufteilung des Kältebedarfs auf die beiden Nutzungen erheblich von jener bei generellem Komfortniveau: Hier entfällt auf die Büros ein Anteil von 42% des absoluten Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt im Szenario [A] und von 34% im Szenario [D] (vgl. Tabelle 16 und Tabelle 17).

Tabelle 57: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen bei adaptivem Komfortniveau und der Büros bei generellem Komfortniveau in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den vier Szenarien für 2050 einschließlich absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell)

Absoluter Kältebedarf 2050 Komfortmix Szenarien	Kältebedarf Wohnungen in GWh/a	Kältebedarf Büros in GWh/a	Kältebedarf insgesamt in GWh/a
Szenario [A]	119	1.474	1.593
Szenario [B]	143	1.758	1.900
Szenario [C]	336	1.823	2.159
Szenario [D]	403	2.169	2.572

Quelle: eigene Berechnung

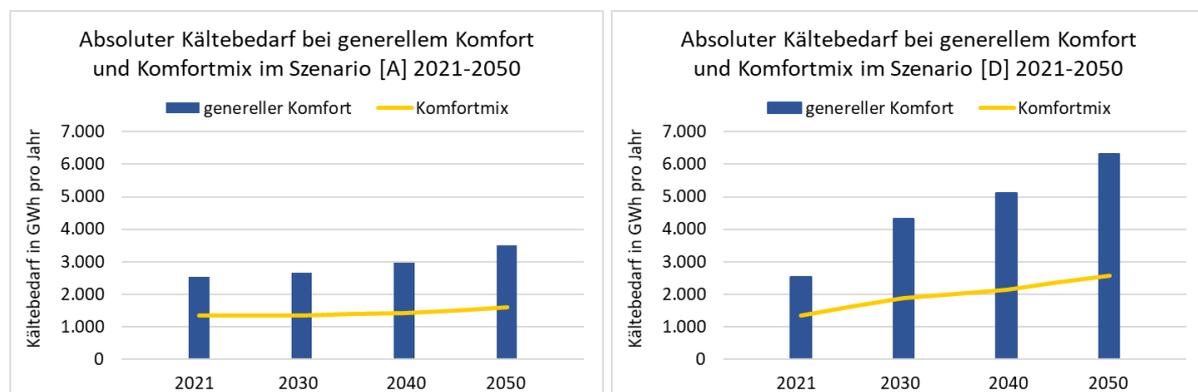
Eine Gegenüberstellung des Kältebedarfs bei Komfortmix und bei generellem Komfort zeigt, dass unter Berücksichtigung des **Komfortmix** der Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Österreich um über 50% (vgl. Tabelle 58 und Abbildung 42) gegenüber jenem Kältebedarf sinkt, der bei Anwendung des generellen Komfortniveaus für beide Nutzungen (*aus Tabelle 12*) ermittelt wird.

Tabelle 58: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau und bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den vier Szenarien für 2050 einschließlich Anteile des Kältebedarfs bei Komfortmix in Prozent des Kältebedarfs bei generellem Komfortniveau

Absoluter Kältebedarf 2050 genereller Komfort und Komfortmix	Kältebedarf genereller Komfort in GWh/a	Kältebedarf bei Komfortmix in GWh/a	Anteile des Kältebedarfs bei Komfortmix
Szenarien			
Szenario [A]	3.494	1.593	46%
Szenario [B]	4.168	1.900	46%
Szenario [C]	5.299	2.159	41%
Szenario [D]	6.322	2.572	41%

Quelle: eigene Berechnung

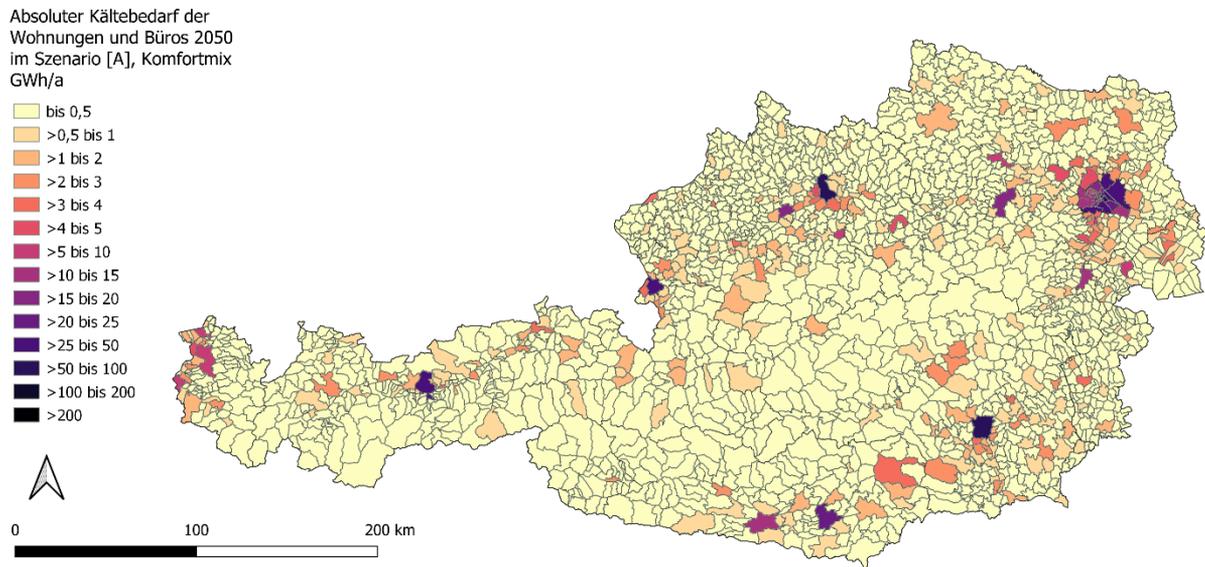
Abbildung 42: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau und bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für 2021 und für die Szenarien [A] und [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050



Quelle: eigene Berechnung

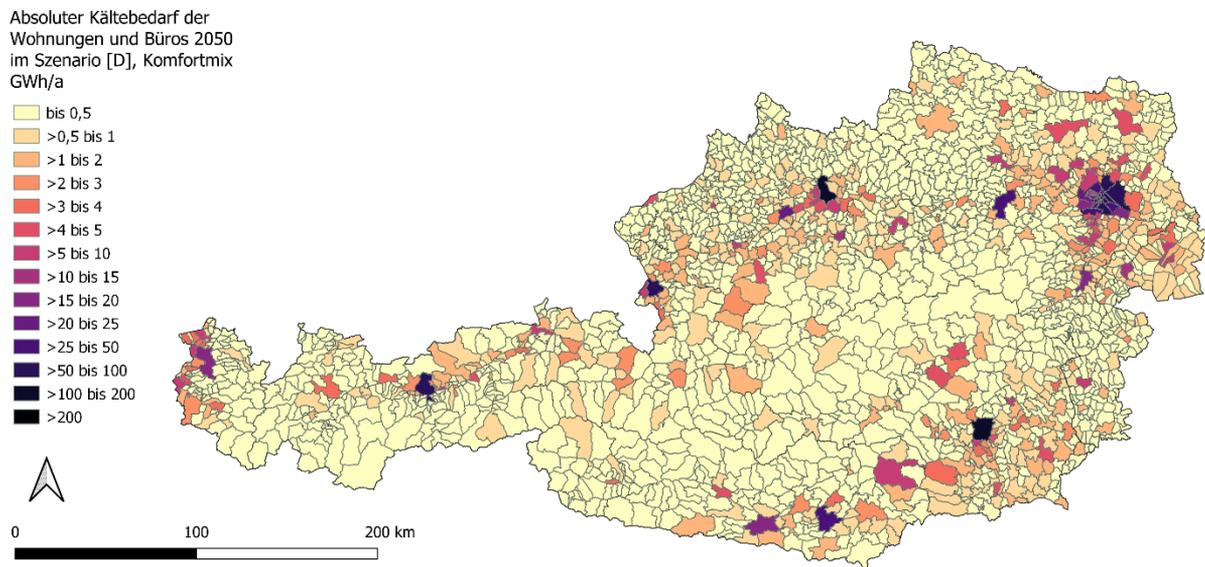
Abbildung 43 und Abbildung 44 veranschaulichen die räumliche Verteilung des absoluten Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt auf **Gemeindeebene** bei Komfortmix für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050.

Abbildung 43: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für das Szenario [A] im Jahr 2050



Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 44: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für das Szenario [D] im Jahr 2050



Quelle: eigene Berechnung

7.3.2. Exkurs zur absoluten Kälteleistung bei Komfortmix von 2021 bis 2050

Die Berücksichtigung des adaptiven Komfortniveaus für Wohnungen führt gegenüber der Anwendung des generellen Komfortniveaus nicht nur zu einer erheblichen Verringerung des Kältebedarfs, sondern wirkt sich auch mindernd auf die Kälteleistung aus: Der absolute Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt, der unter Berücksichtigung des **Komfortmix** (Wohnungen: adaptiv, Büros: generell) ermittelt wird, geht mit einer **absoluten Kälteleistung** von 6,0 GW im Szenario [A], 7,1 GW im Szenario [B], 8,0 GW in Szenario [C] sowie 9,6 GW im Szenario [D] im Jahr 2050 einher (vgl. Tabelle 59). Je nach Szenario entfallen davon auf die Kälteleistung der Büros (*aus Tabelle 31*) 42-56%.

Demnach erweist sich die Verteilung der absoluten Kälteleistung auf die beiden Nutzungen wesentlich ausgeglichener als jene des absoluten Kältebedarfs bei Komfortmix; hier entfallen 80-90% auf die Büros (vgl. Tabelle 57). Die Verteilung der absoluten Kälteleistung auf die Wohnungen und Büros stellt sich bei Komfortmix auch ausgewogener dar als jene bei generellem Komfortniveau: In diesem Fall nehmen die Büros einen Anteil von 22-24% an der absoluten Kälteleistung ein (vgl. Tabelle 32 und Tabelle 33). Die Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt beträgt demnach im Jahr 2050 bei **Komfortmix** 43% (Szenario [A] und [B]) bzw. 52% (Szenario [C] und [D]) (vgl. Tabelle 60 und Abbildung 45) der Kälteleistung bei generellem Komfortniveau (*aus Tabelle 28*).

Tabelle 59: Absolute Kälteleistung der Wohnungen bei adaptivem Komfortniveau und der Büros bei generellem Komfortniveau in Megawatt (MW) in den vier Szenarien für 2050 einschließlich absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell)

Absolute Kälteleistung 2050 Komfortmix Szenarien	Kälteleistung Wohnungen in MW	Kälteleistung Büros in MW	Kälteleistung insgesamt in MW
Szenario [A]	2.611	3.346	5.956
Szenario [B]	3.134	4.002	7.136
Szenario [C]	4.680	3.346	8.025
Szenario [D]	5.604	4.002	9.606

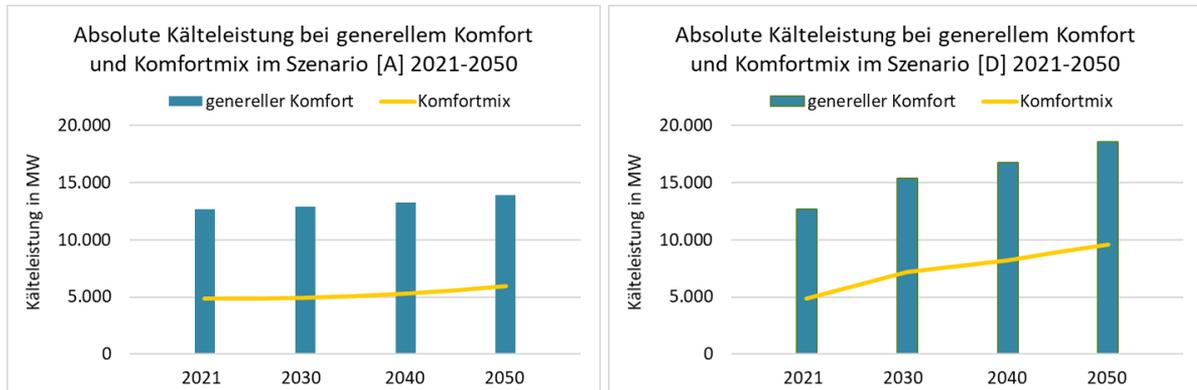
Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 60: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau und bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Megawatt (MW) in den vier Szenarien für 2050 einschließlich Anteile der Kälteleistung bei Komfortmix in Prozent der Kälteleistung bei generellem Komfort

Absolute Kälteleistung 2050 genereller Komfort und Komfortmix Szenarien	Kälteleistung genereller Komfort in MW	Kälteleistung bei Komfortmix in MW	Anteile der Kälteleistung bei Komfortmix
Szenario [A]	13.884	5.956	43%
Szenario [B]	16.724	7.136	43%
Szenario [C]	15.386	8.025	52%
Szenario [D]	18.559	9.606	52%

Quelle: eigene Berechnung

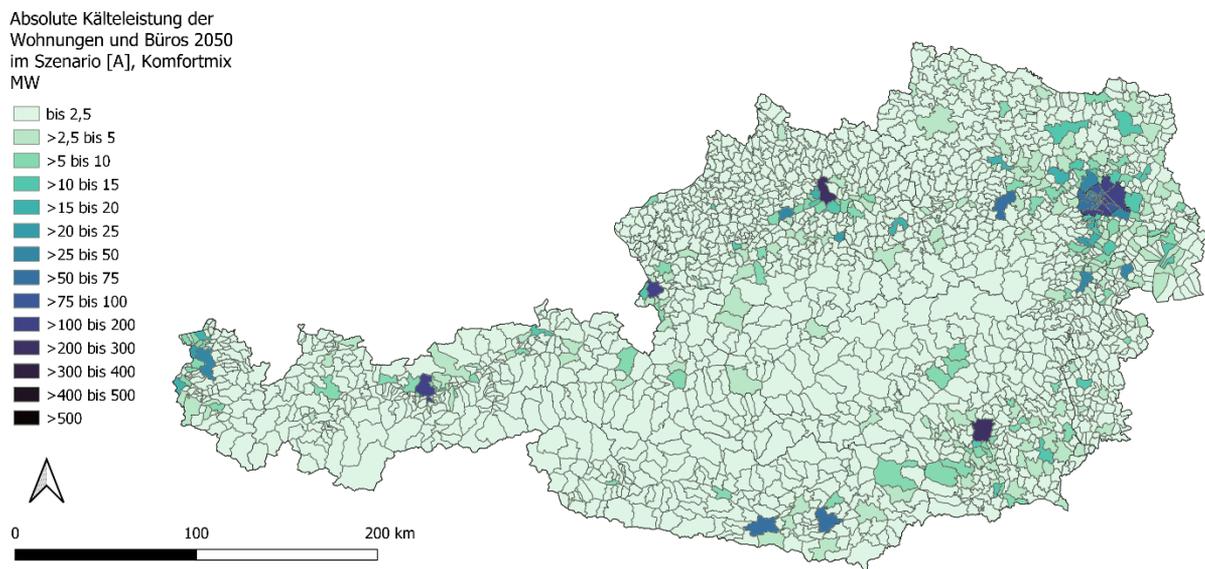
Abbildung 45: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau und bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Megawatt (MW) für 2021 und für die Szenarien [A] und [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050



Quelle: eigene Berechnung

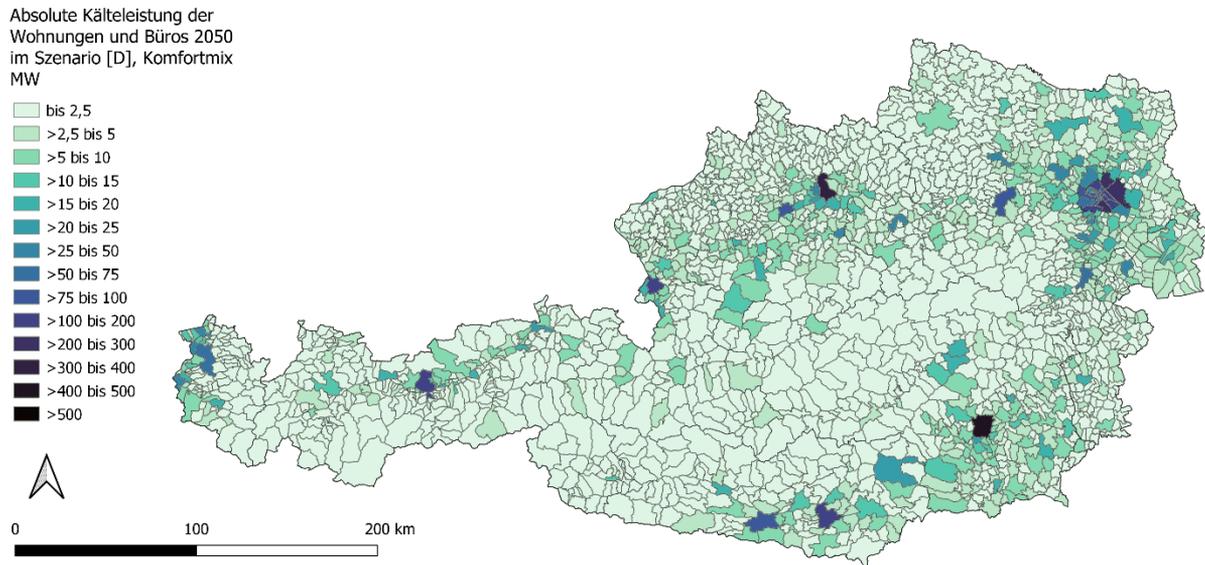
Einen Eindruck über die räumliche Verteilung der absoluten Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt auf die österreichischen **Gemeinden** bei Komfortmix im Jahr 2050 vermitteln die Abbildung 46 für das Szenario [A] sowie die Abbildung 47 für das Szenario [D].

Abbildung 46: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Megawatt (MW) für das Szenario [A] im Jahr 2050



Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 47: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Megawatt (MW) für das Szenario [D] im Jahr 2050



Quelle: eigene Berechnung

7.3.3. Spezifischer Kältebedarf bei Komfortmix von 2021 bis 2050

Unter Berücksichtigung des adaptiven Komfortniveaus beträgt der spezifische Kältebedarf der Wohnungen 0,2 bis 0,6 kWh/m²,a (vgl. Tabelle 53). Wird der **Komfortmix** betrachtet, d.h. bei Wohnungen das adaptive Komfortniveau und bei Büros das generelle Komfortniveau (aus Tabelle 22), beläuft sich der spezifische Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt im Jahr 2050 auf 2,3 bis 2,4 kWh/m²,a in den Szenarien [A] und [B] sowie auf 3,2 kWh/m²,a in den Szenarien [C] und [D] (vgl. Tabelle 61).

Tabelle 61: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen bei adaptivem Komfortniveau und der Büros bei generellem Komfortniveau in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) in den vier Szenarien für 2050 einschließlich spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell)

Spezifischer Kältebedarf 2050 Komfortmix Szenarien	Kältebedarf Wohnungen in kWh/m ² ,a	Kältebedarf Büros in kWh/m ² ,a	Kältebedarf insgesamt in kWh/m ² ,a
Szenario [A]	0,2	14,1	2,4
Szenario [B]	0,2	14,0	2,3
Szenario [C]	0,6	17,4	3,2
Szenario [D]	0,6	17,3	3,2

Quelle: eigene Berechnung

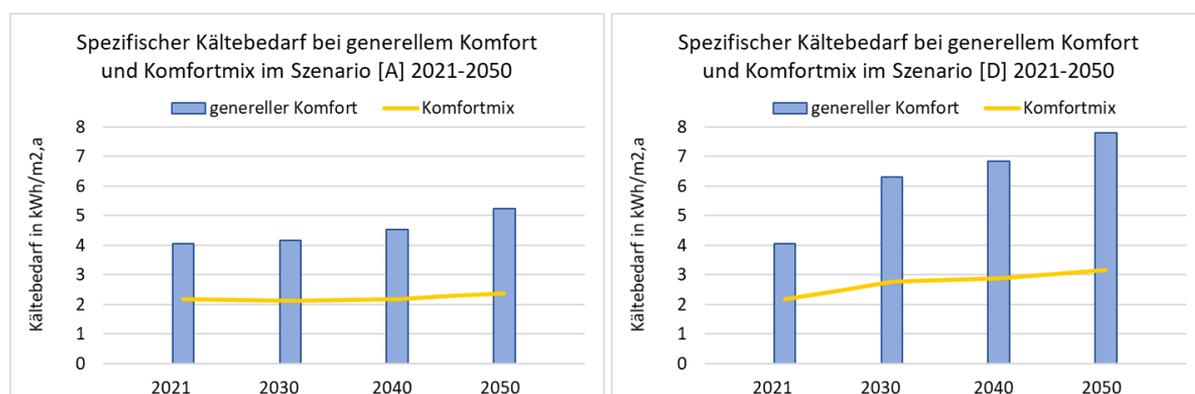
Damit verringert sich der spezifische Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei **Komfortmix** (Wohnungen: adaptiv, Büros: generell) – analog zum absoluten Kältebedarf – auf 46% in den Szenarien [A] und [B] sowie auf 41% in den Szenarien [C] und [D] des spezifischen Kältebedarfs, der unter Berücksichtigung des generellen Komfortniveaus für Wohnungen und Büros (aus Tabelle 19) ermittelt wird (vgl. Tabelle 62 und Abbildung 48).

Tabelle 62: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau und bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) in den vier Szenarien für 2050 einschließlich Anteile des Kältebedarfs bei Komfortmix in Prozent des Kältebedarfs bei generellem Komfortniveau

Spezifischer Kältebedarf 2050 genereller Komfort und Komfortmix	Kältebedarf genereller Komfort in kWh/m ² ,a	Kältebedarf bei Komfortmix in kWh/m ² ,a	Anteile des Kältebedarfs bei Komfortmix
Szenarien			
Szenario [A]	5,2	2,4	46%
Szenario [B]	5,1	2,3	46%
Szenario [C]	7,9	3,2	41%
Szenario [D]	7,8	3,2	41%

Quelle: eigene Berechnung

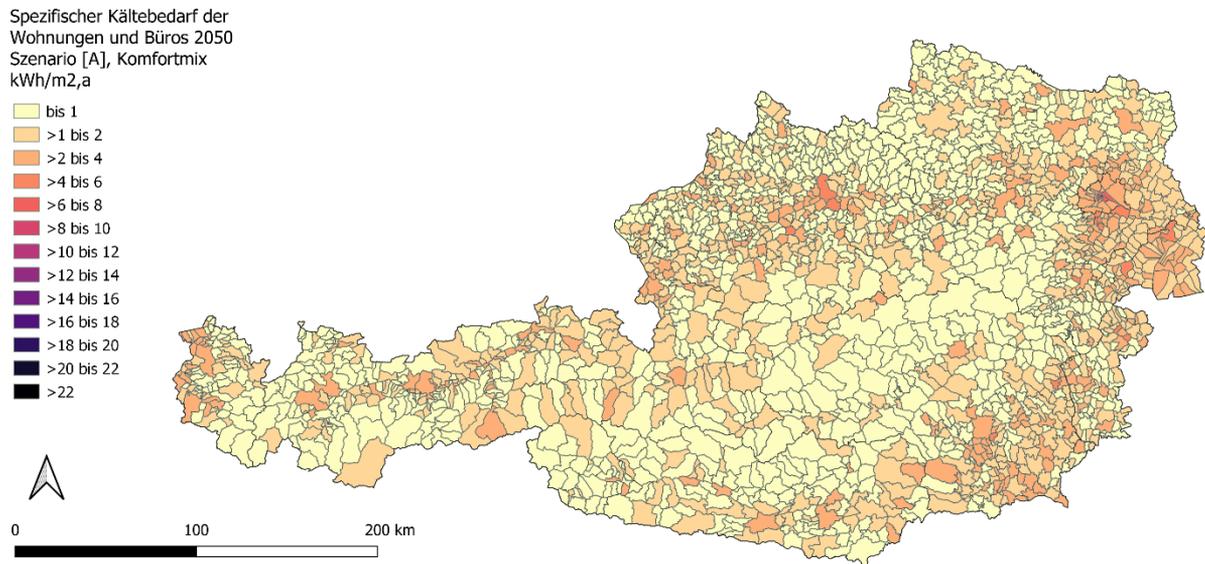
Abbildung 48: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau und bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) für 2021 und für die Szenarien [A] und [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050



Quelle: eigene Berechnung

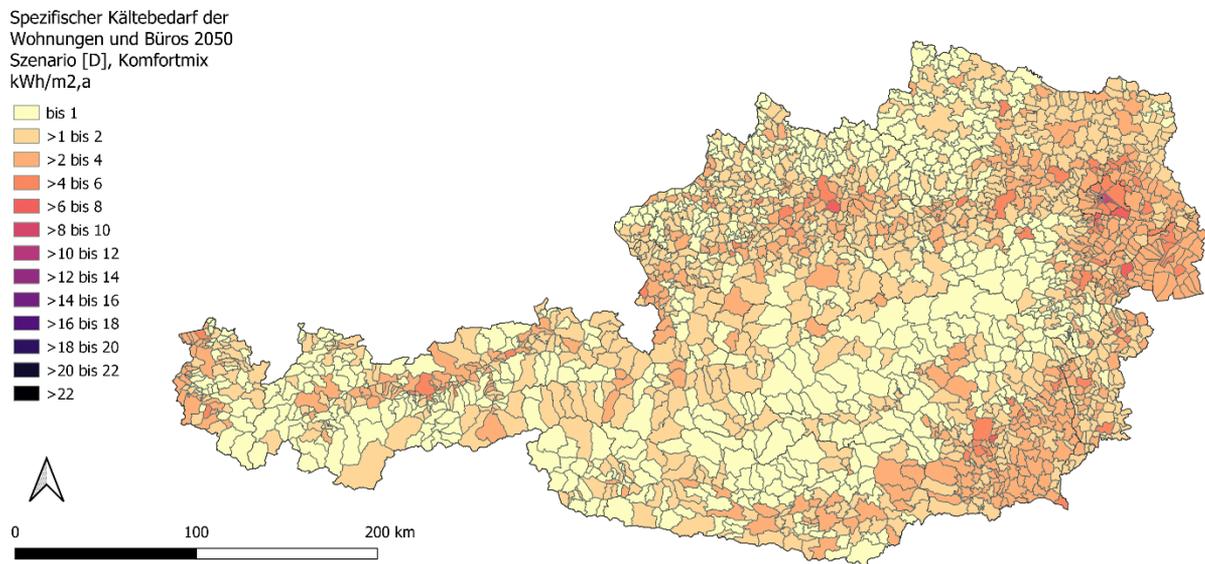
Abbildung 49 und Abbildung 50 veranschaulichen die räumliche Verteilung des spezifischen Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix auf **Gemeindeebene**.

Abbildung 49: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) für das Szenario [A] im Jahr 2050



Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 50: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) für das Szenario [D] im Jahr 2050



Quelle: eigene Berechnung

Die spezifischen Kältebedarfe eignen sich für eine Gegenüberstellung der Gemeinden unabhängig von deren Größe. Mittels einer **Analyse der Häufigkeitsverteilungen**, d.h. der Häufigkeit des Auftretens verschiedener spezifischer Kältebedarfe in den österreichischen Gemeinden, kann der Einfluss unterschiedlicher Komfortniveaus auf den Kältebedarf anschaulich gezeigt werden. Darüber hinaus wird ersichtlich, dass die Häufigkeitsverteilung der Gemeinden und jene des absoluten Kältebedarfs auf die einzelnen Klassen des spezifischen Kältebedarfs sehr unterschiedlich sind (vgl. Abbildung 51). Unter Berücksichtigung des Komfortmix sind im Allgemeinen nur die Klassen mit niedrigen spezifischen Kältebedarfen belegt; auf einzelne Klassen entfällt teilweise ein Drittel oder die Hälfte der Gemeinden bzw. des absoluten Kältebedarfs. Bei generellem Komfortniveau erweist sich die Verteilung der Gemeinden und des absoluten Kältebedarfs auf die Klassen ausgewogener. Auf die einzelnen Klassen entfallen im Allgemeinen nur Anteile an den Gemeinden bzw. des absoluten Kältebedarfs von unter 30% im Szenario [A] bzw. bis rund 20% im Szenario [D].

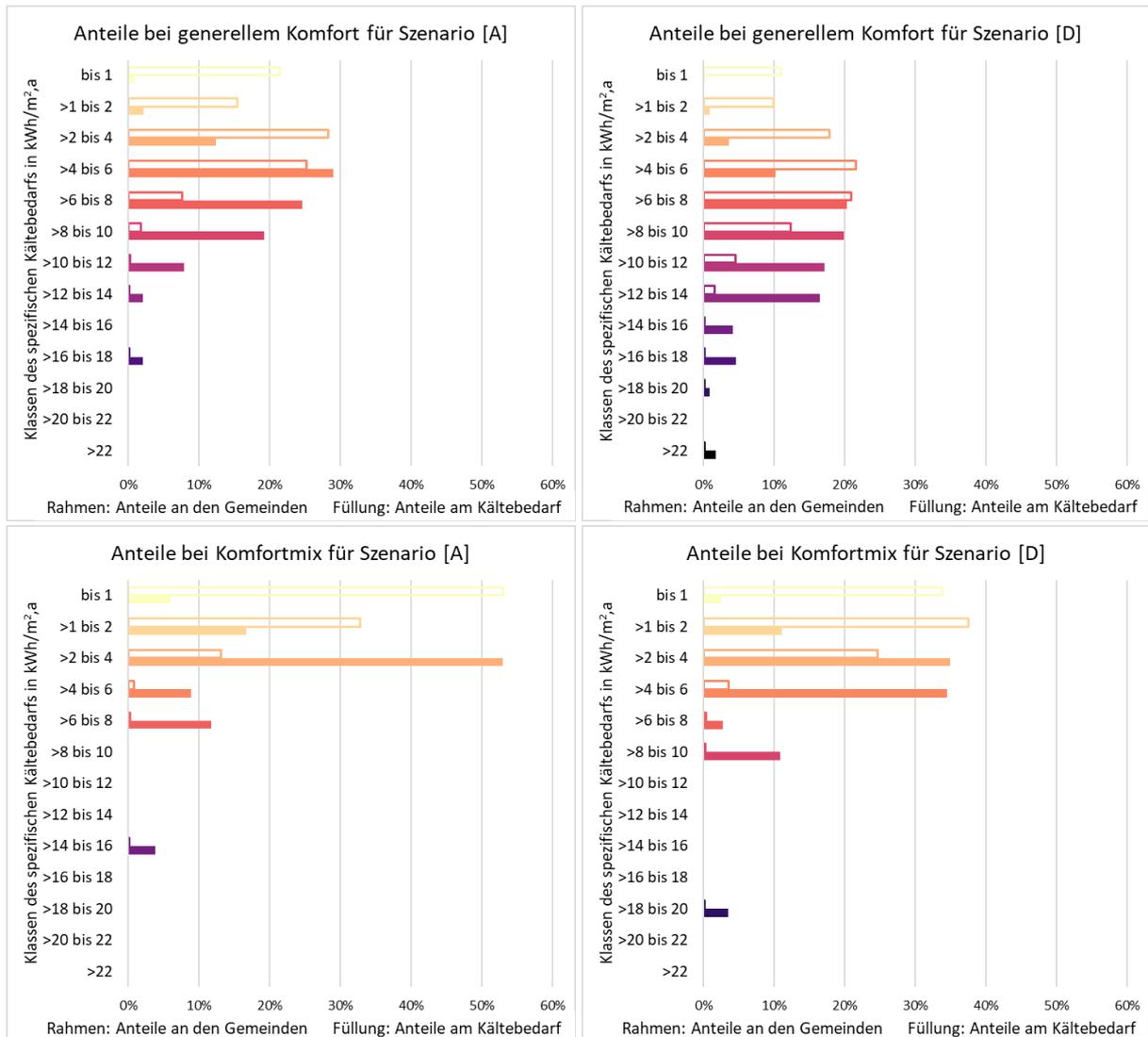
Unter Bedachtnahme auf das **generelle Komfortniveau** sind im Szenario [A] rund ein Drittel der Gemeinden durch einen spezifischen Kältebedarf bis $2 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ gekennzeichnet; sie verzeichnen 3% des absoluten Kältebedarfs insgesamt. Mehr als die Hälfte der Gemeinden weisen einen spezifischen Kältebedarf >2 bis $6 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ auf und sind für rund 40% des Kältebedarfs verantwortlich. Rund 45% des Kältebedarfs entfallen auf 10% der Gemeinden mit spezifischen Kältebedarfen >6 bis $10 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$. Acht Gemeinden weisen höhere spezifische Kältebedarfe und einen Anteil von 12% am absoluten Kältebedarf insgesamt auf (vgl. Abbildung 51).

Im Szenario [D] verschieben sich bei generellem Komfortniveau die Anteile der Gemeinden und des absoluten Kältebedarfs noch deutlicher auf die Klassen mit höheren spezifischen Kältebedarfen und verteilen sich die Gemeinden und die absoluten Kältebedarfe gleichmäßiger auf die einzelnen Klassen: rund 60% der Gemeinden weisen einen spezifischen Kältebedarf >2 bis $8 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ auf; rund 60% des absoluten Kältebedarfs entfallen auf die Klassen >6 bis $12 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ (vgl. Abbildung 51).

Im Falle des **Komfortmix** weist im Szenario [A] rund die Hälfte aller 2.115 Gemeinden (einschließlich der Wiener Stadtbezirke), einen spezifischen Kältebedarf bis $1 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ auf. Auf diese Gemeinden entfallen 6% des absoluten Kältebedarfs insgesamt. Ein weiteres Drittel der Gemeinden (einschließlich der Wiener Stadtbezirke) sind durch einen spezifischen Kältebedarf von >1 bis $2 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ sowie 17% des absoluten Kältebedarfs insgesamt gekennzeichnet. Demgegenüber weisen nur 13 Gemeinden bzw. Wiener Stadtbezirke spezifische Kältebedarfe von >4 bis $8 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ auf. Das ist nur 1% aller Gemeinden (einschließlich der Wiener Stadtbezirke); auf diese entfallen 21% des absoluten Kältebedarfs insgesamt. Nur in einem Wiener Stadtbezirk sind die spezifischen Kältebedarfe höher als $8 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ (vgl. Abbildung 51).

Im Szenario [D] entfallen bei Komfortmix 70% aller Gemeinden (einschließlich der Wiener Stadtbezirke) etwa je zur Hälfte auf die beiden Klassen mit einem spezifischen Kältebedarf bis $1 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ bzw. >1 bis $2 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$; gemeinsam sind sie für 14% des absoluten Kältebedarfs insgesamt verantwortlich. Rund 70% des absoluten Kältebedarfs entfallen je zur Hälfte auf die beiden nachfolgenden Klassen mit einem spezifischen Kältebedarf >2 bis $4 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ sowie >4 bis $6 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$. Dabei weisen rund 25% der Gemeinden (einschließlich der Wiener Stadtbezirke) einen spezifischen Kältebedarf von >2 bis $4 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ auf, 3% der Gemeinden einen spezifischen Kältebedarf von >4 bis $6 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ (vgl. Abbildung 51).

Abbildung 51: Anteile der einzelnen Klassen des spezifischen Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt (1) an den Gemeinden (einschließlich der Wiener Stadtbezirke) und (2) am absoluten Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) und bei generellem Komfortniveau für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050



Quelle: eigene Berechnung

8 Einfluss der Kühlsättigung auf den Kältebedarf

Die bisher dargestellten Ergebnisse zum österreichischen Kältebedarf beruhen auf der Rahmenbedingung, dass alle Wohn- und Büroflächen gekühlt werden, sobald eine bestimmte – je nach Gebäudekategorie und Komfortniveau – unterschiedliche Anzahl an Kühlgradtagen überschritten wird. Die jeweils relevante Anzahl an Kühlgradtagen und das Ausmaß der Gebäudekühlung richten sich nach dem zu gewährleistenden Komfortniveau und sind in der Kältematrix dokumentiert (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix).

Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass in Zukunft nicht alle Flächen gekühlt werden, um das definierte Komfortniveau zu erreichen, sondern in geringem Umfang auch höhere Temperaturen in den Innenräumen vornehmlich von Wohnungen akzeptiert werden; diese Flächen, die nicht gekühlt werden, obwohl sie einen Kältebedarf aufweisen, werden als **kühlgesättigte Flächen** bezeichnet. Für die weitere Untersuchung der Kühlsättigung werden gewisse Schwellenwerte für den spezifischen Kältebedarf (Kältebedarf pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr) formuliert, unterhalb derer keine Gebäudekühlung erfolgt. Darauf basierend werden die Auswirkungen dieser Schwellenwerte auf das Ausmaß der zu kühlenden Flächen und auf die Höhe des absoluten Kältebedarfs untersucht. Damit können Aussagen darüber getroffen werden, wie sich der Kältebedarf in Österreich verändert, wenn niedrige Kältebedarfe nicht mehr gedeckt werden.

Die Analyse betreffend die Kühlsättigung umfasst nur die **Wohnnutzung**, denn Büroflächen weisen angesichts der höheren spezifischen Energiebedarfe für die Kühlung stets einen Kältebedarf auf; sie werden auch bei den nachfolgend formulierten Schwellenwerten weiterhin zu über 99% gekühlt und erfahren demnach keine bzw. nur eine vernachlässigbare Kühlsättigung. Die Kühlsättigung wird zudem nur bei generellem Komfortniveau in Betracht gezogen; denn bei adaptivem Komfortniveau werden bereits höhere Innenraumtemperaturen (mehr als 26 Grad) zugelassen und erscheint ein weiterer Verzicht auf die Gebäudekühlung als nicht erwägenswert.

Vorab werden jene Wohnflächen sowohl im Jahr 2021 als auch für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 identifiziert, die keinen Kältebedarf aufweisen, weil sie sich in Gemeinden mit einer niedrigen Anzahl an Kühlgradtagen bzw. in Gebäudekategorien mit einem hohen energetischen Standard der Gebäudehüllen und mit einer hochwertigen Verschattung der Fensterflächen befinden. Dabei wird sowohl das generelle als auch das adaptive Komfortniveau berücksichtigt.

8.1. Wohnflächen ohne Kältebedarf

8.1.1. Wohnflächen ohne Kältebedarf 2021

Im Jahr 2021 weisen von den 526 Mio.m² Wohnflächen insgesamt unter Berücksichtigung des generellen Komfortniveaus Wohnflächen im Ausmaß von **111 Mio.m²** keinen Kältebedarf auf; unter Bedachtnahme auf das adaptive Komfortniveau sind es **383 Mio.m²** (vgl. Tabelle 63). Demnach

verzeichnen beim generellen Komfortniveau 21% der Wohnflächen bzw. 18% der Wohn- und Büroflächen insgesamt keinen Kältebedarf; die Anteile der Flächen ohne Kältebedarf sind beim adaptiven Komfortniveau mit 73% der Wohnflächen bzw. 62% der Wohn- und Büroflächen insgesamt erheblich höher.

Bei Anwendung des **generellen Komfortniveaus** werden in Wien und dem Burgenland im Jahr 2021 keine Wohnflächen ohne Kältebedarf identifiziert. Tirol, Steiermark und Oberösterreich weisen das größte Ausmaß an Wohnflächen ohne Kältebedarf mit jeweils 21 bis 23 Mio.m² auf. Damit verzeichnen in Tirol 51% aller Wohnflächen keinen Kältebedarf; in Oberösterreich nimmt etwa dasselbe Ausmaß an Flächen einen Anteil von 23% an allen Wohnflächen ein. Den niedrigsten Anteil an Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt weist – abgesehen von Wien und dem Burgenland – Niederösterreich mit 14% auf; das sind 16 Mio.m² (vgl. Tabelle 63). Die räumliche Verteilung der Wohnflächen ohne Kältebedarf innerhalb Österreichs orientiert sich in hohem Maße am Gefälle der Kühlgradtage von West nach Ost. In den Gemeinden der höher gelegenen, vornehmlich alpinen Regionen, aber auch im Waldviertel ist der Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt sehr ausgeprägt. Demgegenüber weisen die Gemeinden im Osten Österreichs sowie das Alpenvorland und die Regionen vom Kärntner Zentralraum bis ins Südburgenland bei generellem Komfortniveau im Jahr 2021 kaum Wohnflächen ohne Kältebedarf auf; dies gilt auch für das Inntal und das Rheintal (vgl. Abbildung 52).

Wird das **adaptive Komfortniveau** herangezogen, weisen im Jahr 2021 alle Bundesländer Wohnflächen ohne Kältebedarf auf. Das Ausmaß an Wohnflächen ohne Kältebedarf ist allerdings in Wien und im Burgenland mit jeweils 8 bis 9 Mio.m² gering. Im Burgenland werden damit 38% der Wohnflächen insgesamt identifiziert, in Wien sind es 10%. Oberösterreich und Niederösterreich sind durch das größte Ausmaß an Wohnflächen ohne Kältebedarf mit jeweils 83 bis 86 Mio.m² gekennzeichnet; das sind 74% (Niederösterreich) bzw. 93% (Oberösterreich) der Wohnflächen insgesamt. In Tirol, Salzburg, Kärnten und Vorarlberg verzeichnen alle Wohnflächen bei adaptiven Komfortniveau im Jahr 2021 keinen Kältebedarf (vgl. Tabelle 63). Lediglich ganz im Osten Österreichs werden Gemeinden mit einem geringen Anteil an Wohnflächen ohne Kältebedarf ausgewiesen (vgl. Abbildung 53).

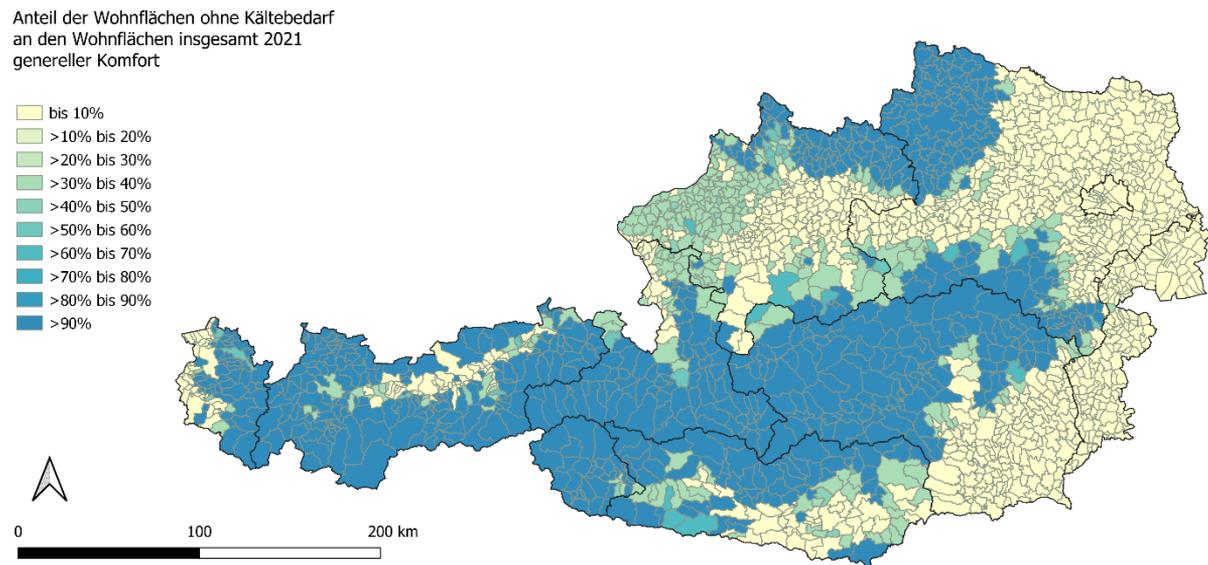
Tabelle 63: Wohnflächen insgesamt und Wohnflächen ohne Kältebedarf bei generellem und adaptivem Komfortniveau in den österreichischen Bundesländern 2021

Wohnflächen 2021	Wohnflächen insgesamt in Mio.m²	genereller Komfort: Wohnflächen ohne Kältebedarf in Mio.m²	adaptiver Komfort: Wohnflächen ohne Kältebedarf in Mio.m²
Bundesländer			
Burgenland	21	0	8
Kärnten	36	10	36
Niederösterreich	113	16	83
Oberösterreich	92	21	86
Salzburg	31	14	31
Steiermark	76	22	63
Tirol	45	23	45

Wohnflächen 2021	Wohnflächen insgesamt in Mio.m ²	genereller Komfort: Wohnflächen ohne Kältebedarf in Mio.m ²	adaptiver Komfort: Wohnflächen ohne Kältebedarf in Mio.m ²
Bundesländer			
Vorarlberg	22	5	22
Wien	90	0	9
Österreich	526	111	383
Anteil an den Wohnflächen insgesamt		21%	73%
Anteil an den Wohn- und Büroflächen insgesamt		18%	62%

Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 52: Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt 2021, generelles Komfortniveau



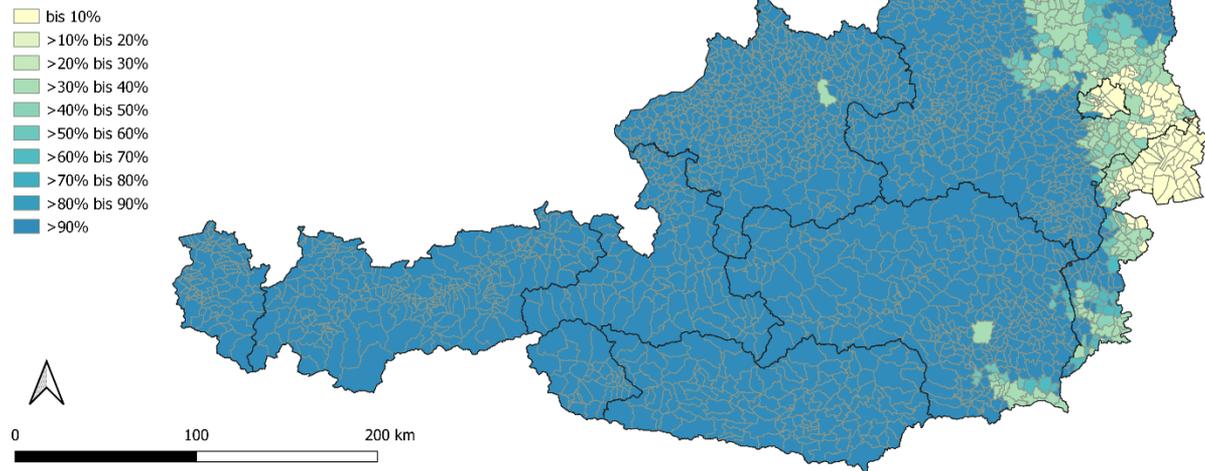
Quelle: eigene Berechnung

8.1.2. Wohnflächen ohne Kältebedarf bei generellem Komfortniveau bis 2050

Unter Berücksichtigung des generellen Komfortniveaus werden im Falle einer moderaten Entwicklung der Kühlgradtage im **Szenario [A]** 49 Mio.m² identifiziert, die im Jahr 2050 keinen Kältebedarf aufweisen; das sind 9% der Wohnflächen insgesamt bzw. 7% der Wohn- und Büroflächen insgesamt. Im Falle einer dynamischen Entwicklung der Kühlgradtage im **Szenario [D]** sind es 24 Mio.m², d.h. 3,5% der Wohnflächen insgesamt bzw. 3% der Wohn- und Büroflächen insgesamt (vgl. Tabelle 64). In beiden Szenarien treten keine Flächen im Burgenland und in Wien ohne Kältebedarf auf; dies ist der hohen Anzahl an Kühlgradtagen in diesen beiden Bundesländern geschuldet. Anteilsmäßig die meisten Flächen ohne Kältebedarf werden in Tirol ausgewiesen: Im Szenario [A] verzeichnen in Tirol 26% aller Wohnflächen keinen Kältebedarf; im Szenario [D] sind es 15% aller Wohnflächen, die im Jahr 2050 in Tirol keinen Kältebedarf aufweisen.

Abbildung 53: Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt 2021, adaptives Komfortniveau

Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt 2021 adaptiver Komfort



Quelle: eigene Berechnung

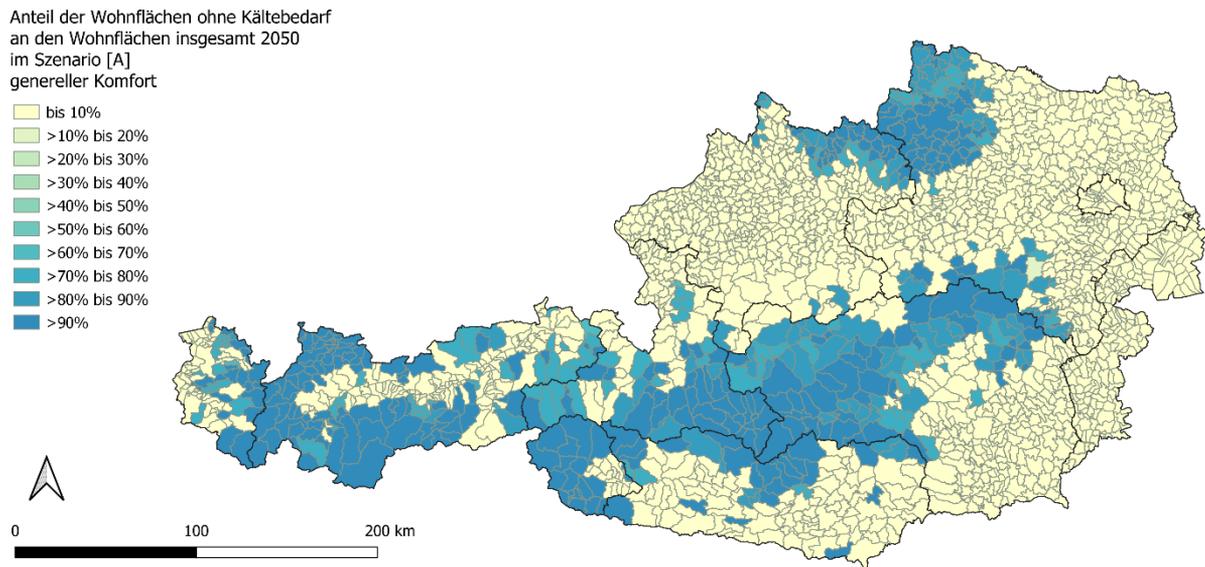
Tabelle 64: Wohnflächen insgesamt und Wohnflächen ohne Kältebedarf bei generellem Komfortniveau in den österreichischen Bundesländern für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050

Wohnflächen 2050 genereller Komfort	Szenario [A]: Wohnflächen insgesamt in Mio.m²	Szenario [A]: Wohnflächen ohne Kältebedarf in Mio.m²	Szenario [D]: Wohnflächen insgesamt in Mio.m²	Szenario [D]: Wohnflächen ohne Kältebedarf in Mio.m²
Bundesländer				
Burgenland	22	0	28	0
Kärnten	35	2	44	2
Niederösterreich	122	8	149	3
Oberösterreich	100	6	122	1
Salzburg	33	7	41	4
Steiermark	77	11	97	4
Tirol	48	12	58	9
Vorarlberg	25	3	30	1
Wien	103	0	117	0
Österreich	564	49	685	24
Anteil an den Wohnflächen insgesamt		9%		3,5%
Anteil an den Wohn- und Büroflächen insgesamt		7%		3%

Quelle: eigene Berechnung

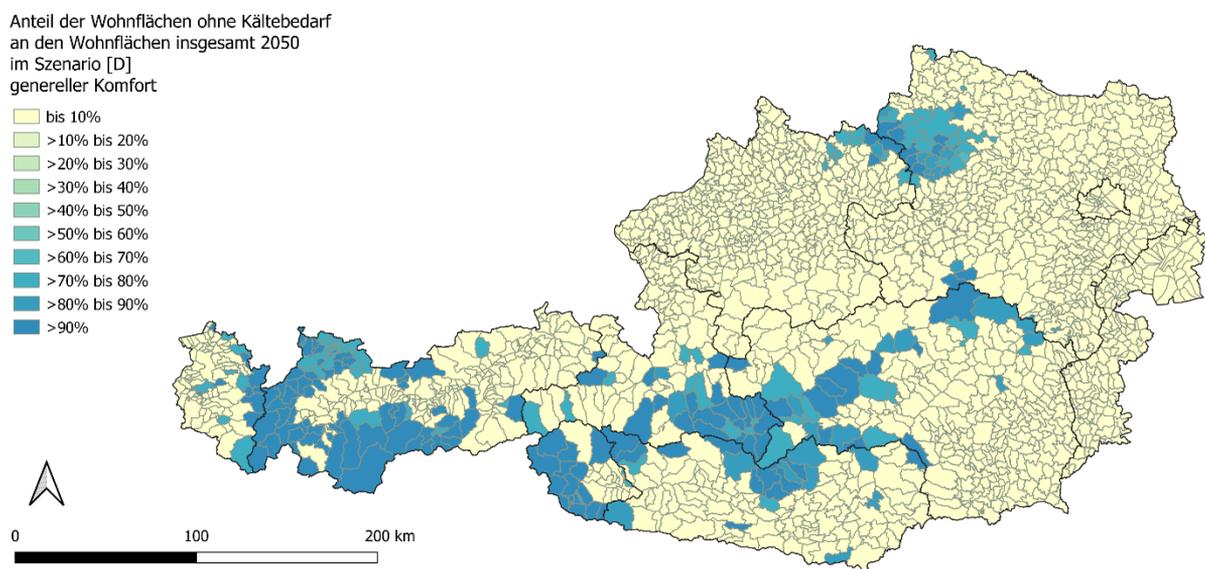
Bei generellem Komfortniveau verringert sich bis zum Jahr 2050 die Zahl der **Gemeinden** mit einem hohen Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt; die Gebietskulisse dieser Gemeinden beschränkt sich weitgehend auf den alpinen Raum und das Waldviertel (vgl. Abbildung 54 und Abbildung 55).

Abbildung 54: Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt für das Szenario [A] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

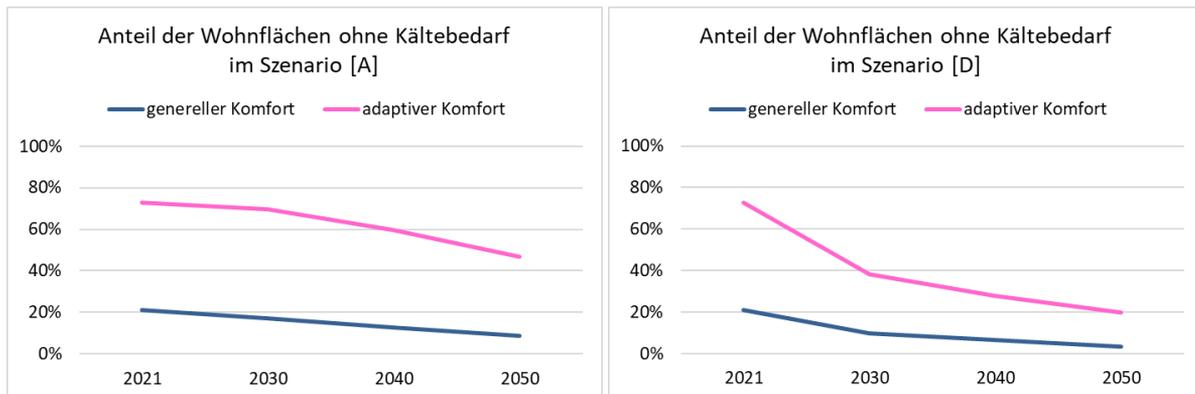
Abbildung 55: Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

Der Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt verringert sich demnach bei generellem Komfortniveau im Zeitraum von 2021 bis 2050 von 21% auf 9% im Szenario [A] bzw. auf 3,5% im Szenario [D] (vgl. Abbildung 56). Aufgrund der steigenden Anzahl an Kühlgradtagen wird in einer zunehmenden Anzahl von Gemeinden bzw. von Gebäudekategorien die jeweils kritische Grenze überschritten und damit ein Kältebedarf identifiziert.

Abbildung 56: Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt im Jahr 2021 und für die Szenarien [A] und [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050, adaptives und generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

8.1.3. Wohnflächen ohne Kältebedarf bei adaptivem Komfortniveau bis 2050

Wird das adaptive Komfortniveau berücksichtigt und untersucht, in welchem Ausmaß Flächen im Jahr 2050 keinen Kältebedarf aufweisen, zeigt sich, dass im **Szenario [A]** 264 Mio.m² identifiziert werden; das sind 47% der Wohnflächen insgesamt bzw. 39% der Wohn- und Büroflächen insgesamt in Österreich. Im **Szenario [D]** handelt es sich um 136 Mio.m², das sind 20% der Wohnflächen insgesamt bzw. 17% der Wohn- und Büroflächen insgesamt (vgl. Tabelle 65). Unter Berücksichtigung des adaptiven Komfortniveaus treten im Jahr 2050 nur in Wien und im Burgenland keine bzw. nur geringfügige Flächen ohne Kältebedarf auf. Bei adaptivem Komfort nimmt der Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt demnach im Zeitraum von 2021 bis 2050 von 73% auf 47% im Szenario [A] bzw. auf 20% im Szenario [D] ab (vgl. Abbildung 56); insbesondere im Szenario [D] führt der dynamische Anstieg der Kühlgradtage zu einem starken Rückgang der Wohnflächen ohne Kältebedarf.

Tabelle 65: Wohnflächen insgesamt und Wohnflächen ohne Kältebedarf bei adaptivem Komfortniveau in den österreichischen Bundesländern für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050

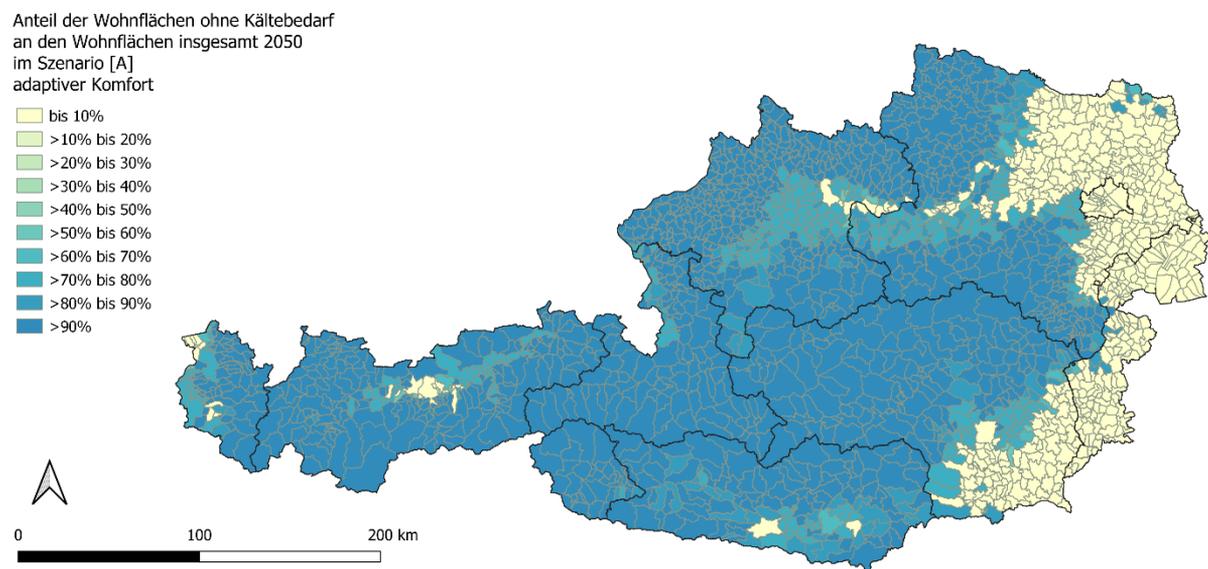
Wohnflächen adaptiver Komfort	Szenario [A]: Wohnflächen insgesamt in Mio.m ²	Szenario [A]: Wohnflächen ohne Kältebedarf in Mio.m ²	Szenario [D]: Wohnflächen insgesamt in Mio.m ²	Szenario [D]: Wohnflächen ohne Kältebedarf in Mio.m ²
Bundesländer				
Burgenland	22	1	28	0
Kärnten	35	26	44	9

Wohnflächen adaptiver Komfort	Szenario [A]: Wohnflächen insgesamt in Mio.m ²	Szenario [A]: Wohnflächen ohne Kältebedarf in Mio.m ²	Szenario [D]: Wohnflächen insgesamt in Mio.m ²	Szenario [D]: Wohnflächen ohne Kältebedarf in Mio.m ²
Bundesländer				
Niederösterreich	122	42	149	20
Oberösterreich	100	77	122	31
Salzburg	33	31	41	18
Steiermark	77	35	97	26
Tirol	48	35	58	26
Vorarlberg	25	17	30	6
Wien	103	0	117	0
Österreich	564	264	685	136
Anteil an den Wohnflächen insgesamt		47%		20%
Anteil an den Wohn- und Büroflächen insgesamt		39%		17%

Quelle: eigene Berechnung

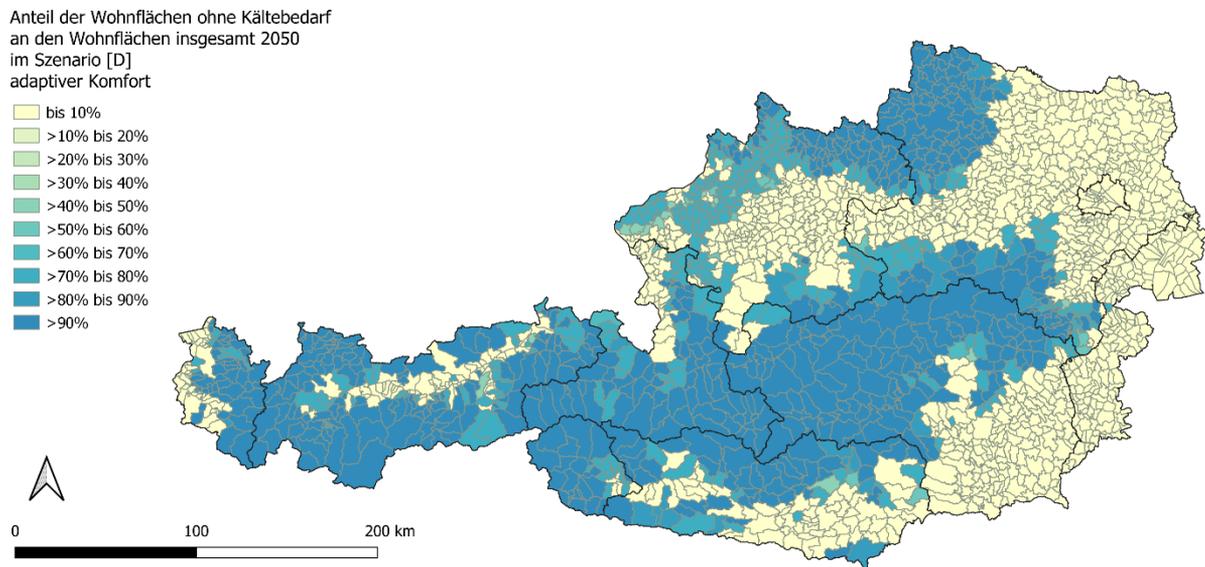
Abbildung 57 und Abbildung 58 zeigen die räumliche Verteilung der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt bei adaptivem Komfortniveau im Jahr 2050. Gegenüber dem generellen Komfortniveau werden in einer deutlich größeren Zahl an **Gemeinden** ein hoher Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf identifiziert.

Abbildung 57: Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt für das Szenario [A] im Jahr 2050, adaptives Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 58: Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt für das Szenario [D] im Jahr 2050, adaptives Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

8.2. Kühle sättigung der Wohnungen bei unterschiedlichen Schwellenwerten

Die Kühle sättigung wird bei zwei Schwellenwerten untersucht: bei $4 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ und bei $6 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$. Flächen, deren spezifischer Kältebedarf unterhalb dieser Schwellenwerte liegt, werden trotz ihres Kältebedarfs nicht gekühlt und gelten als kühle sättigte Flächen; hier werden etwas höhere Temperaturen in den Innenräumen zugelassen. Dies betrifft nur die Wohnflächen bei generellem Komfortniveau. Die kühle sättigten (Wohn)flächen und die Wohnflächen ohne Kältebedarf (vgl. Kapitel 8.1) bilden gemeinsam die ungekühlten Wohnflächen. In der Folge wird das Ausmaß an kühle sättigten Flächen aufgezeigt sowie der Kältebedarf beziffert, der bei Anwendung der betreffenden Schwellenwerte vermieden werden kann.

8.2.1. Kühle sättigung bei einem Schwellenwert von $4 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$

Wird unterstellt, dass im Jahr 2050 jene Flächen nicht gekühlt werden, deren spezifischer Kältebedarf unter einem Schwellenwert von 4 kWh/m^2 liegt, zeigt sich folgendes Bild: Im **Szenario [A]** sind 287 Mio. m^2 Wohnflächen kühle sättigt (vgl. Tabelle 66). Zusätzlich zu den 9% aller Wohnflächen (49 Mio. m^2), die im Szenario [A] keinen Kältebedarf aufweisen (vgl. Tabelle 64), sind somit weitere 51% aller Wohnflächen Österreichs bzw. 43% der Wohn- und Büroflächen insgesamt dadurch gekennzeichnet, dass ihr Kältebedarf im Falle der Kühle sättigung angesichts der jeweils geringen Höhe vermieden wird. Grundsätzlich werden in allen Bundesländern Flächen identifiziert, die unter dem Schwellenwert liegen und daher als kühle sättigt gelten; allerdings ist deren Ausmaß in Wien und im Burgenland sehr gering. In größerem Umfang werden Flächen unter dem Schwellenwert in den Bundesländern Oberösterreich und Niederösterreich identifiziert. Wird die Kühlung von Flächen mit

einem Kältebedarf unter dem Schwellenwert vermieden, verringert sich der absolute Kältebedarf für das Szenario [A] im Jahr 2050 um knapp 0,7 TWh/a; das sind 33% des Kältebedarfs der Wohnungen bzw. 19% des österreichischen Kältebedarfs von Wohnungen und Büros insgesamt.

Im **Szenario [D]** werden 161 Mio. m² Wohnflächen im Jahr 2050 identifiziert, deren spezifischer Kältebedarf unter dem Schwellenwert von 4 kWh/m² liegt und die damit kühlgesättigt sind (vgl. Tabelle 66). Zu jenen 3,5% aller Wohnflächen (24 Mio.m²), die im Szenario [D] keinen Kältebedarf aufweisen (vgl. Tabelle 64), kommen damit weitere 23% aller österreichischen Wohnflächen bzw. 20% der Wohn- und Büroflächen insgesamt hinzu, deren Kältebedarf in Anbetracht der jeweils geringen Höhe bei Kühlsättigung vermieden wird. Mit Ausnahme von Wien treten in allen Bundesländern Flächen auf, die unter dem Schwellenwert liegen. Werden die Flächen unter dem Schwellenwert nicht gekühlt, sinkt der absolute Kältebedarf für das Szenario [D] im Jahr 2050 um 0,4 TWh/a; damit verringert sich der Kältebedarf der Wohnungen um 9%, der Kältebedarf von Wohnungen und Büros in Österreich insgesamt um 6%.

Tabelle 66: Kühlgesättigte Wohnflächen sowie vermiedener Kältebedarf in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a für die Kühlsättigung in den österreichischen Bundesländern für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050

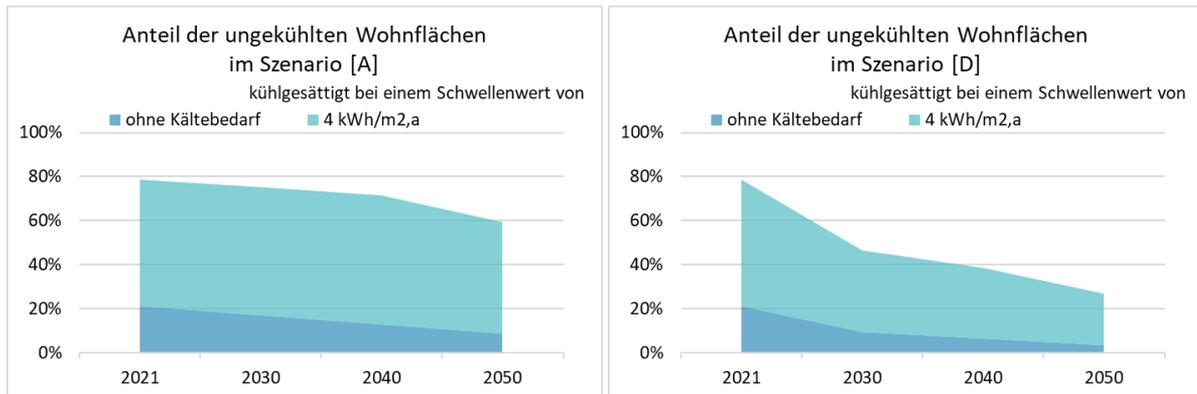
Wohnflächen und Kältebedarf 2050 genereller Komfort < 4 kWh/m²,a Bundesländer	Szenario [A]: kühlgesättigte Wohnflächen in Mio.m²	Szenario [A]: vermiedener Kältebedarf in GWh/a	Szenario [D]: kühlgesättigte Wohnflächen in Mio.m²	Szenario [D]: vermiedener Kältebedarf in GWh/a
Burgenland	4	15	0	0
Kärnten	29	68	12	33
Niederösterreich	59	159	22	49
Oberösterreich	79	164	50	136
Salzburg	25	46	20	46
Steiermark	38	92	26	46
Tirol	28	54	25	55
Vorarlberg	18	47	6	10
Wien	7	26	0	0
Österreich	287	671	161	375
Anteil an allen Wohnflächen	51%		23%	
Anteil an den Wohn- und Büroflächen insgesamt	43%		20%	
Anteil am Kältebedarf der Wohnungen		33%		9%
Anteil am Kältebedarf von Wohnungen und Büros insgesamt		19%		6%

Quelle: eigene Berechnung

Die **ungekühlten Wohnflächen**, das ist die Summe über die Wohnflächen ohne Kältebedarf und die kühlgesättigten Wohnflächen, umfassen im **Jahr 2021** im Falle der Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a rund 80% der Wohnflächen insgesamt (vgl. Abbildung 59); davon weisen 21% keinen Kältebedarf auf (vgl. Tabelle 63). Bis zum **Jahr 2050** reduziert sich der Anteil ungekühlter Wohnflächen auf 60% im Szenario [A] und auf 27% im Szenario [D]; davon verzeichnen

9% im Szenario [A] bzw. 3,5% im Szenario [D] keinen Kältebedarf (vgl. Tabelle 64). Im Szenario [A] sind 51% der Wohnflächen durch einen Kältebedarf unter dem Schwellenwert gekennzeichnet; im Szenario [D] sind es 23% (vgl. Tabelle 66).

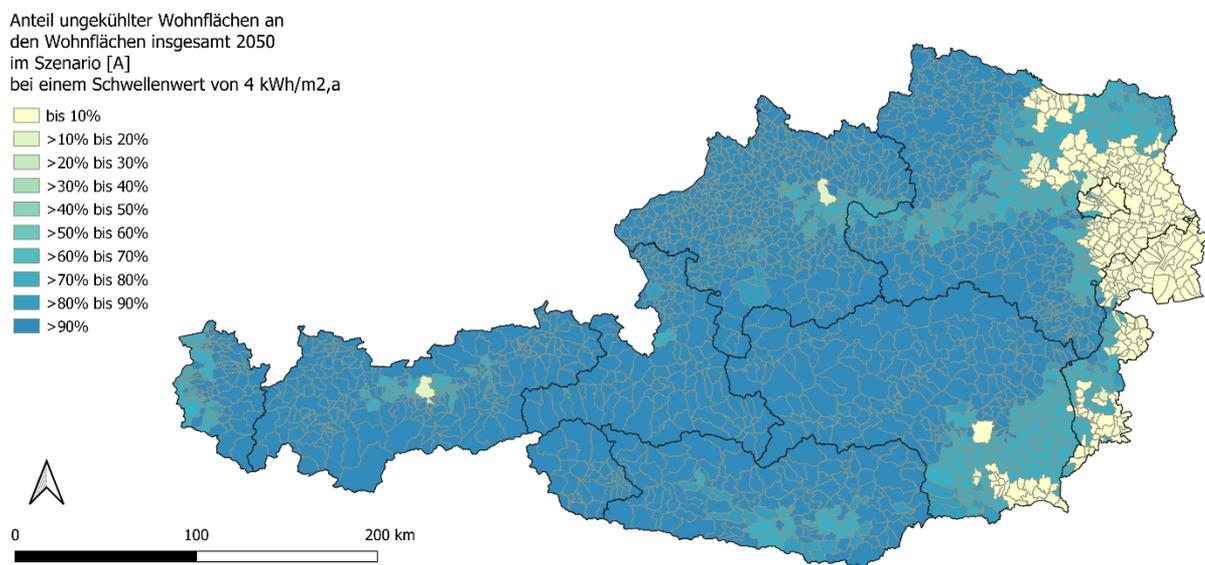
Abbildung 59: Anteil der ungekühlten Wohnflächen an den Wohnflächen insgesamt bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a für die Kühlsättigung im Jahr 2021 und für die Szenarien [A] und [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050



Quelle: eigene Berechnung

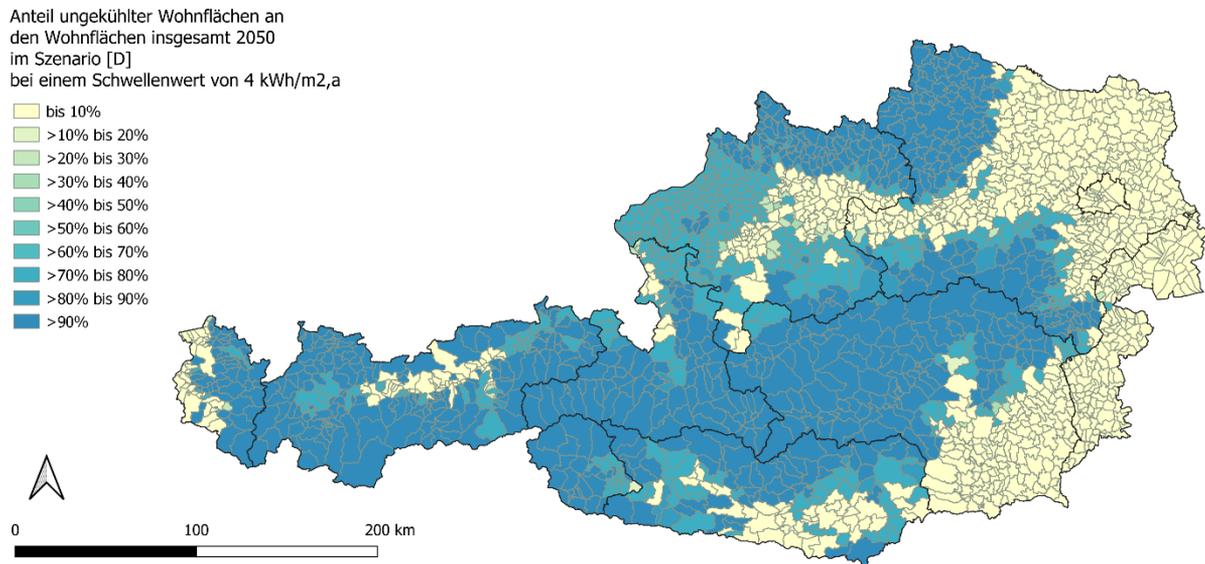
Die Zahl der **Gemeinden** mit hohen Anteilen an ungekühlten Wohnflächen, d.h. an Wohnflächen ohne Kältebedarf und an kühlgelagerten Wohnflächen bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a, an den Wohnflächen insgesamt ist bemerkenswert; deren räumliche Verteilung innerhalb Österreichs zeigen die Abbildung 60 für das Szenario [A] und die Abbildung 61 für das Szenario [D].

Abbildung 60: Anteil der ungekühlten Wohnflächen, d.h. der Wohnflächen ohne Kältebedarf und der kühlgelagerten Wohnflächen bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a, an den Wohnflächen insgesamt für das Szenario [A] im Jahr 2050



Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 61: Anteil der ungekühlten Wohnflächen, d.h. der Wohnflächen ohne Kältebedarf und der kühlgesättigten Wohnflächen bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a, an den Wohnflächen insgesamt für das Szenario [D] im Jahr 2050



Quelle: eigene Berechnung

Bis zum Jahr 2050 verlieren die Wohnflächen ohne Kältebedarf an Bedeutung. Die **kühlgesättigten Flächen** hingegen nehmen im Falle des Schwellenwertes von 4 kWh/m²,a mit einem Anteil von 60% im Szenario [A] und 23% im Szenario [D] einen nennenswerten Anteil ein. Die davon betroffenen Innenräume sind dadurch gekennzeichnet, dass angesichts der fehlenden Deckung des Kältebedarfs Einschränkungen des thermischen Komforts und damit der Aufenthaltsqualität auftreten. Solche Einschränkungen variieren je nach Höhe des ungedeckten Kältebedarfs in ihrer zeitlichen Dimension und ihrer Intensität: Bei niedrigen Kältebedarfen, die beispielsweise im Falle einer Kühl sättigung bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a nicht gedeckt werden, ist die Dauer und Intensität der unbehaglichen Raumtemperaturen begrenzt und gestaltet sich damit die Beeinträchtigung in einem vertretbaren Rahmen.

Dies zeigt sich insbesondere, wenn in der Folge die bei generellem Komfortniveau **ungekühlten Wohnflächen**, d.h. die Wohnflächen ohne Kältebedarf und die kühlgesättigten Wohnflächen bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a, mit dem Ausmaß der Flächen ohne Kältebedarf bei adaptivem Komfortniveau verglichen werden (vgl. Abbildung 62):

Im Jahr 2050 umfassen die ungekühlten Wohnflächen **bei generellem Komfortniveau** im Szenario [A] 49 Mio.m² Flächen ohne Kältebedarf (aus Tabelle 64) und 287 Mio.m² kühlgesättigte Flächen bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a (vgl. Tabelle 66). Demnach bleiben im Szenario [A] **336 Mio.m² ungekühlt**; das sind 60% der Wohnflächen insgesamt (vgl. Tabelle 67 und Tabelle 68). Dadurch werden 33% des Kältebedarfs der Wohnungen bzw. 19% des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt vermieden (vgl. Tabelle 66).

Im Szenario [D] weisen 24 Mio.m² keinen Kältebedarf auf (aus Tabelle 64); 161 Mio.m² gelten bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a als kühlgesättigt (vgl. Tabelle 66). Im Jahr 2050 bleiben somit im Szenario [D] **185 Mio.m² ungekühlt**; dabei handelt es sich um 27% der Wohnflächen insgesamt (vgl. Tabelle 67 und Tabelle 68). Damit werden 9% des Kältebedarfs der Wohnungen bzw. 6% des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt vermieden (vgl. Tabelle 66).

Tabelle 67: Ungekühlte Wohnflächen bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a für die Kühlsättigung sowie bei adaptivem Komfortniveau für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050

Wohnflächen 2050 genereller Komfort bei Kühlsättigung < 4 kWh/m ² ,a adaptiver Komfort	genereller Komfort: Wohnflächen ohne Kältebedarf in Mio.m ²	genereller Komfort: kühlgesättigte Wohnflächen in Mio.m ²	genereller Komfort: ungekühlte Wohnflächen insgesamt in Mio.m ²	adaptiver Komfort: Wohnflächen ohne Kältebedarf in Mio.m ²
Szenarien				
Szenario [A]	49	287	336	264
Szenario [D]	24	161	185	136

Quelle: eigene Berechnung

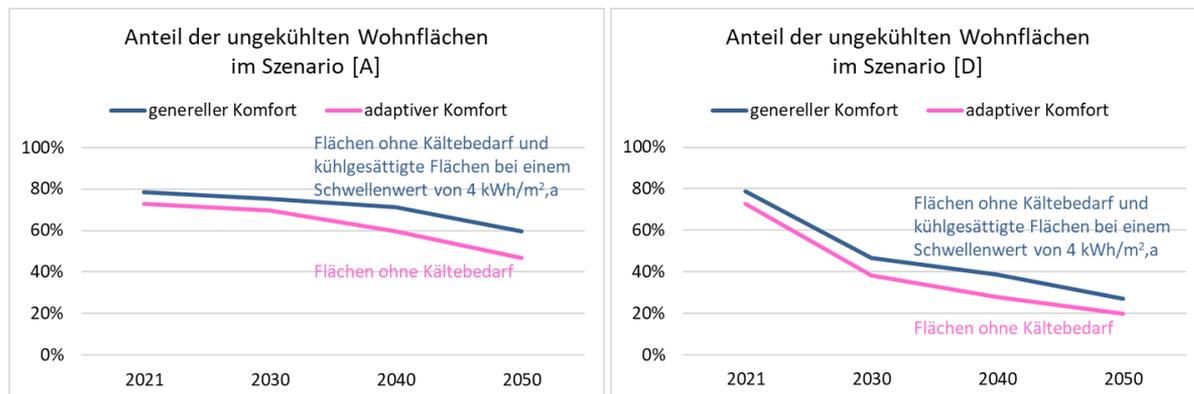
Tabelle 68: Anteil ungekühlter Wohnflächen an den Wohnflächen insgesamt bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a für die Kühlsättigung sowie bei adaptivem Komfortniveau für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050

Anteil an den Wohnflächen 2050 genereller Komfort bei Kühlsättigung < 4 kWh/m ² ,a adaptiver Komfort	genereller Komfort: Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf	genereller Komfort: Anteil der kühlgesättigten Wohnflächen	genereller Komfort: Anteil der ungekühlten Wohnflächen insgesamt	adaptiver Komfort: Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf
Szenarien				
Szenario [A]	9%	51%	60%	47%
Szenario [D]	3,5%	23%	27%	20%

Quelle: eigene Berechnung

Zeitgleich weisen **264 Mio.m²** im Szenario [A] bzw. **136 Mio.m²** im Szenario [D] (aus Tabelle 65) **keinen Kältebedarf bei adaptivem Komfortniveau** auf (vgl. Tabelle 67); dabei handelt es sich um 47% bzw. 20% der Wohnflächen insgesamt (vgl. Tabelle 68). Durch die Anwendung des Schwellenwertes von 4 kWh/m²,a für die Kühlsättigung bei generellem Komfortniveau bleiben demnach mehrheitlich jene Flächen ungekühlt, die bei adaptivem Komfortniveau keinen Kältebedarf aufweisen (vgl. Abbildung 62): Für sie sind adaptive Komfortmaßnahmen ausreichend bzw. kann die Dauer und Intensität der Unbehaglichkeit sehr gering gehalten werden. Bei höheren Schwellenwerten für die Kühlsättigung gilt dies hingegen nicht mehr.

Abbildung 62: Anteil der ungekühlten Wohnflächen an den Wohnflächen insgesamt bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a für die Kühlsättigung sowie bei adaptivem Komfortniveau im Jahr 2021 und für die Szenarien [A] und [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050



Quelle: eigene Berechnung

8.2.2. Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a

Die Festlegung eines Schwellenwertes von 6 kWh/m²,a führt im **Szenario [A]** dazu, dass 419 Mio.m² Wohnflächen aufgrund des vergleichsweise niedrigen Kältebedarfs im Jahr 2050 als kühlgesättigt identifiziert werden (vgl. Tabelle 69). Zusätzlich zu den 9% aller Wohnflächen (49 Mio.m²) ohne Kältebedarf im Szenario [A] (vgl. Tabelle 64) wird der Kältebedarf von weiteren 74% aller Wohnflächen in Österreich bzw. 63% der Wohn- und Büroflächen insgesamt vermieden, wobei alle Bundesländer – in unterschiedlichem Ausmaß – Flächen unter dem Schwellenwert aufweisen. Dies bedeutet in der Folge, dass ein absoluter Kältebedarf in der Höhe von 1,3 TWh/a vermieden wird; das sind 64% des Kältebedarfs aller Wohnflächen bzw. 37% des Kältebedarfs von Wohnungen und Büros in insgesamt (gemessen am Kältebedarf Österreichs des Szenarios [A] im Jahr 2050).

Das **Szenario [D]** ist im Falle des Schwellenwertes von 6 kWh/m²,a durch Wohnflächen im Ausmaß von 328 Mio.m² gekennzeichnet, die angesichts des geringen Kältebedarfs nicht gekühlt werden (vgl. Tabelle 69). Die 3,5% aller Wohnflächen (24 Mio.m²) ohne Kältebedarf (vgl. Tabelle 64) werden um weitere 48% aller Wohnflächen in Österreich bzw. 41% aller Wohn- und Büroflächen insgesamt ergänzt, die nicht gekühlt werden, weil sie einen Kältebedarf unter dem Schwellenwert aufweisen. In allen Bundesländern außer Wien können diesbezügliche Flächen identifiziert werden. Die Anwendung dieses Schwellenwertes führt zu einer Verminderung des absoluten Kältebedarfs um 1,2 TWh/a; damit verringert sich der Kältebedarf der Wohnflächen um 29%, jener der Wohn- und Büroflächen insgesamt um 19% (gemessen am österreichischen Kältebedarf des Szenarios [D] im Jahr 2050).

Das Ausmaß der **ungekühlten Wohnflächen** als Summe der Wohnflächen ohne Kältebedarf und der kühlgesättigten Wohnflächen ist unter Berücksichtigung des Schwellenwertes von 6 kWh/m²,a bedeutend größer als unter Bedachtnahme auf den Schwellenwert von 4 kWh/m²,a (vgl. Abbildung 59). Im **Jahr 2021** nehmen die ungekühlten Wohnflächen im Falle der Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a einen Anteil von rund 90% der Wohnflächen insgesamt ein (vgl. Abbildung 63); 21% davon weisen keinen Kältebedarf auf (vgl. Tabelle 63). Im **Jahr 2050** sind im Szenario [A] 83% und im Szenario [D] 51% der Wohnflächen ungekühlt; davon weisen 9% im

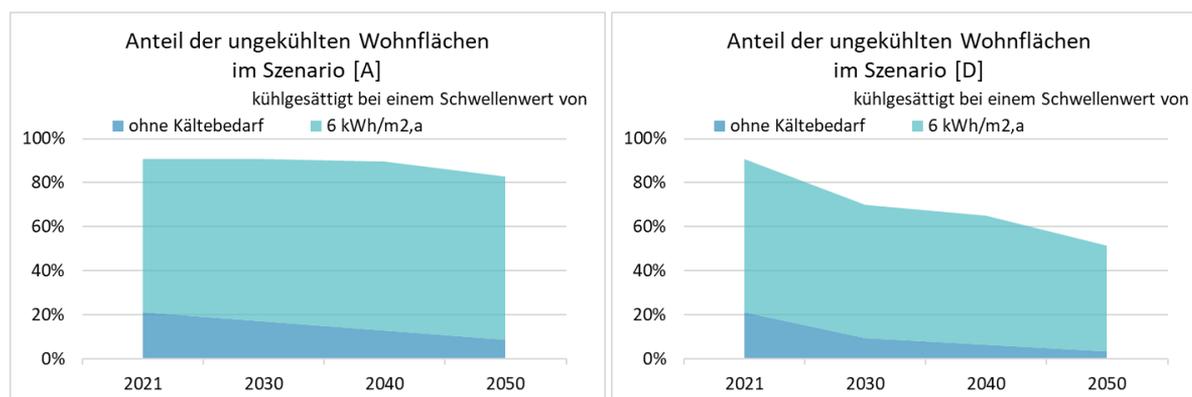
Szenario [A] und 3,5% im Szenario [D] keinen Kältebedarf auf (vgl. Tabelle 64). Als kühlgesättigt gelten 74% der Wohnflächen im Szenario [A] und 48% der Wohnflächen im Szenario [D] (vgl. Tabelle 69).

Tabelle 69: Kühlgesättigte Wohnflächen sowie vermiedener Kältebedarf in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a für die Kühlsättigung in den österreichischen Bundesländern für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050

Wohnflächen und Kältebedarf 2050 genereller Komfort < 6 kWh/m ² ,a Bundesländer	Szenario [A]: kühlgesättigte Wohnflächen in Mio.m ²	Szenario [A]: vermiedener Kältebedarf in GWh/a	Szenario [D]: kühlgesättigte Wohnflächen in Mio.m ²	Szenario [D]: vermiedener Kältebedarf in GWh/a
Burgenland	13	56	2	11
Kärnten	32	86	35	149
Niederösterreich	102	369	59	238
Oberösterreich	92	216	95	356
Salzburg	27	52	34	108
Steiermark	61	199	45	143
Tirol	34	83	36	113
Vorarlberg	22	65	22	97
Wien	35	179	0	0
Österreich	419	1.303	328	1.216
Anteil an allen Wohnflächen	74%		48%	
Anteil an den Wohn- und Büroflächen insgesamt	63%		41%	
Anteil am Kältebedarf der Wohnungen		64%		29%
Anteil am Kältebedarf von Wohnungen und Büros insgesamt		37%		19%

Quelle: eigene Berechnung

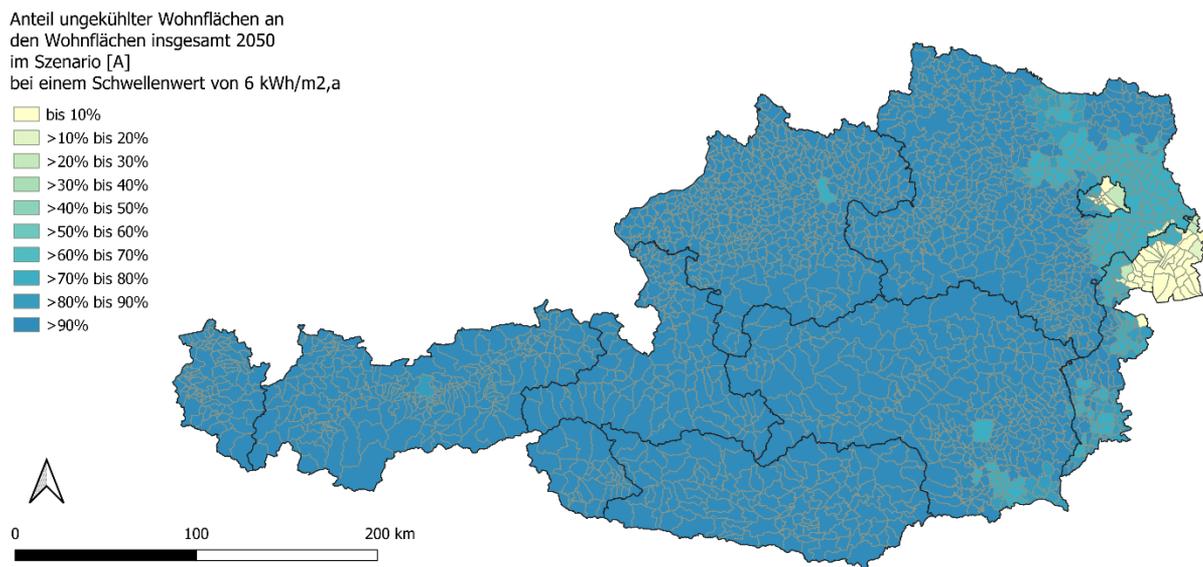
Abbildung 63: Anteil der ungekühlten Wohnflächen an den Wohnflächen insgesamt bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a für die Kühlsättigung im Jahr 2021 und für die Szenarien [A] und [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050



Quelle: eigene Berechnung

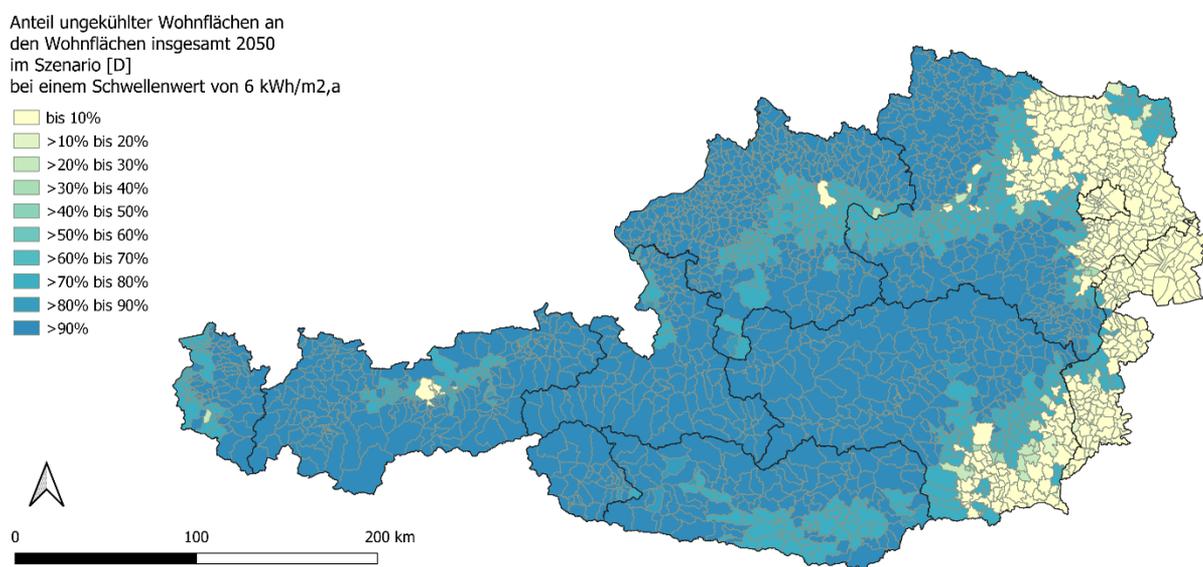
Da ein erheblicher Anteil der österreichischen Wohnflächen unter den Schwellenwert von $6 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ fällt, ist im Jahr 2050 eine beträchtliche Zahl an **Gemeinden** durch einen hohen Anteil an ungekühlten Wohnflächen an den Wohnflächen insgesamt gekennzeichnet (vgl. Abbildung 64 und Abbildung 65). Dies gilt insbesondere für das Szenario [A], in dem nur in Teilen Wiens und des Seewinkels der Anteil ungekühlter Wohnflächen gering ist.

Abbildung 64: Anteil der ungekühlten Wohnflächen, d.h. der Wohnflächen ohne Kältebedarf und der kühlgesättigten Wohnflächen bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von $6 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$, an den Wohnflächen insgesamt für das Szenario [A] im Jahr 2050



Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 65: Anteil der ungekühlten Wohnflächen, d.h. der Wohnflächen ohne Kältebedarf und der kühlgesättigten Wohnflächen bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von $6 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$, an den Wohnflächen insgesamt für das Szenario [D] im Jahr 2050



Quelle: eigene Berechnung

8.3. Kältebedarf mit Kühlsättigung der Wohnungen

8.3.1. Kältebedarf mit Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a

Unter Berücksichtigung der Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a wird im Jahr 2050 ein absoluter Kältebedarf in der Höhe von 0,7 TWh/a bzw. 33% des Kältebedarfs der Wohnungen im Szenario [A] und von 0,4 TWh/a bzw. 9% des Kältebedarfs der Wohnungen im Szenario [D] vermieden (vgl. Tabelle 66). Dadurch vermindert sich zunächst der Kältebedarf der Wohnungen auf – je nach Szenario – 1,4 TWh/a bzw. 3,8 TWh/a (vgl. Tabelle 70), jener der Büros (aus Tabelle 15) bleibt von der Kühlsättigung unberührt. Dies führt in der Folge zu einer Verringerung des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt im Jahr 2050: auf 2,8 TWh/a im Szenario [A] und 5,9 TWh/a im Szenario [D]. Der Anteil des Kältebedarfs der Wohnungen beträgt im Szenario [A] 48% des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt; im Szenario [D] sind es 64%; denn mit einer steigenden Anzahl an Kühlgradtagen nimmt der Kältebedarf der Wohnungen stärker zu als jener der Büros.

Tabelle 70: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a für die Kühlsättigung der Wohnflächen in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 einschließlich absoluter Kältebedarf insgesamt

Absoluter Kältebedarf 2050 genereller Komfort Kühlsättigung bei 4 kWh/m²,a Szenarien	Kältebedarf Wohnungen in GWh/a	Kältebedarf Büros in GWh/a	Kältebedarf insgesamt in GWh/a
Szenario [A]	1.350	1.474	2.823
Szenario [D]	3.778	2.169	5.947

Quelle: eigene Berechnung

Eine Gegenüberstellung des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros bei generellem Komfort mit bzw. ohne Kühlsättigung (bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a) veranschaulicht, dass sich der Kältebedarf für Wohnungen und Büros in Österreich insgesamt unter Bedachtnahme auf die Kühlsättigung auf 81% im Szenario [A] und auf 94% im Szenario [D] (vgl. Tabelle 71) gegenüber dem Kältebedarf ohne Anwendung der Kühlsättigung (aus Tabelle 12) verringert; 19% bzw. 6% des Kältebedarfs werden demnach vermieden (vgl. Tabelle 66).

Tabelle 71: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau mit bzw. ohne Kühlsättigung der Wohnflächen bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 einschließlich Anteile des Kältebedarfs mit Kühlsättigung in Prozent des Kältebedarfs ohne Kühlsättigung

Absoluter Kältebedarf 2050 genereller Komfort mit/ohne Kühlsättigung bei 4 kWh/m²,a Szenarien	Kältebedarf ohne Kühl- sättigung in GWh/a	Kältebedarf mit Kühl- sättigung in GWh/a	Anteile des Kältebedarfs mit Kühl- sättigung
Szenario [A]	3.494	2.823	81%
Szenario [D]	6.322	5.947	94%

Quelle: eigene Berechnung

Exkurs zur absoluten Kälteleistung: Der Kältebedarf, der auf eine Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a Bedacht nimmt, wird im Jahr 2050 von einer **Kälteleistung** in der Höhe von 8,4 GW im Szenario [A] und 15,5 GW im Szenario [D] begleitet (vgl. Tabelle 72). Die Kälteleistung mit Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a beläuft sich demnach – je nach Szenario – auf 61% bzw. 84% der Kälteleistung ohne Kühlsättigung im Jahr 2050 (aus Tabelle 28). Wird demnach eine Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a herangezogen, dann wird im Szenario [A] 39% und im Szenario [D] 16% der Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt im Jahr 2050 vermieden. Damit wirkt sich die Kühlsättigung stärker auf die Vermeidung der Kälteleistung aus als auf die Vermeidung des Kältebedarfs (19% bzw. 6%; vgl. Tabelle 66); denn Flächen mit einem niedrigen spezifischen Kältebedarf sind durch eine vergleichsweise hohe spezifische Kälteleistung gekennzeichnet.

Tabelle 72: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau mit bzw. ohne Kühlsättigung der Wohnflächen bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a in Megawatt (MW) für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 einschließlich Anteile der Kälteleistung mit Kühlsättigung in Prozent der Kälteleistung ohne Kühlsättigung

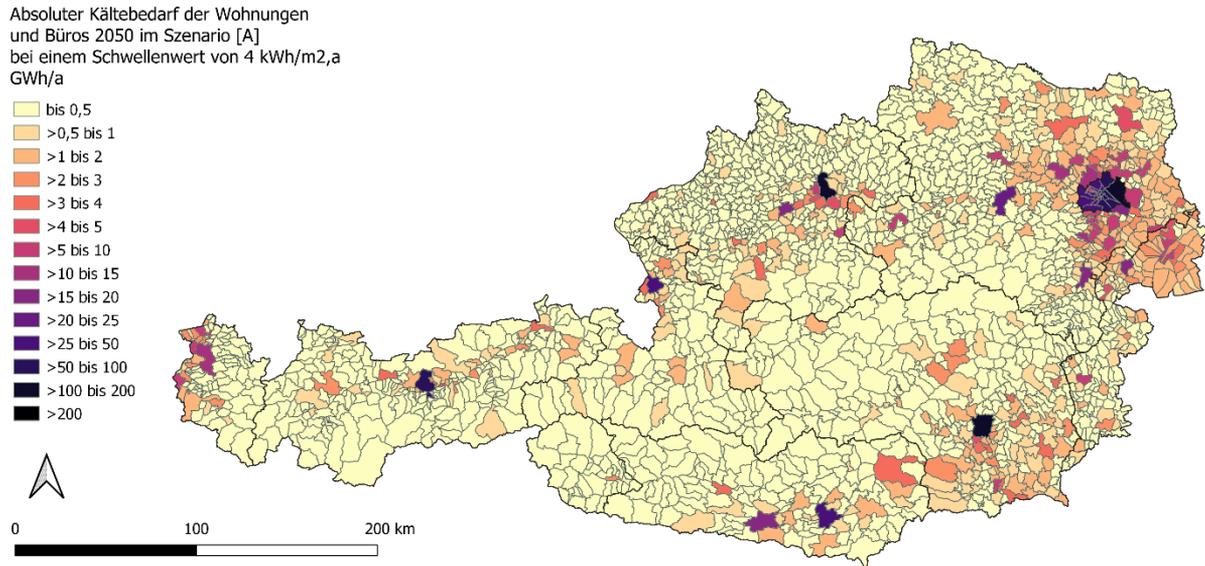
Absolute Kälteleistung 2050 genereller Komfort mit/ohne Kühlsättigung bei 4 kWh/m²,a Szenarien	Kälteleistung ohne Kühl- sättigung in MW	Kälteleistung mit Kühl- sättigung in MW	Anteil der Kälteleistung mit Kühl- sättigung
Szenario [A]	13.884	8.423	61%
Szenario [D]	18.559	15.510	84%

Quelle: eigene Berechnung

Die Berücksichtigung einer Kühlsättigung bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a führt dazu, dass mehrheitlich jene Wohnflächen nicht gekühlt werden, die bei adaptivem Komfortniveau keinen Kältebedarf verzeichnen (vgl. Abbildung 62). Damit geht einher, dass eine große Zahl an Gemeinden einen hohen Anteil an ungekühlten Wohnflächen aufweist (vgl. Abbildung 60 und Abbildung 61). Dadurch verändert sich bei Berücksichtigung der Kühlsättigung auch die Gebietskulisse der Gemeinden mit niedrigem oder hohem Kältebedarf (vgl. Abbildung 66 und

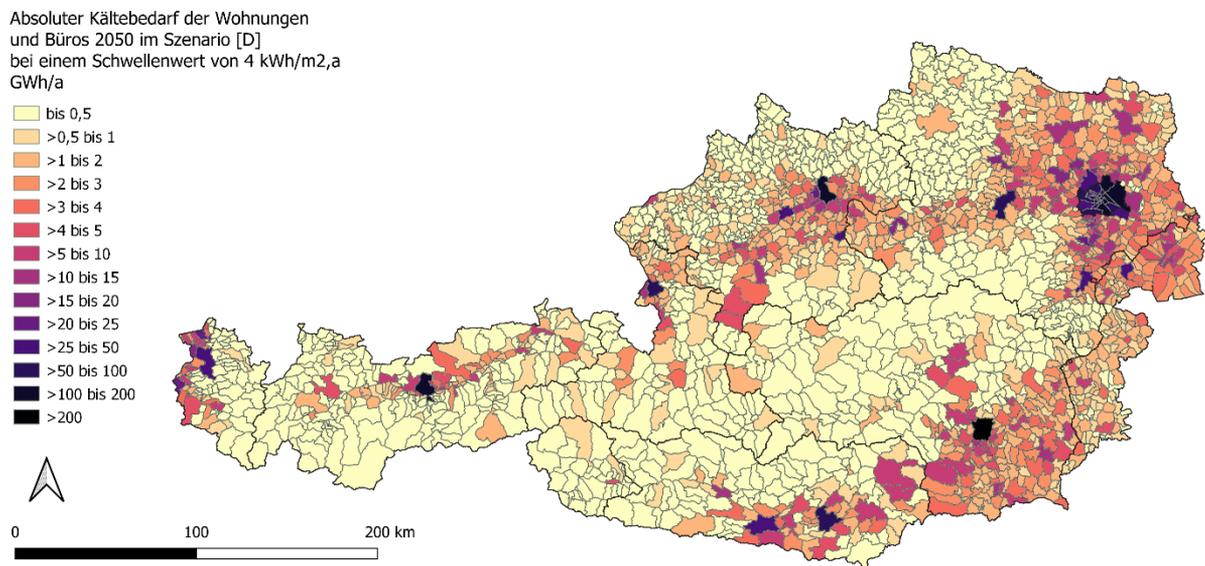
Abbildung 67) gegenüber der räumlichen Verteilung des Kältebedarfs ohne Kühlsättigung (vgl. Abbildung 24 und Abbildung 25).

Abbildung 66: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für das Szenario [A] im Jahr 2050 unter Berücksichtigung einer Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 67: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für das Szenario [D] im Jahr 2050 unter Berücksichtigung einer Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

8.3.2. Kältebedarf mit Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a

Wird auf eine Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a Bedacht genommen, kann ein absoluter Kältebedarf höheren Ausmaßes vermieden werden als bei Anwendung eines Schwellenwertes von 4 kWh/m²,a: Im Szenario [A] sind es 1,3 TWh/a bzw. 64% des Kältebedarfs der Wohnungen und im Szenario [D] sind es 1,2 TWh/a bzw. 29% des Kältebedarfs der Wohnungen, die im Falle einer Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a vermieden werden (vgl. Tabelle 69). Dadurch sinkt zunächst der Kältebedarf der Wohnungen auf – je nach Szenario – 0,7 TWh/a bzw. 2,9 TWh (vgl. Tabelle 73). Bei unverändertem Kältebedarf der Büros (aus Tabelle 15) geht damit eine Verringerung des absoluten Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt einher: Im Jahr 2050 beläuft sich dieser auf 2,2 TWh/a im Szenario [A] und auf 5,1 TWh/a im Szenario [D]. Ein Drittel des Kältebedarfs entfällt im Szenario [A] auf die Wohnungen; im Szenario [D] sind es 56%.

Tabelle 73: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a für die Kühlsättigung der Wohnflächen in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 einschließlich Kältebedarf insgesamt

Absoluter Kältebedarf 2050 genereller Komfort Kühlsättigung bei 6 kWh/m ² ,a Szenarien	Kältebedarf Wohnungen in GWh/a	Kältebedarf Büros in GWh/a	Kältebedarf insgesamt in GWh/a
Szenario [A]	718	1.474	2.191
Szenario [D]	2.937	2.169	5.106

Quelle: eigene Berechnung

Werden die Kältebedarfe der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfort mit bzw. ohne Kühlsättigung (bei einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a) miteinander verglichen, zeigt sich eine Abnahme des Kältebedarfs für Wohnungen und Büros in Österreich insgesamt unter Bedachtnahme auf die Kühlsättigung auf 63% im Szenario [A] und auf 81% im Szenario [D] (vgl. Tabelle 74) gegenüber dem Kältebedarf ohne Berücksichtigung der Kühlsättigung (aus Tabelle 12); demnach werden 37% bzw. 19% des Kältebedarfs insgesamt vermieden (vgl. Tabelle 69).

Tabelle 74: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau mit bzw. ohne Kühlsättigung der Wohnflächen bei einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 einschließlich Anteile des Kältebedarfs mit Kühlsättigung in Prozent des Kältebedarfs ohne Kühlsättigung

Absoluter Kältebedarf 2050 genereller Komfort mit/ohne Kühlsättigung bei 6 kWh/m ² ,a Szenarien	Kältebedarf ohne Kühl- sättigung in GWh/a	Kältebedarf mit Kühl- sättigung in GWh/a	Anteile des Kältebedarfs mit Kühl- sättigung
Szenario [A]	3.494	2.191	63%
Szenario [D]	6.322	5.106	81%

Quelle: eigene Berechnung

Exkurs zur absoluten Kälteleistung: Der Kältebedarf, der eine Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a berücksichtigt, ist im Jahr 2050 mit einer **Kälteleistung** in der Höhe von 5,6 GW im Szenario [A] verbunden; im Szenario [D] sind es 12,0 GW (vgl. Tabelle 75). Damit beläuft sich die Kälteleistung mit Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a auf – je nach Szenario – 41% bzw. 65% der Kälteleistung ohne Kühlsättigung im Jahr 2050 (aus Tabelle 28). Demnach werden unter Berücksichtigung einer Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a im Szenario [A] 59% und im Szenario [D] 35% der Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt im Jahr 2050 vermieden. Da Flächen mit niedrigem Kältebedarf eine vergleichsweise hohe spezifische Kälteleistung aufweisen, zeigt die Kühlsättigung einen stärkeren Einfluss auf die Vermeidung der Kälteleistung als auf die Vermeidung des Kältebedarfs (37% bzw. 19%; vgl. Tabelle 69).

Tabelle 75: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau mit bzw. ohne Kühlsättigung der Wohnflächen bei einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a in Megawatt (MW) für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 einschließlich Anteile der Kälteleistung mit Kühlsättigung in Prozent der Kälteleistung ohne Kühlsättigung

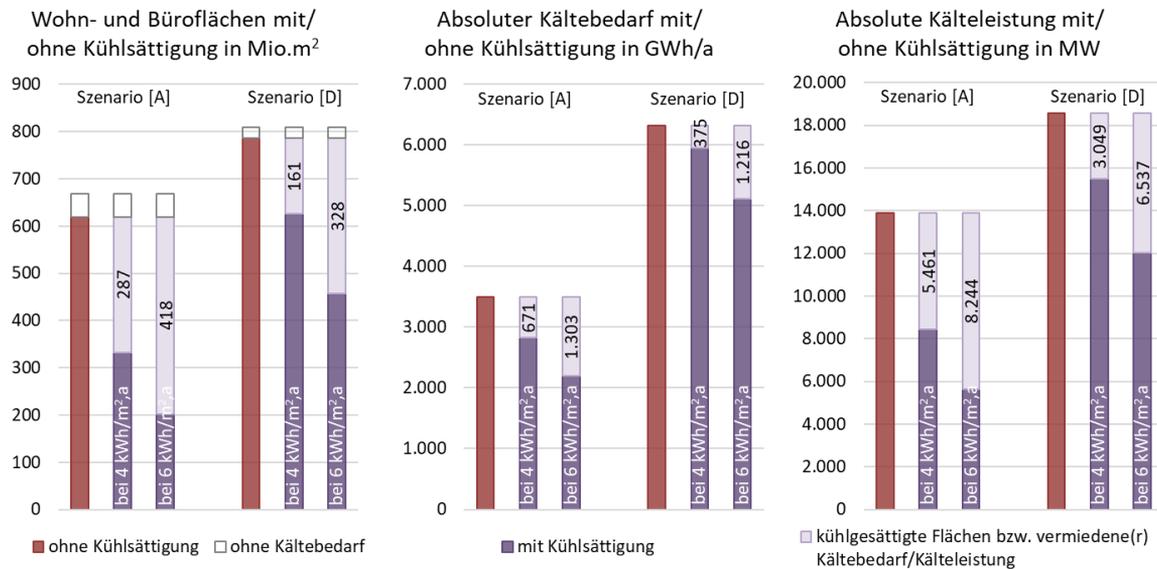
Absolute Kälteleistung 2050 genereller Komfort mit/ohne Kühlsättigung bei 6 kWh/m ² ,a Szenarien	Kälteleistung ohne Kühl- sättigung in MW	Kälteleistung mit Kühl- sättigung in MW	Anteil der Kälteleistung mit Kühl- sättigung
Szenario [A]	13.884	5.641	41%
Szenario [D]	18.559	12.022	65%

Quelle: eigene Berechnung

8.3.3. Unterschiedlich starker Einfluss der Kühlsättigung

Die Kühlsättigung äußert sich in einer Verminderung der zu kühlenden Flächen, des Kältebedarfs und der Kälteleistung. Die obigen Ausführungen zusammenfassend wird in Abbildung 68 veranschaulicht, welche Wirkung die Kühlsättigung der Wohnflächen bei Schwellenwerten von 4 kWh/m²,a und 6 kWh/m²,a zeigt: auf die zu kühlenden Flächen, auf den Kältebedarf und auf die Kälteleistung. Das linke Diagramm legt dar, dass die ohne Kühlsättigung zu kühlenden Flächen (karminfarben) bei Kühlsättigung erheblich vermindert werden (dunkelviolett); die kühlgesättigten Flächen, d.h. jene Flächen, deren Kältebedarf angesichts der Kühlsättigung nicht gedeckt wird (hellviolett), weisen ein Ausmaß von – je nach Szenario und Schwellenwert – 161 Mio.m² bis 418 Mio.m² auf. Dadurch wird ein Kältebedarf in einer Bandbreite von 375 GWh/a bis 1.216 GWh/a (mittig) und eine Kälteleistung in der Höhe von 3,0 GW bis 8,2 GW (rechts) vermieden.

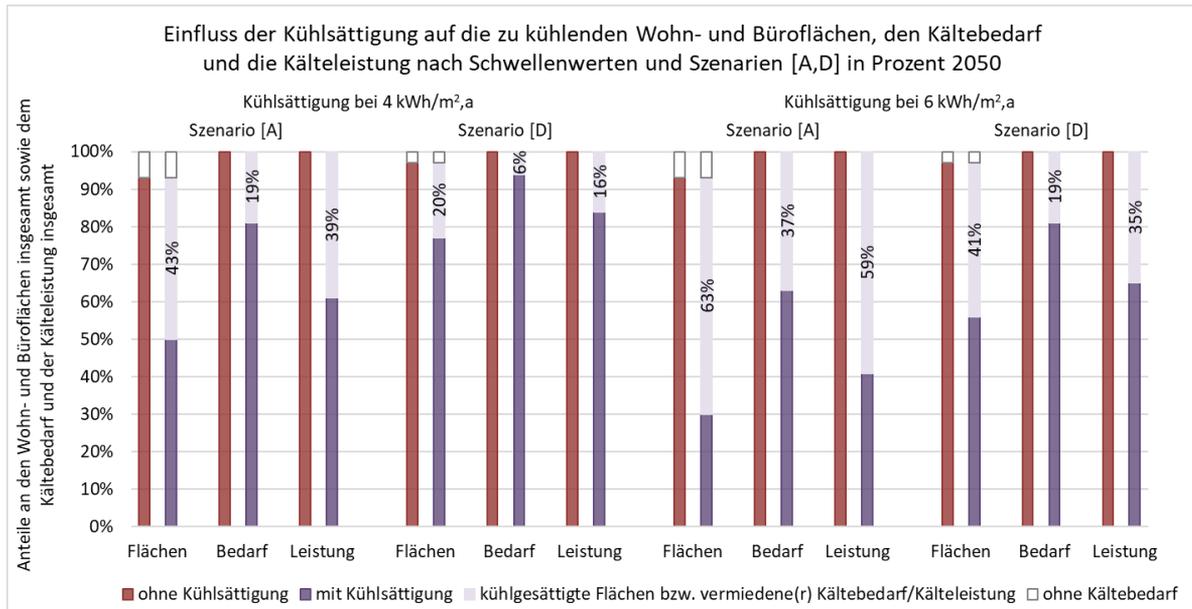
Abbildung 68: Wohnflächen ohne Kältebedarf, zu kühlende Wohn- und Büroflächen und kühlgesättigte Wohnflächen unter Bedachtnahme auf die Kühlsättigung bei Schwellenwerten von 4 kWh/m²,a und 6 kWh/m²,a sowie damit jeweils einhergehender Kältebedarf und damit verbundene Kälteleistung für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050; generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

Der Einfluss der Kühlsättigung auf das Ausmaß der zu kühlenden Wohn- und Büroflächen, den absoluten Kältebedarf und die absolute Kälteleistung ist demnach unterschiedlich ausgeprägt: die Wirkung der Kühlsättigung ist auf das Ausmaß der zu kühlenden Wohn- und Büroflächen am stärksten, jene auf den Kältebedarf am schwächsten. Dies ist in Abbildung 69 unter Bedachtnahme auf die Kühlsättigung der Wohnflächen bei Schwellenwerten von 4 kWh/m²,a und 6 kWh/m²,a zu erkennen. Sie zeigt für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 die Anteile der Wohnflächen ohne Kältebedarf (ohne Füllung), die Anteile der mit Kühlsättigung (karminfarben) bzw. ohne Kühlsättigung (dunkelviolet) zu kühlenden Wohn- und Büroflächen sowie die Anteile der kühlgesättigten Wohnflächen (hellviolett) an den Wohn- und Büroflächen insgesamt; weiters werden die Anteile des jeweils damit einhergehenden Kältebedarfs und der damit verbundenen Kälteleistung am Kältebedarf und an der Kälteleistung insgesamt veranschaulicht: Die Anteile der kühlgesättigten Wohnflächen decken eine Bandbreite von 20% bis 63% der Wohn- und Büroflächen insgesamt ab. Demnach hat die Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a im Szenario [D] den geringsten Einfluss; die größte Wirkung zeigt die Kühlsättigung bei einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a im Szenario [A]. Dabei belaufen sich die Anteile des vermiedenen Kältebedarfs, d.h. jenes Kältebedarfs, der unter Bedachtnahme auf die Kühlsättigung vermieden wird, auf 6% bis 37% am Kältebedarf insgesamt und sind damit deutlich geringer als jene der kühlgesättigten Flächen. Die Anteile der vermiedenen Kälteleistung, d.h. jener Kälteleistung, die aufgrund der Berücksichtigung der Kühlsättigung vermieden wird, weisen mit 16% bis 59% eine ähnliche Bandbreite wie die Anteile der kühlgesättigten Flächen auf.

Abbildung 69: Anteile der Wohnflächen ohne Kältebedarf, der zu kühlenden Wohn- und Büroflächen und der kühlgesättigten Wohnflächen unter Bedachtnahme auf die Kühlsättigung bei Schwellenwerten von 4 kWh/m²,a und 6 kWh/m²,a an den Flächen insgesamt sowie Anteile des damit jeweils einhergehenden Kältebedarfs und der damit verbundenen Kälteleistung an den Flächen, dem Kältebedarf und der Kälteleistung insgesamt für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050; generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

9 Komponenten der Entwicklung von Kältebedarf und Kälteleistung

Die Kältematrix zeigt, dass der energetische Standard der Gebäude und insbesondere der Schutz vor solarer Einstrahlung erheblichen Einfluss auf den spezifischen Energiebedarf für die Kühlung der Wohn- und Bürogebäude haben (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix). Im Rahmen des Projekts UKÖ 2030/2050 stellt sich daher die Frage, wie der derzeitige Gebäudebestand in Zukunft charakterisiert werden kann. Dabei wird von einer Verschiebung von Wohn- und Büroflächen aus unsanierten Gebäudekategorien zugunsten sanierter Gebäudekategorien ausgegangen: Demnach werden Gebäudehüllen thermisch instandgesetzt und Fensterflächen verschattet, wodurch der spezifische Kältebedarf der betreffenden Wohn- und Büroflächen sinkt. Diese Überlegung liegt den bisher vorgestellten Ergebnissen zugrunde (vgl. Kapitel 2.3).

Mithilfe einer Komponentenzzerlegung zeigt die nachfolgende Analyse auf, welche Auswirkungen die Gebäudesanierung auf den Kältebedarf (vgl. Kapitel 9.1) und auf die Kälteleistung (vgl. Kapitel 9.2) hat und stellt den Einfluss der Sanierung den anderen beiden Komponenten, die den künftigen Kältebedarf bestimmen, nämlich der räumlichen Entwicklung und der Entwicklung der Kühlgradtage, gegenüber: Auf die Entwicklung des Kältebedarfs und der Kälteleistung wirkt die Gebäudesanierung als dämpfende Komponente, wohingegen die räumliche Entwicklung und die Entwicklung der Kühlgradtage als treibende Komponenten zu betrachten sind. Der Fokus dieser Analyse liegt auf der Entwicklung des Kältebedarfs und der Kälteleistung von 2021 bis 2050 in den Szenarien [A] und [D]. Berücksichtigt wird ausschließlich das generelle Komfortniveau. Als Einheit für den Kältebedarf wird hier aus Gründen der leichteren Lesbarkeit ausnahmsweise auch im Text die Gigawattstunde pro Jahr (GWh/a) verwendet.

9.1. Komponenten der Entwicklung des Kältebedarfs

Im **Szenario [A]**, das durch eine moderate räumliche Entwicklung und eine moderate Entwicklung der Kühlgradtage gekennzeichnet ist, beträgt im Jahr 2050 der absolute Kältebedarf Österreichs 3.494 GWh/a. Der Anstieg des Jahreskältebedarfs gegenüber 2021, als er sich auf 2.522 GWh/a beläuft, liegt somit bei 973 GWh/a bzw. 39% (vgl. Tabelle 76 und Abbildung 70). Dabei zeigt die Komponentenzzerlegung folgendes Ergebnis: Von 2021 bis 2050 kann durch die Gebäudesanierung im Szenario [A] der Kältebedarf um 649 GWh/a bzw. 26% reduziert werden; demgegenüber verursacht die räumliche Entwicklung im betrachteten Zeitraum eine Zunahme des Kältebedarfs in Österreich um 316 GWh/a bzw. 13% und kompensiert den Einfluss der Sanierung etwa zur Hälfte; die Entwicklung der Kühlgradtage ist für einen weiteren Anstieg des Kältebedarfs um 1.306 GWh/a bzw. 52% gegenüber 2021 verantwortlich und dominiert damit die Komponentenzzerlegung.

Im **Szenario [D]**, das sich durch eine dynamische räumliche Entwicklung und eine dynamische Entwicklung der Kühlgradtage auszeichnet, beläuft sich der absolute Kältebedarf Österreichs im Jahr 2050 auf 6.322 GWh/a. Demnach ist hier eine Zunahme des Jahreskältebedarfs gegenüber 2021 (mit 2.522 GWh/a) in der Höhe von 3.801 GWh/a zu verzeichnen; damit ist der Kältebedarf im Jahr 2050 etwa 2½ Mal so hoch wie 2021 (vgl. Tabelle 76 und Abbildung 70). Die Gebäudesanierung trägt zu

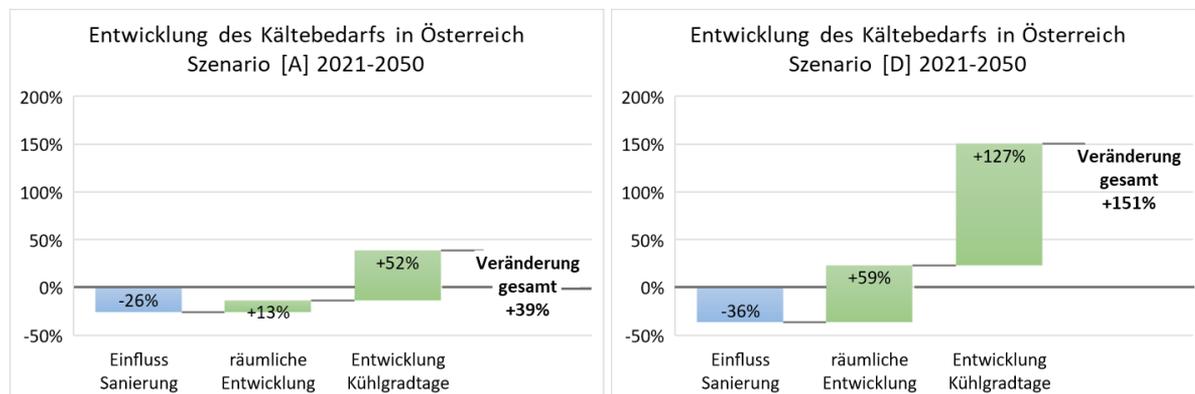
einer Verringerung des Kältebedarfs im betrachteten Zeitraum um 905 GWh/a bzw. 36% bei. Allerdings wird der dämpfende Effekt der Gebäudesanierung überkompensiert durch die räumliche Entwicklung von 2021 bis 2050 mit einem Anstieg des Kältebedarfs in der Höhe von 1.491 GWh/a bzw. um 59%; die Entwicklung der Kühlgradtage erweist sich mit der Verantwortung für eine Zunahme des Kältebedarfs um 3.214 GWh/a wie schon im Szenario [A] als ausschlaggebende Komponente: Allein die Erhöhung der Kühlgradtage führt zu mehr als einer Verdoppelung des Kältebedarfs im betrachteten Zeitraum.

Tabelle 76: Komponenten der Entwicklung des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) und in Prozent im Zeitraum von 2021 bis 2050 für die Szenarien [A] und [D]

Komponenten des Kältebedarfs generelles Komfortniveau Entwicklung 2021 bis 2050	Szenario [A]: Kältebedarf in GWh/a	Szenario [A]: Entwicklung in Prozent	Szenario [D]: Kältebedarf in GWh/a	Szenario [D]: Entwicklung in Prozent
Kältebedarf 2021	2.522	100%	2.522	100%
Veränderung durch Sanierung	-649	-26%	-905	-36%
Veränderung durch räumliche Entwicklung	+316	+13%	+1.491	+59%
Veränderung durch Entwicklung der Kühlgradtage	+1.306	+52%	+3.214	+127%
Veränderung des Kältebedarfs gesamt	+973	+39%	+3.801	+151%
Kältebedarf 2050	3.494	139%	6.322	251%

Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 70: Komponenten der Entwicklung des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt in Prozent im Zeitraum von 2021 bis 2050 für die Szenarien [A] und [D]



Quelle: eigene Berechnung

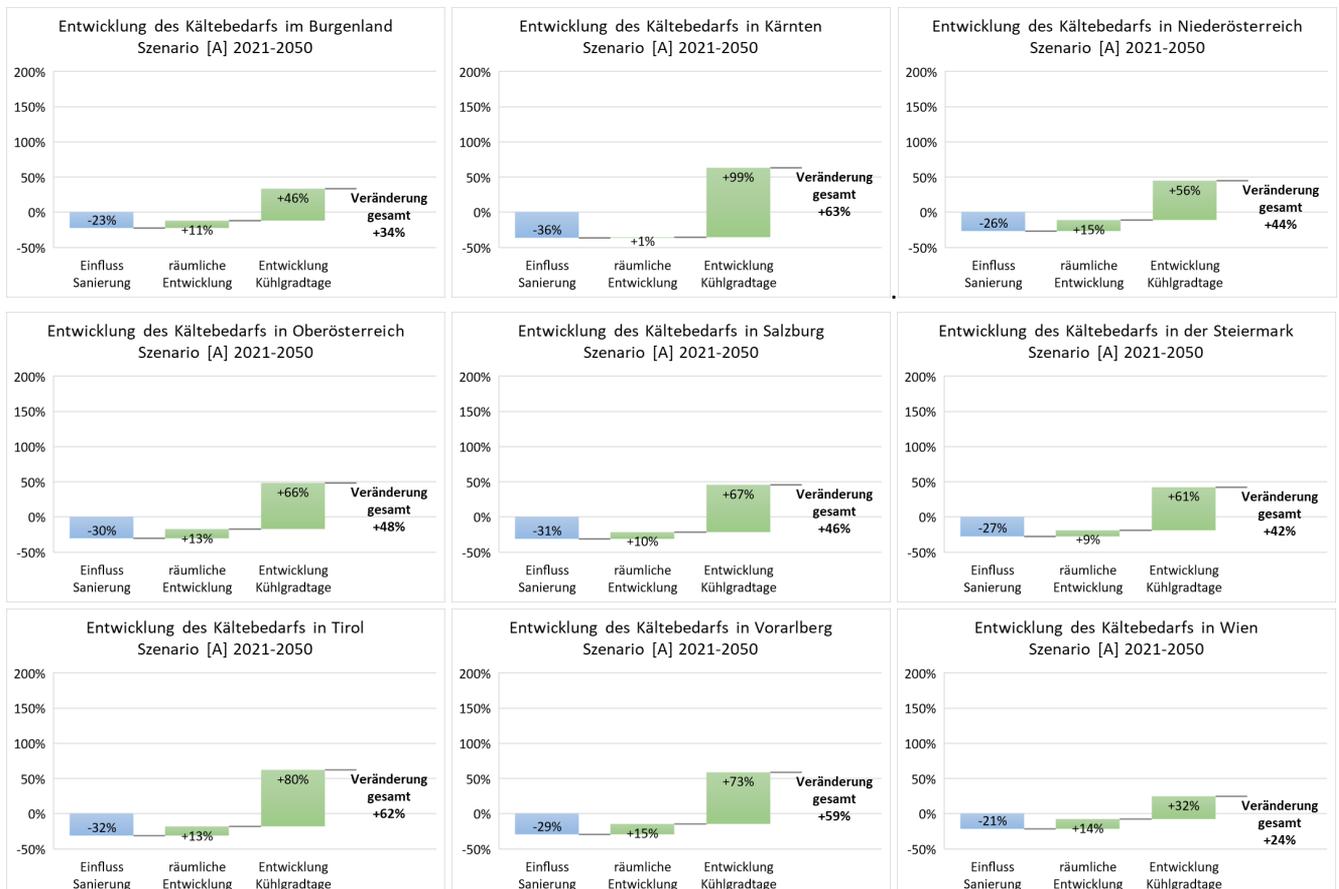
Auf der Ebene der **Bundesländer** zeigen die drei Komponenten grundsätzlich einen ähnlich dämpfenden bzw. treibenden Einfluss auf den Kältebedarf wie für Österreich insgesamt. Im Einzelfall werden allerdings Unterschiede deutlich: Einerseits spiegelt sich die unterschiedliche räumliche Dynamik der Bundesländer in der Komponentenzerlegung wider. Andererseits wird der unterschiedliche Einfluss steigender Kühlgradtage ersichtlich (vgl. Tabelle 77 und Abbildung 71 für das Szenario [A] sowie Tabelle 78 und Abbildung 72 für das Szenario [D]).

Tabelle 77: Komponenten der Entwicklung des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr im Zeitraum von 2021 bis 2050 in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [A]

Komponenten des Kältebedarfs generelles Komfortniveau Entwicklung 2021 bis 2050 Szenario [A] Gigawattstunden pro Jahr	Burgenland	Kärnten	Niederösterreich	Oberösterreich	Salzburg	Steiermark	Tirol	Vorarlberg	Wien
Kältebedarf 2021	127	93	467	306	88	289	120	77	954
Veränderung durch Sanierung	-29	-34	-123	-93	-27	-79	-38	-23	-204
Veränderung durch räumliche Entwicklung	+13	+1	+71	+39	+9	+25	+16	+11	+132
Veränderung durch Entwicklung der Kühlgradtage	+58	+92	+260	+202	+59	+177	+96	+56	+306
Veränderung des Kältebedarfs gesamt	+43	+59	+208	+148	+40	+123	+75	+45	+233
Kältebedarf 2050	169	152	674	454	128	412	195	122	1.187

Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 71: Komponenten der Entwicklung des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt in Prozent im Zeitraum von 2021 bis 2050 in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [A]



Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 78: Komponenten der Entwicklung des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr im Zeitraum von 2021 bis 2050 in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [D]

Komponenten des Kältebedarfs generelles Komfortniveau Entwicklung 2021 bis 2050 Szenario [D] Bundesländer	Burgenland	Kärnten	Niederösterreich	Oberösterreich	Salzburg	Steiermark	Tirol	Vorarlberg	Wien
Kältebedarf 2021	127	93	467	306	88	289	120	77	954
Veränderung durch Sanierung	-41	-48	-174	-128	-38	-114	-53	-31	-277
Veränderung durch räumliche Entwicklung	+85	+60	+329	+218	+54	+184	+85	+57	+419
Veränderung durch Entwicklung der Kühlgradtage	+151	+197	+649	+479	+137	+422	+210	+125	+845
Veränderung des Kältebedarfs gesamt	+195	+209	+804	+568	+153	+492	+242	+151	+987
Kältebedarf 2050	322	302	1.270	874	241	781	362	228	1.942

Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 72: Komponenten der Entwicklung des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt in Prozent im Zeitraum von 2021 bis 2050 in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [D]



Quelle: eigene Berechnung

9.2. Komponenten der Entwicklung der Kälteleistung

Bei Betrachtung der absoluten Kälteleistung der Wohnungen und Büros zeigt sich im Hinblick auf den Einfluss der einzelnen Komponenten ein ausgewogeneres Bild. Das **Szenario [A]** ist im Jahr 2050 durch eine Kälteleistung von 13,9 GW gekennzeichnet. Dies bedeutet gegenüber 2021, als die Kälteleistung 12,7 GW betrug, eine Zunahme um 1,2 GW bzw. 10% (vgl. Tabelle 79 und Abbildung 73). Diese Entwicklung wird beeinflusst von der Gebäudesanierung, die sich in einer Abnahme der Kälteleistung um 1,9 GW bzw. 15% im Zeitraum von 2021 bis 2050 äußert. Dem steht ein Anstieg der Kälteleistung seit 2021 um 1,1 GW bzw. 9% durch die räumliche Entwicklung und die damit einhergehende Zunahme der Wohn- und Büroflächen gegenüber. Aufgrund der Entwicklung der Kühlgradtage nimmt die Kälteleistung um weitere 2,0 GW bzw. 16% zu.

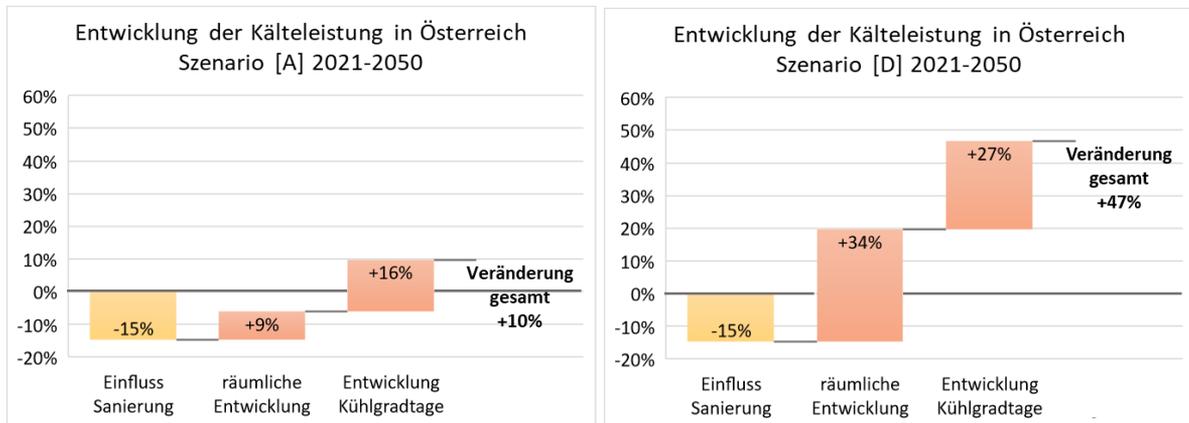
Im **Szenario [D]** wird im Jahr 2050 eine Kälteleistung von 18,6 GW verzeichnet. Damit steigt die Kälteleistung gegenüber 2021 (mit 12,7 GW) um 5,9 GW bzw. 47% an (vgl. Tabelle 79 und Abbildung 73). Die Gebäudesanierung äußert sich in einer Abnahme der Kälteleistung im betrachteten Zeitraum um 1,9 GW bzw. 15%. Für die Zunahme der Kälteleistung sind insbesondere die räumliche Entwicklung mit 4,3 GW bzw. 34% gegenüber 2021, aber auch die Entwicklung der Kühlgradtage mit 3,4 GW bzw. 27% verantwortlich.

Tabelle 79: Komponenten der Entwicklung der Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Megawatt (MW) und in Prozent im Zeitraum von 2021 bis 2050 für die Szenarien [A] und [D]

Komponenten der Kälteleistung generelles Komfortniveau Entwicklung 2021 bis 2050	Szenario [A]: Kälteleistung in MW	Szenario [A]: Entwicklung in Prozent	Szenario [D]: Kälteleistung in MW	Szenario [D]: Entwicklung in Prozent
Kälteleistung 2021	12.649	100%	12.649	100%
Veränderung durch Sanierung	-1.869	-15%	-1.860	-15%
Veränderung durch räumliche Entwicklung	+1.106	+9%	+4.340	+34%
Veränderung durch Entwicklung der Kühlgradtage	+1.998	+16%	+3.430	+27%
Veränderung der Kälteleistung gesamt	+1.235	+10%	+5.910	+47%
Kälteleistung 2050	13.884	110%	18.559	147%

Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 73: Komponenten der Entwicklung der Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Prozent im Zeitraum von 2021 bis 2050 für die Szenarien [A] und [D]



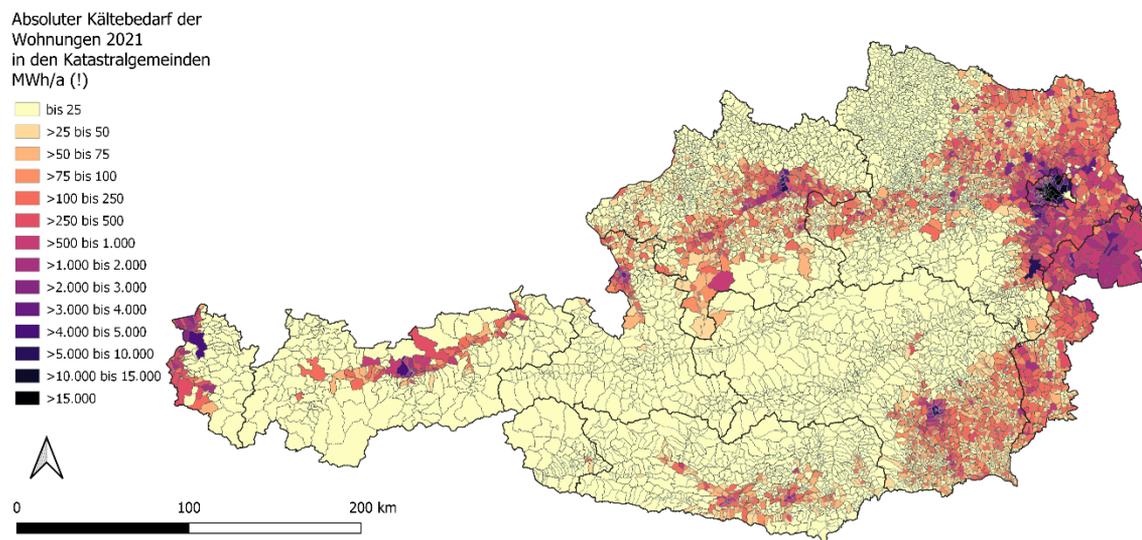
Quelle: eigene Berechnung

10 Kältebedarf der Wohnungen in den Katastralgemeinden

Im Rahmen der Modellierung des Kältebedarfs auf Gemeindeebene werden in Wien auch die 23 Stadtbezirke angesichts der hohen **räumlichen Auflösung** der statistischen Daten, die den Wohn- und Büroflächen zugrunde liegen, einzeln betrachtet. Damit kann eine innerstädtische Differenzierung sämtlicher Ergebnisse gewährleistet werden. Für die Landeshauptstädte und weitere Städte mittlerer Größe stehen hingegen keine diesbezüglichen Datengrundlagen zur Verfügung. Um dennoch Aussagen auf einer kleineren räumlichen Ebene als dem Stadtgebiet treffen bzw. innerhalb der Wiener Stadtbezirke eine weitere Differenzierung vornehmen zu können, wird österreichweit der gemeinde-spezifische Kältebedarf der Wohnnutzung über pro-Kopf-Kältebedarfe auf die Ebene der jeweiligen Katastralgemeinden projiziert. Dies unterstellt, dass jede Katastralgemeinde den in der Gemeinde typischen Mix an Wohngebäudekategorien aufweist. Da dies wohl nur in Ausnahmefällen zutrifft, sind die Angaben auf Katastralgemeindeebene mit etwas höheren Unsicherheiten behaftet.

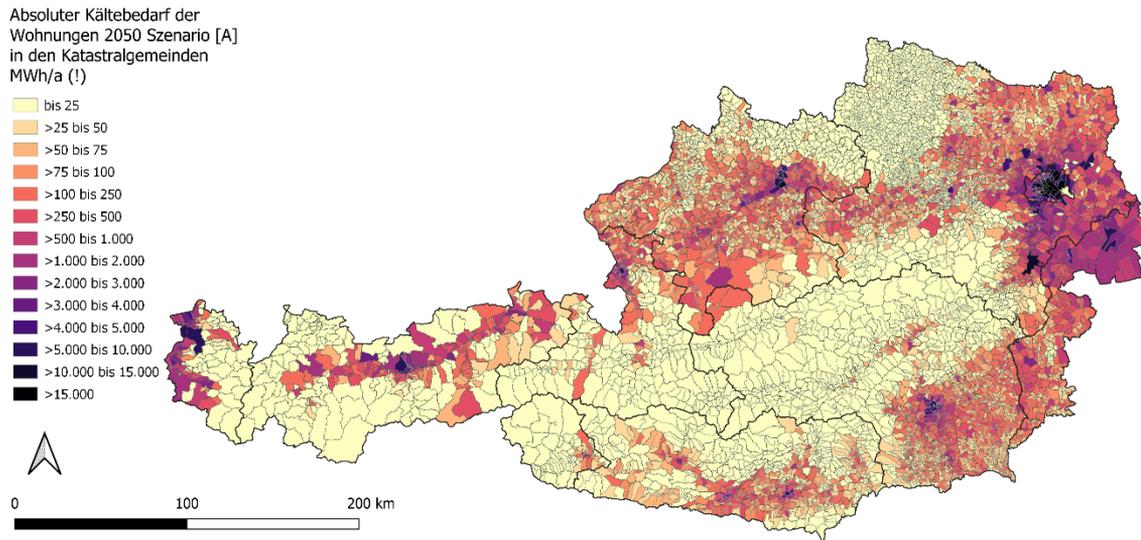
Die nachfolgenden Karten (Abbildung 74, Abbildung 75 und Abbildung 76) zeigt den absoluten Kältebedarf der Wohnungen im Jahr 2021 sowie für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 bei generellem Komfortniveau in den 7.850 **Katastralgemeinden** Österreichs.

Abbildung 74: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen in Megawattstunden (!) pro Jahr 2021 in den Katastralgemeinden, generelles Komfortniveau



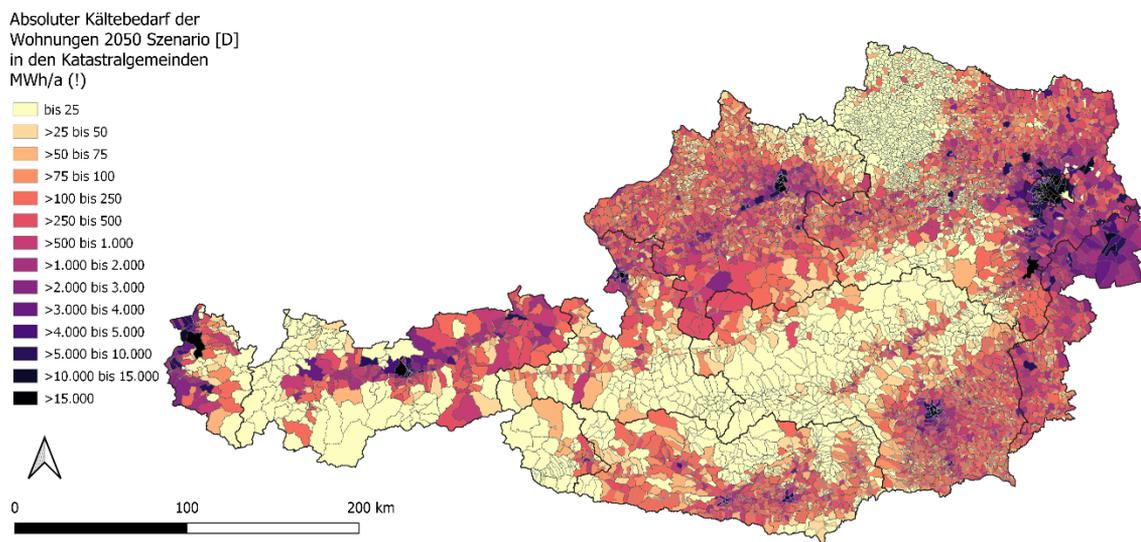
Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 75: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen in Megawattstunden (!) pro Jahr für das Szenario [A] im Jahr 2050 in den Katastralgemeinden, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 76: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen in Megawattstunden (!) pro Jahr für das Szenario [D] im Jahr 2050 in den Katastralgemeinden, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung

11 Zusammenfassung & Schlussfolgerungen

Ein besonderes Augenmerk im Rahmen von UKÖ 2030/2050 liegt auf der **Quantifizierung des künftigen österreichischen Kältebedarfs** in räumlicher, zeitlicher und sachlicher Differenzierung sowie auf der Erstellung von **Kältebedarfskarten**. In den vorangegangenen Kapiteln sind Methodik und Ergebnisse der Modellierung und Szenarioanalyse eingehend dokumentiert. Unterschieden werden dabei die vier Szenarien [A], [B], [C] und [D], die auf unterschiedliche Pfade sowohl betreffend die Entwicklung der Tagesmitteltemperaturen als auch die räumliche Entwicklung Bedacht nehmen. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf das Szenario [D], das durch eine dynamische Temperaturentwicklung sowie eine dynamische Entwicklung der Wohn- und Büroflächen gekennzeichnet ist. Modelliert wird der Kältebedarf (einschließlich der maximalen Kälteleistung) für das Ausgangsjahr 2021 sowie für die drei Zeithorizonte 2030, 2040 und 2050. Als maßgeblich für den Kältebedarf wird dabei vornehmlich das generelle Komfortmodell erachtet, das auf eine konstante Temperatur in den Innenräumen (Wohnungen: 26 Grad, Büros: 25 Grad Celsius) abzielt. Die Ergebnisse werden für alle 2.115 Gemeinden (einschließlich der Wiener Stadtbezirke) differenziert nach 30 verschiedenen Gebäudekategorien ermittelt und in aggregierter Form aufbereitet. Eine bedeutende Grundlage für die Modellierung bilden unter anderem die Kältebedarfs- und Kälteleistungsfunktionen aus der Kältematrix (vgl. E3.1 Bericht Kältematrix), die auf umfangreichen Gebäudesimulationen unter Berücksichtigung eines intelligenten Nutzerverhaltens beruhen; die Rahmenbedingungen hierfür sind in E2.1 Bildungsfaktoren des Kältebedarfs dokumentiert. Im Folgenden werden zunächst die wesentlichen Erkenntnisse betreffend den Kältebedarf und die Kälteleistung in Österreich zusammengefasst (vgl. Kapitel 11.1); anschließend werden bedeutende Einflussgrößen auf die Ergebnisse erörtert (vgl. Kapitel 11.2); Schlussfolgerungen runden das Kapitel ab (vgl. Kapitel 11.3).

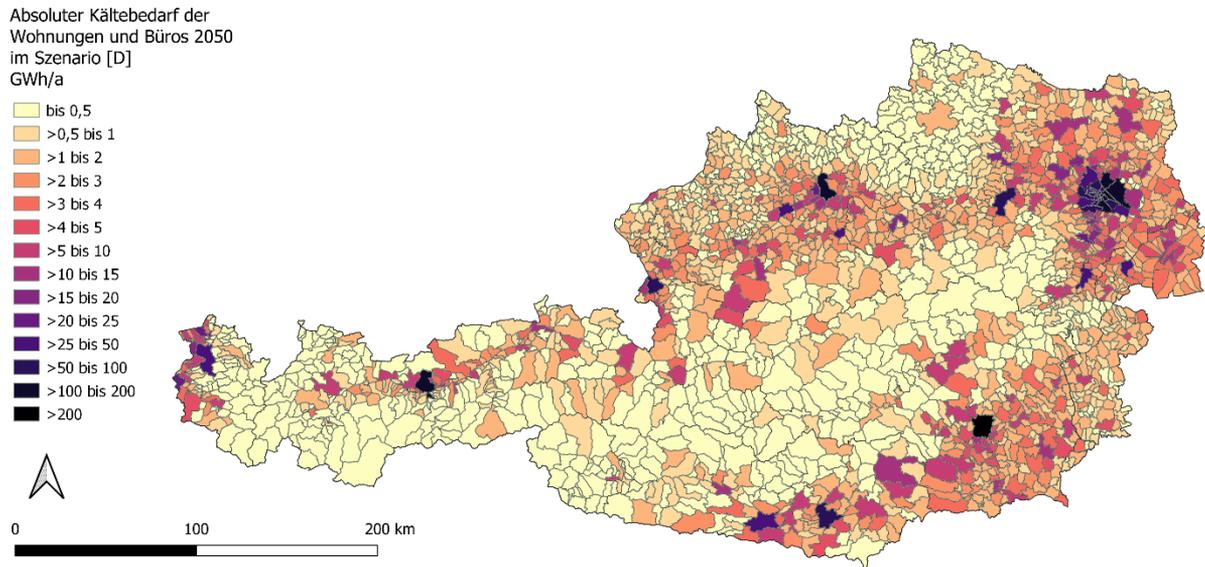
11.1. Wesentliche Erkenntnisse

Kältebedarf

Der **absolute Kältebedarf** der Wohnungen und Büros in Österreich wird bei generellem Komfortniveau für das Jahr 2030 – je nach Szenario – mit 2,7 bis 4,3 Terawattstunden pro Jahr (TWh/a) beziffert, für das Jahr 2050 mit **3,5 bis 6,3 TWh/a**. Die Wohnungen weisen dabei im Jahr 2050 einen absoluten Kältebedarf in der Höhe von 2,0 bis 4,2 TWh/a auf, die Büros 1,5 bis 2,2 TWh/a. Damit nimmt der Kältebedarf der **Wohnungen** im Jahr 2050 – je nach Szenario – einen Anteil von **58-66%** am österreichischen Kältebedarf insgesamt ein, jener der **Büros 34-42%**. Am Beispiel des Szenarios [D] wird die räumliche Verteilung des Kältebedarfs auf die österreichischen Gemeinden im Jahr 2050 gezeigt (vgl. Abbildung 77).

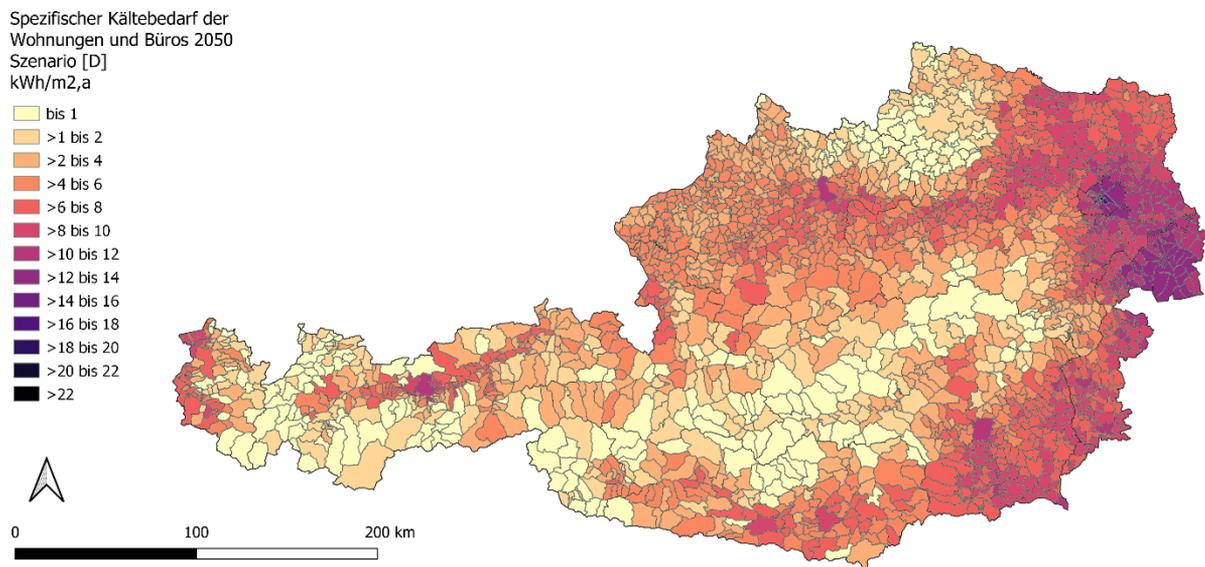
Der **spezifische Kältebedarf** der Wohnungen und Büros insgesamt beläuft sich bei generellem Komfortniveau im Jahr 2030 – je nach Szenario – auf 4,1 bis 6,4 Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr ($\text{kWh/m}^2, \text{a}$), im Jahr 2050 sind es **5,1 bis 7,9 $\text{kWh/m}^2, \text{a}$** . Die Unterschiede zwischen den beiden Nutzungen sind beträchtlich: Während der spezifische Kältebedarf der **Wohnungen** im Jahr 2050 – je nach Szenario – eine Höhe von **3,5 bis 6,2 $\text{kWh/m}^2, \text{a}$** aufweist, beträgt der spezifische Kältebedarf der **Büros 14,0 bis 17,4 $\text{kWh/m}^2, \text{a}$** . Die Unterschiede im spezifischen Kältebedarf auf Gemeindeebene im Jahr 2050 veranschaulicht Abbildung 78 für das Szenario [D].

Abbildung 77: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung (*ident mit Abbildung 25*)

Abbildung 78: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m²,a) für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau

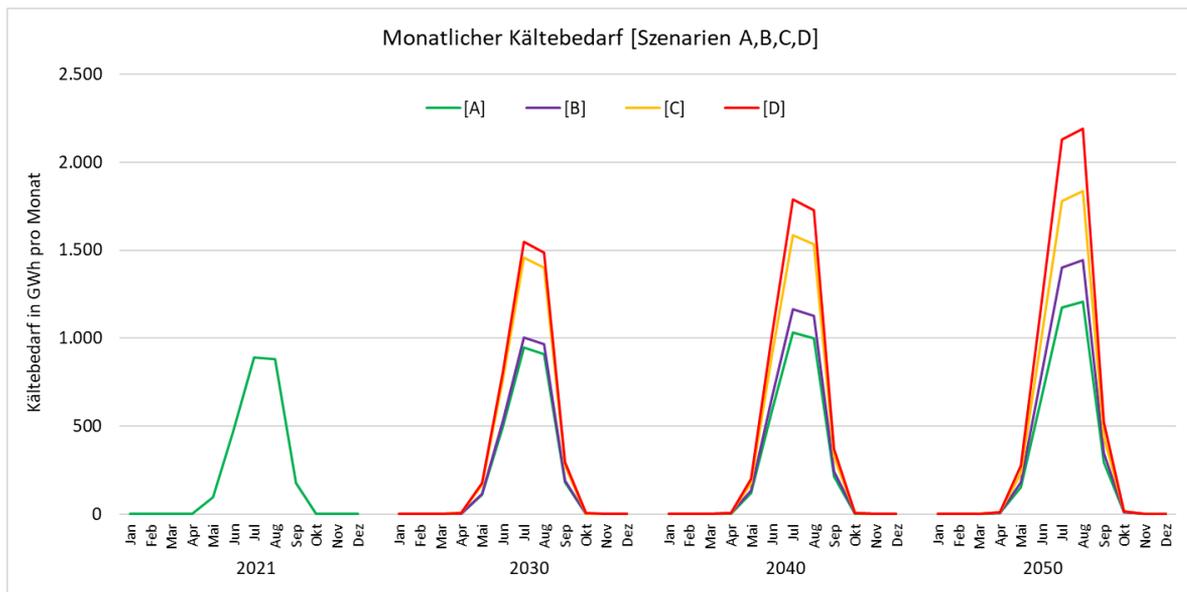


Quelle: eigene Berechnung (*ident mit Abbildung 30*)

Der **monatliche Verlauf** des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt zeigt markante Spitzen in den Monaten **Juli und August** mit jeweils **34-35%** des Jahreswertes; im Juni werden rund 19% des jährlichen Kältebedarfs verzeichnet; die übrigen 12% entfallen mehrheitlich auf den September; geringe Kältebedarfe treten im April, Mai und Oktober auf. Der Verlauf des Kältebedarfs

über das Jahr ist weitgehend unabhängig vom Zeithorizont und vom Szenario, wie Abbildung 79 darlegt.

Abbildung 79: Absoluter monatlicher Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden (GWh) für 2021 sowie für die vier Szenarien in den Jahren 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau



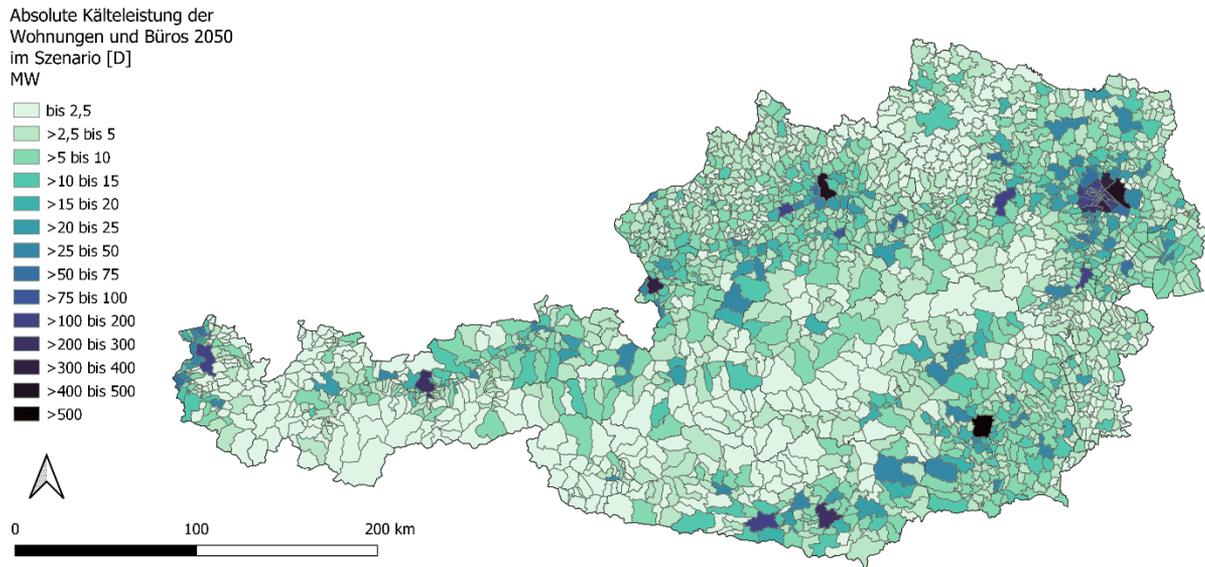
Quelle: eigene Berechnung (ident mit Abbildung 31)

Kälteleistung

Die maximale **absolute Kälteleistung** der Wohnungen und Büros in Österreich beträgt – je nach Szenario – 12,9 bis 15,4 Gigawatt (GW) im Jahr 2030 und **13,9 bis 18,6 GW** im Jahr 2050. Die Kälteleistung der Wohnungen ist mit 10,5 bis 14,6 GW im Jahr 2050 erheblich höher als jene der Büros mit 3,3 bis 4,0 GW. Damit entfallen – je nach Szenario – auf die **Wohnungen 76-78%** und auf die **Büros 22-24%** der Kälteleistung insgesamt. Exemplarisch wird die absolute Kälteleistung in den österreichischen Gemeinden im Jahr 2050 für das Szenario [D] gezeigt (vgl. Abbildung 80).

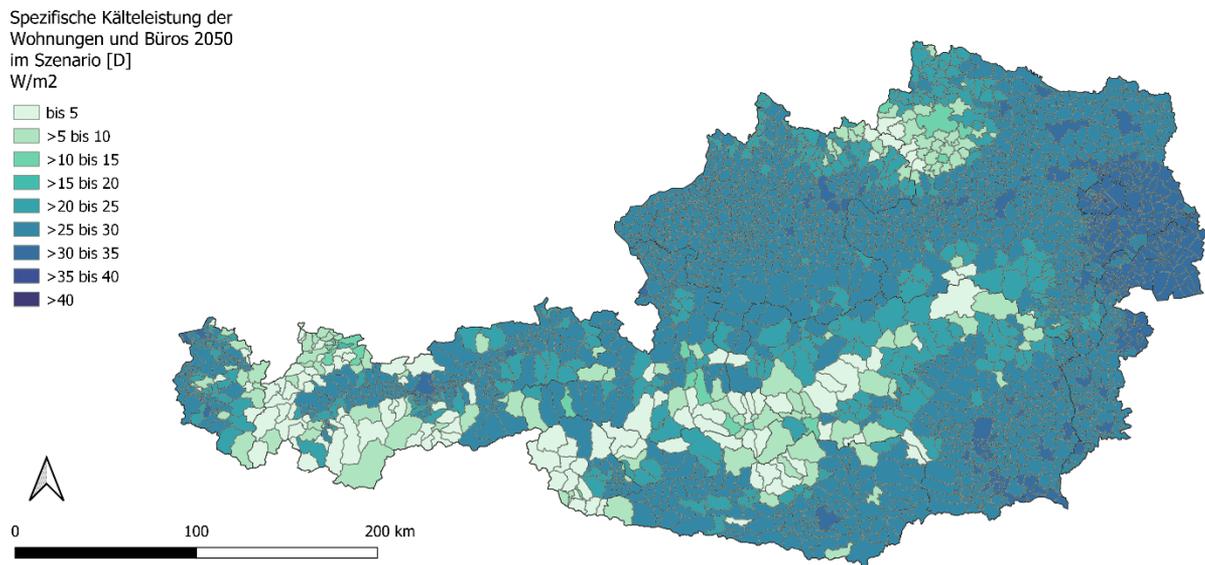
Die **spezifische Kälteleistung** der Wohnungen und Büros insgesamt wird – je nach Szenario – für das Jahr 2030 mit 25 bis 28 Watt pro Quadratmeter Nutzfläche und Jahr ($W/m^2,a$) beziffert, für das Jahr 2050 mit **26 bis 29 $W/m^2,a$** . Die **Wohnungen** verzeichnen im Jahr 2050 – je nach Szenario – eine spezifische Kälteleistung in der Höhe von **23 bis 27 $W/m^2,a$** , die **Büros** sind durch eine spezifische Kälteleistung in der Höhe von **40 $W/m^2,a$** (unabhängig vom Szenario) gekennzeichnet. Die räumliche Verteilung der spezifischen Kälteleistung innerhalb Österreichs im Jahr 2050 stellt Abbildung 81 für das Szenario [D] dar.

Abbildung 80: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Megawatt (MW) für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau



Quelle: eigene Berechnung (*ident mit Abbildung 35*)

Abbildung 81: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau



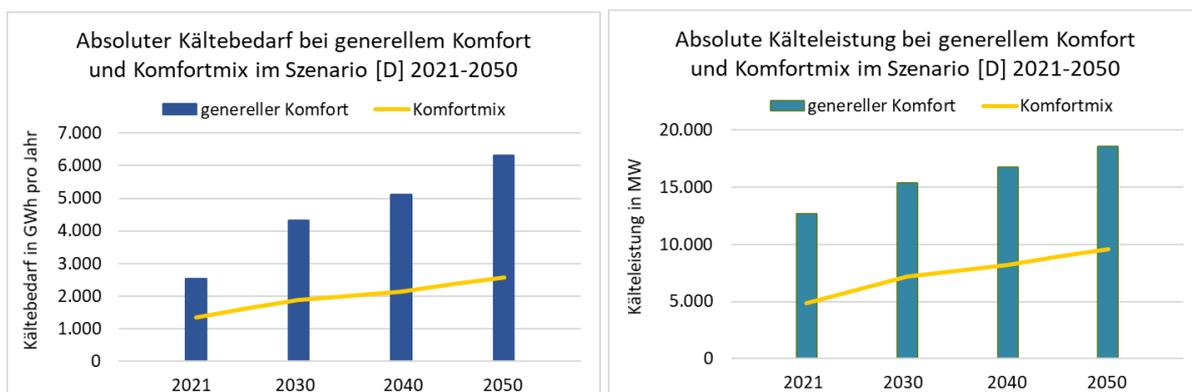
Quelle: eigene Berechnung (*ident mit Abbildung 39*)

Komfortniveau

Alternativ zum generellen Komfortniveau kann das adaptive Komfortniveau als Grundlage für die Modellierung des Kältebedarfs herangezogen werden, das in den Wohnungen höhere Temperaturen

als 26 Grad Celsius zulässt. Sowohl der absolute als auch der spezifische Kältebedarf der Wohnungen verringert sich im Jahr 2050 bei Bedachtnahme auf das **adaptive Komfortniveau** auf (!) **6-10%** (je nach Szenario) des Kältebedarfs, der unter Berücksichtigung des **generellen Komfortniveaus** ermittelt wird. Bei **Komfortmix**, d.h. bei adaptivem Komfortniveau für die Wohnungen und bei generellem Komfortniveau für die Büros, beläuft sich der Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt im Jahr 2050 auf **41-46%** gegenüber dem **Kältebedarf** bei generellem Komfortniveau. Die absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt beträgt bei Komfortmix **43-52%** (je nach Szenario) der **Kälteleistung** bei generellem Komfort. Die Verminderung des Kältebedarfs und der Kälteleistung bei Komfortmix gegenüber dem generellen Komfortniveau zeigt Abbildung 82 anhand des Szenarios [D] anschaulich.

Abbildung 82: Absoluter Kältebedarf (links) und absolute Kälteleistung (rechts) der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau und bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) für 2021 und für das Szenario [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050



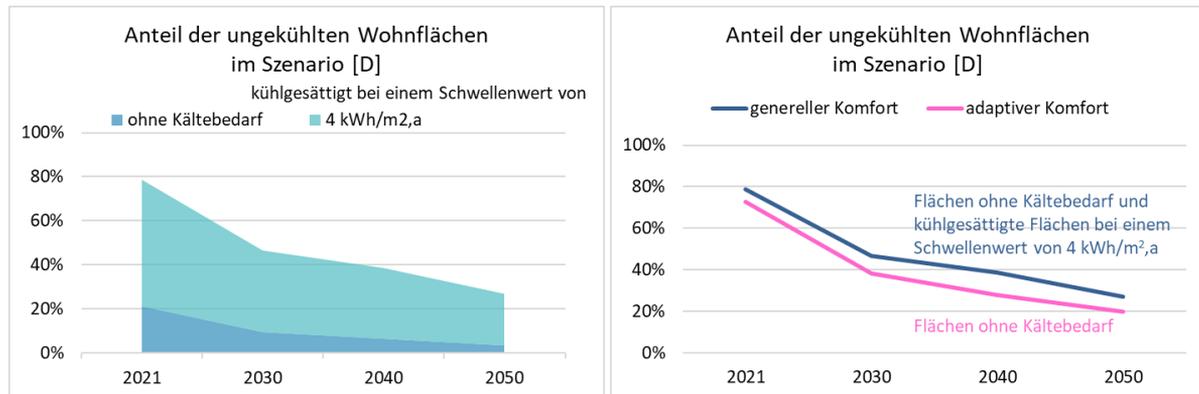
Quelle: eigene Berechnung (ident mit Ausschnitten aus Abbildung 42 und Abbildung 45)

Flächen ohne Kältebedarf und kühlgesättigte Flächen

Jene Flächen, die im Jahr 2050 **keinen Kältebedarf** aufweisen - dabei handelt es sich ausschließlich um Wohnflächen, nehmen im Szenario [D] unter Berücksichtigung des **generellen Komfortniveaus** einen Anteil von **3,5%** der Wohnflächen insgesamt ein; unter Bedachtnahme auf das **adaptive Komfortniveau** verzeichnen **20%** der Wohnflächen insgesamt keinen Kältebedarf. Die **kühlgesättigten Flächen** umfassen jene Wohnflächen, die zwar einen gewissen Kältebedarf aufweisen, der aber unterhalb bestimmter Schwellenwerte liegt und in Zukunft unter Umständen ungedeckt bleiben kann. Bei generellem Komfortniveau und beispielsweise einem **Schwellenwert von 4 kWh/m²,a** gelten im Szenario [D] **23% der Wohnflächen** insgesamt als kühlgesättigt.

Die **ungekühlten Wohnflächen** umfassen sowohl die Flächen ohne Kältebedarf als auch die kühlgesättigten Flächen. Bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a für die Kühl-sättigung bleiben demnach im Jahr 2050 rund **27% der Wohnflächen** insgesamt im Szenario [D] ungekühlt. Dabei handelt es sich mehrheitlich um jene Flächen, die bei adaptivem Komfortniveau keinen Kältebedarf aufweisen. Einen Überblick über die ungekühlten Wohnflächen gibt Abbildung 83 für das Szenario [D].

Abbildung 83: Anteil der ungekühlten Wohnflächen an den Wohnflächen insgesamt bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a für die Kühleinsparung im Jahr 2021 und für das Szenario [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050 (links) sowie im Vergleich mit dem Anteil der ungekühlten Wohnflächen an den Wohnflächen insgesamt bei adaptivem Komfortniveau (rechts)

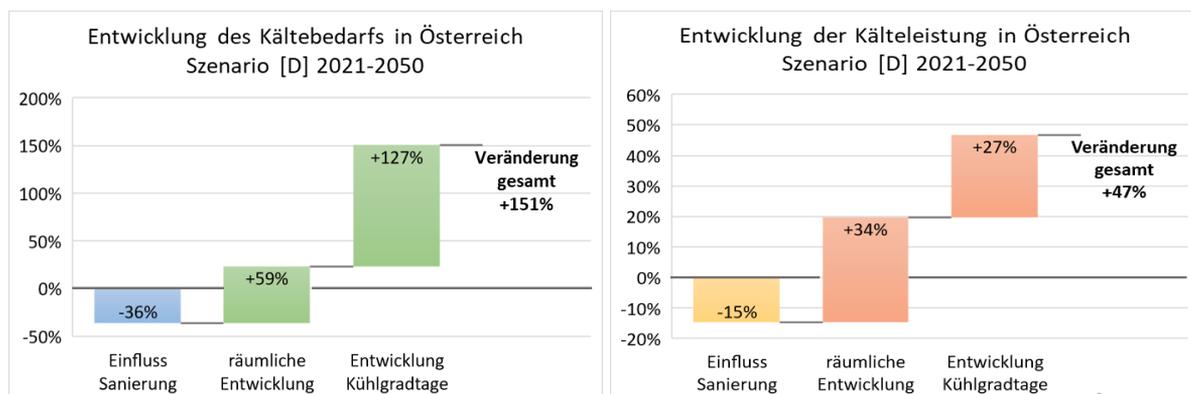


Quelle: eigene Berechnung (ident mit Ausschnitten aus Abbildung 59 und Abbildung 62)

Komponenten der Entwicklung von Kältebedarf und Kälteleistung

Drei wesentliche Komponenten werden bezüglich ihres Einflusses auf den Kältebedarf und die maximale Kälteleistung der Wohnungen und Büros in Österreich im Zeitraum von 2021 bis 2050 analysiert: die Gebäudesanierung, die räumliche Entwicklung und die Entwicklung der Kühlgradtage. Im Szenario [D] verringert die **Sanierung** den Kältebedarf um 36%; die **räumliche Entwicklung** führt zu einem Anstieg des Kältebedarfs um 59%, und die Entwicklung der Kühlgradtage zieht eine Zunahme des Kältebedarfs um 127% nach sich. Insgesamt steigt der **Kältebedarf** im betrachteten Zeitraum demnach von 2,5 TWh/a auf 6,3 TWh/a, d.h. um **151%**. Im Falle der maximalen **Kälteleistung** beläuft sich die Zunahme insgesamt von 12,6 GW auf 18,6 GW, d.h. um **47%**. Den Einfluss der drei Komponenten auf Kältebedarf und Kälteleistung veranschaulicht Abbildung 84 anhand des Szenarios [D].

Abbildung 84: Komponenten der Entwicklung von Kältebedarf (links) und Kälteleistung (rechts) der Wohnungen und Büros insgesamt in Prozent im Zeitraum von 2021 bis 2050 für das Szenario [D]



Quelle: eigene Berechnung (ident mit Ausschnitten aus Abbildung 70 und Abbildung 73)

11.2. Bedeutende Einflussgrößen

Kühlgradtage

Die Kühlgradtage charakterisieren die klimatologischen Rahmenbedingungen, die den Kältebedarf maßgeblich bestimmen: An jenen Tagen, an denen die Tagesmitteltemperatur einen Grenzwert erreicht, werden die Temperaturdifferenzen zwischen der Tagesmitteltemperatur und einem Zielwert ermittelt und anschließend über einzelne Monate oder das gesamte Jahr aufsummiert. Im Rahmen des vorliegenden Projekts sind Grenzwert und Zielwert mit 18,3 Grad in identer Höhe definiert. Österreichweit werden im Jahr 2050 im Falle des moderaten Entwicklungspfades **233 Kühlgradtage** verzeichnet. Der dynamische Entwicklungspfad weist österreichweit **319 Kühlgradtage** auf. Allerdings ist die Variation innerhalb Österreichs erheblich: Die höchsten Werte verzeichnen die Regionen in Ostösterreich, während die alpin geprägten Regionen in den westlichen Bundesländern durch eine deutlich niedrigere Anzahl an Kühlgradtagen gekennzeichnet sind. In die Modellierung des Kältebedarfs und der Kälteleistung gehen Kühlgradtage für die 2.115 österreichischen **Gemeinden** (einschließlich der Wiener Stadtbezirke) ein.

Das Gefälle der Kühlgradtage innerhalb Österreichs von (Nord)Ost nach West spiegelt sich in der Höhe des **Kältebedarfs** wider: Wien ist beispielsweise im Jahr 2050 vornehmlich wegen der hohen Anzahl an Kühlgradtagen durch einen – im Vergleich zur Ausstattung mit Wohn- und Büroflächen – überdurchschnittlich hohen **absoluten Kältebedarf** gekennzeichnet: Je nach Szenario entfallen auf Wien 18-20% der Flächen insgesamt, aber 31-34% des österreichischen Kältebedarfs. Demgegenüber weisen zahlreiche Gemeinden in Vorarlberg, Salzburg und Kärnten wegen vergleichsweise niedriger Kühlgradtage einen – im Vergleich zur Ausstattung mit Wohn- und Büroflächen – unterdurchschnittlich hohen absoluten Kältebedarf auf. Der Einfluss der Kühlgradtage zeigt sich besonders auf den **spezifischen Kältebedarf**: Im Jahr 2050 beläuft sich der spezifische Kältebedarf in Wien – je nach Szenario – auf 9,1 bis 13,1 kWh/m²,a und liegt damit 68-75% über dem österreichischen Durchschnitt in der Höhe von 5,2 bis 7,8 kWh/m²,a. Während der spezifische Kältebedarf in den Gemeinden des Burgenlands angesichts ebenfalls hoher Kühlgradtage durchschnittlich 6,8 bis 10,2 kWh/m²,a beträgt, weisen die Gemeinden in den alpin geprägten Bundesländern Tirol und Salzburg einen spezifischen Kältebedarf von – je nach Szenario – durchschnittlich 3,3 bzw. 5,1 kWh/m²,a auf; das sind knapp zwei Drittel des österreichischen Durchschnitts. Tirol und Salzburg sind durch eine vergleichsweise geringe Anzahl an Kühlgradtagen gekennzeichnet.

Die maximale **Kälteleistung** wird demgegenüber vergleichsweise moderat von der Anzahl an Kühlgradtagen beeinflusst und folgt stärker der räumlichen Verteilung der Wohn- und Büroflächen. Dies gilt sowohl für die absolute als auch für die spezifische Kälteleistung.

Die **Entwicklung der Kühlgradtage** bis 2050 erfolgt räumlich differenziert. Dies führt zu einer Verringerung des Gefälles der Kühlgradtage von (Nord)Ost nach West und verschiebt geringfügig die Anteile der einzelnen Bundesländer am **absoluten Kältebedarf** Österreichs im Zeitraum von 2021 bis 2050: Wiens Anteil sinkt beispielsweise, denn hier ist ein vergleichsweise schwächerer Anstieg der Kühlgradtage zu verzeichnen als in den alpin geprägten Bundesländern mit Siedlungsräumen in größeren Höhen, die sich durch den Klimawandel in den nächsten Jahrzehnten stärker erwärmen werden als die tiefen Lagen. Durch die unterschiedliche Entwicklung der Kühlgradtage innerhalb Österreichs verringert sich auch die Bandbreite des **spezifischen Kältebedarfs** zwischen dem

(Nord)Osten und dem Westen Österreichs im Zeitraum von 2021 bis 2050. In beiden Fällen ist allerdings die räumlich differenzierte Entwicklung der Kühlgradtage nur einer von mehreren Einflussfaktoren.

Ausmaß der zu kühlenden Flächen

Die zu kühlenden Wohn- und Büroflächen betragen in Österreich im Jahr 2050 – je nach Entwicklungspfad – **668 bis 810 Mio.m² Bruttogrundfläche**. Am umfangreichsten stellen sich die Flächen in Niederösterreich mit 138 bis 169 Mio.m² dar, gefolgt von Wien und Oberösterreich. Das geringste Ausmaß an Flächen weist das Burgenland mit 25 bis 32 Mio.m² auf, gefolgt von Vorarlberg, Salzburg und Kärnten. In die Modellierung des Kältebedarfs und der Kälteleistung gehen gemeindespezifische Daten zu den Wohn- und Büroflächen ein.

Ein hohes **Ausmaß an Flächen** kann den Einfluss hoher Kühlgradtage auf den **absoluten Kältebedarf** verstärken: Dies trifft beispielsweise auf den absoluten Kältebedarf von Wien zu, das den höchsten Kältebedarf aller Bundesländer aufweist. Dieser Umstand resultiert aus einem hohen Ausmaß an Wohn- und Büroflächen, den jeweils zweithöchsten Werten aller österreichischen Bundesländer nach Niederösterreich, sowie aus einer hohen Anzahl an Kühlgradtagen, den jeweils höchsten Werten innerhalb Österreichs. Demgegenüber kann ein niedriges Ausmaß an Flächen den Einfluss hoher Kühlgradtage auf den absoluten Kältebedarf vermindern bzw. umgekehrt ziehen umfangreiche Flächen auch bei niedrigen Kühlgradtagen einen entsprechend hohen absoluten Kältebedarf nach sich: Beispielsweise sind Kärnten und Burgenland im Jahr 2050 durch einen absoluten Kältebedarf in etwa der gleichen Höhe gekennzeichnet. In Kärnten sind allerdings um etwa 60% mehr Wohn- und Büroflächen ausgewiesen als im Burgenland; hingegen weist das Burgenland rund 60% mehr Kühlgradtage auf als Kärnten. Damit führen in Kärnten bei niedrigeren Kühlgradtagen die größeren Wohn- und Büroflächen zu demselben Kältebedarf wie im Burgenland die geringeren Wohn- und Büroflächen bei höheren Kühlgradtagen.

Die **Wohn- und Büroflächen entwickeln** sich im Zeitraum von 2021 bis 2050 je nach Lage, Struktur und Funktion in den einzelnen Gemeinden unterschiedlich: Die österreichweite Veränderung der Flächen in der Höhe von +7% im Falle des moderaten Entwicklungspfades und +30% im Falle des dynamischen Entwicklungspfades werden vornehmlich in den Zentralräumen überschritten und in einigen peripheren Regionen unterschritten. Dies wirkt sich unmittelbar auf die Entwicklung des **absoluten Kältebedarfs** aus.

Die maximale **absolute Kälteleistung**, die nur moderat von der Anzahl an Kühlgradtagen abhängt, wird in hohem Maße vom Ausmaß der zu kühlenden Flächen bestimmt. Daher orientiert sich deren räumliche Verteilung weniger an jener der Kühlgradtage, sondern stärker an der räumlichen Verteilung der Wohn- und Büroflächen: Im Jahr 2050 entfallen auf Wien 21-23% der absoluten Kälteleistung (bei einem Anteil von 18-20% an den Flächen). Die Anteile von Burgenland und Vorarlberg an der absoluten Kälteleistung betragen jeweils 4% und entsprechen damit deren Anteilen an den Wohn- und Büroflächen.

Nutzungen

Im Jahr 2050 entfallen – je nach Szenario – österreichweit 76-78% der Flächen auf Wohnungen; 22-24% der Flächen erweisen sich als Büroflächen. Das **Verhältnis der Wohn- und Büroflächen**

zueinander ist in den einzelnen Gemeinden unterschiedlich; dies ist insofern von großer Relevanz für den Kältebedarf und die Kälteleistung, als jene Einflussfaktoren, die in unterschiedlichem Maße Wohnungen und Büros betreffen, in Abhängigkeit der jeweiligen Anteile der Wohn- bzw. Büroflächen auch in unterschiedlichem Maße in den einzelnen Gemeinden wirksam werden.

Wohnflächen weisen beispielsweise im Jahr 2021 bzw. bei einer moderaten Entwicklung der Kühlgradtage bis 2050 **nicht in allen Wohngebäudekategorien bzw. Gemeinden** einen Kältebedarf auf. Dies liegt daran, dass die kritische Grenze von rund 120 bis 150 Kühlgradtagen pro Jahr (bei generellem Komfortniveau) nicht erreicht wird; unterhalb dieser Grenze besteht kein Kältebedarf der Wohnungen. Hingegen wird bei einer dynamischen Entwicklung der Kühlgradtage bis 2050 die kritische Grenze in der überwiegenden Anzahl von Gemeinden in zahlreichen Gebäudekategorien überschritten und verzeichnen die Wohnflächen fast vollumfänglich einen Kältebedarf. Demnach nimmt das Ausmaß der gekühlten Wohnflächen ungeachtet der räumlichen Entwicklung zu. Dies äußert sich in einem vergleichsweise moderaten Anstieg des **absoluten Kältebedarfs** der Wohnungen im Zeitraum von 2021 bis 2050 in jenen Szenarien, die durch eine moderate Entwicklung der Kühlgradtage gekennzeichnet sind, bzw. in einem Anstieg des Kältebedarfs der Wohnungen auf beinahe den 3½-fachen Wert von 2021 in jenen Szenarien, die auf einer dynamischen Entwicklung der Kühlgradtage beruhen. Das Ausmaß der zu kühlenden Wohnflächen verändert sich demnach bis zum Jahr 2050 nicht nur entsprechend der räumlichen Entwicklung, sondern erhöht sich mit einer zunehmenden Anzahl an Kühlgradtagen merklich, vornehmlich in den alpin geprägten Regionen. Demgegenüber wird das Ausmaß der zu kühlenden Büroflächen nur durch die räumliche Entwicklung beeinflusst, denn es weisen bereits im Jahr 2021 alle Büroflächen einen Kältebedarf auf. Da das Ausmaß der zu kühlenden Wohnflächen stärker ansteigt als jenes der Büroflächen, verschieben sich die Beiträge der beiden Nutzungen zum absoluten Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt im Zeitraum von 2021 bis 2050: Je nach Szenario nimmt der Anteil der Wohnungen von 49% auf 58-66% am Kältebedarf insgesamt zu; der Anteil der Büros verringert sich im betrachteten Zeitraum von 51% auf 34-42% am Kältebedarf insgesamt. Damit nehmen die Büroflächen aber immer noch einen deutlich höheren Anteil am absoluten Kältebedarf ein, als ihrem Anteil an den Flächen insgesamt entspricht (22-24%).

Büroflächen sind durch einen – gegenüber den Wohnflächen – **erheblich höheren spezifischen Energiebedarf für die Kühlung** gekennzeichnet. Der **spezifische Kältebedarf** der Büros ist – je nach Szenario – mit 14,0 bis 17,4 kWh/m²,a österreichweit im Jahr 2050 etwa 3 bis 4 Mal so hoch wie jener der Wohnungen mit 3,5 bis 6,2 kWh/m²,a. Der höhere spezifische Energiebedarf für die Kühlung der Büros führt dazu, dass Gemeinden mit einer überdurchschnittlichen Ausstattung an Büroflächen einen vergleichsweise hohen Kältebedarf aufweisen: Der hohe **spezifische Kältebedarf** Wiens im Jahr 2050 mit 9,1 bis 13,1 kWh/m²,a geht unter anderem auf den überdurchschnittlich hohen Anteil der Büroflächen an allen Flächen Wiens zurück; dieser Umstand trägt auch zum überdurchschnittlich hohen **absoluten Kältebedarf** in Wien bei.

Allerdings nimmt der **spezifische Energiebedarf für die Kühlung der Büroflächen** mit einer steigenden Anzahl an Kühlgradtagen **weniger stark zu** als jener für die Wohnnutzung. Für den künftigen Kältebedarf der Büros spielen das Ausmaß und die Entwicklung der Büroflächen (als treibende Komponente) sowie die Sanierung der Gebäude (als dämpfende Komponente) und die inneren Lasten, d.h. Personen, (EDV)Geräte und Beleuchtung, als konstanter Faktor über den betrachteten Zeitraum hinweg eine größere Rolle als für den Kältebedarf der Wohnungen, der vornehmlich von den Kühlgradtagen getrieben ist. Da die spezifischen Energiebedarfe für die Kühlung

der Büros keine so starke Abhängigkeit von den Kühlgradtagen aufweisen, nehmen die **spezifischen Kältebedarfe** der Büros im Zeitraum von 2021 bis 2050 nur um maximal 30% zu, während sich jene der Wohnungen auf mehr als den 2½-fachen Wert gegenüber 2021 erhöhen. Durch diese Unterschiede in der Entwicklung nähern sich die spezifischen Kältebedarfe der beiden Nutzungen im betrachteten Zeitraum – je nach Szenario - auf das Verhältnis von 1:3 bzw. 1:4 an; im Jahr 2021 ist der spezifische Kältebedarf der Büros hingegen etwa sechs Mal so hoch wie jener der Wohnungen. Dass sich die spezifischen Energiebedarfe für die Kühlung der Wohnflächen bzw. der Büroflächen in Abhängigkeit von der Entwicklung der Kühlgradtage unterschiedlich entwickeln, ist ein weiterer Grund dafür, dass sich im Zeitraum von 2021 bis 2050 die Anteile der Wohnungen und Büros am **absoluten Kältebedarf insgesamt** verschieben und der Beitrag der Wohnungen zum Kältebedarf im Jahr 2050 jenen der Büros deutlich überwiegt.

Die Büroflächen sind auch durch eine – gegenüber den Wohnflächen – **höhere spezifische Leistung für die Kühlung** gekennzeichnet, wenngleich der Unterschied zwischen den Nutzungen nicht so ausgeprägt ist wie beim Bedarf. Demnach erweist sich die **spezifische Kälteleistung** der Büros österreichweit im Jahr 2050 mit 40 W/m^2 um – je nach Szenario – rund 50-70% höher als jene der Wohnungen mit 23 bis 27 W/m^2 .

Die **spezifische Leistung für die Kühlung der Büroflächen** ist unabhängig von der Anzahl an Kühlgradtagen. Demgegenüber nimmt die spezifische Leistung für die Kühlung der Wohnflächen mit steigender Anzahl an Kühlgradtagen – wenn auch nur mäßig – zu. Daher stellt sich die **spezifische Kälteleistung** der Büros im Jahr 2050 in allen Szenarien gleich hoch dar (40 W/m^2), während jene der Wohnungen im Jahr 2050 geringfügig – in Abhängigkeit vom Szenario – von 23 bis 27 W/m^2 variiert. Folglich verzeichnen die Büros in jenen beiden Szenarien, die sich nur durch unterschiedliche Kühlgradtage auszeichnen, die gleiche **absolute Kälteleistung**; letztere variiert vornehmlich in Abhängigkeit von der räumlichen Entwicklung und dem Ausmaß an Wohn- und Büroflächen. Die **absolute Kälteleistung** der Wohnungen hingegen nimmt auch in Abhängigkeit von der Anzahl an Kühlgradtagen zu. Dies spiegelt sich auch in einer sowohl mit dem Ausmaß an Flächen als auch mit der Anzahl an Kühlgradtagen variierenden **absoluten Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt** wider.

Sanierung und Neubau

Die Sanierung der Wohn- und Büroflächen umfasst sowohl die thermische Instandsetzung von Gebäudehüllen als auch die Verschattung von Fensterflächen; sie führt zu einer Verschiebung der Wohn- und Büroflächen von den unsanierten zu den sanierten Gebäudekategorien. Der Einfluss der **Sanierung** im Gebäudebestand wird vornehmlich in der Höhe des spezifischen Kältebedarfs sowie der spezifischen Kälteleistung der **Büros** sichtbar. Denn für die spezifischen Werte ist das Ausmaß der Flächen und deren Entwicklung nicht relevant, und im Falle der Büroflächen zeigt die steigende Anzahl an Kühlgradtagen auf den **spezifischen Kältebedarf** nur einen mäßigen und auf die spezifische Kälteleistung keinen Einfluss. Daher verringert sich **bei moderater Entwicklung der Kühlgradtage** der spezifische Kältebedarf der Büros von $13,3 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ im Jahr 2021 auf $12,9 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ im Jahr 2030 und steigt erst nach Ausschöpfung der Sanierungspotenziale ab 2040 wieder an, um im Jahr 2050 – je nach räumlicher Entwicklung - eine Höhe von $14,0$ bis $14,1 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ zu verzeichnen. Die **spezifische Kälteleistung** der Büros, die unabhängig von der Entwicklung der Kühlgradtage ist, nimmt von 44 W/m^2 im Jahr 2021 auf 40 W/m^2 im Jahr 2050 ab, wobei die Abnahme im letzten Jahrzehnt schwächer ausgeprägt ist, weil sich dann auch hier die Ausschöpfung der Sanierungspotenziale

bemerkbar macht. Selbst die **absoluten Kälteleistungen** der Büros nehmen von 2021 bis 2040 in Anbetracht der Sanierung im Gebäudebestand ab; bis 2050 steigt die absolute Kälteleistung wieder geringfügig an. Die Auswirkungen der Sanierung von **Wohnflächen** im Sinne eines sinkenden Kältebedarfs bzw. sinkender Kälteleistungen der Wohnungen werden nicht so deutlich, weil vornehmlich die steigende Anzahl von Kühlgradtagen eine vergleichsweise starke Zunahme des Kältebedarfs bzw. der Kälteleistung zur Folge hat, die den Einfluss der Sanierung kompensiert.

Nicht nur durch die Sanierung im Gebäudebestand, sondern auch durch die räumliche Entwicklung verändert sich die Verteilung der Wohn- und Büroflächen auf die verschiedenen Gebäudekategorien. Vornehmlich **bei dynamischer räumlicher Entwicklung** entfällt ein nennenswerter Anteil der Gebäude auf **Neubauten** mit hohen energetischen Standards und einem hochwertigen Schutz vor solarer Einstrahlung mit vergleichsweise niedrigen spezifischen Energiebedarfen und Leistungen für die Kühlung. Dies trifft sowohl auf die Wohnungen als auch auf die Büros zu. Dies führt dazu, dass die **spezifischen Kältebedarfe** und die **spezifischen Kälteleistungen** in den Szenarien mit dynamischer räumlicher Entwicklung jeweils geringfügig niedriger sind als in den Szenarien mit moderater räumlicher Entwicklung.

11.3. Schlussfolgerungen

Die eingehende Auseinandersetzung mit dem urbanen Kältebedarf und den vielfältigen Facetten seines Auftretens schafft eine fundierte **Grundlage für die Formulierung energie- und klimapolitischer Strategien**. Dabei ist angesichts der räumlichen Verteilung von Kältebedarf und Kälteleistung innerhalb Österreichs die Problemlage räumlich differenziert zu beurteilen; besondere Herausforderungen zeichnen sich in Ostösterreich bzw. in den größeren Städten unseres Landes ab. Aus diesem Grund erscheint für die Formulierung strategischer Überlegungen zum Umgang mit dem Kältebedarf eine **räumlich differenzierte Herangehensweise** zielführend. Denn der räumliche Kontext bestimmt die Optionen zur **Sensibilisierung und Integration der Bevölkerung**, um beispielsweise Akzeptanz für eine Anpassung unserer Lebensstile bzw. Komfortansprüche oder für adaptive Komfortmaßnahmen, aber auch für gemeinschaftliche statt individueller Lösungen zur Abdeckung des Kältebedarfs zu gewinnen. Die Ausgestaltung bestehender Siedlungsräume beeinflusst die Möglichkeiten zur Umsetzung von **Maßnahmen der grünen und blauen Infrastruktur**, um die Entstehung urbaner Hitzeinseln durch die Integration von Grünräumen und Wasser in unsere Siedlungen bestmöglich hintanzuhalten. Bauliche (und die damit verbundenen Eigentümer-) Strukturen sind maßgeblich für die **Umsetzbarkeit von Sanierungsmaßnahmen** im Gebäudebestand. Vorhandene räumliche Strukturen bilden den Rahmen für die **künftige Entwicklung von Wohnungen und Büros**, die sich stärker als bisher an den Prämissen des Klimaschutzes und der Klimawandelanpassung orientieren muss. Die räumlichen Gegebenheiten eröffnen oder unterbinden nicht nur den **Einsatz geeigneter Technologien** zur Abdeckung des Kältebedarfs, beispielsweise die leitungsgebundene Kälteversorgung, gewisse Optionen zur Rückkühlung oder bestimmte Systeme zur gekoppelten Wärme- und Kälteaufbringung, sondern auch zur **Eigenerzeugung** mit der für den Betrieb von Kältesystemen erforderlichen elektrischen Energie. Letztlich sind die **Adressaten für die Entwicklung und Umsetzung strategischer Ansätze** zur Deckung des Kältebedarfs einschließlich der Schaffung der entsprechenden rechtlichen Rahmenbedingungen und finanziellen Förderungsinstrumente je nach Kompetenzverteilung auf unterschiedlichen gebietskörperschaftlichen Hierarchieebenen und in unterschiedlichen räumlichen Kontexten verortet.

12 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Jährliche Werte und gleitende 30-jährige Mittelwerte der Kühlgradtage nach Szenario RCP4.5 und Szenario RCP8.5, ermittelt nach der Methode der Siedlungsraumpunkte	10
Abbildung 2: Entwicklung der Bevölkerung in Österreichs Gemeinden von 1971 bis 2021	14
Abbildung 3: Komponenten der räumlichen Dynamik – Entwicklung der Einwohner, Haushalte, Wohnungen, Wohnflächen sowie der spezifischen Wohnfläche pro Einwohner in Österreich von 1971 bis 2021	15
Abbildung 4: Moderate Entwicklung der Kühlgradtage im 1km-Raster nach dem Szenario RCP8.5 - Kühlgradtage 2021, 2030, 2040 und 2050, gleitende 30-jährige Mittelwerte.....	20
Abbildung 5: Moderate Entwicklung der Kühlgradtage in den österreichischen Gemeinden nach dem Szenario RCP8.5 - Kühlgradtage 2021, 2030, 2040 und 2050, gleitende 30-jährige Mittelwerte berechnet mithilfe der Methode der Siedlungsraumpunkte	20
Abbildung 6: Box-Plots für die moderate Entwicklung der Kühlgradtage in den österreichischen Gemeinden nach dem Szenario RCP8.5 für 2021, 2030, 2040 und 2050, gleitende 30-jährige Mittelwerte berechnet mithilfe der Methode der Siedlungsraumpunkte.....	21
Abbildung 7: Monatliche Verläufe der Kühlgradtage in den österreichischen Bundesländern nach dem Szenario RCP8.5 für die Jahre 2021, 2030, 2040 und 2050 entsprechend der moderaten Entwicklung, gleitende 30-jährige Mittelwerte berechnet mithilfe der Methode der Siedlungsraumpunkte	23
Abbildung 8: Kühlgradtage 2021 und 2050 in den österreichischen Bundesländern nach dem Szenario RCP8.5, ermittelt nach der Methode der Siedlungsraumpunkte (Kühlgradtage SP) und als Flächenmittel (Kühlgradtage FM), sowie Kühlgradtage SP in Prozent der Kühlgradtage FM, gleitende 30-jährige Mittelwerte	24
Abbildung 9: Kühlgradtage 2021 nach dem Szenario RCP8.5, ermittelt nach der Methode der Siedlungsraumpunkte in Prozent der Kühlgradtage berechnet als Flächenmittel, gleitende 30-jährige Mittelwerte	25
Abbildung 10: 30-jähriges Mittel der Kühlgradtage 1991 bis 2020 in den österreichischen Bundesländern nach dem Szenario RCP8.5 der Climamap-Daten und aus Beobachtungsdaten (Spartacus-Daten), ermittelt nach der Methode der Siedlungsraumpunkte, einschließlich Anteile der Climamap-Daten in Prozent der Spartacus-Daten (links) sowie Kühlgradtage am Standort BOKU Türkenschanze 2022/2023, ermittelt aus Messdaten und Climamap-Daten (rechts).....	25
Abbildung 11: 30-jähriges Mittel der Kühlgradtage 1991 bis 2020 aus Beobachtungsdaten (Spartacus-Daten) in Prozent der Kühlgradtage nach dem Szenario RCP8.5 der Climamap-Daten, ermittelt nach der Methode der Siedlungsraumpunkte	26
Abbildung 12: Dynamische Entwicklung der Kühlgradtage im 1km-Raster - Kühlgradtage 2021, 2030, 2040 und 2050, gleitende 30-jährige Mittelwerte	27

Abbildung 13: Dynamische Entwicklung der Kühlgradtage in den österreichischen Gemeinden - Kühlgradtage 2021, 2030, 2040 und 2050, gleitende 30-jährige Mittelwerte berechnet mithilfe der Methode der Siedlungsraumpunkte	28
Abbildung 14: Vergleich der Box-Plots für die moderate (links) und die dynamische (rechts) Entwicklung der Kühlgradtage in den österreichischen Gemeinden für 2021, 2030, 2040 und 2050, gleitende 30-jährige Mittelwerte berechnet mithilfe der Methode der Siedlungsraumpunkte	28
Abbildung 15: Vergleich der monatlichen Verläufe der Kühlgradtage für die Jahre 2021, 2030, 2040 und 2050 entsprechend der moderaten (links) und der dynamischen (rechts) Entwicklung, gleitende 30-jährige Mittelwerte berechnet mithilfe der Methode der Siedlungsraumpunkte	29
Abbildung 16: Bruttogrundflächen der Wohnungen (Wohnflächen) 2021	32
Abbildung 17: Bruttogrundflächen der Büros (Büroflächen) 2021	34
Abbildung 18: Bruttogrundflächen der Wohnungen und Büros insgesamt 2021.....	36
Abbildung 19: Moderate Entwicklung der Wohn- und Büroflächen von 2021 bis 2050	38
Abbildung 20: Dynamische Entwicklung der Wohn- und Büroflächen von 2021 bis 2050.....	39
Abbildung 21: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) 2021, generelles Komfortniveau.....	42
Abbildung 22: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt nach Nutzungen in Gigawattstunden (GWh) pro Jahr für 2021 und für die vier Szenarien [A], [B], [C], [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau	45
Abbildung 23: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in den Bundesländern, generelles Komfortniveau	46
Abbildung 24: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für das Szenario [A] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau.....	49
Abbildung 25: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau.....	49
Abbildung 26: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) 2021, generelles Komfortniveau.....	51
Abbildung 27: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros nach Nutzungen sowie insgesamt in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) für 2021 und für die vier Szenarien [A], [B], [C], [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau	54
Abbildung 28: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in den Bundesländern, generelles Komfortniveau	56
Abbildung 29: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) für das Szenario [A] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau.....	58
Abbildung 30: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau.....	58
Abbildung 31: Absoluter monatlicher Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden (GWh) für 2021 sowie für die vier Szenarien in den Jahren 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau	60

Abbildung 32: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Megawatt (MW) 2021, generelles Komfortniveau	62
Abbildung 33: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt nach Nutzungen in Megawatt (MW) für 2021 und für die vier Szenarien [A], [B], [C], [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau	65
Abbildung 34: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Megawatt (MW) für das Szenario [A] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau.....	67
Abbildung 35: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Megawatt (MW) für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau.....	67
Abbildung 36: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) 2021, generelles Komfortniveau.....	69
Abbildung 37: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros nach Nutzungen sowie insgesamt in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) für 2021 und für die vier Szenarien [A], [B], [C], [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau	72
Abbildung 38: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) für das Szenario [A] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau.....	74
Abbildung 39: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau.....	74
Abbildung 40: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen bei generellem bzw. adaptivem Komfortniveau für 2021 und für die vier Szenarien [A], [B], [C], [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050, differenziert nach Bauperioden	78
Abbildung 41: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen bei generellem bzw. adaptivem Komfortniveau für 2021 und für die vier Szenarien [A], [B], [C], [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050, differenziert nach Bauperioden	83
Abbildung 42: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau und bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für 2021 und für die Szenarien [A] und [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050	86
Abbildung 43: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für das Szenario [A] im Jahr 2050	87
Abbildung 44: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für das Szenario [D] im Jahr 2050	87
Abbildung 45: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau und bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Megawatt (MW) für 2021 und für die Szenarien [A] und [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050	89
Abbildung 46: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Megawatt (MW) für das Szenario [A] im Jahr 2050	89
Abbildung 47: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Megawatt (MW) für das Szenario [D] im Jahr 2050	90

Abbildung 48: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau und bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) für 2021 und für die Szenarien [A] und [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050.....	91
Abbildung 49: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) für das Szenario [A] im Jahr 2050.....	92
Abbildung 50: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) für das Szenario [D] im Jahr 2050	92
Abbildung 51: Anteile der einzelnen Klassen des spezifischen Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt (1) an den Gemeinden (einschließlich der Wiener Stadtbezirke) und (2) am absoluten Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) und bei generellem Komfortniveau für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050.....	94
Abbildung 52: Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt 2021, generelles Komfortniveau	97
Abbildung 53: Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt 2021, adaptives Komfortniveau	98
Abbildung 54: Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt für das Szenario [A] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau	99
Abbildung 55: Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau	99
Abbildung 56: Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt im Jahr 2021 und für die Szenarien [A] und [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050, adaptives und generelles Komfortniveau.....	100
Abbildung 57: Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt für das Szenario [A] im Jahr 2050, adaptives Komfortniveau	101
Abbildung 58: Anteil der Wohnflächen ohne Kältebedarf an den Wohnflächen insgesamt für das Szenario [D] im Jahr 2050, adaptives Komfortniveau	102
Abbildung 59: Anteil der ungekühlten Wohnflächen an den Wohnflächen insgesamt bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m ² ,a für die Kühlsättigung im Jahr 2021 und für die Szenarien [A] und [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050.....	104
Abbildung 60: Anteil der ungekühlten Wohnflächen, d.h. der Wohnflächen ohne Kältebedarf und der kühlgesättigten Wohnflächen bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m ² ,a, an den Wohnflächen insgesamt für das Szenario [A] im Jahr 2050.....	104
Abbildung 61: Anteil der ungekühlten Wohnflächen, d.h. der Wohnflächen ohne Kältebedarf und der kühlgesättigten Wohnflächen bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m ² ,a, an den Wohnflächen insgesamt für das Szenario [D] im Jahr 2050.....	105
Abbildung 62: Anteil der ungekühlten Wohnflächen an den Wohnflächen insgesamt bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m ² ,a für die Kühlsättigung sowie bei adaptivem Komfortniveau im Jahr 2021 und für die Szenarien [A] und [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050	107

Abbildung 63: Anteil der ungekühlten Wohnflächen an den Wohnflächen insgesamt bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a für die Kühleättigung im Jahr 2021 und für die Szenarien [A] und [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050.....	108
Abbildung 64: Anteil der ungekühlten Wohnflächen, d.h. der Wohnflächen ohne Kältebedarf und der kühlgesättigten Wohnflächen bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a , an den Wohnflächen insgesamt für das Szenario [A] im Jahr 2050.....	109
Abbildung 65: Anteil der ungekühlten Wohnflächen, d.h. der Wohnflächen ohne Kältebedarf und der kühlgesättigten Wohnflächen bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a , an den Wohnflächen insgesamt für das Szenario [D] im Jahr 2050.....	109
Abbildung 66: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für das Szenario [A] im Jahr 2050 unter Berücksichtigung einer Kühleättigung bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a , generelles Komfortniveau	112
Abbildung 67: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für das Szenario [D] im Jahr 2050 unter Berücksichtigung einer Kühleättigung bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a , generelles Komfortniveau	112
Abbildung 68: Wohnflächen ohne Kältebedarf, zu kühlende Wohn- und Büroflächen und kühlgesättigte Wohnflächen unter Bedachtnahme auf die Kühleättigung bei Schwellenwerten von 4 kWh/m²,a und 6 kWh/m²,a sowie damit jeweils einhergehender Kältebedarf und damit verbundene Kälteleistung für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050; generelles Komfortniveau.....	115
Abbildung 69: Anteile der Wohnflächen ohne Kältebedarf, der zu kühlenden Wohn- und Büroflächen und der kühlgesättigten Wohnflächen unter Bedachtnahme auf die Kühleättigung bei Schwellenwerten von 4 kWh/m²,a und 6 kWh/m²,a an den Flächen insgesamt sowie Anteile des damit jeweils einhergehenden Kältebedarfs und der damit verbundenen Kälteleistung an den Flächen, dem Kältebedarf und der Kälteleistung insgesamt für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050; generelles Komfortniveau	116
Abbildung 70: Komponenten der Entwicklung des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt in Prozent im Zeitraum von 2021 bis 2050 für die Szenarien [A] und [D].....	118
Abbildung 71: Komponenten der Entwicklung des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt in Prozent im Zeitraum von 2021 bis 2050 in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [A]	119
Abbildung 72: Komponenten der Entwicklung des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt in Prozent im Zeitraum von 2021 bis 2050 in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [D]	120
Abbildung 73: Komponenten der Entwicklung der Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Prozent im Zeitraum von 2021 bis 2050 für die Szenarien [A] und [D].....	122
Abbildung 74: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen in Megawattstunden (!) pro Jahr 2021 in den Katastralgemeinden, generelles Komfortniveau.....	123
Abbildung 75: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen in Megawattstunden (!) pro Jahr für das Szenario [A] im Jahr 2050 in den Katastralgemeinden, generelles Komfortniveau.....	124
Abbildung 76: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen in Megawattstunden (!) pro Jahr für das Szenario [D] im Jahr 2050 in den Katastralgemeinden, generelles Komfortniveau.....	124

Abbildung 77: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau.....	126
Abbildung 78: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau.....	126
Abbildung 79: Absoluter monatlicher Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden (GWh) für 2021 sowie für die vier Szenarien in den Jahren 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau	127
Abbildung 80: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Megawatt (MW) für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau.....	128
Abbildung 81: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m ²) für das Szenario [D] im Jahr 2050, generelles Komfortniveau.....	128
Abbildung 82: Absoluter Kältebedarf (links) und absolute Kälteleistung (rechts) der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau und bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) für 2021 und für das Szenario [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050	129
Abbildung 83: Anteil der ungekühlten Wohnflächen an den Wohnflächen insgesamt bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m ² ,a für die Kühlsättigung im Jahr 2021 und für das Szenario [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050 (links) sowie im Vergleich mit dem Anteil der ungekühlten Wohnflächen an den Wohnflächen insgesamt bei adaptivem Komfortniveau (rechts)	130
Abbildung 84: Komponenten der Entwicklung von Kältebedarf (links) und Kälteleistung (rechts) der Wohnungen und Büros insgesamt in Prozent im Zeitraum von 2021 bis 2050 für das Szenario [D] .	130

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Definition der Szenarien [A] bis [D]	16
Tabelle 2: Moderate Entwicklung der Kühlgradtage in den österreichischen Bundesländern nach dem Szenario RCP8.5 im Zeitraum von 2021 bis 2050, gleitende 30-jährige Mittelwerte berechnet mithilfe der Methode der Siedlungsraumpunkte.....	22
Tabelle 3: Kühlgradtage 2021 aus den originalen Climamap-Daten und adaptierte Kühlgradtage 2021 sowie dynamische Entwicklung der Kühlgradtage in den österreichischen Bundesländern im Zeitraum von 2021 bis 2050, gleitende 30-jährige Mittelwerte berechnet mithilfe der Methode der Siedlungsraumpunkte.....	29
Tabelle 4: Wohnflächen in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich Anteile der Bundesländer an den Wohnflächen in Österreich insgesamt.....	31
Tabelle 5: Wohnflächen nach Wohngebäudekategorien einschließlich Anteile der Wohngebäudekategorien an den Wohnflächen in Österreich insgesamt.....	32
Tabelle 6: Büroflächen in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich Anteile der Bundesländer an den Büroflächen in Österreich insgesamt.....	33
Tabelle 7: Büroflächen nach Bürogebäudekategorien einschließlich Anteile der Bürogebäudekategorien an den Büroflächen in Österreich insgesamt	34
Tabelle 8: Wohn- und Büroflächen in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich Anteile der Büroflächen an den Wohn- und Büroflächen insgesamt.....	35
Tabelle 9: Moderate Entwicklung der Wohn- und Büroflächen in den österreichischen Bundesländern und relative Veränderung der Flächen von 2021 bis 2050	37
Tabelle 10: Dynamische Entwicklung der Wohn- und Büroflächen in den österreichischen Bundesländern und relative Veränderung der Flächen von 2021 bis 2050.....	38
Tabelle 11: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich absoluter Kältebedarf insgesamt und Anteile der Bundesländer daran, generelles Komfortniveau.....	41
Tabelle 12: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau.....	43
Tabelle 13: Veränderung des absoluten Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050 gegenüber 2021 in Prozent, generelles Komfortniveau	43
Tabelle 14: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau.....	43
Tabelle 15: Absoluter Kältebedarf der Büros in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau.....	44
Tabelle 16: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [A] im Jahr 2050 einschließlich absoluter Kältebedarf insgesamt und Anteile der Bundesländer daran, generelles Komfortniveau	47
Tabelle 17: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [D] im Jahr 2050 einschließlich absoluter Kältebedarf insgesamt und Anteile der Bundesländer daran, generelles Komfortniveau	48

Tabelle 18: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich spezifischer Kältebedarf insgesamt und Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt, generelles Komfortniveau.....	50
Tabelle 19: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau	52
Tabelle 20: Veränderung des spezifischen Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050 gegenüber 2021 in Prozent, generelles Komfortniveau	52
Tabelle 21: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau.....	52
Tabelle 22: Spezifischer Kältebedarf der Büros in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau.....	53
Tabelle 23: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [A] im Jahr 2050 einschließlich spezifischer Kältebedarf insgesamt und Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt, generelles Komfortniveau.....	55
Tabelle 24: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [D] im Jahr 2050 einschließlich spezifischer Kältebedarf insgesamt und Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt, generelles Komfortniveau.....	57
Tabelle 25: Absoluter monatlicher Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden (GWh) von April bis Oktober für 2021 sowie für das Szenario [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050 einschließlich des Jahreskältebedarfs, generelles Komfortniveau	59
Tabelle 26: Anteile der Monate von April bis Oktober am Jahreskältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt für 2021 sowie für das Szenario [D] in den Jahren 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau.....	59
Tabelle 27: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros in Megawatt (MW) in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich absoluter Kälteleistung insgesamt und Anteile der Bundesländer daran, generelles Komfortniveau	61
Tabelle 28: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Megawatt (MW) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau.....	63
Tabelle 29: Veränderung der absoluten Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050 gegenüber 2021 in Prozent, generelles Komfortniveau	63
Tabelle 30: Absolute Kälteleistung der Wohnungen in Megawatt (MW) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau	63
Tabelle 31: Absolute Kälteleistung der Büros in Megawatt (MW) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau	64

Tabelle 32: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros in Megawatt (MW) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [A] im Jahr 2050 einschließlich absoluter Kälteleistung insgesamt und Anteile der Bundesländer daran, generelles Komfortniveau	66
Tabelle 33: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros in Megawatt (MW) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [D] im Jahr 2050 einschließlich absoluter Kälteleistung insgesamt und Anteile der Bundesländer daran, generelles Komfortniveau	66
Tabelle 34: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich spezifischer Kälteleistung insgesamt und Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt, generelles Komfortniveau	68
Tabelle 35: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau.....	70
Tabelle 36: Veränderung der spezifischen Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050 gegenüber 2021 in Prozent, generelles Komfortniveau	70
Tabelle 37: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau.....	70
Tabelle 38: Spezifische Kälteleistung der Büros in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050, generelles Komfortniveau.....	71
Tabelle 39: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [A] im Jahr 2050 einschließlich spezifischer Kälteleistung insgesamt und Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt, generelles Komfortniveau.....	72
Tabelle 40: Spezifische Kälteleistung der Wohnungen und Büros in Watt pro Quadratmeter Nutzfläche (W/m^2) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [D] im Jahr 2050 einschließlich spezifischer Kälteleistung insgesamt und Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt, generelles Komfortniveau.....	73
Tabelle 41: Wohnflächen nach Bauperioden 2021 und in den Szenarien für 2050.....	75
Tabelle 42: Anteile der Bauperioden an den Wohnflächen 2021 und in den Szenarien für 2050.....	75
Tabelle 43: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen bei unterschiedlichen Komfortniveaus in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich Anteile der Bundesländer daran	76
Tabelle 44: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen bei generellem Komfortniveau in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050.....	77
Tabelle 45: Veränderung des absoluten Kältebedarfs der Wohnungen bei generellem Komfortniveau in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050 gegenüber 2021 in Prozent.....	77
Tabelle 46: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen bei adaptivem Komfortniveau in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050	78
Tabelle 47: Veränderung des absoluten Kältebedarfs der Wohnungen bei adaptivem Komfortniveau in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050 gegenüber 2021 in Prozent.....	78

Tabelle 48: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen bei unterschiedlichen Komfortniveaus in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [A] im Jahr 2050 einschließlich Anteile der Bundesländer daran	79
Tabelle 49: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen bei unterschiedlichen Komfortniveaus in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [D] im Jahr 2050 einschließlich Anteile der Bundesländer	80
Tabelle 50: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen bei unterschiedlichen Komfortniveaus in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) in den österreichischen Bundesländern 2021 einschließlich Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt	81
Tabelle 51: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen bei generellem Komfortniveau in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050.....	81
Tabelle 52: Veränderung des spezifischen Kältebedarfs der Wohnungen bei generellem Komfortniveau in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050 gegenüber 2021 in Prozent.....	82
Tabelle 53: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen bei adaptivem Komfortniveau in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050.....	82
Tabelle 54: Veränderung des spezifischen Kältebedarfs der Wohnungen bei adaptivem Komfortniveau in den vier Szenarien für 2030, 2040 und 2050 gegenüber 2021 in Prozent.....	82
Tabelle 55: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen bei unterschiedlichen Komfortniveaus in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² , a) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [A] im Jahr 2050 einschließlich Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt	84
Tabelle 56: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen bei unterschiedlichen Komfortniveaus in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² , a) in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [D] im Jahr 2050 einschließlich Abweichung der Bundesländer vom österreichischen Durchschnitt	84
Tabelle 57: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen bei adaptivem Komfortniveau und der Büros bei generellem Komfortniveau in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den vier Szenarien für 2050 einschließlich absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell)	85
Tabelle 58: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau und bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) in den vier Szenarien für 2050 einschließlich Anteile des Kältebedarfs bei Komfortmix in Prozent des Kältebedarfs bei generellem Komfortniveau	86
Tabelle 59: Absolute Kälteleistung der Wohnungen bei adaptivem Komfortniveau und der Büros bei generellem Komfortniveau in Megawatt (MW) in den vier Szenarien für 2050 einschließlich absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell).....	88

Tabelle 60: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau und bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Megawatt (MW) in den vier Szenarien für 2050 einschließlich Anteile der Kälteleistung bei Komfortmix in Prozent der Kälteleistung bei generellem Komfort	88
Tabelle 61: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen bei adaptivem Komfortniveau und der Büros bei generellem Komfortniveau in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) in den vier Szenarien für 2050 einschließlich spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell)	90
Tabelle 62: Spezifischer Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau und bei Komfortmix (Wohnungen: adaptiv; Büros: generell) in Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche und Jahr (kWh/m ² ,a) in den vier Szenarien für 2050 einschließlich Anteile des Kältebedarfs bei Komfortmix in Prozent des Kältebedarfs bei generellem Komfortniveau	91
Tabelle 63: Wohnflächen insgesamt und Wohnflächen ohne Kältebedarf bei generellem und adaptivem Komfortniveau in den österreichischen Bundesländern 2021.....	96
Tabelle 64: Wohnflächen insgesamt und Wohnflächen ohne Kältebedarf bei generellem Komfortniveau in den österreichischen Bundesländern für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 ..	98
Tabelle 65: Wohnflächen insgesamt und Wohnflächen ohne Kältebedarf bei adaptivem Komfortniveau in den österreichischen Bundesländern für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050	100
Tabelle 66: Kühlgesättigte Wohnflächen sowie vermiedener Kältebedarf in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a für die Kühlsättigung in den österreichischen Bundesländern für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 ..	103
Tabelle 67: Ungekühlte Wohnflächen bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a für die Kühlsättigung sowie bei adaptivem Komfortniveau für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050	106
Tabelle 68: Anteil ungekühlter Wohnflächen an den Wohnflächen insgesamt bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a für die Kühlsättigung sowie bei adaptivem Komfortniveau für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050	106
Tabelle 69: Kühlgesättigte Wohnflächen sowie vermiedener Kältebedarf in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a für die Kühlsättigung in den österreichischen Bundesländern für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 ..	108
Tabelle 70: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a für die Kühlsättigung der Wohnflächen in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 einschließlich absoluter Kältebedarf insgesamt	110
Tabelle 71: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau mit bzw. ohne Kühlsättigung der Wohnflächen bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 einschließlich Anteile des Kältebedarfs mit Kühlsättigung in Prozent des Kältebedarfs ohne Kühlsättigung.....	111

Tabelle 72: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau mit bzw. ohne Kühlsättigung der Wohnflächen bei einem Schwellenwert von 4 kWh/m²,a in Megawatt (MW) für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 einschließlich Anteile der Kälteleistung mit Kühlsättigung in Prozent der Kälteleistung ohne Kühlsättigung.....	111
Tabelle 73: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros bei generellem Komfortniveau und einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a für die Kühlsättigung der Wohnflächen in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 einschließlich Kältebedarf insgesamt.	113
Tabelle 74: Absoluter Kältebedarf der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau mit bzw. ohne Kühlsättigung der Wohnflächen bei einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 einschließlich Anteile des Kältebedarfs mit Kühlsättigung in Prozent des Kältebedarfs ohne Kühlsättigung.....	113
Tabelle 75: Absolute Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt bei generellem Komfortniveau mit bzw. ohne Kühlsättigung der Wohnflächen bei einem Schwellenwert von 6 kWh/m²,a in Megawatt (MW) für die Szenarien [A] und [D] im Jahr 2050 einschließlich Anteile der Kälteleistung mit Kühlsättigung in Prozent der Kälteleistung ohne Kühlsättigung.....	114
Tabelle 76: Komponenten der Entwicklung des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) und in Prozent im Zeitraum von 2021 bis 2050 für die Szenarien [A] und [D]	118
Tabelle 77: Komponenten der Entwicklung des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr im Zeitraum von 2021 bis 2050 in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [A].....	119
Tabelle 78: Komponenten der Entwicklung des Kältebedarfs der Wohnungen und Büros insgesamt in Gigawattstunden pro Jahr im Zeitraum von 2021 bis 2050 in den österreichischen Bundesländern für das Szenario [D].....	120
Tabelle 79: Komponenten der Entwicklung der Kälteleistung der Wohnungen und Büros insgesamt in Megawatt (MW) und in Prozent im Zeitraum von 2021 bis 2050 für die Szenarien [A] und [D].....	121

Literaturverzeichnis

Amann Wolfgang, Mundt Alexis, Reiterer Daniel, Schieder Wolfgang, Storch Alexander: Monitoring-System zu Sanierungsmaßnahmen in Österreich. Hrsg.: Institut für Immobilien, Bauen und Wohnen (IIBW), Umweltbundesamt (UBA). Wien 2021.

Hammermann Andrea, Stettes Oliver: Büroarbeit im Wandel – Analyse der Arbeitsbedingungen von Bürobeschäftigten. In: Institut der Deutschen Wirtschaft (IW) (Hrsg.): IW-Report Nr. 62. Köln 2023.

Benke Georg, Leutgöb Klemens, Jandrokovic Mario, Mandl Doris, Bayer Gerhard, Baumgarten Daniel, Auer Monika, Mayer Barbara: Energieverbrauch im Dienstleistungssektor – Kennwerte und Hochrechnungen. Hrsg.: e7 Energie Markt Analyse. Wien 2012.

Verzeichnis der Datensätze, welche im Rahmen des Projekts verwendet werden

Bezeichnung	Beschreibung	Typ	Quelle	Zugang	Link
Verwaltungs-grenzen	Grenzen der Gemeinden und Katastral-gemeinden am 1.4.2023	Shape-Datei	Bundesamt für Eich- und Ver-messungs-wesen (BEV) (halbjährlich)	öffentlich	https://data.bev.gv.at/geonetwork/srv/ger/catalog.search#/metadata/4e73b6d5-4c24-4d1f-a948-6ca83f43fb42
<i>Climamap-Datensatz</i>	ClimaMap Ensemble median (rcp8.5): Cooling Degree Days 1981-2100	NetCDF-Datei 1x1km Raster Monatliche Auflösung	Climate Change Center Austria (CCCA)	öffentlich	https://data.ccca.ac.at/en/dataset/climamap_coolingdegreedays_14_rcp85_models_ensemble_median_monthly-v01
<i>Siedlungsraum-Datensatz</i>	(Dauer) Siedlungs-räume (Stand 2011)	Shape-Datei basierend auf 250m-Rasterdaten	Statistik Austria	öffentlich	https://data.statistik.gv.at/web/meta.jsp?dataset=OGDEXT_DSR_1
<i>Spartacus-Datensatz</i>	beobachtete Lufttemperatur (Minimum und Maximum) 1991-2020	NetCDF-Datei 1x1km Raster Tagesdaten	Geosphere Austria (tagesaktuell)	öffentlich	https://data.hub.geosphere.at/dataset/spartacus-v2-1d-1km
<i>Gebäude- und Wohnungs-zählung 2021</i>	Wohnflächen nach Gebäude-struktur, Wohn-sitzart und Bauperioden 2021	Excel-Datei Gemeinden	Statistik Austria (zehnjährlich)	öffentlich	https://www.statistik.at/datenbanken/statcube-statistische-datenbank
<i>Arbeitsstätten-zählung 2021</i>	Beschäftigte nach ÖNACE-Branchen 2021	Excel-Datei Gemeinden	Statistik Austria (zehnjährlich)	öffentlich	https://www.statistik.at/datenbanken/statcube-statistische-datenbank
<i>ÖROK-Prognose</i>	ÖROK-Regional-prognosen 2021-2050: Bevölkerung	Excel-Datei Prognose-regionen	Österr. Raum-ordnungs-konferenz (ÖROK), Statistik Austria	öffentlich	https://www.oerok.gv.at/raum/daten-und-grundlagen/oerok-prognosen/oerok-prognose-2021
<i>Bevölkerungs-zählungen 1971-2021</i>	Bevölkerung 1971 bis 2021	Excel-Datei Gemeinden	Statistik Austria (zehnjährlich)	öffentlich	https://www.statistik.at/datenbanken/statcube-statistische-datenbank
<i>Volks-/Register-zählungen 1971-2021</i>	Haushalte 1971 bis 2021	Excel-Datei Gemeinden	Statistik Austria (zehnjährlich)	öffentlich	https://www.statistik.at/datenbanken/statcube-statistische-datenbank
<i>Gebäude- und Wohnungs-zählungen 1971-2021</i>	Wohnungen 1971 bis 2021	Excel-Datei Gemeinden	Statistik Austria (zehnjährlich)	öffentlich	https://www.statistik.at/datenbanken/statcube-statistische-datenbank
<i>Bevölkerungs-stand 2023</i>	Bevölkerung am 1. Jänner 2023	ods-Datei Katastral-gemeinden	Statistik Austria (jährlich)	öffentlich	https://www.statistik.at/services/tools/services/regionales/regionale-gliederungen