

# Publizierbarer Endbericht

Gilt für Studien aus der Programmlinie Forschung

## A) Projektdaten

Allgemeines zum Projekt	
<b>Kurztitel:</b>	KataloQ
<b>Langtitel:</b>	Entwicklung eines Kriterienkatalogs für das Erfordernis von Klimaanalysen auf Quartiersebene
<b>Zitervorschlag:</b>	Schneider, M., Tötzer, T., Bügelmayer-Blaschek, M. (2024). Entwicklung eines Kriterienkatalogs für das Erfordernis von Klimaanalysen auf Quartiersebene (KataloQ). Publizierbarer Endbericht, Klima- und Energiefonds, Wien.
<b>Programm inkl. Jahr:</b>	ACRP Implementation 2022
<b>Dauer:</b>	01.09.2023 bis 30.06.2024
<b>KoordinatorIn/ ProjekteinreicherIn:</b>	AIT Austrian Institute of Technology GmbH
<b>Kontaktperson Name:</b>	Martin Schneider
<b>Kontaktperson Adresse:</b>	Giefinggasse 4 1210 Vienna
<b>Kontaktperson Telefon:</b>	+43 664 78588203
<b>Kontaktperson E-Mail:</b>	martin.schneider@ait.ac.at
<b>Projekt- und KooperationspartnerIn (inkl. Bundesland):</b>	
<b>Schlagwörter:</b>	Mikroklima, Mikroklimaanalysen, Quartier, Kriterienkatalog
<b>Projektgesamtkosten:</b>	49.992,00 €
<b>Fördersumme:</b>	49.992,00 €
<b>Klimafonds-Nr:</b>	
<b>Erstellt am:</b>	24.06.2024

## B) Projektübersicht

### 1 Kurzfassung

Im Rahmen des Projekts „**KataloQ – Entwicklung eines Kriterienkatalogs für das Erfordernis von Klimaanalysen auf Quartiersebene**“ wurden mit Hilfe von Sensitivitätsexperimenten mit einem Stadtklimamodell wissenschaftliche Erkenntnisse über die potenziellen Auswirkungen von idealisierten Bau- und Stadtentwicklungsprojekten auf ihre Umgebung gewonnen. Insbesondere die stetig wachsende Urbanisierung zwingt Städte zusätzlichen Wohn- und Arbeitsraum für zukünftige Einwohner:innen zu schaffen. Sowohl vertikale Expansion (bauliche Nachverdichtung) oder horizontale Erweiterung (zusätzliche Versiegelung) erfordern in Gegenwart des fortschreitenden Klimawandels eine genaue Analyse der zu erwartenden Auswirkungen.

Die Resultate des vorliegenden Projekts **KataloQ** dienen in Form eines Kriterienkatalogs unmittelbar den Entscheidungsträger:innen und Behörden zur Beurteilung ob räumlich erweiterte (über das Baufeld hinaus) Mikroklimaanalysen erforderlich sind. Bisher konnten für die zu erwartenden Auswirkungen von Bauprojekten auf die Lufttemperatur in der Umgebung an Hitzetagen keine objektiven Kriterien angelegt werden, um entsprechende Simulationen und Bewertungen einzufordern (sofern für ein Projekt keine Umweltverträglichkeitserklärung erstellt werden muss). Das Projekt KataloQ ermöglicht nun basierend auf Sensitivitätsanalysen quantitative Aussagen dazu. Der entwickelte Kriterienkatalog für das Erfordernis von Mikroklimaanalysen auf Quartiersebene kann in verschiedenen rechtlichen Instrumenten oder Verfahren in Betracht gezogen werden, beispielsweise im Rahmen von

- Flächenwidmungsverfahren, zur Bewertung erheblicher Umweltauswirkungen (Mikroklima) für die Umgebung und damit verbundenes Erfordernis einer Strategischen Umweltprüfung,
- Städtebaulichen Verträgen, im Rahmen der Möglichkeiten der Stadt Anforderungen an den/die Vertragspartner:in zu stellen,
- Betriebsanlagengenehmigungen, um die mikroklimatischen Auswirkungen hinsichtlich Erwärmung auf die Umgebung zu evaluieren (analog zu bereits bestehenden Analysen zu Lärm oder Luftschadstoffen),
- Wettbewerbsverfahren, die erweiterte mikroklimatische Analysen von allen Einreichenden einfordern können.

Die Ergebnisse der durchgeführten Experimente zeigen potenzielle Einflüsse ausgewählter Bauvorhaben auf die Lufttemperatur in der Umgebung, insbesondere in den Abend- und Nachtstunden. Es wird angeraten eine mikroklimatische Analyse nicht ausschließlich für das Baufeld selbst durchzuführen, sondern auch deren Einfluss auf die Umgebung zu evaluieren, wenn bei Bauvorhaben eine Kombination von (i) Lage und Umgebung des Grundstücks, (ii) Größe der Grundstücksfläche,

(iii) mittlere Höhe der Gebäude, (iv) gesamte Grundfläche der Gebäude und (v) Anteil der (un)versiegelten Freiflächen zutrifft. Durch entsprechende Anpassungsmaßnahmen des Bauvorhabens kann ein möglicher negativer Einfluss reduziert und der urbanen Überhitzung entgegengewirkt werden.

In den nachfolgenden Tabelle 1 und Tabelle 2 sind jene **Kombinationen von Kriterien des Bauvorhabens mit der Ziffer „2“** vermerkt, für die eine erweiterte mikroklimatische Analyse des Quartiers (über das Baufeld hinaus) **erforderlich** ist. Im Falle einer **Kombination der Kriterien mit der Ziffer „1“**, wird eine erweiterte mikroklimatische Analyse **empfohlen**. Für jene **Kombinationen der Kriterien mit der Ziffer „0“** ist eine mikroklimatische Analyse für das Baufeld selbst ausreichend und **keine erweiterte Analyse nötig**.

Im Falle von **Besonderheiten eines Bauvorhabens** (Lage nahe einer Kaltluftschneise, Hanglage, Nutzung der Umgebung, Bebauung der Umgebung, o.ä.) wird in jedem Fall **empfohlen**, dessen mikroklimatische Auswirkungen auf die Umgebung zu betrachten. Insbesondere wenn ohnehin bereits eine Analyse für das Baufeld selbst durchgeführt wird.

innerstädtisch		Gebäudehöhe [m]			
Größe der Grundstücksfläche	Local Climate Zone (LCZ)	10	16	32	48
1.0 ha	Compact	2	2	2	2
	Compact (green)	2	2	2	2
	Open	0	1	1	1
2.5 ha	Compact	2	2	2	2
	Compact (green)	2	2	2	2
	Open	0	1	2	2

Tabelle 1: Darstellung der Notwendigkeit einer erweiterten mikroklimatischen Analyse unter den entsprechenden Kriterien des Bauvorhabens im innerstädtischen Raum: rot/2: erforderlich, gelb/1: empfohlen, grün/0: nicht erforderlich.

Stadttrand		Gebäudehöhe [m]				
Größe der Grundstücksfläche	Local Climate Zone (LCZ)	7	10	16	32	48
1.0 ha	Large low-rise	2	2	2		
	Open	0	0	0	0	0
2.5 ha	Large low-rise	2	2	2		
	Open	0	0	0	0	0
4.0 ha	Large low-rise	2	2	2		

Tabelle 2: Darstellung der Notwendigkeit einer erweiterten mikroklimatischen Analyse unter den entsprechenden Kriterien des Bauvorhabens am Stadttrand: rot/2: erforderlich, gelb/1: empfohlen, grün/0: nicht erforderlich.

## 2 Executive Summary

The research project “**KataloQ - Development of a catalog of criteria for the need for climate analyses at neighbourhood level**” gained relevant practical and scientific knowledge on the potential impact of idealized construction and urban development projects on their surroundings with the help of sensitivity experiments using an urban climate model. Steadily growing urbanization is forcing cities to create additional living and working space for future residents. Both vertical expansion (building densification) and horizontal expansion (additional sealing) require a precise analysis of the expected effects in the presence of advancing climate change.

The results of the present project **KataloQ**, in the form of a catalog of criteria, will be used directly by decision-makers and authorities to assess the need for spatially extended microclimate analyses. While no objective criteria could be considered to estimate expected effects of building projects on air temperature in the surroundings during heat days in order to demand corresponding simulations and assessments (unless an Environmental Impact Statement has to be prepared for a project), these are provided by the KataloQ project. The catalog of criteria developed for the requirement of microclimate analyses at neighbourhood level can be considered in various legal instruments or procedures, for example in the context of

- Zoning procedures, for the assessment of significant environmental impacts (microclimate) for the surrounding area and the associated requirement for a Strategic Environmental Assessment,
- urban development contracts, within the scope of the city's possibilities to impose requirements on the contractual partner,
- Operating facility licenses to evaluate the microclimatic effects in terms of warming on the surrounding area (analogous to existing analyses of noise or air pollutants),
- competition procedures that can require extended microclimatic analyses from all applicants.

The results of the experiments carried out show the potential impact of selected construction projects on the air temperature in the surrounding area, particularly in the evening and at night. It is suggested that a microclimatic analysis is not only carried out for the construction site itself, but that its influence on the surroundings is also evaluated if a combination in the areas of (i) location and surroundings of the site, (ii) size of the site area, (iii) average height of the buildings, (iv) total floor area of the buildings and (v) proportion of (un)sealed open spaces is met. Possible negative influences can be reduced and urban overheating counteracted by appropriate adaptation measures for the construction project.

In the following Tables 1 and 2, those **combinations of criteria of the construction project with the number “2”** are noted for which an extended microclimatic analysis of the neighborhood (beyond the construction site) is **required**. In the

case of a **combination of criteria with the number "1"**, an extended microclimatic analysis is **recommended**. For those **combinations of criteria with the number "0"**, a microclimatic analysis for the construction site itself is sufficient and **no extended analysis is necessary**.

In the case of special features of a construction project (location near a cold air corridor, hillside location, use of the surrounding area, development of the surrounding area, etc.), it is always **recommended** to consider its microclimatic effects on the surrounding area. Especially if an analysis is already being carried out for the construction site itself.

inner-city		Building height [m]			
Size of site area	LCZ	10	16	32	48
1.0 ha	Compact	2	2	2	2
	Compact (green)	2	2	2	2
	Open	0	1	1	1
2.5 ha	Compact	2	2	2	2
	Compact (green)	2	2	2	2
	Open	0	1	2	2

Table 1: Illustration of the need for an extended microclimatic analysis under the corresponding criteria of the building project in the inner-city area: red/2: required, yellow/1: recommended, green/0: not required.

Periphery		Building height [m]				
Size of site area	LCZ	7	10	16	32	48
1.0 ha	Large low-rise	2	2	2		
	Open	0	0	0	0	0
2.5 ha	Large low-rise	2	2	2		
	Open	0	0	0	0	0
4.0 ha	Large low-rise	2	2	2		

Table 2: Illustration of the need for an extended microclimatic analysis under the corresponding criteria of the building project on the urban fringe: red/2: required, yellow/1: recommended, green/0: not required.

### 3 Hintergrund und Zielsetzung

Im Zuge des Voranschreitens des Klimawandels sind urbane Räume mit zahlreichen Herausforderungen und Transformationsnotwendigkeiten konfrontiert. Durch die steigende Überwärmung von Städten im Vergleich zum angrenzenden Umland (Urban Heat Island Effekt), kommt der klimaresilienten Stadtentwicklung und klimawandelangepassten Raumplanung besondere Bedeutung zu. In den vergangenen Jahren ist die Wichtigkeit und der Wert von Mikroklimasimulationen immer stärker in das Bewusstsein der Behörden, Raumplaner:innen, Bauträger:innen, etc. gerückt. In der Planungsphase von Bau- und Stadtentwicklungsprojekten werden dabei verschiedene Planungsvarianten konzipiert, immer öfter deren Einfluss auf das lokale Mikroklima berechnet und auf dessen Basis entsprechende Entscheidungen über die tatsächliche Ausgestaltung getroffen. Die Integration dieser Simulationen in den Planungsprozess brachte bereits viele positive Entwicklungen und Praxisbeispiele für klimaresiliente Raumplanung hervor. Allerdings wird der Einfluss eines Bauprojekts auf angrenzende Quartiere bisher nach wie vor oftmals vernachlässigt. Die Prüfung des mikroklimatischen Einflusses endet somit an der Baufeldgrenze. Trotz positiver Beurteilung durch eine Mikroklimasimulation im Vergleich zu einem Worst Case Szenario, können sich größere Bauvorhaben jedoch nachteilig auf das Mikroklima der Umgebung und der angrenzenden Stadtquartiere auswirken. Eine generelle Prüfung der Auswirkungen jedes Bau- oder Stadtentwicklungsprojekts auf die angrenzende Umgebung, in weiterer Folge als „räumlich erweiterte Mikroklimaanalyse“ oder „Klimaanalyse für angrenzende Stadtquartiere“ bezeichnet, wäre jedoch in Anbetracht des verbundenen Aufwands und potenziellen Verzögerungen nicht wünschenswert. Um aus behördlicher Sicht eine objektiv begründete Anforderung einer räumlich erweiterten Mikroklimaanalyse stellen zu können, ist ein entsprechender Kriterienkatalog von Nöten. Das Projekt „KataloQ - Entwicklung eines Kriterienkatalogs für das Erfordernis von Klimaanalysen auf Quartiersebene“ setzte sich dementsprechend folgende Projektziele:

1. Entwicklung eines Kriterienkatalogs für die Notwendigkeit einer räumlich erweiterten Mikroklimaanalyse im Rahmen von Bau- und Stadtentwicklungsprojekten.
2. Quantifizierung des (potenziellen) Einflusses idealisierter Bau- und Stadtentwicklungsprojekte auf ausgewählte Parameter.

Die Analyse der mikroklimatischen Auswirkungen von Bau- und Stadtentwicklungsprojekten auf die Umgebung ist aktuell im Zuge der Erstellung von Umweltverträglichkeitserklärungen (UVE) erforderlich (UVE-Leitfaden, 2019). Für Projekte kleineren Ausmaßes, die zu keiner UVE verpflichtet sind, gibt es keine rechtliche Bestimmung zur Durchführung von Mikroklimasimulationen. Bei Projekten, die nicht zur Erstellung einer UVE verpflichtet sind, wird ein zu erwartender Einfluss auf das lokale Mikroklima vor Ort in manchen Fällen im Rahmen von Ausschreibungen gefordert. Diese beziehen sich allerdings meist ausschließlich auf das Baufeld und überprüfen im Allgemeinen keine Auswirkungen auf die Umgebung. Diese im Rahmen von Ausschreibungen geforderten Mikroklimasimulationen werden erst

in einer späteren Planungsphase des Projekts durchgeführt, nachdem bereits zahlreiche Entscheidungen gefallen sind.

Ein rechtliches Prüfungsinstrument von Umweltauswirkungen im Allgemeinen für eine Evaluierung in einem frühen Planungsstadium wurde mit der strategischen Umweltprüfung (SUP) eingeführt (Umweltbundesamt, 2023). Werden im Rahmen von Flächenwidmungsverfahren erhebliche Umweltauswirkungen erwartet, wird im Zuge dessen eine SUP durchgeführt. Für die Einschätzung der Erheblichkeit werden in der Praxis Arbeitshilfen wie Leitfäden oder Checklisten verwendet, die mit Beispielen, Indikatoren oder konkreten Bewertungsmethoden unterstützen (Schwartz, 2017). Auf dieser Ebene kann der vorliegende Kriterienkatalog eine wissenschaftliche Grundlage liefern, um entsprechende, räumlich erweiterte mikroklimatische Untersuchungen auf Quartiersebene im Rahmen der SUP zu empfehlen oder einzufordern. Diese können entsprechend des Kenntnisstandes des Bebauungsplans oder bereits etwaiger vorliegender Pläne durchgeführt werden.

Des Weiteren kann der vorliegende Kriterienkatalog für das Erfordernis von Mikroklimateanalysen auf Quartiersebene in weiteren rechtlichen Instrumenten oder Verfahren in Betracht gezogen werden, beispielsweise bei

- Städtebaulichen Verträgen, im Rahmen der Möglichkeiten der Stadt Anforderungen an den/die Vertragspartner:in zu stellen,
- Betriebsanlagengenehmigungen, um die mikroklimatischen Auswirkungen hinsichtlich Erwärmung auf die Umgebung zu evaluieren (analog zu bereits bestehenden Analysen zu Lärm oder Luftschadstoffen),
- Wettbewerbsverfahren, die erweiterte mikroklimatische Analysen von allen Einreichenden einfordern können.

Ein Katalog mit quantitativen Kriterien auf Basis wissenschaftlicher Untersuchungen und Sensitivitätsanalysen zur erforderlichen Durchführung von räumlich erweiterten Mikroklimateanalysen kann die wissenschaftlichen Erkenntnisse über klimatische Auswirkungen von Bauprojekten vorantreiben und erlaubt der Stadtplanung zu entscheiden, ob die Durchführung von Klimateanalysen auf angrenzende Stadtquartiere erforderlich, empfehlenswert oder nicht unbedingt erforderlich ist. Während Schwellwerte und potenzielle Auswirkungen auf gegebene Parameter im Rahmen dieses Projekts untersucht wurden, obliegt die Bewertung der Simulationsergebnisse konkreter Projekte weiterhin den durchführenden Expert:innen. Der wissenschaftliche Diskurs über die Intensität des Einflusses auf analysierte Parameter kann dadurch vorangetrieben werden.

## 4 Projektinhalt und Ergebnis(se)

Im Rahmen des Projekts KataloQ wurden mit Hilfe von Sensitivitätsexperimenten mit dem urbanen Klimamodell PALM-4U wissenschaftliche Erkenntnisse über die potenziellen Auswirkungen von idealisierten Bauprojekten auf ihre Umgebung gewonnen. Insbesondere die stetig wachsende Urbanisierung zwingt Städte zusätzlichen Wohn- und Arbeitsraum für zukünftige Einwohner:innen zu schaffen. Sowohl vertikale Expansion (bauliche Nachverdichtung), als auch horizontale Erweiterung (zusätzliche Versiegelung) werfen in der Praxis oftmals die Frage nach dessen Einfluss auf die Umgebung auf. Im Zuge des Projekts wurden zur Erreichung der gesteckten Projektziele folgende Forschungsfragen bearbeitet:

1. Welche Kriterien eines Bauvorhabens dienen als Kriterien für das Erfordernis von Klimaanalysen für angrenzende Stadtquartiere?
2. Welche Schwellwerte bzw. Größenordnungen der identifizierten Projekt-Parameter sollen als Erfüllungskriterium für das Erfordernis von Klimaanalysen auf Quartiersebene angesetzt werden.
3. Welche räumliche Ausdehnung welcher Evaluationsparameter und Intensität ist bei entsprechender Überschreitung der identifizierten Schwellwerte der Projekt-Parameter (in einem idealisierten Fall) erwartbar und muss daher im Einzelfall überprüft und bewertet werden?

Die Ergebnisse und das zentrale Resultat, ein Kriterienkatalog für die Notwendigkeit räumlich erweiterter Mikroklimaanalysen im Rahmen von Bau- und Stadtentwicklungsprojekten, dienen unmittelbar den Entscheidungsträger:innen und Behörden zur Beurteilung des Erfordernisses räumlich erweiterten Klimaanalysen. Während bisher keine objektiven Kriterien angelegt werden konnten, um entsprechende Simulationen und Bewertungen einzufordern (sofern keine UVE erstellt werden muss), werden diese nun erstmalig durch das Projekt KataloQ geliefert.

## Entwicklung des methodischen Aufbaus der Sensitivitätsexperimente

Als Kriterien eines Bauvorhabens wurden zunächst jene Parameter definiert, die in einem frühen Planungsstadium von Bauprojekten zur Verfügung stehen und potenziellen Einfluss auf die nähere Umgebung innerhalb eines Quartiers haben:

- i. Lage und Umgebung des Grundstücks
- ii. Größe der Grundstücksfläche
- iii. Mittlere Höhe der Gebäude
- iv. Gesamte Grundfläche der Gebäude
- v. Anteil der (un)versiegelten Freiflächen

Die Variationen der Werte dieser Parameter bilden die entsprechenden Eingangsparameter für eine Reihe an Sensitivitätsexperimenten, welche mit dem Modell PALM-4U durchgeführt wurden. Um die Anzahl der Experimente auf ein im Projektrahmen durchführbares Maß zu reduzieren, wurden deren Werte und Kombinationen wie folgt erarbeitet:

(1) Abstimmung mit Vertreter:innen von Behörden der Städte Wien und Linz zur Identifikation realistischer Szenarien aus der Praxis.

(2) Anwendung des Konzepts der Local Climate Zones (LCZ; Stewart & Oke, 2012), die idealisierte Bebauungsstrukturen vorschlagen.

Nach Rücksprache mit Vertreter:innen von Behörden der Städte Wien und Linz wurden für die Untersuchungen folgende Lage und Umgebung des Grundstücks (i), Größen der Grundstücksflächen (ii) und mittlere Höhen der Gebäude (iii), definiert:

Lage und Umgebung des Grundstücks	Größe der Grundstücksflächen [ha]	mittlere Höhen der Gebäude [m]
<ul style="list-style-type: none"> <li>• innerstädtisch</li> <li>• Stadtrand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0.1</li> <li>• 1.0</li> <li>• 2.5</li> <li>• 4.0</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 7 (2 Stockwerke)</li> <li>• 10 (3 Stockwerke)</li> <li>• 16 (5 Stockwerke)</li> <li>• 32 (10 Stockwerke)</li> <li>• 48 (15 Stockwerke)</li> </ul>

Tabelle 3: Überblick der Kriterien der simulierten Bauvorhaben.

Auf Basis des Konzepts der LCZ (Abbildung 10) wurden folgende Klassen für die Abstraktion der (iv) gesamten Grundfläche der Gebäude, sowie des (v) Anteils der (un)versiegelten Freiflächen ausgewählt (siehe Grafiken in Tabelle 7 und Tabelle 8):

- Compact (high-rise, midrise entsprechend der Gebäudehöhe)
- Open (high-rise, midrise entsprechend der Gebäudehöhe)
- Large low-rise (nur am Stadtrand)

Zur Abschätzung des Einflusses der Versiegelung wurde eine zusätzliche LCZ als Variante mit Gebäudegrundflächen der LCZ compact und vollständig entsiegelter Fläche als grüne Wiese definiert und als LCZ „compact (green)“ bezeichnet.

## Durchführung und Auswertung der Sensitivitätsexperimente

Entsprechend der Kriterien, Erfahrungen von Bauvorhaben in der Praxis und dem Konzept der LCZ, wurden folgende 44 Sensitivitätsexperimente (und weitere 6 Referenzszenarien der unbebauten Grünfläche) durchgeführt (gekennzeichnet mit „x“ in Tabelle 4 und Tabelle 5).

innerstädtisch		Gebäudehöhe [m]			
Größe der Grundstücksfläche	LCZ	10	16	32	48
0.1 ha	Compact	x	x	x	x
	Compact (green)	x	x	x	x
	Open				
1.0 ha	Compact	x	x	x	x
	Compact (green)	x	x	x	x
	Open		x	x	x
2.5 ha	Compact	x	x	x	x
	Compact (green)	x	x	x	x
	Open		x	x	x

Tabelle 4: Überblick der durchgeführten Sensitivitätsexperimente in der innerstädtischen Domäne.

Stadttrand		Gebäudehöhe [m]				
Größe der Grundstücksfläche	LCZ	7	10	16	32	48
1.0 ha	Large low-rise	x		x		
	Open		x	x	x	x
2.5 ha	Large low-rise	x		x		
	Open		x	x	x	x
4 ha	Large low-rise	x		x		

Tabelle 5: Überblick der durchgeführten Sensitivitätsexperimente in der Domäne am Stadttrand.

## Mikroklimatische Modellierung (PALM-4U)

Die mikroklimatischen Simulationen wurden mit dem urbanen Klimamodell PALM-4U (PALM-4U, 2024) durchgeführt (Abschnitt 6 Methodik). Für die vorliegenden Untersuchungen wurde folgendes Modellsetup gewählt (Tabelle 6). Die Abgrenzungen der Simulationsdomänen sind in Abbildung 2 (Stadtrand) und Abbildung 3 (innerstädtisch) ersichtlich.

<b>Räumliche Auflösung</b>	Parent Domain: 10 m Child Domain: 5 m
<b>Räumliche Ausdehnung</b>	Parent Domain: 2.600 x 2.600 x 2.700 m Child Domain: 1.500 x 1.500 x 300 m
<b>Simulationsdauer</b>	wall-soil spin-up: 24 h Modell spin-up: 6 h Simulation (gesamt): 30 h Simulation (Auswertung): 24 h
<b>Meteorologische Randbedingungen</b>	Autochthone Wetterlage entsprechend des Anwendungskatalogs PALM-4U

*Tabelle 6: Modell Setup der mikroklimatischen Simulationen mit PALM-4U.*

**innerstädtisch**

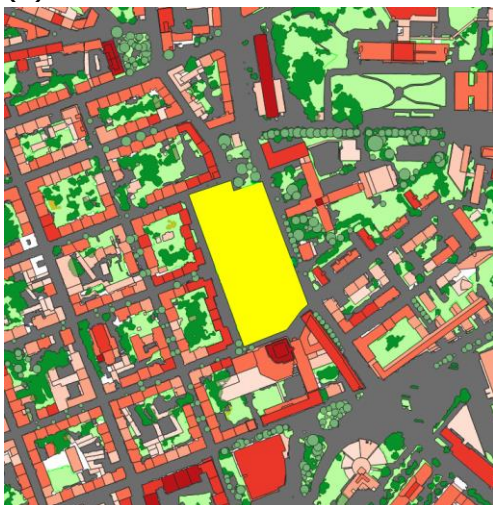
(a) 0.1 ha



(b) 1.0 ha

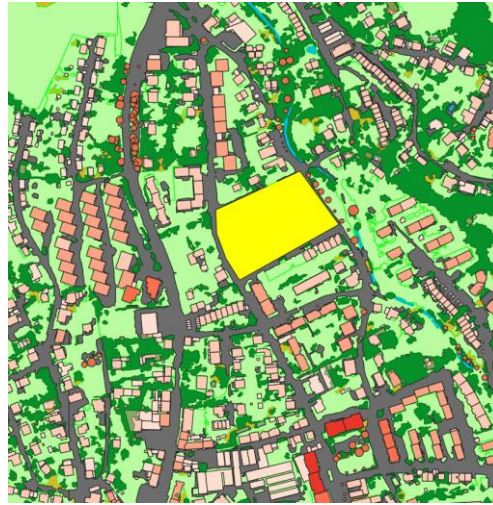


(c) 2.5 ha

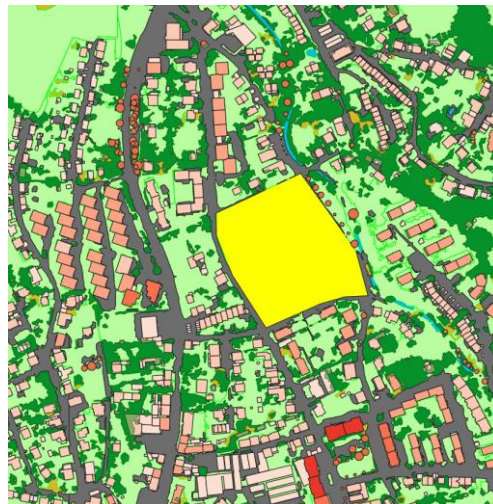


**Stadtrand**

(d) 1.0 ha



(e) 2.5 ha



(f) 4.0 ha

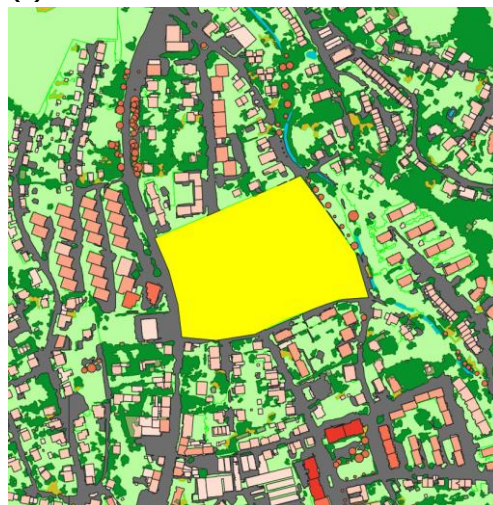


Abbildung 1: Schematischer Überblick der Entwicklungsgebiete (gelb) für die untersuchten Grundstücksgrößen der Domänen innerstädtisch (a-c) und Stadtrand (d-f)

PALM-4U Simulationsdomäne 'Stadtrand'



Abbildung 2: PALM-4U Simulationsdomäne der Ortslage „Stadtrand“. Äußerer Rahmen (orange): Parent Domain, Auflösung: 10 m; Innerer Rahmen (blau): Child Domain, Auflösung: 5 m.

PALM-4U Simulationsdomäne 'innerstädtisch'



Abbildung 3: PALM-4U Simulationsdomäne der Ortslage „innerstädtisch“. Äußerer Rahmen (orange): Parent Domain, Auflösung: 10 m; Innerer Rahmen (blau): Child Domain, Auflösung: 5 m.

## Erläuterungen zur Auswertung der Sensitivitätsexperimente

### **Referenzsimulation**

Für die durchgeführte Studie wurde als Referenz eine unbeschattete Rasenfläche angenommen, um eine möglichst unbeeinflusste Referenzfläche abzubilden. Alternativ könnte in weiteren Untersuchungen auch eine parkähnliche Fläche (Grünfläche mit Baumbestand) betrachtet werden. Diese würde einem idealisierten, mikroklimatischen Best-Case Szenario entsprechen und somit das mikroklimatische Potential der Fläche aufzeigen. Die Betrachtung des aktuellen Status Quo Zustands, oder eines Worst-Case Szenarios wurde ausgeschlossen. Für Status Quo müsste ein Referenzzeitpunkt definiert werden, da sich das Gebiet ja im Laufe der Jahre wahrscheinlich baulich verändert hat. Ein Worst-Case Szenario als Referenz würde meist „fiktive“ mikroklimatische Verbesserungen durch eine geplante Bebauung suggerieren und nicht die Auswirkungen eines Bauprojekts auf einer un bebauten Fläche.

### **Bebauungsstruktur der Umgebung**

Die räumliche Ausdehnung und mikroklimatische Wirkung eines Bauvorhabens ist nicht nur von Dichte, Versiegelungsgrad und Bauvolumen am Areal selbst abhängig, sondern auch von der Bebauungsstruktur in der Umgebung. Eine durchgehende Häuserfront quer zur Windrichtung verhindert (unabhängig vom Bauvorhaben) die Durchlüftung und folglich auch den Transport wärmerer oder kühlerer Luft. Die Einflüsse (z.B. erhöhte Lufttemperatur) bleiben somit lokal begrenzt und breiten sich nicht in die Umgebung aus. Allerdings ist die lokale Auswirkung in ihrer Intensität höher als bei lockerer Bebauung mit guter Durchlüftung. Diese ermöglicht den Luftaustausch, erweitert somit die räumliche Ausdehnung der Parametereinflüsse und reduziert gleichzeitig deren Intensität. In der vorliegenden Studie sind im Allgemeinen die Auswirkungen im innerstädtischen Gebiet stärker, jedoch lokaler abgegrenzt, während die Auswirkungen in den Experimenten am Stadtrand schwächer, jedoch weiter ausgebreitet sind.

### **Windrichtung und -geschwindigkeit relevant**

Die Simulationen wurden bei einer windschwachen Wetterlage durchgeführt. Die Auswirkungen bei höheren Windgeschwindigkeit können nicht ohne zusätzliche Experimente abgeschätzt werden. Zunächst sind Windrichtung/-geschwindigkeit sehr lokale Größen, deren Auswirkungen in der Umgebung stark von der tatsächlichen (nicht idealisierten) Bebauung abhängen. Des Weiteren ist der Einfluss von verstärkter Ausbreitung durch höhere Windgeschwindigkeiten im Gegensatz zu kürzerer Verweilzeit der Luft (bzw. eines Luftballens) am Projektareal des Bauvorhabens aus den aktuell durchgeführten Experimenten nicht eindeutig abschätzbar.

### **Idealisierte Bebauungen für Experimente**

Für die Studie wurden idealisierte Bebauungen anhand des Konzepts der Local Climate Zones erstellt. Während die Typologien „open“ und „large low-rise“ in österreichischen Städten großräumig vorkommen, findet die Typologie „compact“ (und die zusätzlich eingeführte Typologie „compact green“) nur in seltenen Fällen

Anwendung. Hingegen sind Blockrandbebauungen insbesondere im innerstädtischen Gebieten historisch bedingt vielfach vorzufinden.

### **Auswahl der Evaluationsorte**

Ein großer Teil der Umgebung des Projektareals, an dem ein Bauvorhaben simuliert wurde, wird kaum bzw. gar nicht beeinflusst, insbesondere entgegen der Windrichtung (luv). Um das Potential des Einflusses abzubilden, wurden Orte gewählt, die im Vergleich zur übrigen Umgebung stark beeinflusst wurden. In der Praxis fällt der Einfluss im Einzelfall (je nach Bebauung) stärker oder schwächer aus.

### **Auswahl der Evaluationsparameter**

Als Evaluationsparameter wurde die Lufttemperatur in 2 m Höhe gewählt. Diese ist eine gängige Größe für das Wohlbefinden des Menschen und wird durch die simulierten baulichen Veränderungen potenziell beeinflusst. Folgende weitere Größen wurden aus den folgenden Gründen nicht in die detaillierte Evaluation einbezogen:

- Windgeschwindigkeit: Es wurde eine meteorologische Ausgangslage mit geringer Windgeschwindigkeit simuliert. Etwaige Änderungen der Windgeschwindigkeit und -richtung durch das Bauvorhaben sind äußerst gering und können nicht von der Modellunsicherheit getrennt werden.
- Thermischer Komfort: Thermischer Komfort wird insbesondere untertags stark durch den Anteil kurzweiliger Strahlung beeinflusst. Diese ändert sich jedoch im Abstand von 50 – 100 m zum Untersuchungsgebiet nicht (ausgenommen etwaige Verschattungen durch hohe Gebäude in den frühen Morgen- oder Abendstunden). In der Nacht hingegen wird im Falle geringer Windgeschwindigkeit deren Wert vorwiegend von der Lufttemperatur beeinflusst, die hier evaluiert wird.

## Ergebnisse der Mikroklimatischen Modellierung

Ortslage: innerstädtisch

### Auswahl der Evaluationsorte

Für die Evaluation wurden die Auswirkungen des jeweiligen, idealisierten Bauvorhabens in einem Abstand von 50 – 100 m zur Domäne gewählt (der Evaluationsort ist 50 m vom Rand des Bauvorhabens und 100 m vom Zentrum des Bauvorhabens bei einer Größe von 1.0 ha entfernt). Für die Baufeldgröße von 0.1 ha waren die Auswirkungen auf die Umgebung auf ein zu kleines Gebiet beschränkt und wurden daher nicht weiter berücksichtigt. In nachfolgender Tabelle 7 ist der Ort der Evaluation in dem jeweiligen Setup der Sensitivitätsexperimente durch einen rosa Stern gekennzeichnet.

Innerstädtisch	LCZ compact	LCZ compact (green)	LCZ open
Größe: 1.0 ha			
Größe: 2.5 ha			

Tabelle 7: Graphische Darstellung der Bauvorhaben (genordet) und Evaluationsstandorte (rosa Stern südwestlich des Bauvorhabens) in der innerstädtischen Domäne für die simulierte Grundstücksgrößen und LCZ.

### Zusammenfassung der Ergebnisse (innerstädtisch)

Der Versiegelungsgrad der Freiflächen hat einen signifikanten Einfluss auf die Lufttemperatur am Evaluationsort in 50 – 100 m Entfernung. Eine Bebauungsstruktur der LCZ compact (1.0 ha) zeigt im gesamten Tagesverlauf eine Erhöhung der Lufttemperatur im Vergleich zur Referenzsimulation mit den stärksten Einflüssen in den Abendstunden mit bis zu 1 °C (Abbildung 4). Diese hält auch im Laufe der Nacht mit Werten rund um 0.5 °C an. Hingegen zeigen die Experimente der LCZ compact green abends eine Reduktion der Lufttemperatur um kurzzeitig bis zu 2 °C (Abbildung 5). Durch die Abschattung der grünen Freiflächen durch die Gebäude heizen sich die grünen Freiflächen im Tagesverlauf nicht so stark auf und die abendliche Abkühlung setzt bereits früher ein als im Falle einer unbeschatteten Rasenfläche (Referenz). Zusätzlich ist im Falle höherer Gebäude hervorzuheben,

dass diese im Verlauf des späten Nachmittags bei tiefer stehender Sonne die Umgebung östlich des Baufeldes verschatten. Dies erklärt die negativen Differenzen rund um 18:00 (Abbildung 11 und Abbildung 12). Die nächtliche Abkühlung geht jedoch im Referenzexperiment ohne Bebauung schneller von statten, sodass bereits in den frühen Nachtstunden wieder eine leicht positive Temperaturdifferenz zu compact green zu verzeichnen ist. Der direkte Vergleich zwischen LCZ compact und compact green, deren Unterschied die vollständige Versiegelung bzw. Begrünung der Freiflächen darstellt, zeigt darüber hinaus die Wichtigkeit und den räumlichen Einflussbereich der Entsiegelung und Begrünung.

Eine Bebauung im Stile der LCZ open zeigt im Tagesverlauf den geringsten Einfluss auf die Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (Abbildung 6). Durch die lockerere Bebauung im Vergleich zu compact green reduzieren sich sowohl die Verschattungseffekte als auch die zusätzliche Wärmespeicherung der Gebäude in der Nacht.

Durch ein größeres Bebauungsgebiet (2.5 ha) verstärken sich alle beschriebenen Prozesse, sodass beispielsweise die Temperaturerhöhung im Falle der LCZ compact in den Abendstunden bei einer niedrigeren Bebauungshöhe von 10 m bis zu 1.5 °C erreicht (Abbildung 12 und Abbildung 13).

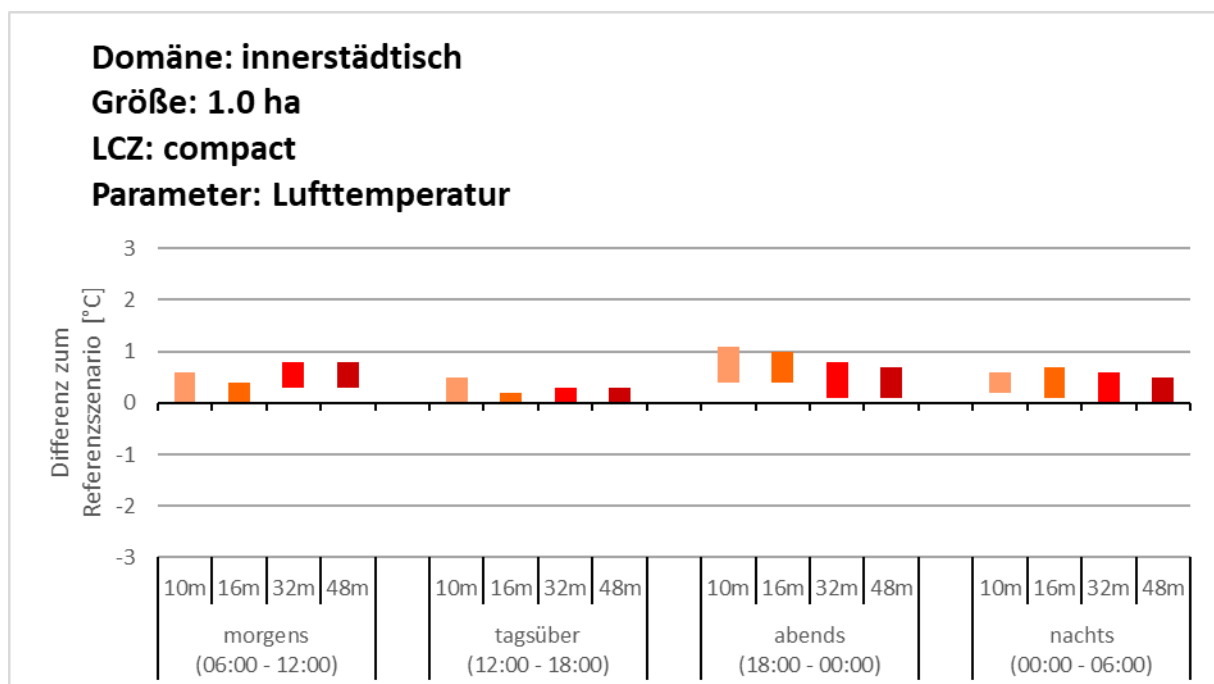


Abbildung 4: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ compact und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 1.0 ha, in der innerstädtischen Domäne, in den angegebenen Zeiträumen und für die gegebenen Gebäudehöhen. Die Balken geben den minimalen und maximalen Unterschied innerhalb des betrachteten Zeitfensters an.

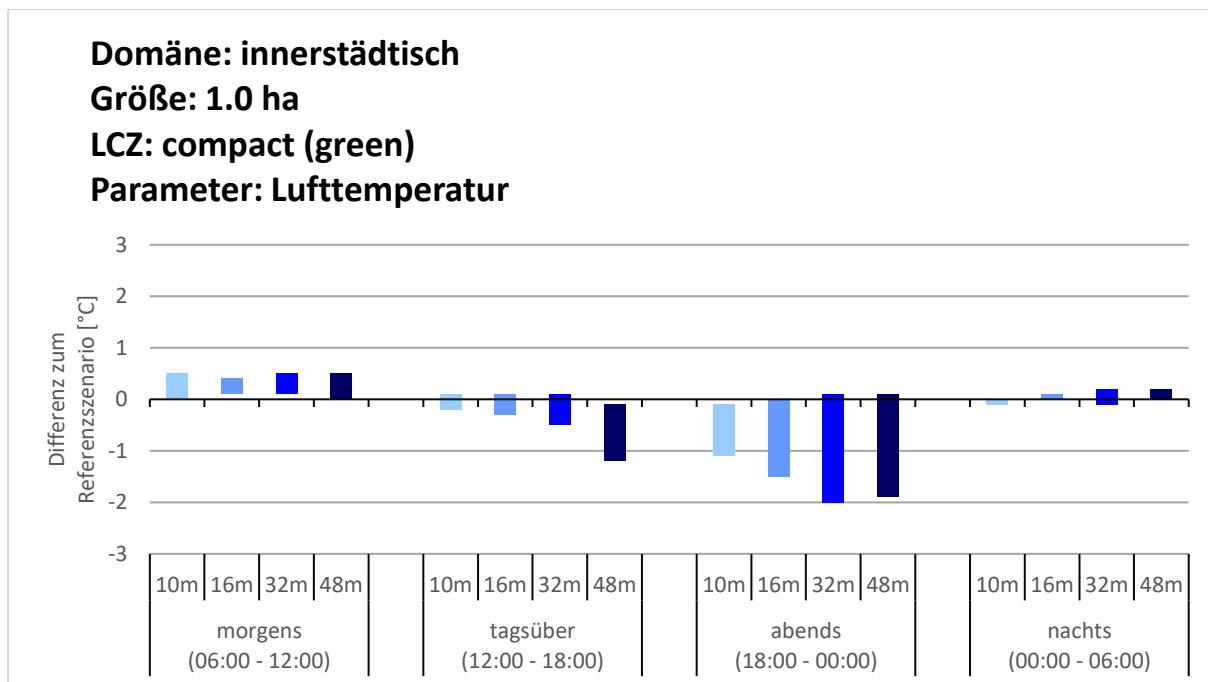


Abbildung 5: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ compact green und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 1.0 ha, in der innerstädtischen Domäne, in den angegebenen Zeiträumen und für die gegebenen Gebäudehöhen. Die Balken geben den minimalen und maximalen Unterschied innerhalb des betrachteten Zeitfensters an.

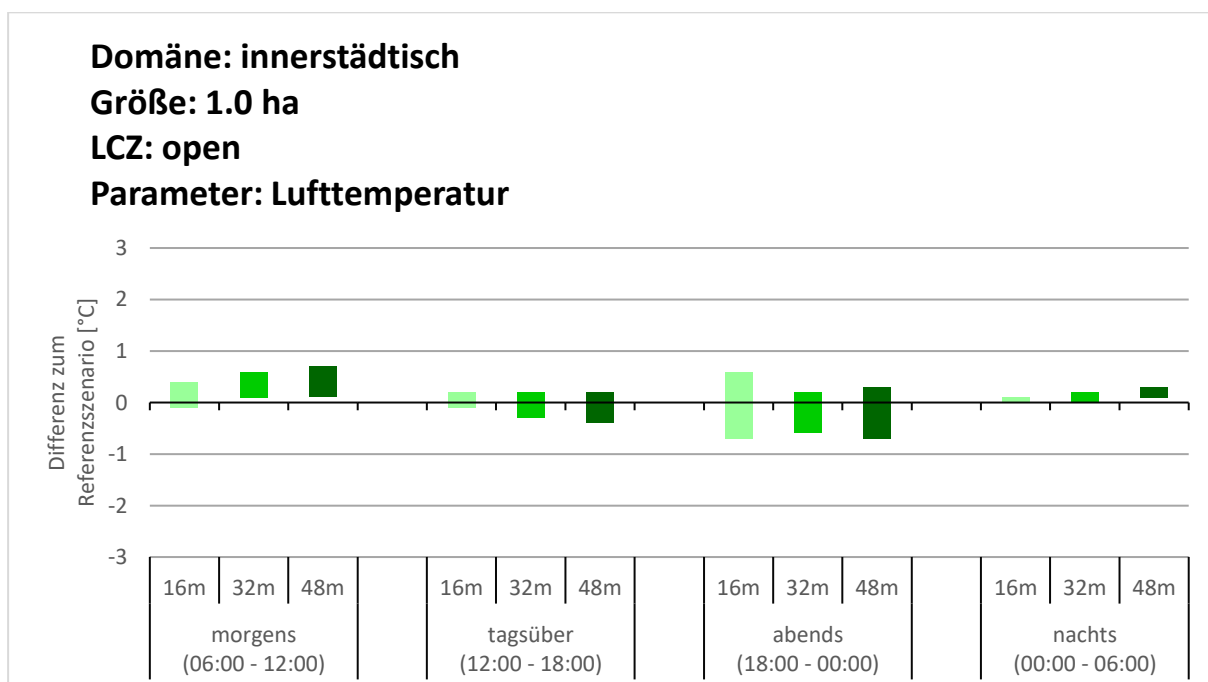


Abbildung 6: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ open und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 1.0 ha, in der innerstädtischen Domäne, in den angegebenen Zeiträumen und für die gegebenen Gebäudehöhen. Die Balken geben den minimalen und maximalen Unterschied innerhalb des betrachteten Zeitfensters an.

## Ortslage: Stadtrand

### Auswahl der Evaluationsorte

Für die Evaluation wurden die Auswirkungen des jeweiligen, idealisierten Bauvorhabens in einem Abstand von 50 – 100 m zur Domäne gewählt (der Evaluationsort ist 50 m vom Rand des Bauvorhabens und 100 m vom Zentrum des Bauvorhabens bei einer Größe von 1.0 ha entfernt). In der nachfolgenden Tabelle 8 ist der Ort der Evaluation in dem jeweiligen Setup der Sensitivitätsexperimente durch einen rosa Stern gekennzeichnet.






Stadtrand	LCZ open	LCZ large low-rise
Größe: 1.0 ha		
Größe: 2.5 ha		
Größe: 4.0 ha		

Tabelle 8: Graphische Darstellung der Bauvorhaben (genordet) und Evaluationsstandorte (rosa Stern süd-südwestlich des Bauvorhabens) in der Domäne am Stadtrand für die simulierten Grundstücksgrößen und LCZ.

### Zusammenfassung der Ergebnisse (Stadtrand)

Eine Bebauung im Stile der LCZ open zeigt nur geringe Auswirkungen auf die Veränderung der Lufttemperatur am Evaluationsort (Abbildung 8). Während diese im Verlauf des Tages fluktuieren, stellt sich, bei einer Grundstücksgröße von 1.0 ha, ab etwa 19:00 eine Erhöhung der Lufttemperatur um rund 0.2 °C ein, die während der Nacht konstant bleibt (Abbildung 16). Im Falle einer Grundstücksgröße von 2.5 ha zeigt sich dies erst ab etwa 22:00 (Abbildung 17). Dieser Unterschied ist

auf den jeweiligen Evaluationsstandort und die damit verbundene Unsicherheit der idealisierten Experimente zurückzuführen.

Die Experimente der LCZ large low-rise zeigen wiederum die signifikanten Effekte und den räumlichen Einflussbereich der Versiegelung auf die Lufttemperatur. Während sich tagsüber die Temperaturerhöhung (durch die dunklere Oberfläche, den höheren Absorptionsgrad und die hohe Wärmeleitfähigkeit) und Temperaturreduktion (durch die Verschattung der Freiflächen durch die Gebäude) in etwa ausgleichen, haben die simulierten Bauvorhaben nachts starken Einfluss auf die Umgebung (Abbildung 7). In den frühen Abendstunden (18:00 – 20:00) führen diese je nach Grundstücksgröße und Bebauung zu höheren Temperaturen von 1.0 – 1.5 °C (Abbildung 7, Abbildung 19 und Abbildung 21). Während der Nacht bleibt der Temperaturanstieg nahezu konstant bei 0.3 – 0.5 °C (Abbildung 16).

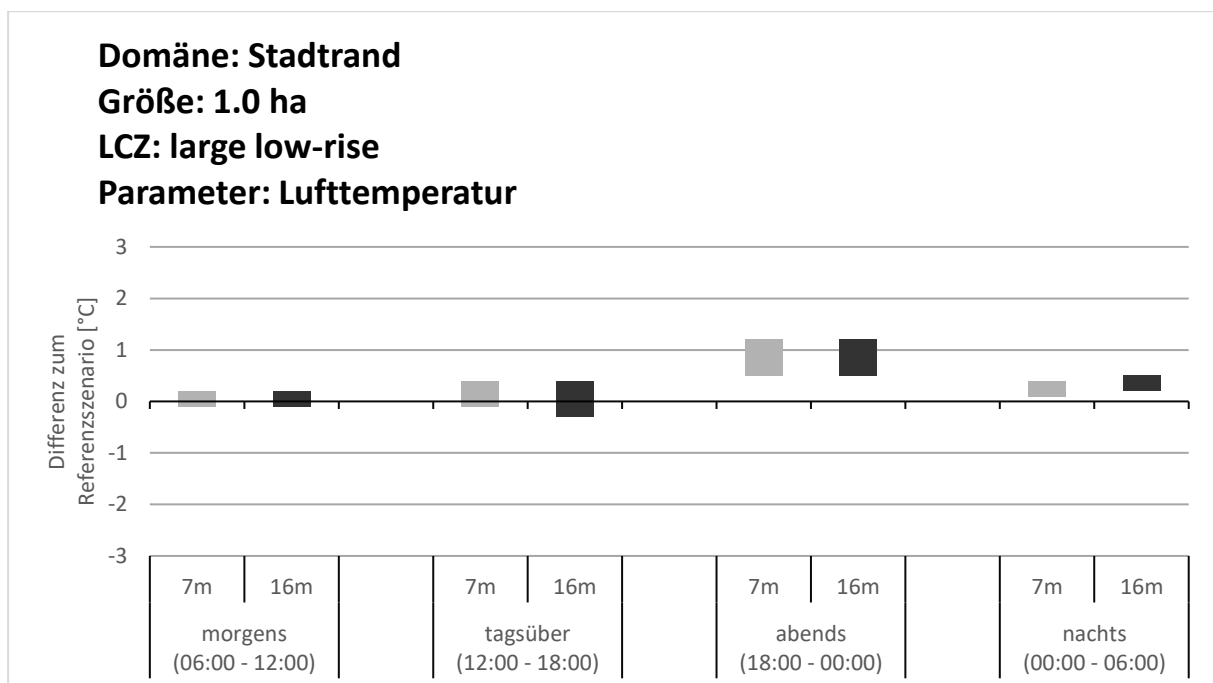


Abbildung 7: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ large low-rise und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 1.0 ha, in der Domäne am Stadtrand, in den angegebenen Zeiträumen und für die gegebenen Gebäudehöhen. Die Balken geben den minimalen und maximalen Unterschied innerhalb des betrachteten Zeitfensters an.

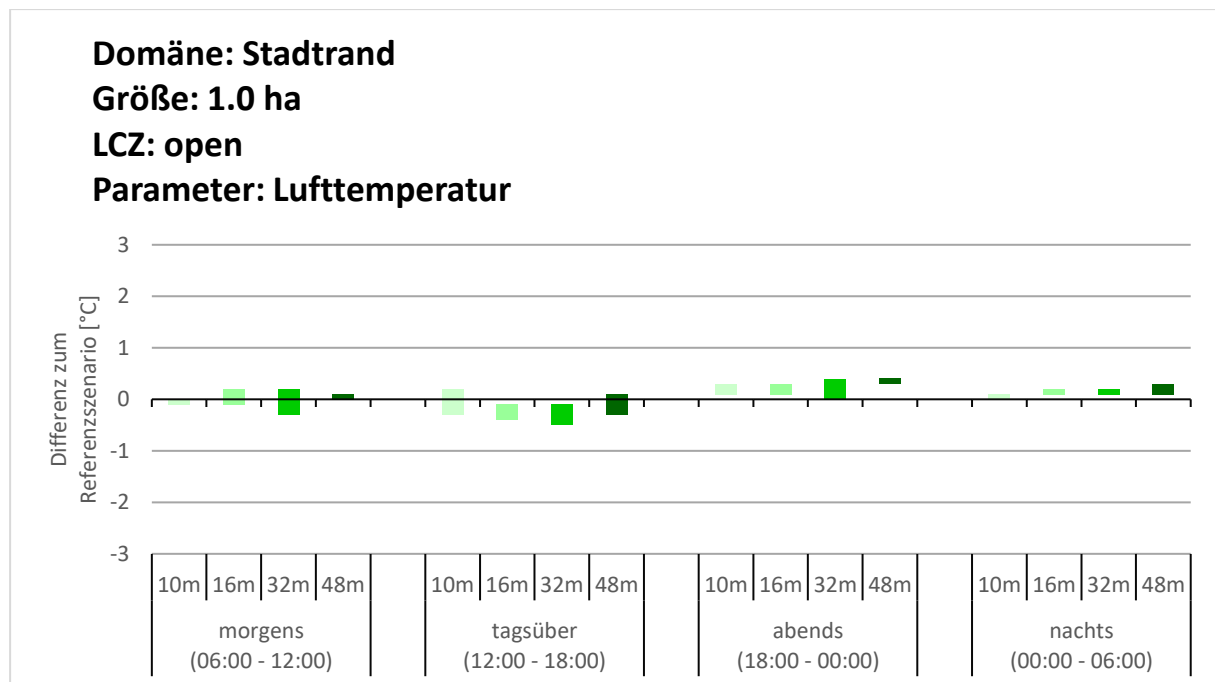


Abbildung 8: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ open und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 1.0 ha, in der Domäne am Stadtrand, in den angegebenen Zeiträumen und für die gegebenen Gebäudehöhen. Die Balken geben den minimalen und maximalen Unterschied innerhalb des betrachteten Zeitfensters an.

## 5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Ergebnisse der durchgeführten Experimente zeigen potenzielle Einflüsse ausgewählter Bauvorhaben auf die Lufttemperatur in der Umgebung, insbesondere in den Abend- und Nachtstunden. Es wird angeraten eine mikroklimatische Analyse nicht ausschließlich für das Baufeld selbst durchzuführen, sondern auch deren Einfluss auf die Umgebung zu evaluieren, wenn bei Bauvorhaben eine Kombination von (i) Lage und Umgebung des Grundstücks, (ii) Größe der Grundstücksfläche, (iii) mittlere Höhe der Gebäude, (iv) gesamte Grundfläche der Gebäude und (v) Anteil der (un)versiegelten Freiflächen zutrifft. Durch entsprechende Anpassungsmaßnahmen des Bauvorhabens kann ein möglicher negativer Einfluss reduziert und der urbanen Überhitzung entgegengewirkt werden.

In den nachfolgenden Tabelle 9 und Tabelle 10 sind jene **Kombinationen von Kriterien des Bauvorhabens mit der Ziffer „2“** vermerkt, die in den durchgeführten Simulationen eine **Veränderung der Lufttemperatur am Evaluationsstandort um mind. 1°C** an zumindest einem Zeitpunkt während des Tages bewirken. Für diese ist eine erweiterte mikroklimatische Analyse des Quartiers (über das Baufeld hinaus) **erforderlich**. Im Falle einer **Veränderung der Lufttemperatur am Evaluationsstandort um mind. 0.5°C, aber weniger als 1°C** wird die **Kombination der Kriterien mit der Ziffer „1“** vermerkt und eine erweiterte mikroklimatische Analyse **empfohlen**. Für jene **Kombinationen der Kriterien mit der Ziffer „0“** ist, unter den explizit und implizit getroffenen Annahmen der durchgeführten Simulationen, eine mikroklimatische Analyse für das Baufeld selbst ausreichend und **keine erweiterte Analyse nötig**, da die **Veränderung der Lufttemperatur am Evaluationsstandort zu keinem Zeitpunkt 0.5°C erreicht**. *Leere Zellen in der Tabelle 10 sind nicht mehr in der LCZ large low-rise abgebildet. Aufgrund der Ergebnisse wäre aber in diesen Fällen auch eine erweiterte mikroklimatische Analyse erforderlich.*

Im Falle von **Besonderheiten eines Bauvorhabens** (Lage nahe einer Kaltluftschneise, Hanglage, Nutzung der Umgebung, Bebauung der Umgebung, o.ä.) wird in jedem Fall **empfohlen**, dessen mikroklimatische Auswirkungen auf die Umgebung zu betrachten. Insbesondere wenn ohnehin bereits eine Analyse für das Baufeld selbst durchgeführt wird.

innerstädtisch		Gebäudehöhe [m]			
Größe der Grundstücksfläche	LCZ	10	16	32	48
1.0 ha	Compact	2	2	2	2
	Compact (green)	2	2	2	2
	Open	0	1	1	1
2.5 ha	Compact	2	2	2	2
	Compact (green)	2	2	2	2
	Open	0	1	2	2

Tabelle 9: Darstellung der Notwendigkeit einer erweiterten mikroklimatischen Analyse unter den entsprechenden Kriterien des Bauvorhabens im innerstädtischen Raum: rot/2: erforderlich, gelb/1: empfohlen, grün/0: nicht erforderlich.

Stadttrand		Gebäudehöhe [m]				
Größe der Grundstücksfläche	LCZ	7	10	16	32	48
1.0 ha	Large low-rise	2	2	2		
	Open	0	0	0	0	0
2.5 ha	Large low-rise	2	2	2		
	Open	0	0	0	0	0
4.0 ha	Large low-rise	2	2	2		

Tabelle 10: Darstellung der Notwendigkeit einer erweiterten mikroklimatischen Analyse unter den entsprechenden Kriterien des Bauvorhabens am Stadttrand: rot/2: erforderlich, gelb/1: empfohlen, grün/0: nicht erforderlich.

Für den entwickelten Kriterienkatalog wurden idealisierte Bauvorhaben simuliert, die zum Teil nur die Ränder des Wertebereichs eines Parameters oder eine ausgewählte Gebäudeanordnung annehmen (Freiflächen entweder vollständig ver- oder entsiegelt, Abstände zwischen den Gebäuden, etc.). In der Praxis werden die Parameter jedoch in der Regel variieren (ver- und entsiegelte Bereiche der Freiflächen, verschiedene Gebäudeabstände, etc.) und unterschiedlich geplant und umgesetzt. Dementsprechend wird empfohlen, sich an den hier erläuterten Idealisierungen zu orientieren und im Zweifelsfall die Simulationsdomäne auf die Umgebung auszuweiten, um die Notwendigkeit und Wirkung von Anpassungsmaßnahmen nicht nur für die Nutzung des Bauvorhabens selbst, sondern auch für die Umgebung besser einschätzen zu können

## C) Projektdetails

### 6 Methodik

#### Sensitivitätsanalyse

Für die Durchführung des Projekts KataloQ wurde eine grundlegende Methode der Sensitivitätsanalyse angewandt. Im Allgemeinen untersuchen Sensitivitätsanalysen den Zusammenhang zwischen Output Parametern (OP) eines Systems (z.B. numerisches Simulationsmodell) und Input Parametern (IP) (Razavi et al., 2021). Im atmosphärenwissenschaftlichen Kontext handelt es sich dabei oftmals um „Was wäre, wenn...“ Analysen, die die Evaluation von potenziellen Auswirkungen von Szenarien oder Maßnahmen ermöglichen. Dafür werden die Auswirkungen der Variation ausgewählter IP auf ausgewählte OP untersucht. Lokale Sensitivitätsanalysen analysieren dabei die Auswirkungen expliziter Werte der Input Parameter. Im Gegensatz dazu, wird bei globalen Sensitivitätsanalysen der gesamte Wertebereich der ausgewählten Input Parameter analysiert (Pianosi et al., 2016).

Für das vorliegende Projekt wurden lokale Sensitivitätsanalysen mittels Variation einzelner (OAT, One-At-a-Time) und mehrerer (AAT, All-At-a-Time) Input Parameter durchgeführt. Der methodische und konzeptionelle Aufbau ist in Abbildung 9 dargestellt. Zunächst wurden die zu variierenden IP (z.B. mittlere Gebäudehöhe eines Bau- oder Stadtentwicklungsprojekts) und zu evaluierenden OP (z.B. Lufttemperatur) definiert. Im Zuge dessen wurden auch die Anforderungen an die benötigten Simulationsdomänen spezifiziert und diese ausgewählt. Die Simulation eines Basis-Szenarios mit einer un bebauten Grünfläche bildeten die Referenz, mit der nachfolgende Simulationen verglichen wurden.

Anschließend wurden die IP variiert und für jeden variierten Wert jeweils eine Simulation berechnet, um dessen Sensitivität und Auswirkung auf die zuvor definierten OP zu evaluieren (OAT Ansatz). In weiterer Folge wurden auch Szenarien mit der Variation mehrerer IP durchgeführt, um möglichst realistische Szenarien zu generieren (AAT Ansatz). Die Evaluierung des Einflusses der ausgewählten IP auf die definierten OP (in Raum und Intensität) wurden in Bezug auf das Basis-Szenario quantifiziert und dargestellt. Als Synthese und Dokument für Anwender:innen (z.B. lokale Behörden) wurde ein Kriterienkatalog mit den detaillierten Resultaten zusammengestellt.

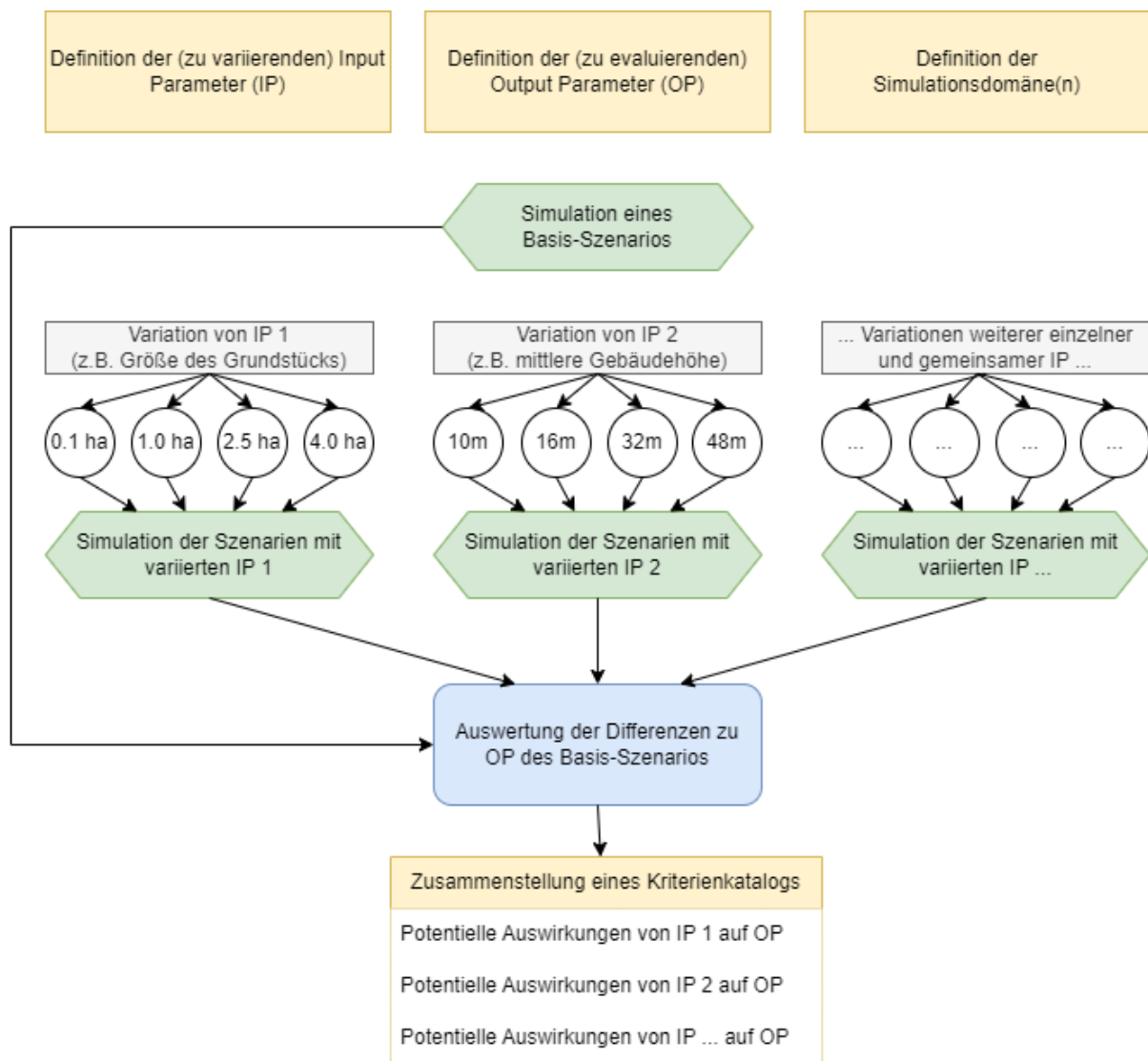


Abbildung 9: Methodischer Aufbau des Projekts KataloQ.

Durch die Komplexität und damit verbundenen Ressourcen für mikroklimatische Simulationen, konnte nur eine begrenzte Anzahl an Sensitivitätsexperimenten durchgeführt werden. Als Input Parameter wurden folgende Kriterien eines Bauvorhabens definiert und variiert:

i. Lage und Umgebung des Grundstücks

Die gewählten Domänen betrachten jeweils ein Untersuchungsgebiet am Stadtrand und in der Innenstadt. Diese beiden bilden die grundlegende Abgrenzung aller weiteren durchgeführten Sensitivitätsexperimente.

ii. Größe der Grundstücksfläche

In der innerstädtischen Domäne wurden Baufelder der Größen 0.1, 1.0 und 2.5 ha betrachtet. Größere Grundflächen kommen nach Rücksprache mit Vertreter:innen der Stadt Wien und Linz selten vor und erfordern meist ohnehin zusätzliche Untersuchungen. Am Stadtrand wurden aufgrund der

meist größeren Grundstücksflächen Baufelder der Größe 1.0, 2.5 und 4.0 ha untersucht.

iii. Mittlere Höhe der Gebäude

Die mittleren Höhen der Gebäude variieren von 10 – 48 m (3, 5, 10, 15 Stockwerke) unter der Annahme einer Stockwerkhöhe von 3,2 m. Für die LCZ large low-rise wurde zusätzlich eine Stockwerkhöhe von 7 m simuliert. Im mikroklimatischen Modell wurde mit einer vertikalen Auflösung von 5 m gerechnet. Die Gebäudehöhe wird dabei auf die letzte vollständig ausgefüllte Gitterzelle reduziert.

iv. Gesamte Grundfläche der Gebäude

Die Grundfläche der Gebäude wurde durch das Konzept der LCZ angenähert und ist in Tabelle 7 und Tabelle 8 schematisch dargestellt.

v. Anteil der (un)versiegelten Freiflächen

Der Anteil der (un)versiegelten Freiflächen wurde durch das Konzept der LCZ angenähert und ist in Tabelle 7 und Tabelle 8 schematisch dargestellt.

Dabei wurden (i) Lage und Umgebung des Grundstücks, (ii) Größe der Grundstücksfläche und (iii) Mittlere Höhe der Gebäude jeweils einzeln variiert (OAT). Die beiden anderen Kriterien, (iv) Gesamte Grundfläche der Gebäude und (v) Anteil der (un)versiegelten Freiflächen, wurden gemeinsam mit der Anwendung des Konzepts der Local Climate Zones variiert (AAT). Ein Überblick über die insgesamt 50 durchgeführten Experimente (44 Sensitivitätsexperimente, 6 Referenzexperimente) ist in Tabelle 4 und Tabelle 5 dargestellt.

Als zu evaluierende OP wurden initial die Parameter Lufttemperatur (2 m), Windgeschwindigkeit (10 m) und Thermischer Komfort (PET, UTCI) angedacht. Aufgrund der in Abschnitt „Erläuterungen zur Auswertung der Sensitivitätsexperimente“ beschriebenen Eigenschaften der Experimente und Parameter Windgeschwindigkeit und Thermischer Komfort, wurde schlussendlich ausschließlich der Parameter Lufttemperatur betrachtet.

## Idealisierte Bebauungsstruktur anhand des Konzepts der Local Climate Zones

Die Verteilung der Gebäude und der Anteil der (un)versiegelten Freiflächen auf dem Baufeld wurden durch eine idealisierte Bebauungsstruktur anhand des Konzepts der Local Climate Zones (LCZ) angenommen. Als Local Climate Zones werden Gebiete gleicher Oberfläche, Struktur und Nutzung bezeichnet, die zur Klassifikation ausgewählter Regionen dienen (Stewart & Oke, 2012).

Built types	Definition	Land cover types	Definition
<b>1. Compact high-rise</b> 	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	<b>A. Dense trees</b> 	Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
<b>2. Compact midrise</b> 	Dense mix of midrise buildings (3–9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	<b>B. Scattered trees</b> 	Lightly wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
<b>3. Compact low-rise</b> 	Dense mix of low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	<b>C. Bush, scrub</b> 	Open arrangement of bushes, shrubs, and short, woody trees. Land cover mostly pervious (bare soil or sand). Zone function is natural scrubland or agriculture.
<b>4. Open high-rise</b> 	Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	<b>D. Low plants</b> 	Featureless landscape of grass or herbaceous plants/crops. Few or no trees. Zone function is natural grassland, agriculture, or urban park.
<b>5. Open midrise</b> 	Open arrangement of midrise buildings (3–9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	<b>E. Bare rock or paved</b> 	Featureless landscape of rock or paved cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert (rock) or urban transportation.
<b>6. Open low-rise</b> 	Open arrangement of low-rise buildings (1–3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.	<b>F. Bare soil or sand</b> 	Featureless landscape of soil or sand cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert or agriculture.
<b>7. Lightweight low-rise</b> 	Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).	<b>G. Water</b> 	Large, open water bodies such as seas and lakes, or small bodies such as rivers, reservoirs, and lagoons.
<b>8. Large low-rise</b> 	Open arrangement of large low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.	<b>VARIABLE LAND COVER PROPERTIES</b> Variable or ephemeral land cover properties that change significantly with synoptic weather patterns, agricultural practices, and/or seasonal cycles.	
<b>9. Sparsely built</b> 	Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).	<b>b. bare trees</b>	Leafless deciduous trees (e.g., winter). Increased sky view factor. Reduced albedo.
<b>10. Heavy Industry</b> 	Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.	<b>s. snow cover</b>	Snow cover >10 cm in depth. Low admittance. High albedo.
		<b>d. dry ground</b>	Parched soil. Low admittance. Large Bowen ratio. Increased albedo.
		<b>w. wet ground</b>	Waterlogged soil. High admittance. Small Bowen ratio. Reduced albedo.

Abbildung 10: Zusammengefasste Definitionen der Local Climate Zones (Stewart & Oke, 2012). Rahmen (orange) markieren die simulierten und evaluierten LCZ (1., 2., 4., 5., 8.).

Die **LCZ compact** (high-rise, midrise entsprechend der Gebäudehöhe) charakterisiert in der Literatur ein städtisches Gebiet mit dichter Bebauungsstruktur und vorwiegend versiegelten Freiflächen. Für die vorliegende Studie wurden ausschließlich versiegelte Flächen zwischen den Gebäuden mit einem Abstand von 15 m zwischen den Gebäuden angenommen.

Die **LCZ open** (high-rise, midrise entsprechend der Gebäudehöhe) wird hingegen durch unversiegelte Freiflächen und eine geringere Gebäudedichte beschrieben. Für die Sensitivitätsexperimente wurden unversiegelte Grünflächen zwischen den Gebäuden und ein Gebäudeabstand von 30 m gewählt. Es wurden keine Flächen für Gehwege oder Straßen versiegelt und auch keine Bäume platziert.

Die **LCZ large low-rise** entspricht großflächiger Gebäude mit wenigen Stockwerken und versiegelten Flächen dazwischen. In der Realität ist diese LCZ vergleichbar mit Einkaufszentren, Industriegebieten, Lagerhallen, o.ä. und großzügigen Parkplätzen vor Ort.

Zur Abschätzung des Einflusses der Versiegelung wurde eine zusätzliche LCZ als Variante mit Gebäudegrundflächen der LCZ compact und vollständig entsiegelter Fläche als grüne Wiese definiert und als **LCZ „compact (green)“** bezeichnet.

## Mikroklimatische Modellierung mit PALM-4U

Die Durchführung aller mikroklimatischen Simulationen erfolgte mit dem State-of-the-Art Stadtklimamodell PALM-4U. Das Fortran-basierte Modell PALM wurde in den vergangenen 20 Jahren vielfach für die Modellierung atmosphärischer Grenzschichtprozesse verwendet. Im Zuge des Forschungsprojekts Urban Climate Under Change [UC]<sup>2</sup> (gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, Deutschland) wurden zusätzliche Komponenten für urbane Anwendungen entwickelt und umgesetzt (Maronga et al., 2020). Zur besseren Repräsentation der städtischen Eigenschaften, inkludieren diese die Energiebilanz für Gebäude und versiegelte Flächen, gekoppelte Landoberflächen- und Strahlungsmodule (Berücksichtigung von Verschattungs- und Reflexionseffekten zwischen urbanen Strukturen), sowie die Wärmeübertragung zwischen Atmosphäre und Gebäude und viele weitere spezifische Module für den urbanen Kontext (PALM-4U, 2023).

Jede Simulation benötigt statische Eingangsdaten (Gebäudegrundriss und -höhe, Landnutzung, Topografie, Baumhöhe und Kronendurchmesser) und meteorologische Anfangsbedingungen. Während die meteorologischen Anfangsbedingungen in jedem Sensitivitätsexperiment konstant blieben, variieren die statischen Eingangsdaten entsprechend der Lage (innerstädtisch, Stadtrand), Grundstücksgröße, LCZ und Gebäudehöhe. Für die Referenzexperimente wurde jeweils eine unbebaute Grünfläche des Entwicklungsgebiets für beide Lagen und alle Grundstücksgrößen angenommen. Deren schematische Darstellungen sind in Tabelle 7 und Tabelle 8 ersichtlich.

## 7 Arbeits- und Zeitplan

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		2023				2024					
		9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
<b>1</b>	<b>Projektmanagement</b>										
1.1	Projektadministration, Qualitätsmanagement und Controlling										
1.2	Koordination der Dokumentation der Forschungsergebnisse										
<b>2</b>	<b>Entwicklung des methodischen Aufbaus der Sensitivitätsexperimente</b>										
2.1	Auswahl der in Sensitivitätsexperimenten involvierten Parameter										
2.2	Entwicklung des Experiment-Setups										
<b>3</b>	<b>Durchführung und Auswertung der Sensitivitätsexperimente</b>										
3.1	Durchführung der Sensitivitätsexperimente										
3.2	Visualisierung und Auswertung der Ergebnisse										
<b>4</b>	<b>Dissemination und Verfassung des Kriterienkatalogs</b>										
4.1	Kriterienkatalog und praxisnahe Dissemination										
4.2	Wissenschaftliche Dissemination										

## 8 Publikationen und Disseminierungsaktivitäten

Tabellarische Angabe von wissenschaftlichen Publikationen, die aus dem Projekt entstanden sind, sowie sonstiger relevanter Disseminierungsaktivitäten.

17.04.2024	<p>Präsentation im Rahmen der <b>EGU 2024</b></p> <p>Schneider, M., Tötzer, T., and Bügelmayer-Blaschek, M.: Microclimatic effects of idealized urban planning projects on their surrounding area, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14-19 Apr 2024, EGU24-8755, <a href="https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-8755">https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-8755</a>, 2024.</p>
03.06.2024	<p>Präsentation im Rahmen der <b>40. Kleinkonferenz im Rahmen der Architecture Lounge: Grüne Wohnwelten</b></p>

## Literaturverzeichnis

Maronga, B., Banzhaf, S., Burmeister, C., Esch, T., Forkel, R., Fröhlich, D., Fuka, V., Gehrke, K. F., Geletič, J., Giersch, S., Gro-nemeier, T., Groß, G., Heldens, W., Hellsten, A., Hoffmann, F., Inagaki, A., Kadasch, E., Kanani-Sühring, F., Ketelsen, K., Khan, B. A., Knigge, C., Knoop, H., Krč, P., Kurppa, M., Maamari, H., Matzarakis, A., Mauder, M., Pallasch, M., Pavlik, D., Pfafferott, J., Resler, J., Rissmann, S., Russo, E., Salim, M., Schrempf, M., Schwenkel, J., Seckmeyer, G., Schubert, S., Sühring, M., von Tils, R., Vollmer, L., Ward, S., Witha, B., Wurps, H., Zeidler, J., and Raasch, S. (2020). Overview of the PALM model system 6.0, *Geosci. Model Dev.*, 13, 1335–1372. <https://doi.org/10.5194/gmd-13-1335-2020>

PALM-4U. PALM-4U components. URL <https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/palm4u>. retrieved on Jan, 10 2023.

Pianosi, F., Beven, K., Freer, J., Hall, J. W., Rougier, J., Stephenson, D. B., and Wagener, T. (2016). Sensitivity analysis of environmental models: A systematic review with practical workflow. *Environmental Modelling & Software*, Volume 79, p.214-232, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.02.008>.

Razavi, S., Jakeman, A., Saltelli, A., Prieur, C., Iooss, B., Borgonovo, E., Plischke, E., Lo Piano, S., Iwanaga, T., Becker, W., Ta-rantola, S., Guillaume, J. H. A., Jakeman, J., Gupta H., Melillo, N., Rabitti, G., Chabridon, V., Duan, Q., Sun, X., Smith, S., Sheikoleslami, R., Hosseini, N., Asadzadeh, M., Puy, A., Kucherenko, S., and Maier, H. R. (2021). The Future of Sensitivity Analysis: An essential discipline for systems modeling and policy support. *Environmental Modelling & Software*, Volume 137, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104954>.

Schwartz, I. (2017). Die strategische Umweltprüfung in der Raumplanung und die zentrale Frage der voraussichtlich erheblichen Umweltauswirkungen. Diplomarbeit, Karl-Franzens-Universität Graz

Stewart, I. D., and Oke, T .R. (2012). Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society* 93, 12. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

Umweltbundesamt. Strategische Umweltprüfung. URL <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/uvpsup/sup>. retrieved on Jan, 16 2023.

UVE-Leitfaden. (2019). Eine Information zur Umweltverträglichkeitserklärung. Überarbeitete Fassung 2019. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Abt. I/1 Anlagenbezogener Umweltschutz, Umweltbewertung und Luftreinhaltung.

# Anhang

## Ortslage: innerstädtisch

**Evaluation der Lufttemperatur im Tagesverlauf (Größe des Entwicklungsgebiets: 1.0 ha)**

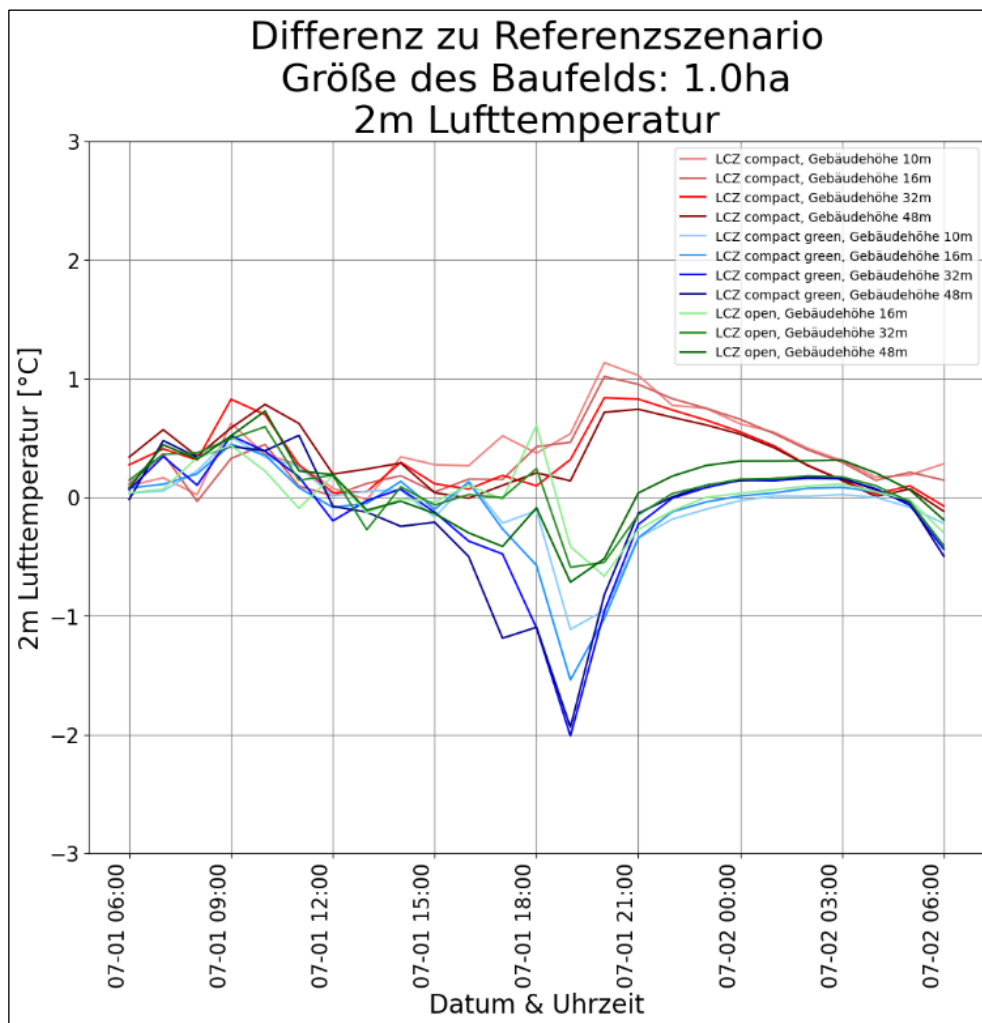


Abbildung 11: Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 1.0 ha, in der innerstädtischen Domäne, für die gegebenen Gebäudehöhen: LCZ compact (rot), LCZ compact green (blau), LCZ open (grün); hellere Farben für niedrigere Gebäude, dunklere Farben für höhere Gebäude.

## Evaluation der Lufttemperatur im Tagesverlauf (Größe des Entwicklungsgebiets: 2.5 ha)

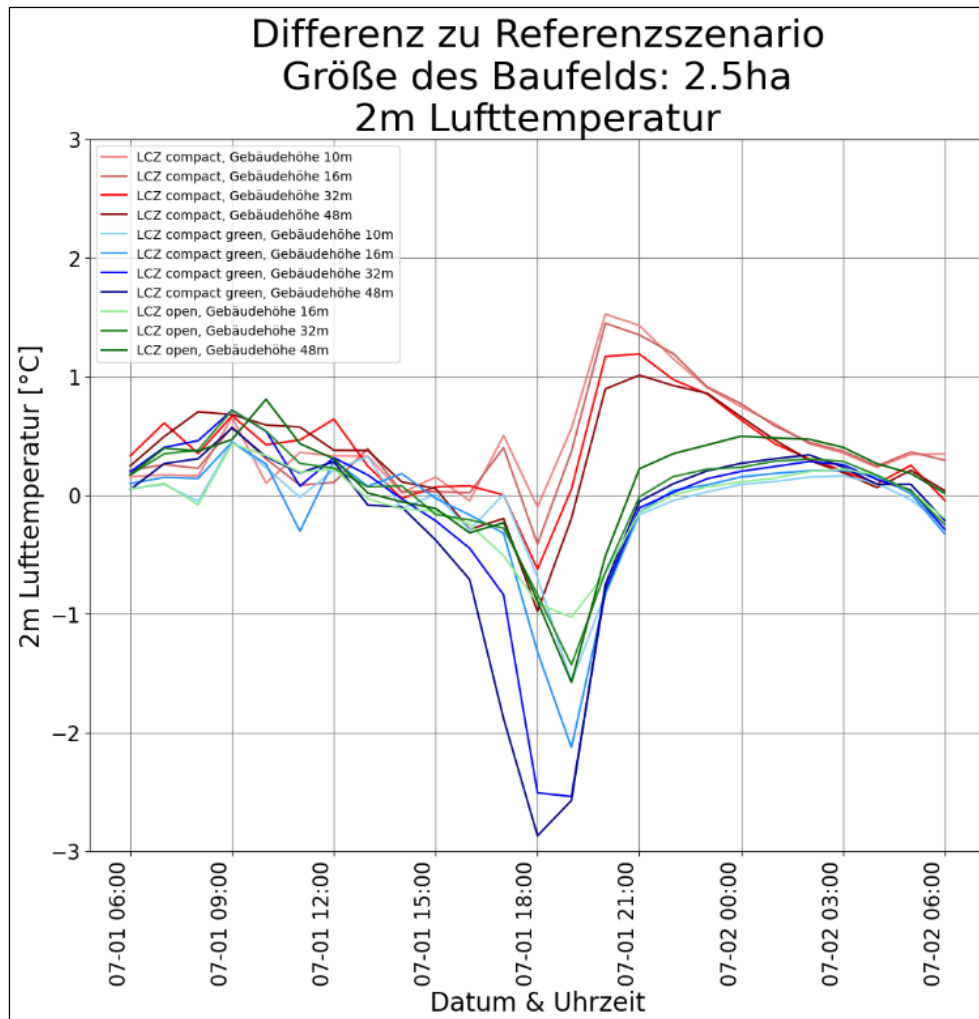


Abbildung 12: Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50–100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 2.5 ha, in der innerstädtischen Domäne, für die gegebenen Gebäudehöhen: LCZ compact (rot), LCZ compact green (blau), LCZ open (grün); hellere Farben für niedrigere Gebäude, dunklere Farben für höhere Gebäude.

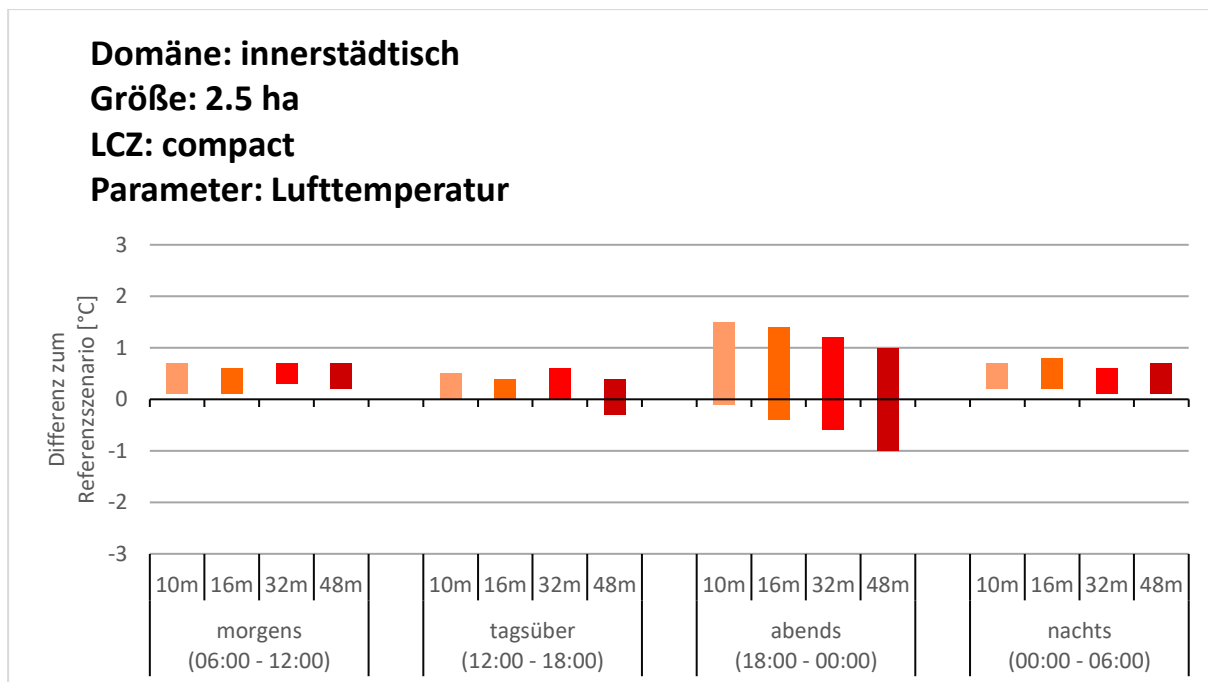


Abbildung 13: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ compact und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 2.5 ha, in der innerstädtischen Domäne, in den angegebenen Zeiträumen und für die gegebenen Gebäudehöhen. Die Balken geben den minimalen und maximalen Unterschied innerhalb des betrachteten Zeitfensters an.

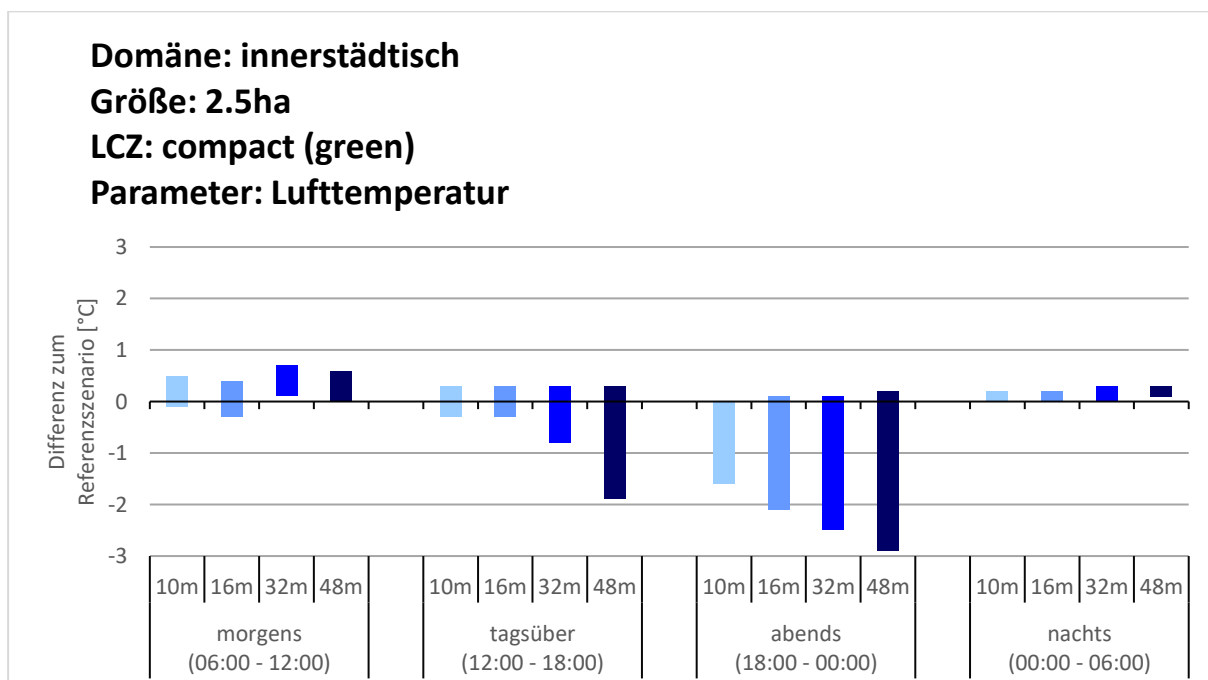


Abbildung 14: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ compact green und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 2.5 ha, in der innerstädtischen Domäne, in den angegebenen Zeiträumen und für die gegebenen Gebäudehöhen. Die Balken geben den minimalen und maximalen Unterschied innerhalb des betrachteten Zeitfensters an.

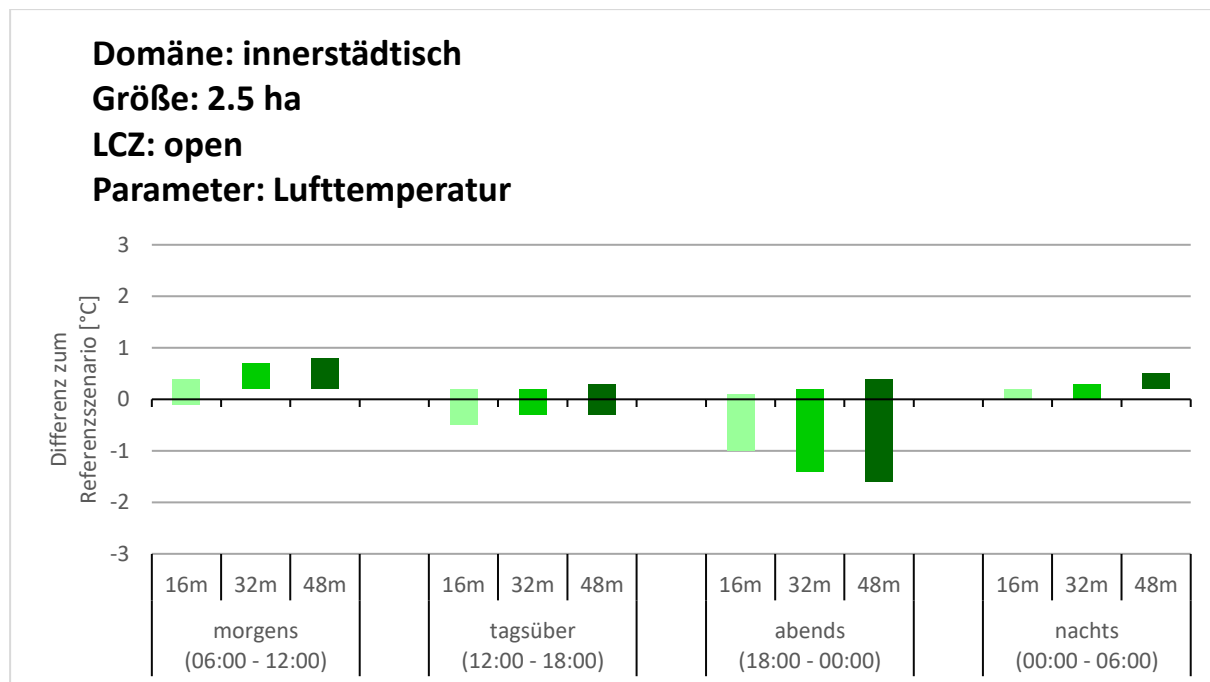


Abbildung 15: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ open und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 2.5 ha, in der innerstädtischen Domäne, in den angegebenen Zeiträumen und für die gegebenen Gebäudehöhen. Die Balken geben den minimalen und maximalen Unterschied innerhalb des betrachteten Zeitfensters an.

## Ortslage: Stadtrand

### Evaluation der Lufttemperatur im Tagesverlauf (Größe des Entwicklungsgebiets: 1.0 ha)

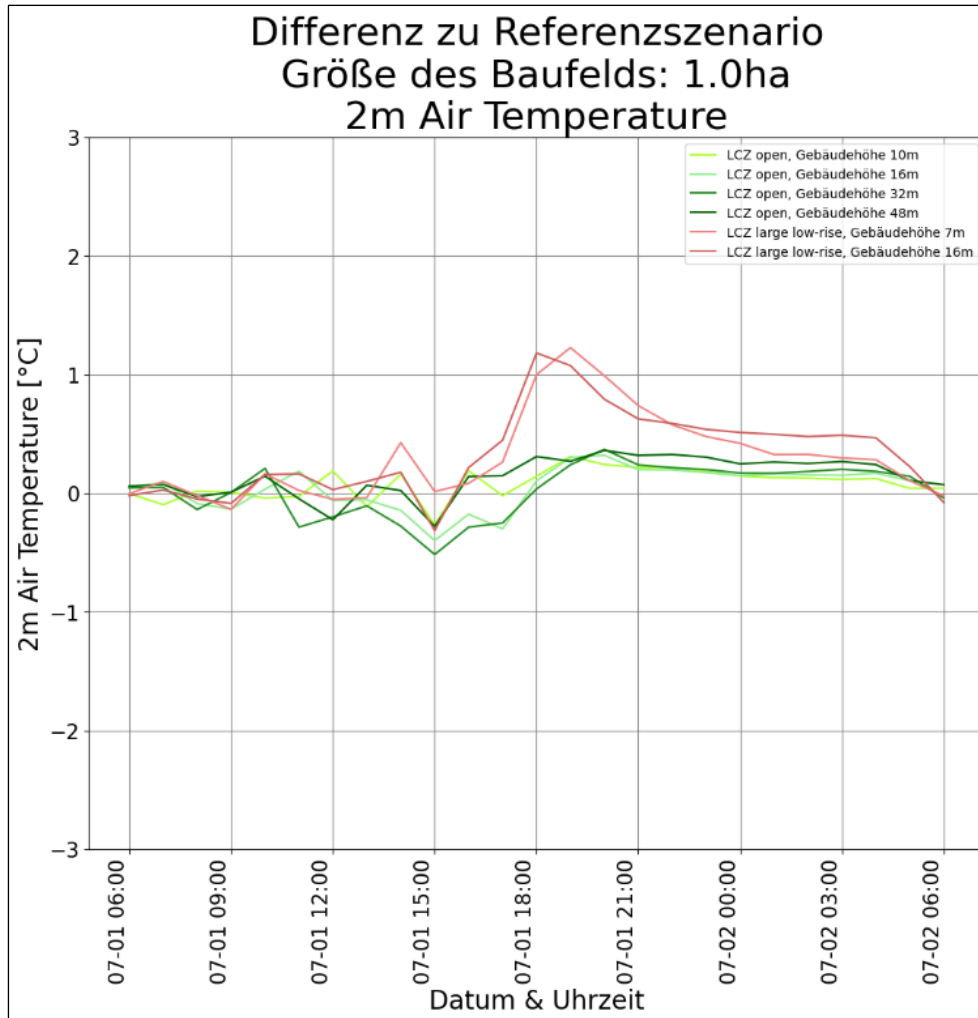


Abbildung 16: Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 1.0 ha, in der Domäne am Stadtrand, für die gegebenen Gebäudehöhen: LCZ large low-rise (rot), LCZ open (grün); hellere Farben für niedrigere Gebäude, dunklere Farben für höhere Gebäude.

**Evaluation der Lufttemperatur im Tagesverlauf (Größe des Entwicklungsgebiets: 2.5 ha)**

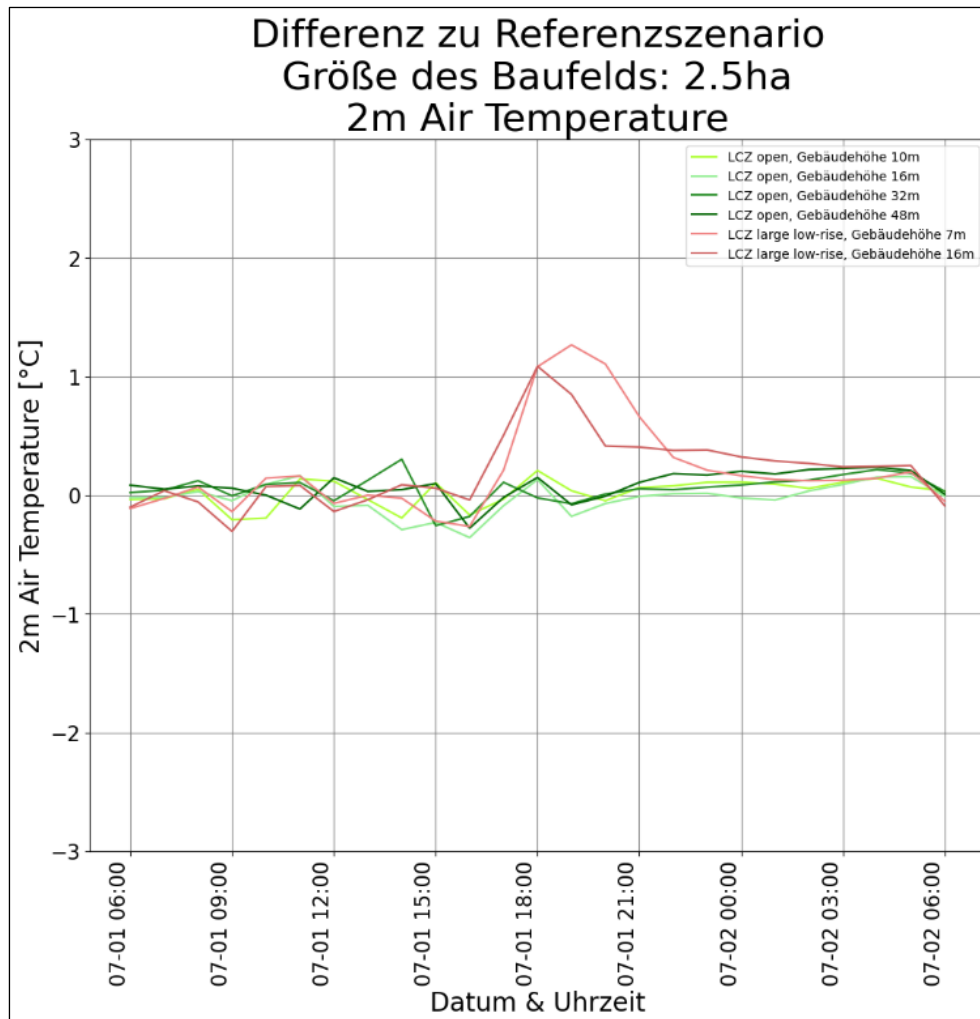


Abbildung 17: Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 2.5 ha, in der Domäne am Stadtrand, für die gegebenen Gebäudehöhen: LCZ large low-rise (rot), LCZ open (grün); hellere Farben für niedrigere Gebäude, dunklere Farben für höhere Gebäude.

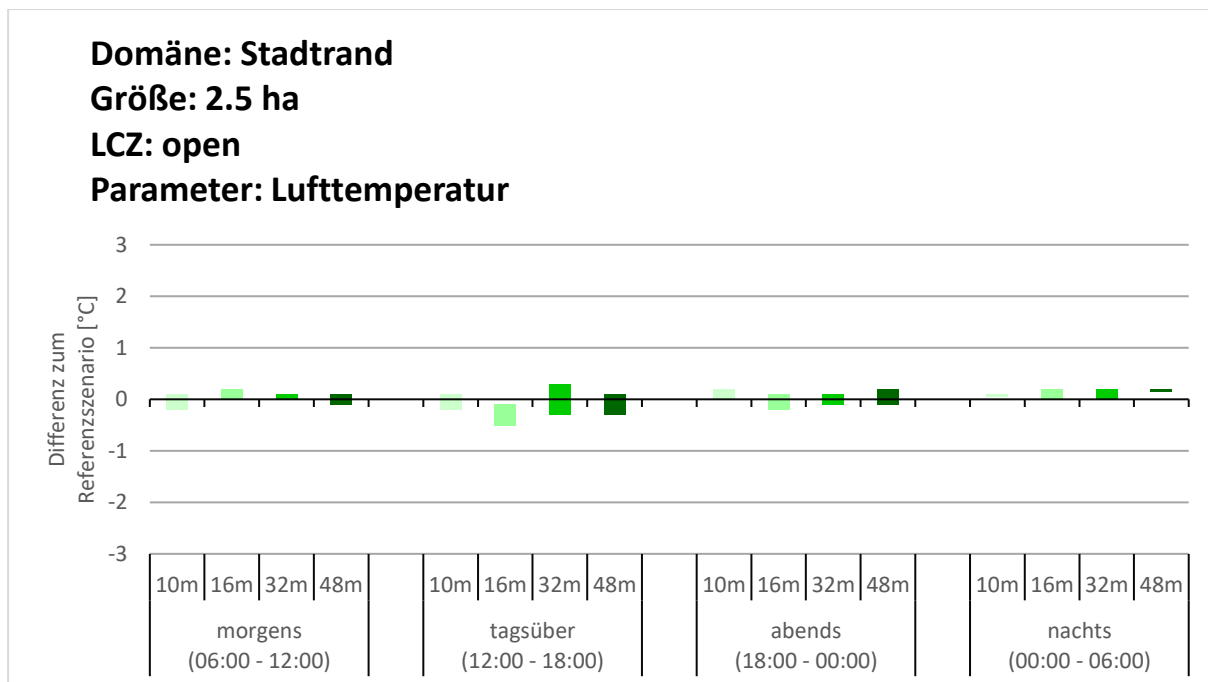


Abbildung 18: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ open und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 2.5 ha, in der Domäne am Stadtrand, in den angegebenen Zeiträumen und für die gegebenen Gebäudehöhen. Die Balken geben den minimalen und maximalen Unterschied innerhalb des betrachteten Zeitfensters an.

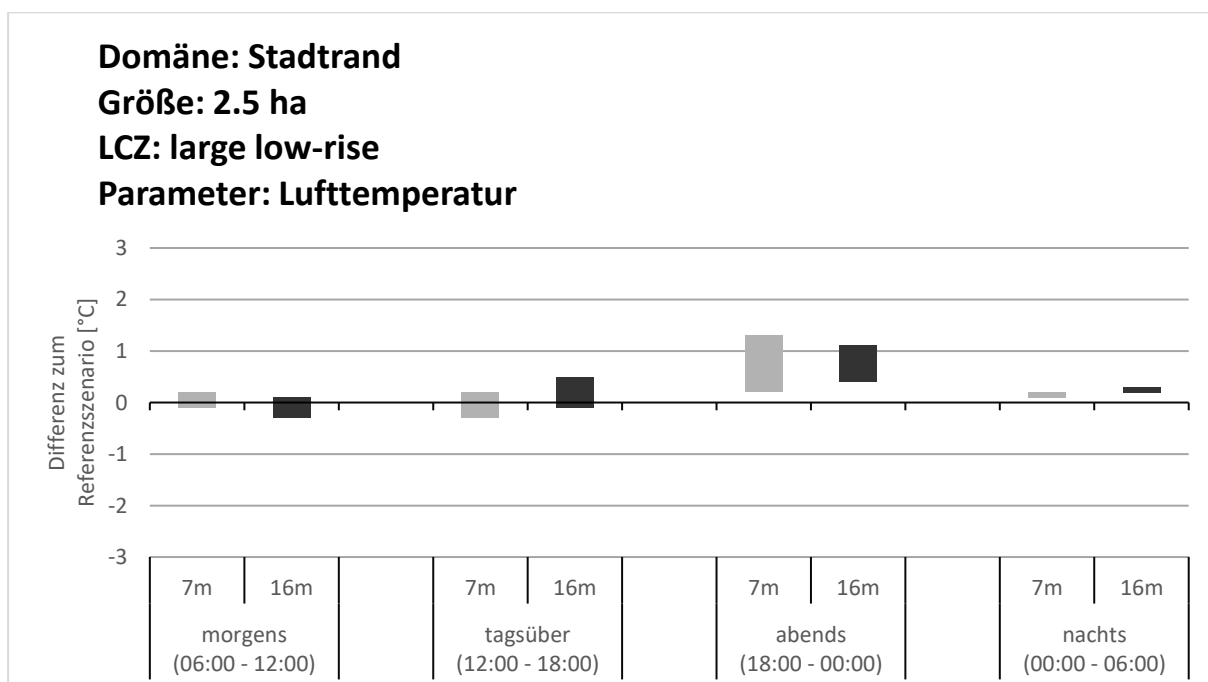


Abbildung 19: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ large low-rise und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 2.5 ha, in der Domäne am Stadtrand, in den angegebenen Zeiträumen und für die gegebenen Gebäudehöhen. Die Balken geben den minimalen und maximalen Unterschied innerhalb des betrachteten Zeitfensters an.

**Evaluation der Lufttemperatur im Tagesverlauf (Größe des Entwicklungsgebiets: 4.0 ha)**

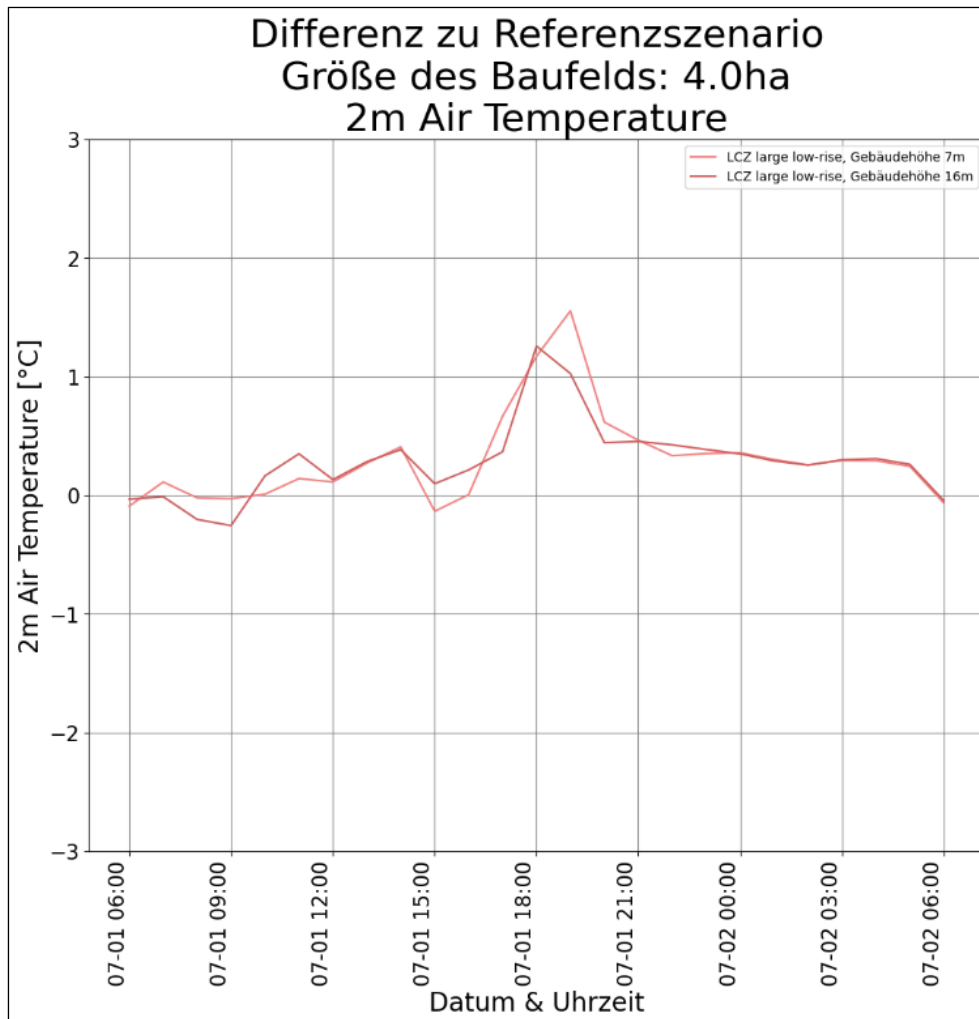


Abbildung 20: Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 4.0 ha, in der Domäne am Stadtrand, für die gegebenen Gebäudehöhen: LCZ large low-rise (rot); hellere Farben für niedrigere Gebäude, dunklere Farben für höhere Gebäude.

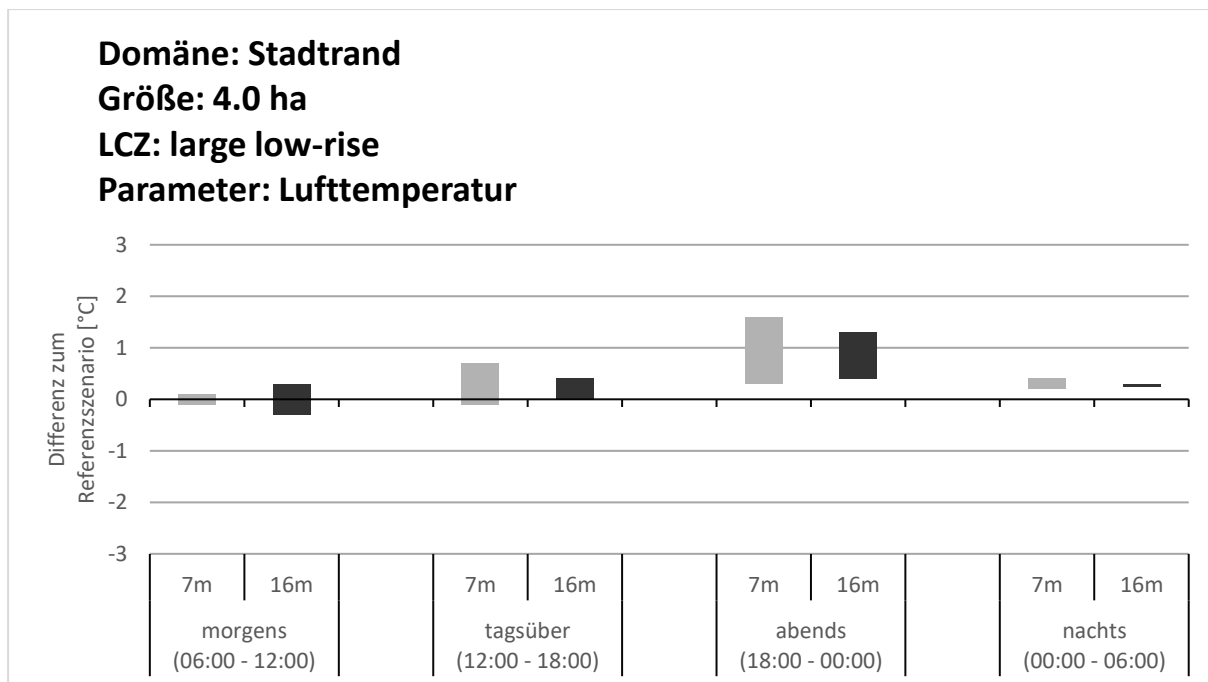


Abbildung 21: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ large low-rise und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstückgröße von 4.0 ha, in der Domäne am Stadtrand, in den angegebenen Zeiträumen und für die gegebenen Gebäudehöhen. Die Balken geben den minimalen und maximalen Unterschied innerhalb des betrachteten Zeitfensters an.

Diese Projektbeschreibung wurde von der Fördernehmerin/dem Fördernehmer erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte sowie die barrierefreie Gestaltung der Projektbeschreibung, übernimmt der Klima- und Energiefonds keine Haftung.

Die Fördernehmerin/der Fördernehmer erklärt mit Übermittlung der Projektbeschreibung ausdrücklich über die Rechte am bereitgestellten Bildmaterial frei zu verfügen und dem Klima- und Energiefonds das unentgeltliche, nicht exklusive, zeitlich und örtlich unbeschränkte sowie unwiderrufliche Recht einräumen zu können, das Bildmaterial auf jede bekannte und zukünftig bekanntwerdende Verwendungsart zu nutzen. Für den Fall einer Inanspruchnahme des Klima- und Energiefonds durch Dritte, die die Rechteinhaberschaft am Bildmaterial behaupten, verpflichtet sich die Fördernehmerin/der Fördernehmer den Klima- und Energiefonds vollumfänglich schad- und klaglos zu halten.