

Kriterienkatalog für das Erfordernis von Mikroklimaanalysen auf Quartiersebene

Juni, 2024

Autor:innen

Martin Schneider, Tanja Tötzer, Marianne Bügelmayer-Blaschek
AIT Austrian Institute of Technology GmbH

mit **fachlicher Unterstützung** von

Johannes Horak
Magistrat der Landeshauptstadt Linz | Planung, Technik und Umwelt | Stadtklimatologie und Umwelt

Jürgen Preiss
Magistrat der Stadt Wien – MA 22, Umweltschutz

Max Wittkowski
Magistrat der Stadt Wien – MA 22, Umweltschutz

Das vorliegende Dokument wird im Rahmen des Projekts „KataloQ – Entwicklung eines Kriterienkatalogs für das Erfordernis von Klimaanalysen auf Quartiersebene“ erstellt. Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „Austrian Climate Research Programme Implementation (ACRPI) 2022“ durchgeführt



Inhalt

Inhalt.....	2
1 Einleitung.....	3
2 Rechtliche Rahmenbedingungen.....	4
3 Methodische Vorgehensweise in der Erstellung des Kriterienkatalogs.....	5
3.1 Idealisierte Bebauungsstruktur anhand des Konzepts der Local Climate Zones.....	6
3.2 Durchgeführte Sensitivitätsexperimente.....	7
3.3 Mikroklimatische Modellierung (PALM-4U)	8
4 Erläuterungen.....	9
4.1 Referenzsimulation.....	9
4.2 Bebauungsstruktur der Umgebung.....	9
4.3 Windrichtung und -geschwindigkeit relevant.....	9
4.4 Idealisierte Bebauungen für Experimente.....	9
4.5 Auswahl der Evaluationspunkte	9
4.6 Auswahl der Evaluationsparameter.....	10
5 Ergebnisse der Mikroklimatischen Modellierung.....	10
5.1 Ortslage: innerstädtisch.....	10
5.1.1 Auswahl der Evaluationsorte.....	10
5.1.2 Zusammenfassung der Ergebnisse (innerstädtisch)	11
5.2 Ortslage: Stadtrand.....	12
5.2.1 Auswahl der Evaluationsorte.....	12
5.2.2 Zusammenfassung der Ergebnisse (Stadtrand)	12
6 Empfehlungen zur Durchführung einer mikroklimatischen Analyse auf Quartiersebene.....	14
7 Literatur	16
8 Anhang.....	17
8.1 PALM-4U Simulationsdomänen.....	17
8.2 Ortslage: innerstädtisch.....	18
8.2.1 Evaluation der Lufttemperatur im Tagesverlauf (Größe des Entwicklungsgebiets: 1.0 ha). 18	
8.2.2 Evaluation der Lufttemperatur im Tagesverlauf (Größe des Entwicklungsgebiets: 2.5 ha). 21	
8.3 Ortslage: Stadtrand.....	24
8.3.1 Evaluation der Lufttemperatur im Tagesverlauf (Größe des Entwicklungsgebiets: 1.0 ha). 24	
8.3.2 Evaluation der Lufttemperatur im Tagesverlauf (Größe des Entwicklungsgebiets: 2.5 ha). 26	
8.3.3 Evaluation der Lufttemperatur im Tagesverlauf (Größe des Entwicklungsgebiets: 4.0 ha). 28	

1 Einleitung

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 involvierten Behörden, Raumplaner:innen, Bauträger:innen, etc. gerückt. In der Planungsphase von Bau- und Stadtentwicklungsprojekten werden dabei verschiedene Planungsvarianten konzipiert, 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 und 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 angrenzenden Stadtquartiere auswirken, wenn als Status Quo eine grüne Wiese o.ä. betrachtet wird. Eine generelle Prüfung der Auswirkungen jedes Bau- oder Stadtentwicklungsprojekts auf die angrenzende Umgebung wäre jedoch in Anbetracht des verbundenen Aufwands und potenziellen Verzögerungen nicht erstrebenswert. Um aus behördlicher Sicht eine objektiv begründete Anforderung einer räumlich erweiterten Mikroklimaanalyse stellen zu können, bedarf es klarer Kriterien. Diese wurden im Forschungsprojekt „KataloQ - Entwicklung eines Kriterienkatalogs für das Erfordernis von Klimaanalysen auf Quartiersebene“ untersucht und abgeleitet und können in Zukunft mit weiteren Analysen aktualisiert werden.

Der vorliegende Katalog wurde anhand quantitativer Kriterien eines Bauvorhabens auf Basis wissenschaftlicher Untersuchungen und Sensitivitätsanalysen erstellt. Er zielt darauf ab, eine objektiv begründete Entscheidung treffen zu können, ob die Durchführung von Klimaanalysen auf angrenzende Stadtquartiere erforderlich, empfehlenswert oder nicht erforderlich ist. Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden zwar Schwellwerte und potenzielle Auswirkungen auf die Lufttemperatur untersucht und festgelegt, die Bewertung der Simulationsergebnisse konkreter Projekte obliegt jedoch weiterhin den durchführenden Expert:innen.

2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die Analyse der mikroklimatischen Auswirkungen von größeren Bau- und Stadtentwicklungsprojekten auf die Umgebung ist im Zuge der Erstellung von Umweltverträglichkeitserklärungen (UVE) erforderlich (UVE-Leitfaden, 2019). Für Projekte kleineren Ausmaßes, die zu keiner UVE verpflichtet sind, gibt es keine allgemeine Bestimmung, die eine Durchführung mikroklimatischer Analysen erfordert.

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, ist im Zuge dessen eine SUP durchzuführen. 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.

3 Methodische Vorgehensweise in der Erstellung des Kriterienkatalogs

Als Kriterien eines Bauvorhabens wurden zunächst jene Parameter definiert, die bereits 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 (Abschnitt 3.3) 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, und
- (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">• innerstädtisch• Stadtrand	<ul style="list-style-type: none">• 0.1• 1.0• 2.5• 4.0	<ul style="list-style-type: none">• 7 (2 Stockwerke)• 10 (3 Stockwerke)• 16 (5 Stockwerke)• 32 (10 Stockwerke)• 48 (15 Stockwerke)

Tabelle 1: Überblick der Kriterien der simulierten Bauvorhaben.

3.1 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).


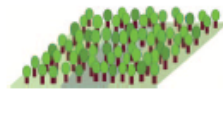





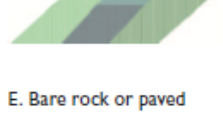

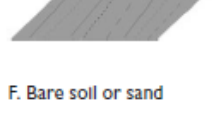
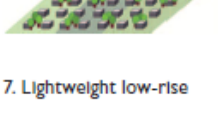
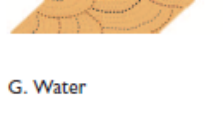
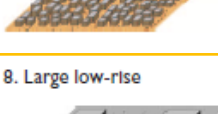
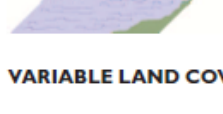
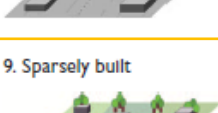

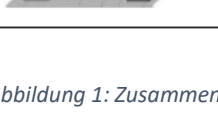
Built types	Definition	Land cover types	Definition
1. Compact high-rise 	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	A. Dense trees 	Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land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

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

Auf Basis des Konzepts der LCZ wurden folgende Klassen für die Abstraktion der gesamten Grundfläche der Gebäude, sowie des Anteils der (un)versiegelten Freiflächen ausgewählt (Abbildung 1):

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

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.

3.2 Durchgeführte Sensitivitätsexperimente

Entsprechend der Kriterien, Erfahrungen von Bauvorhaben in der Praxis und dem Konzept der LCZ, wurden folgende Sensitivitätsexperimente durchgeführt (gekennzeichnet mit „x“ in Tabelle 2 und Tabelle 3).

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 2: Überblick der durchgeführten Sensitivitätsexperimente in der innerstädtischen Domäne.

Stadtrand		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 3: Überblick der durchgeführten Sensitivitätsexperimente in der Domäne am Stadtrand.

3.3 Mikroklimatische Modellierung (PALM-4U)

Als Simulationsmodell wurde das Modell PALM-4U (Parallelized Large-Eddy Simulation Model for Urban Applications) verwendet. Das Modell PALM wurde in den vergangenen 20 Jahren vielfach für die Modellierung atmosphärischer Grenzschichtprozesse verwendet. Im Zuge des Forschungsprojekts Urban Climate Under Change [UC]² (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).

Für die vorliegenden Untersuchungen wurde folgendes Modell Setup gewählt:

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

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

4 Erläuterungen

4.1 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 unbebauten Fläche.

4.2 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.

4.3 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 und -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.

4.4 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.

4.5 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 (Iuv). 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.

4.6 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.

5 Ergebnisse der Mikroklimatischen Modellierung

5.1 Ortslage: innerstädtisch

5.1.1 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 5 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 5: Graphische Darstellung der Bauvorhaben (genordet) und Evaluationsstandorte (rosa Stern südwestlich des Bauvorhabens) in der innerstädtischen Domäne für die simulierten Grundstücksgrößen und LCZ.

5.1.2 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 2). 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 8). 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 unverschatteten 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 6 und Abbildung 10). 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 verzeichnet wird. 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 (Abbildung 9). Durch die lockerere Bebauung im Vergleich zu compact green reduzieren sich sowohl die Verschattungseffekte als auch die zusätzliche Wärmespeicherung der Gebäude der Nacht.

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

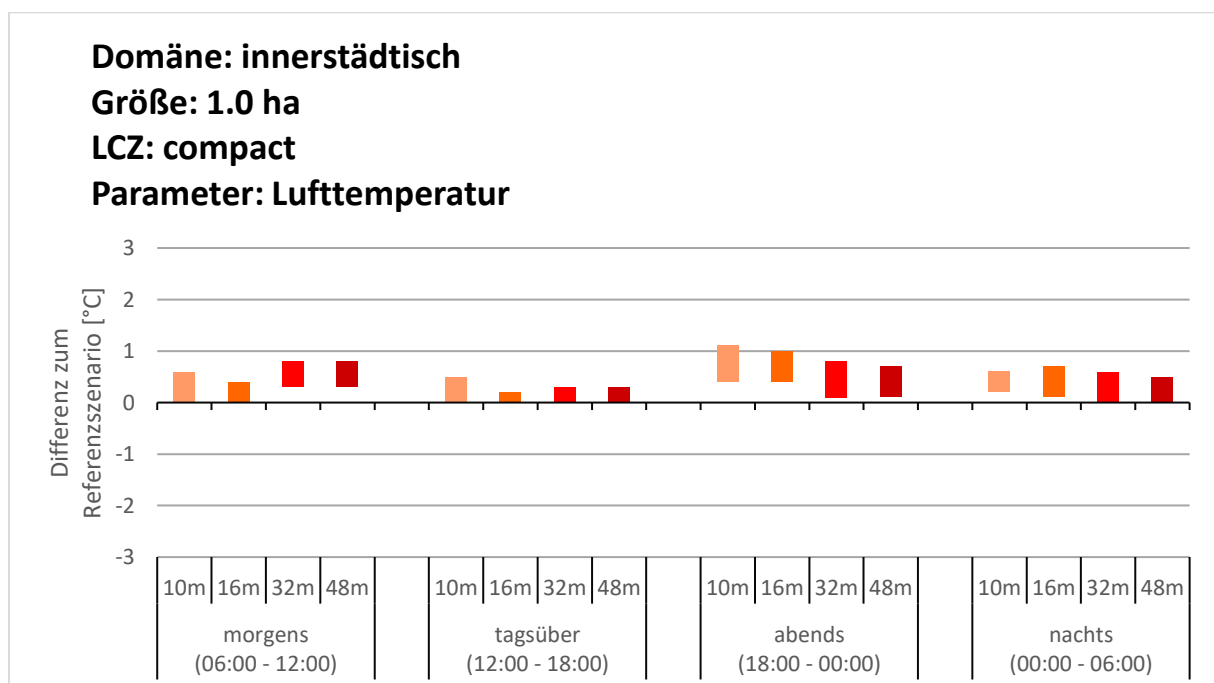


Abbildung 2: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ compact und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 1.0 ha, 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.

5.2 Ortslage: Stadtrand

5.2.1 Auswahl der Evaluationsorte

Für die Evaluation wurden die Auswirkungen des jeweiligen, idealisierten Bauvorhabens in einem Abstand von 50 – 100 m zur Domäne gewählt. 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 nachfolgenden Tabelle 6 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 6: Graphische Darstellung der Bauvorhaben (genordet) und Evaluationsstandorte (rosa Stern süd-südwestlich des Bauvorhabens) in der Domäne am Stadtrand für die simulierten Grundstücksgrößen und LCZ.

5.2.2 Zusammenfassung der Ergebnisse (Stadtrand)

Eine Bebauung im Stile der **LCZ open** zeigt nur geringe Auswirkungen auf die Veränderung der Lufttemperatur am Evaluationsort (Abbildung 15). 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 14). 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 3). 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 3, Abbildung 19 und Abbildung 21). Während der Nacht bleiben diese nahezu konstant bei 0.3 – 0.5 °C (Abbildung 14).

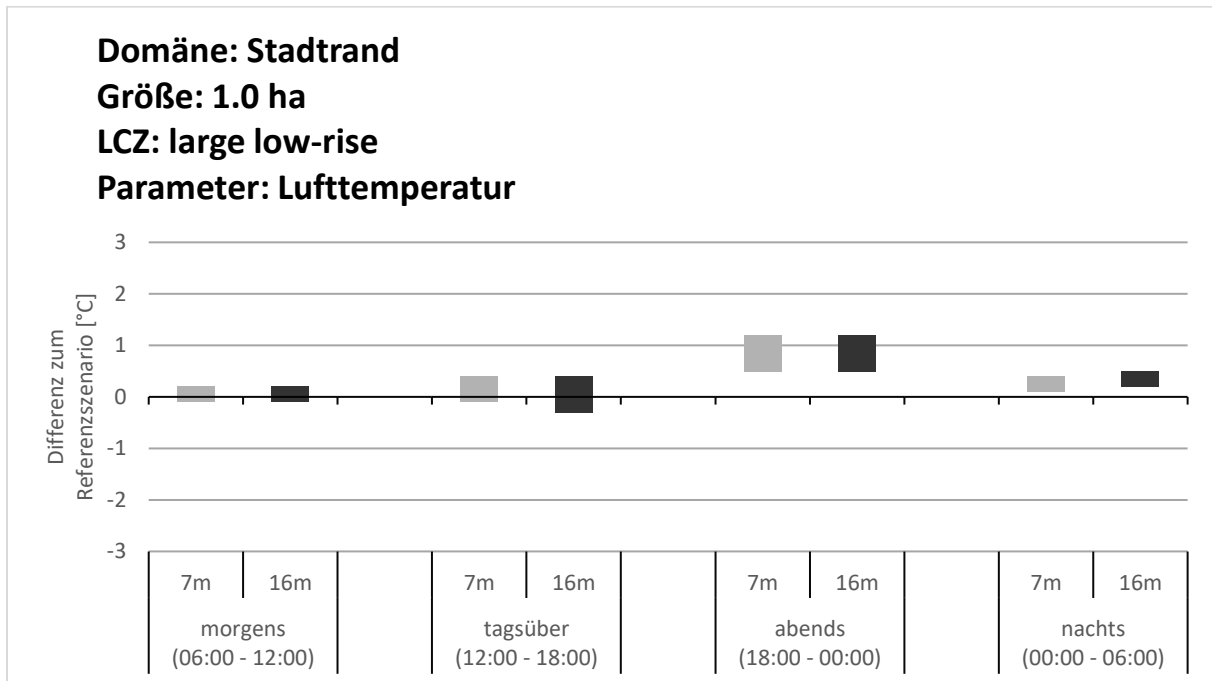


Abbildung 3: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ large low-rise und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 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.

6 Empfehlungen zur Durchführung einer mikroklimatischen Analyse auf Quartiersebene

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 7 und Tabelle 8 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 8 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 7: 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.

Stadtrand		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 8: Darstellung der Notwendigkeit einer erweiterten mikroklimatischen Analyse unter den entsprechenden Kriterien des Bauvorhabens am Stadtrand: rot/2: erforderlich, gelb/1: empfohlen, grün/0: nicht erforderlich.

Für den vorliegenden 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.

7 Literatur

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.

Schwartz, I. (2017). Die strategische Umweltprüfung in der Raumplanung und die zentrale Frage der voraussichtlich erheb-lichen 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.

8 Anhang

8.1 PALM-4U Simulationsdomänen

PALM-4U Simulationsdomäne 'Stadtrand'

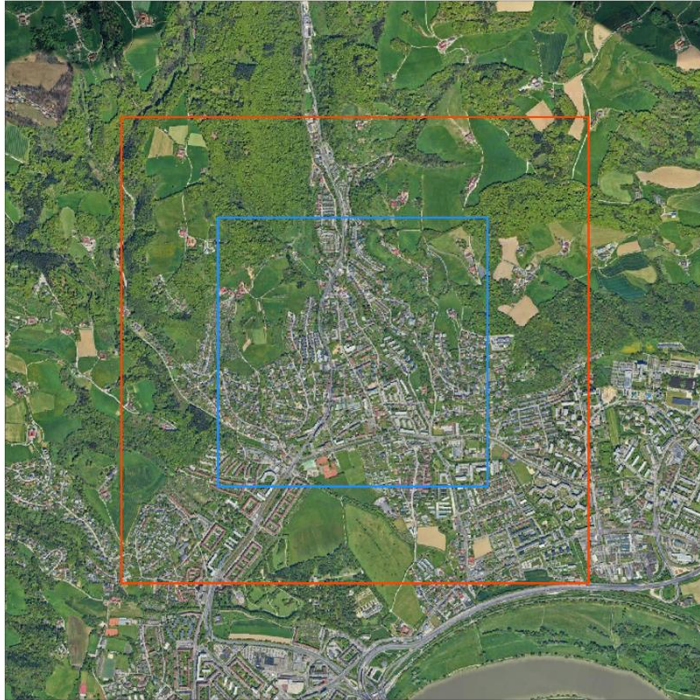


Abbildung 4: PALM-4U Simulationsdomäne der Ortslage „Stadtrand“. Äußerer Rahmen (orange): Parent Domain, Auflösung: 10 m; Innerer Rahmen (blau): Child Domain, Auflösung: 5 m.

PALM-4U Simulationsdomäne 'innerstädtisch'



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

8.2 Ortslage: innerstädtisch

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

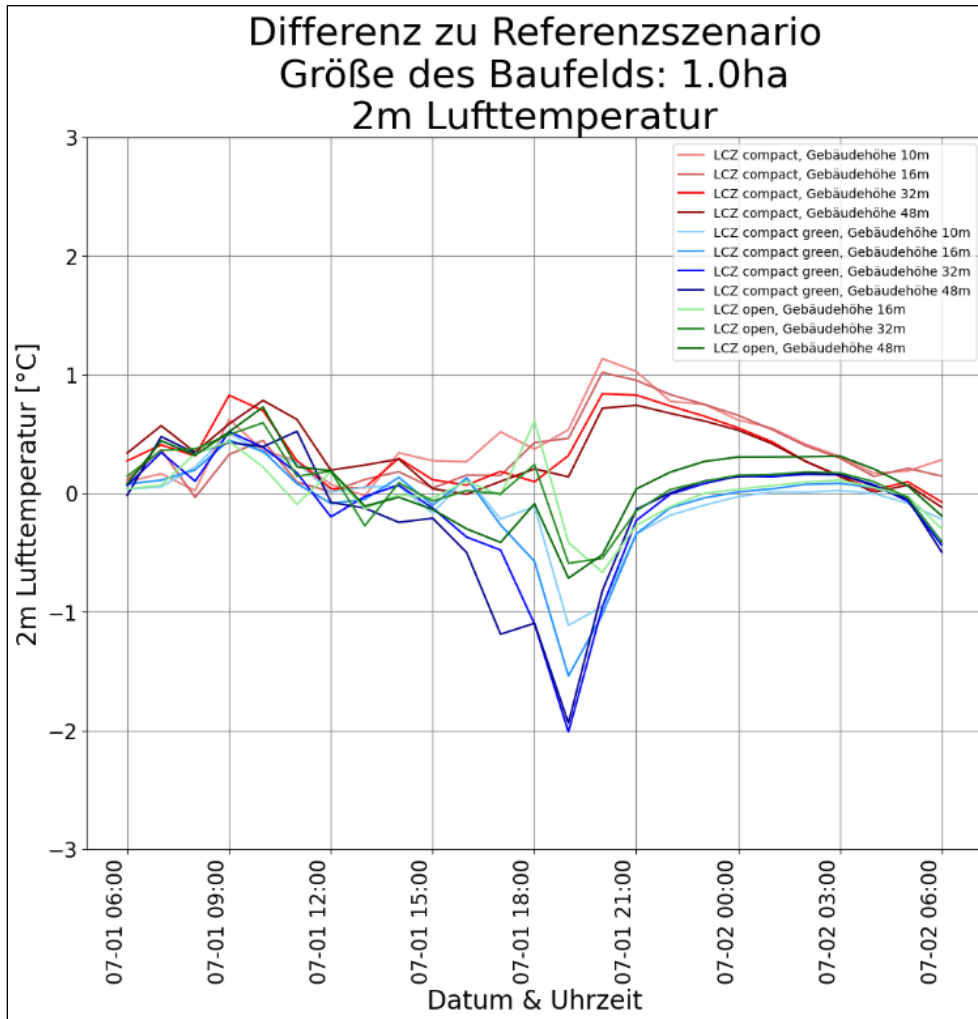


Abbildung 6: Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 1.0 ha, in der innerstädtischen Domäne, für die gegebenen Gebäudehöhen: LCZ compact (rot), LCZ compact green (blau), LCZ open (grün); hellere Farben für niedrigere Gebäude, dunklere Farben für höhere Gebäude.

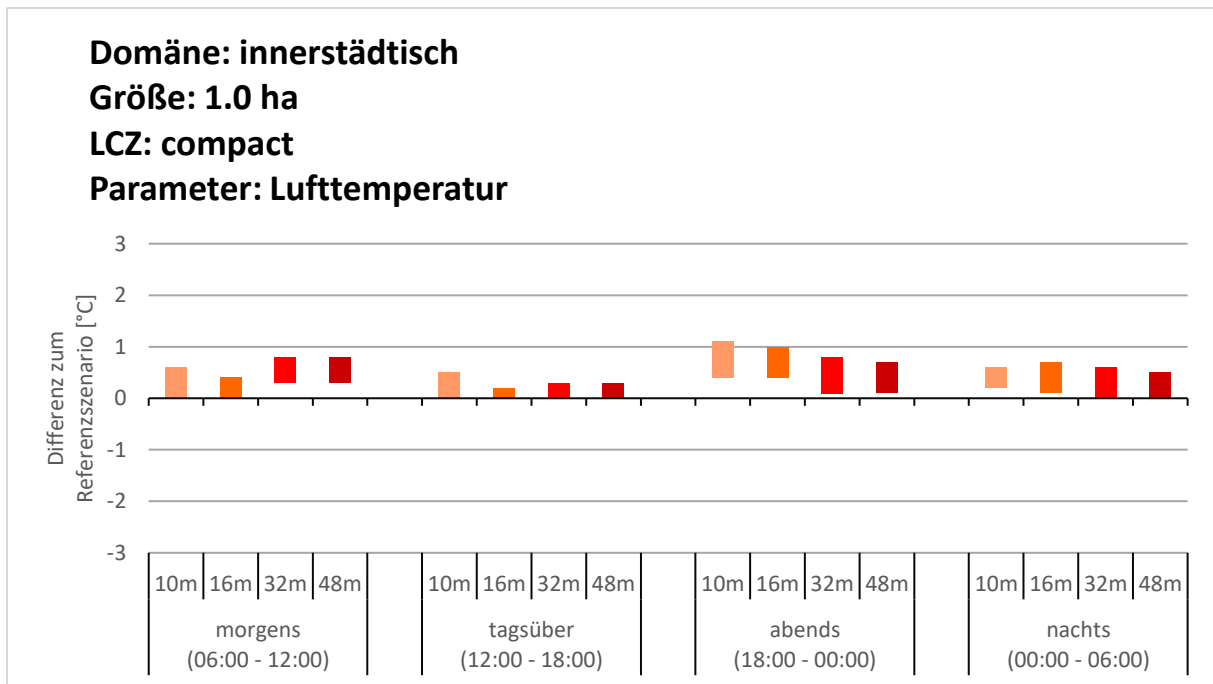


Abbildung 7: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ compact und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 1.0 ha, 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.

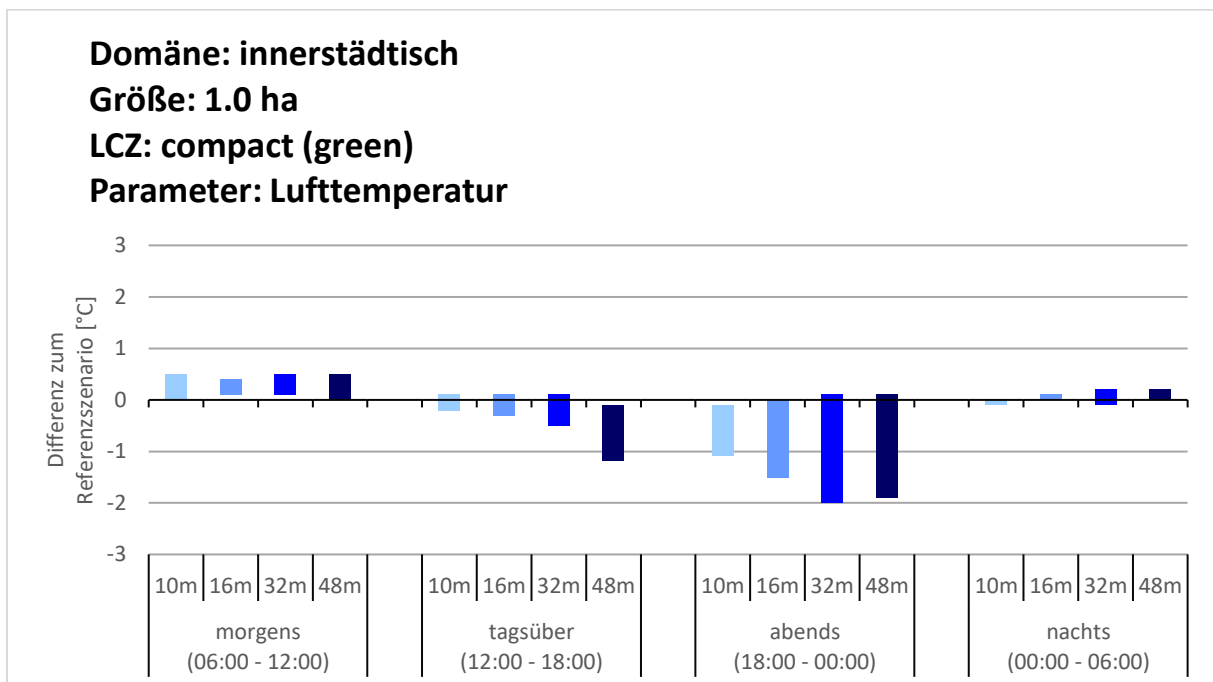


Abbildung 8: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ compact green und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 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.

Domäne: innerstädtisch
Größe: 1.0 ha
LCZ: open
Parameter: Lufttemperatur

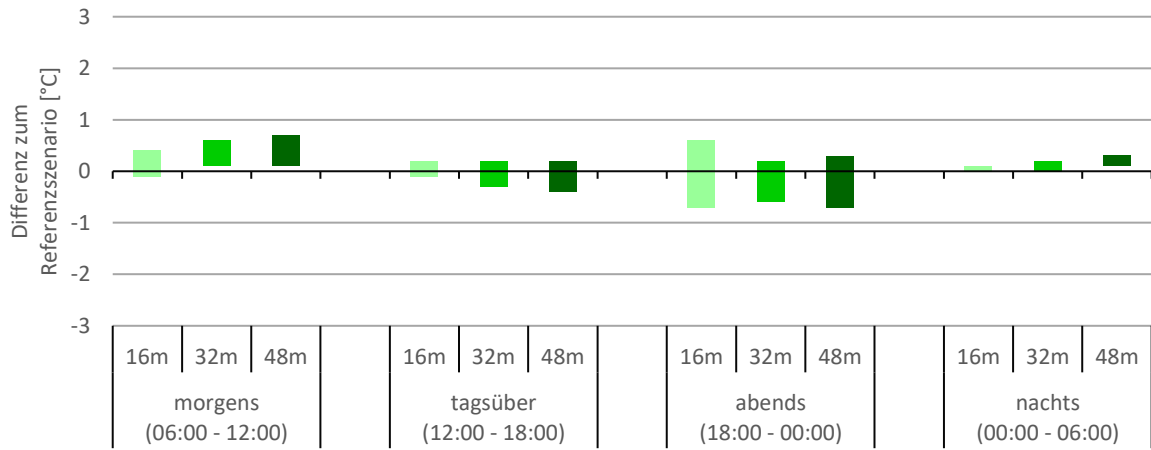


Abbildung 9: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ open und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 1.0 ha, 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.

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

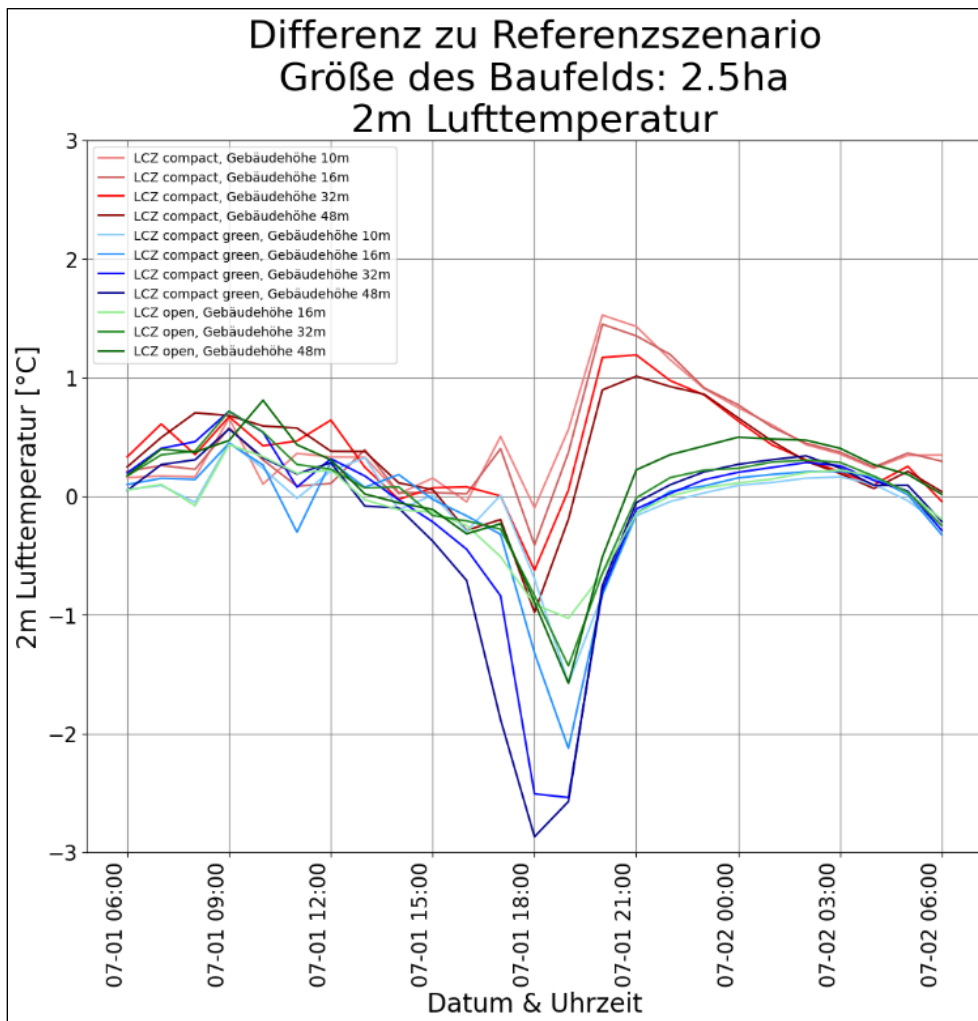


Abbildung 10: Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 2.5 ha, in der innerstädtischen Domäne, für die gegebenen Gebäudehöhen: LCZ compact (rot), LCZ compact green (blau), LCZ open (grün); hellere Farben für niedrigere Gebäude, dunklere Farben für höhere Gebäude.

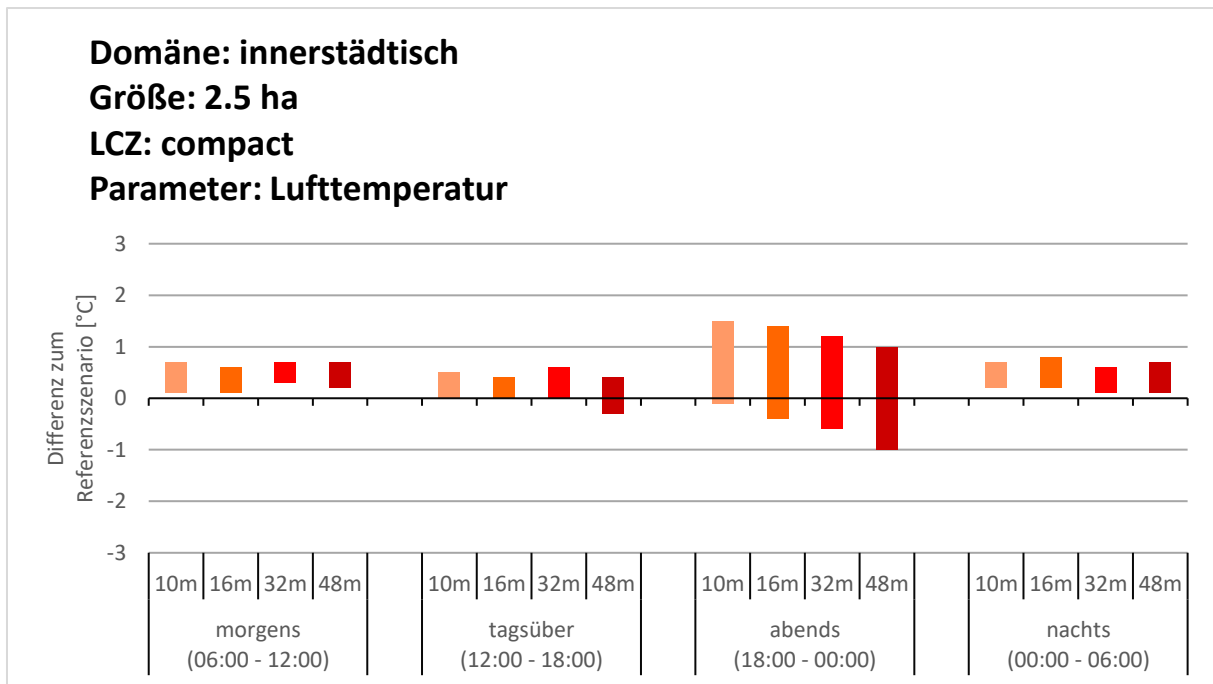


Abbildung 11: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ compact und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 2.5 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.

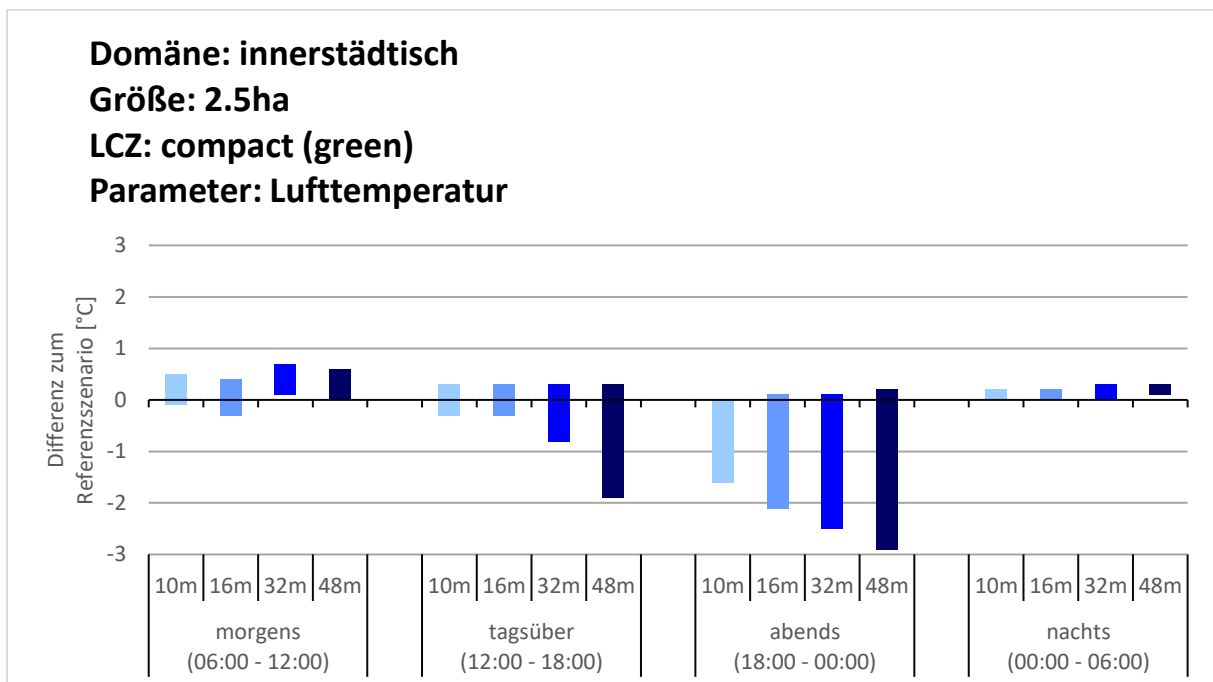


Abbildung 12: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ compact green und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 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.

Domäne: innerstädtisch
Größe: 2.5 ha
LCZ: open
Parameter: Lufttemperatur

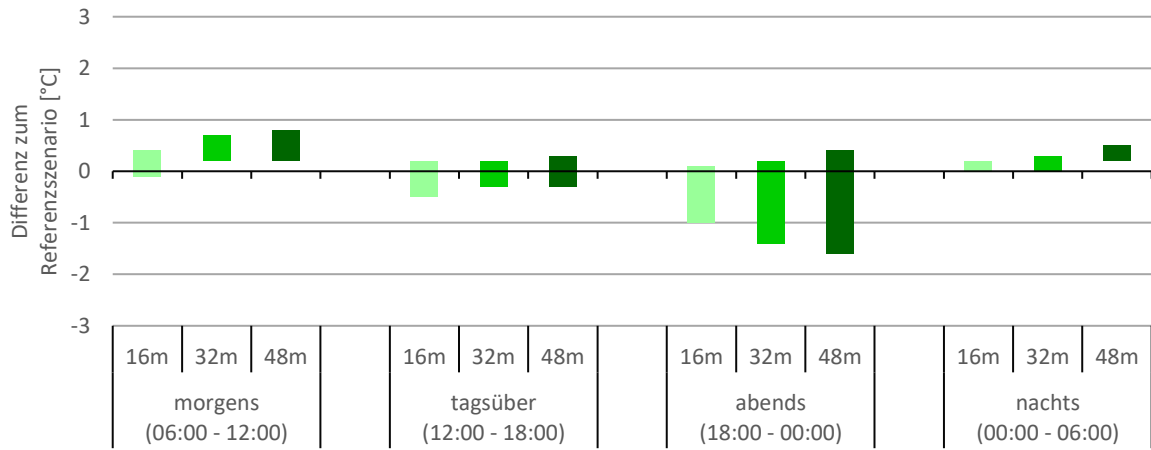


Abbildung 13: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ open und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 2.5 ha, 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.

8.3 Ortslage: Stadtrand

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

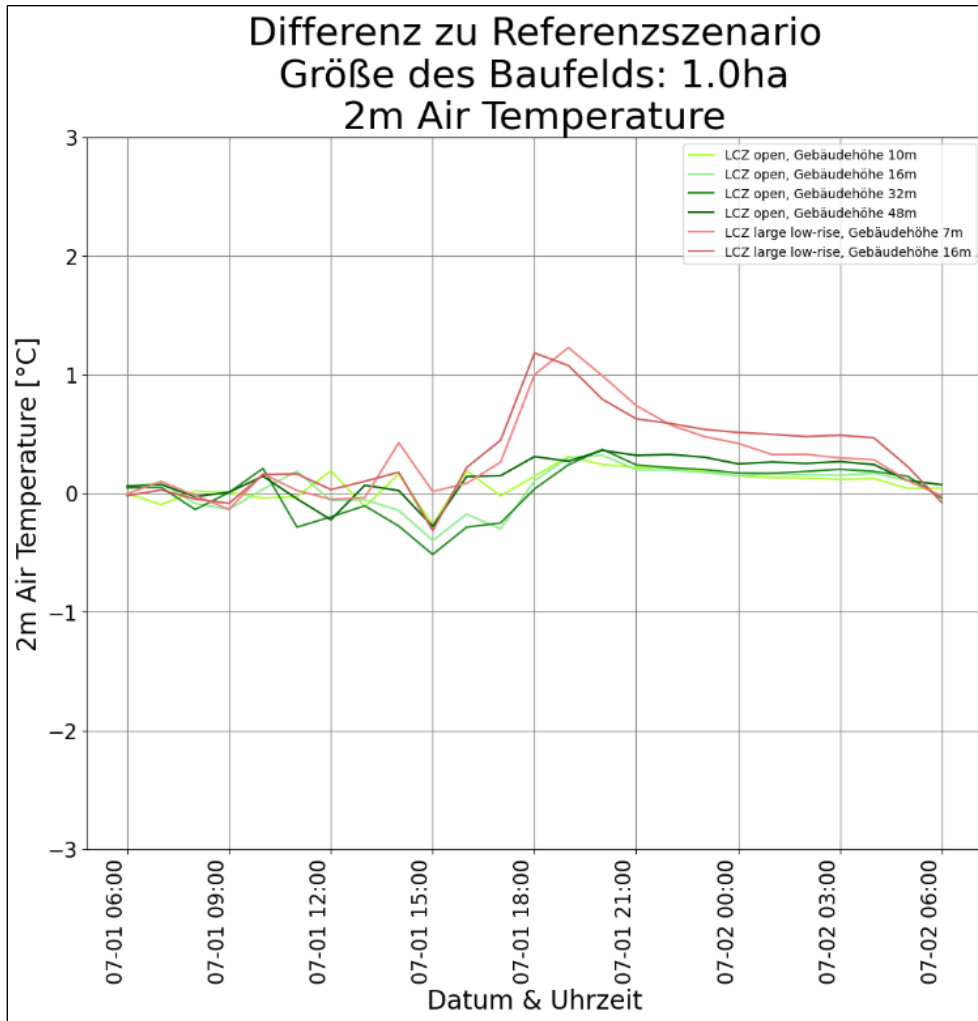


Abbildung 14: Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 1.0 ha, in der Domäne am Stadtrand, für die gegebenen Gebäudehöhen: LCZ large low-rise (rot), LCZ open (grün); hellere Farben für niedrigere Gebäude, dunklere Farben für höhere Gebäude.

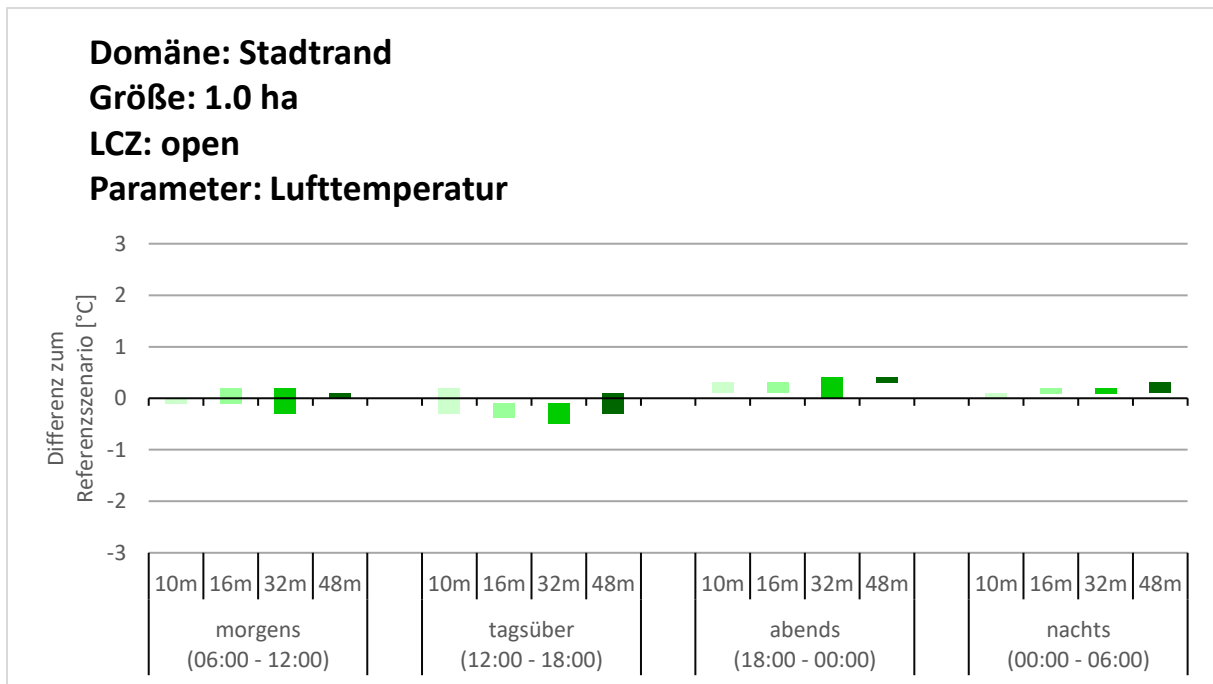


Abbildung 15: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ open und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 1.0 ha, 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.

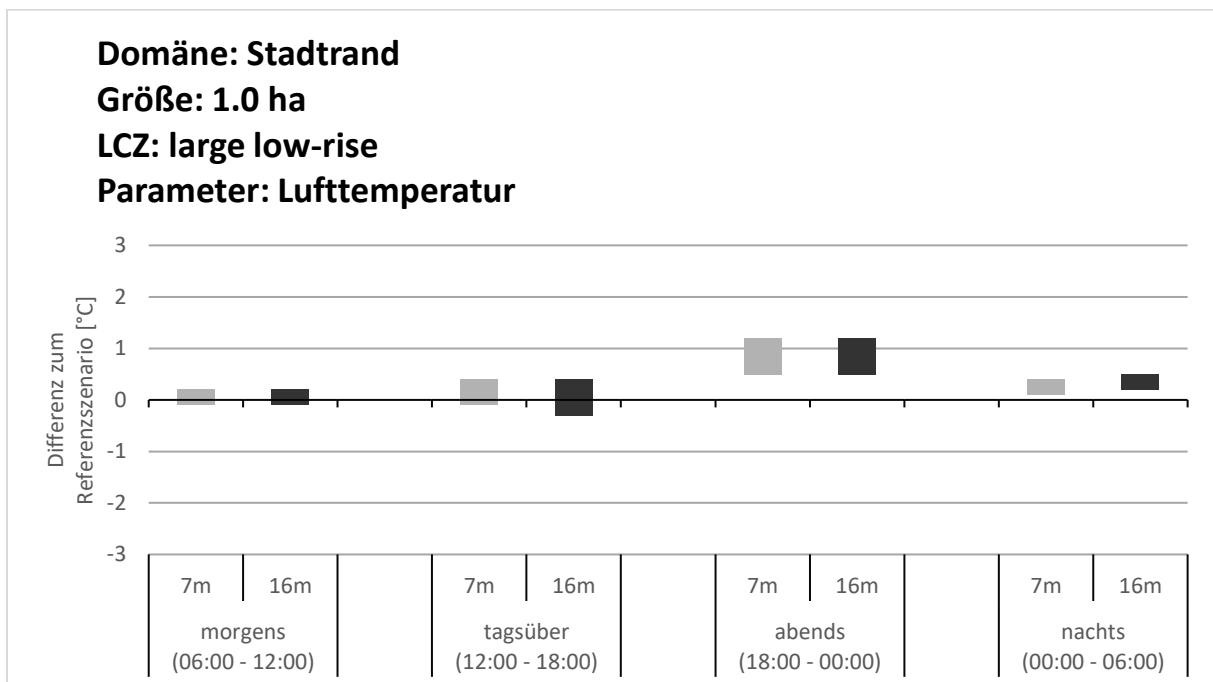


Abbildung 16: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ large low-rise und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 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.

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

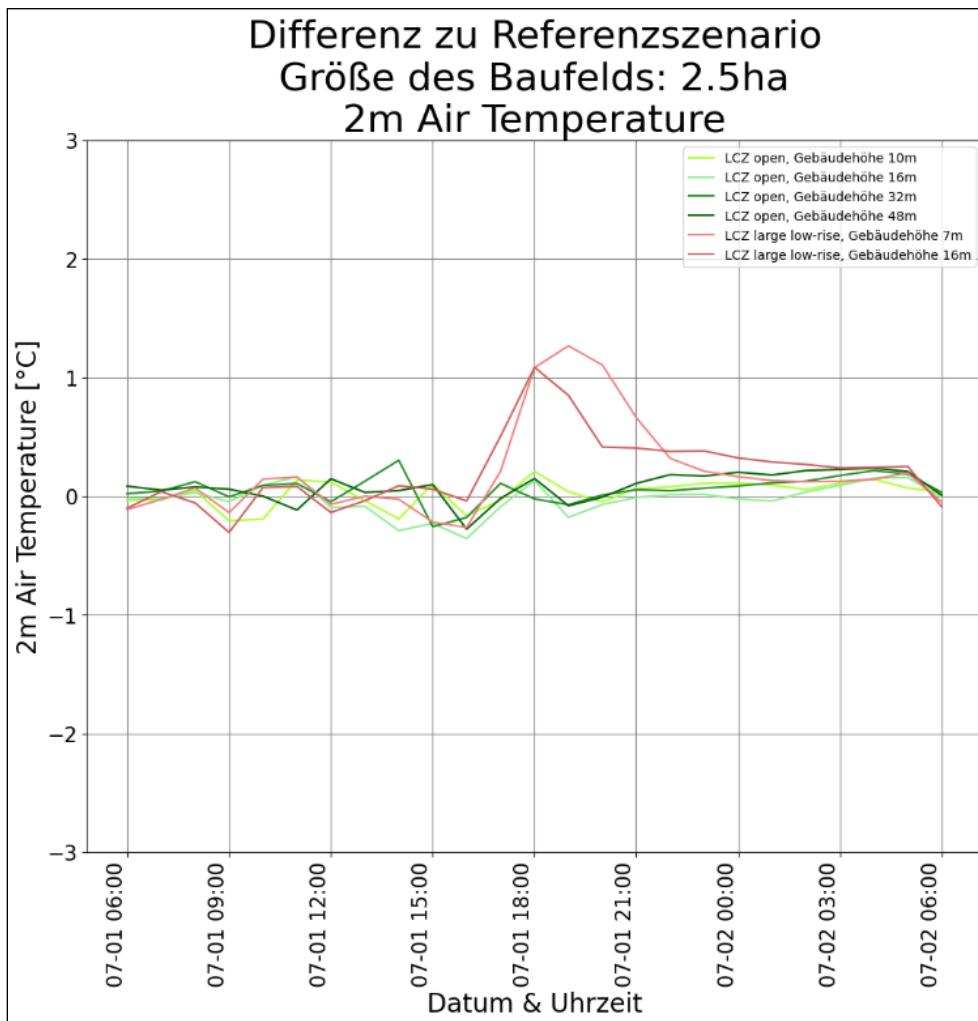


Abbildung 17: Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 2.5 ha, in der Domäne am Stadtrand, für die gegebenen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

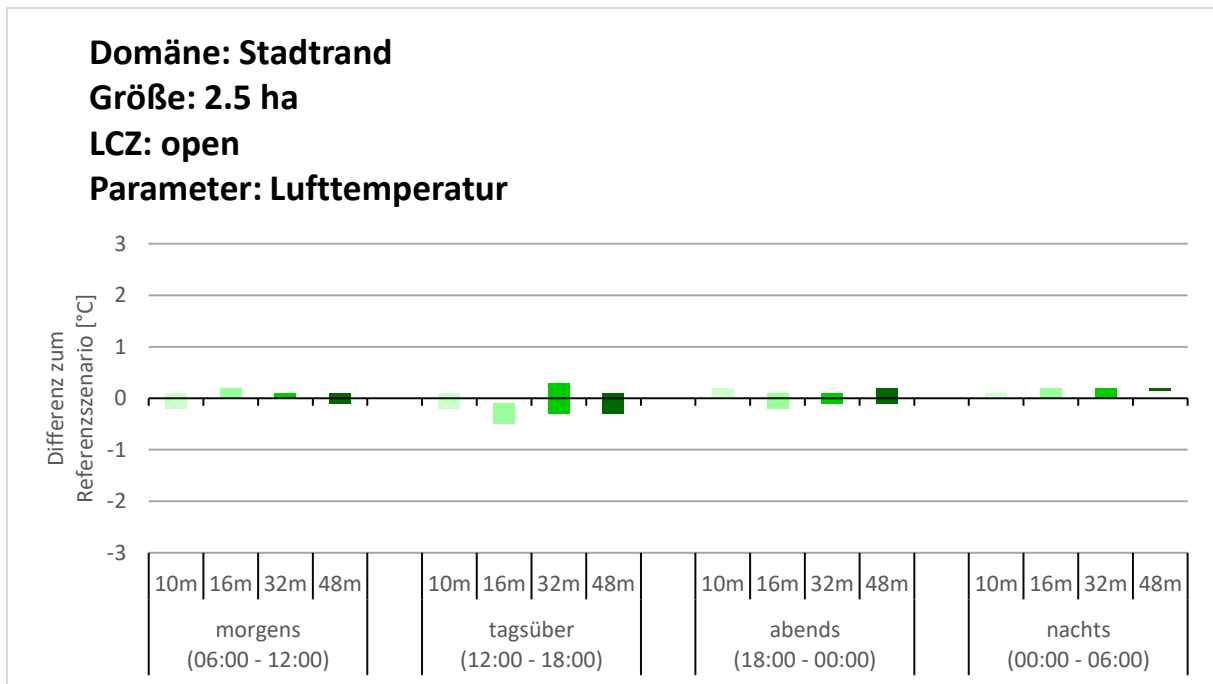


Abbildung 18: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ open und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 2.5 ha, 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.

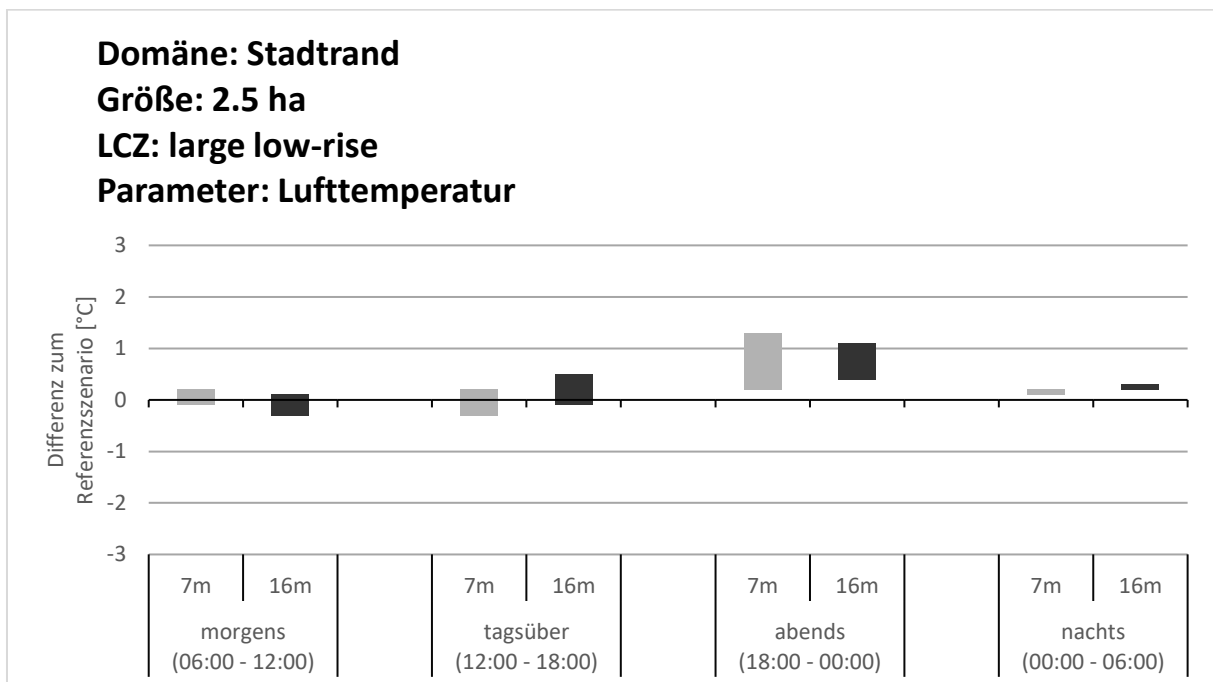


Abbildung 19: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ large low-rise und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 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.

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

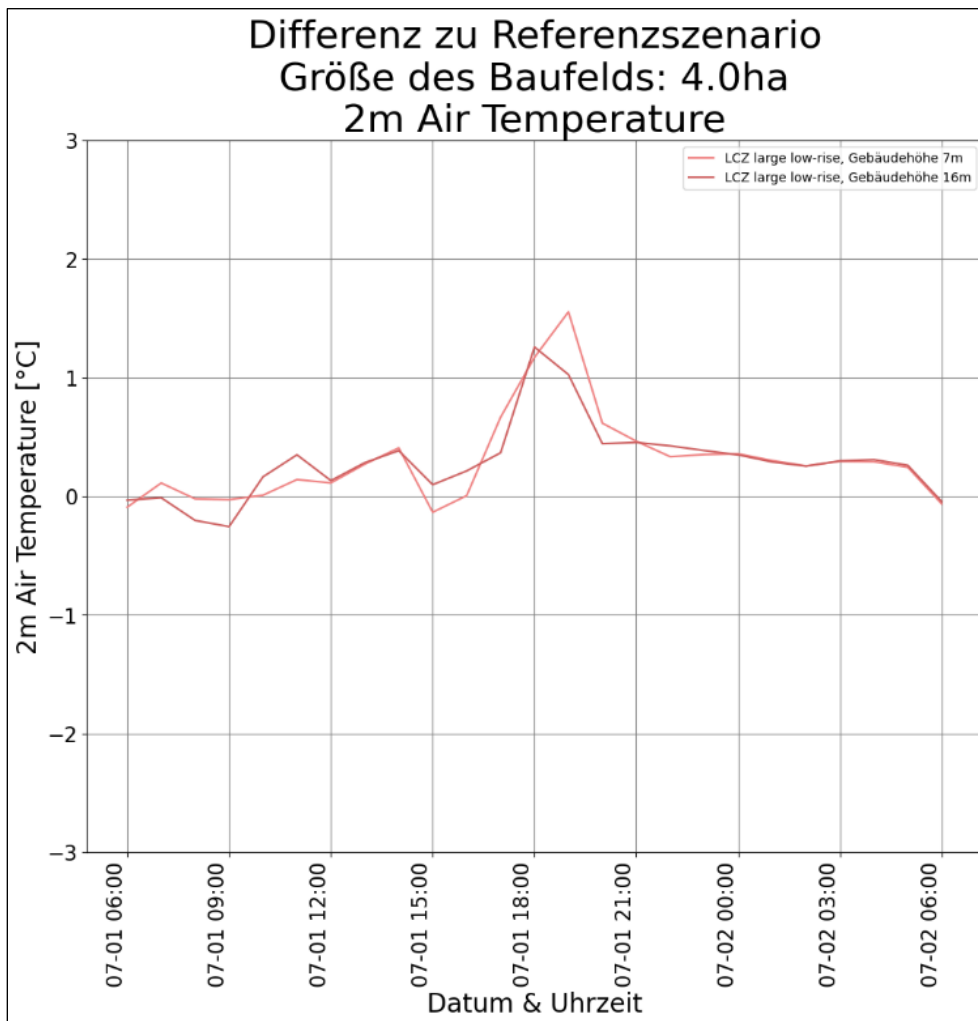


Abbildung 20: Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 4.0 ha, in der Domäne am Stadtrand, für die gegebenen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

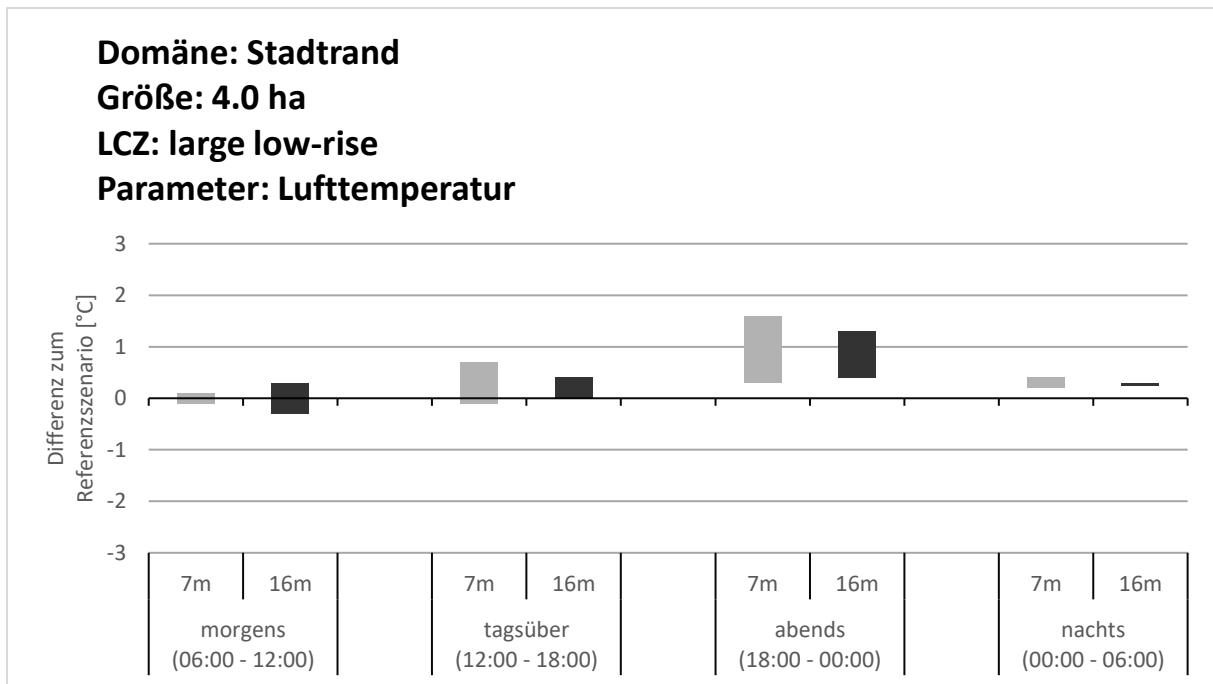


Abbildung 21: Darstellung der min. und max. Differenz der Lufttemperatur am Evaluationsort in der Nachbarschaft (50 – 100 m Entfernung zum Grundstück) zwischen den durchgeführten Sensitivitätsexperimenten der LCZ large low-rise und der Referenz (unbeschattete Rasenfläche) bei einer Grundstücksgröße von 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.