



**ZAMG**  
Zentralanstalt für  
Meteorologie und  
Geodynamik

# *Regionalklimaanalyse*

für den

## Zentralraum Oberösterreich

Auftraggeber

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung  
Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft  
Abteilung Umweltschutz  
Goethestraße 86  
4021 Linz

ZAMG

B. Niedermoser, C. Riedl, W. Senoner, M. Zuvela-Aloise,  
R. Goler, S. Oswald, A. Podesser, F. Lackner

Salzburg, am 26.01.2021

Zahl: 20-000896

[www.zamg.at](http://www.zamg.at)

1190 Wien, Hohe Warte 38  
Tel +43 (0) 1 360 26 - 2403  
Fax +43 (0) 1 360 26 - 74  
E-Mail: [E-Mail@zamg.ac.at](mailto:E-Mail@zamg.ac.at)



# Inhalt

Inhalt .....	3
1. Aufgabenstellung.....	5
2. Grundlagen.....	6
2.1. Gebietsausschnitt und räumliche Auflösung.....	6
2.2. Höhenmodell.....	6
2.3. Landnutzungs- und Gebäudedaten .....	7
2.3.1. <i>Daten vom Land Oberösterreich</i> .....	8
2.3.2. <i>Daten von nationalen und europäischen Datenquellen</i> .....	10
2.3.3. <i>Kontrolle der Landnutzungsdaten</i> .....	11
2.3.4. <i>Berechnung weiterer wichtiger Parameter</i> .....	12
2.3.5. <i>Die aktuelle MUKLIMO_3 Version 2020 - GUAMO</i> .....	13
2.4. Koordinatensystem .....	15
2.5. KLAM_21 .....	16
2.6. MUKLIMO_3.....	17
3. Themenkarten .....	19
3.1. Kaltluftabfluss aus KLAM_21 .....	19
3.2. Temperaturen aus MUKLIMO_3 .....	26
3.2.1. <i>Die Lufttemperatur um 4 Uhr, 14 Uhr und 22 Uhr MESZ</i> .....	26
3.2.2. <i>Die gefühlte Temperatur um 4 Uhr, 14 Uhr und 22 Uhr MESZ</i> .....	32
4. Klimafunktionskarten .....	40
4.1. Frischluft- und Kaltluftentstehungsgebiete .....	40
4.2. Überwärmung.....	45
5. Planungshinweise.....	49
5.1. Großraum Linz, Enns und Umgebung.....	49
5.2. Großraum Wels und Umgebung .....	51
5.3. Großraum Steyr und Umgebung.....	53
6. Literatur .....	55



# 1. Aufgabenstellung

Die Abteilung Umweltschutz des Landes Oberösterreichs beauftragte die ZAMG eine Regionalklimaanalyse für die Hitzebelastung und die Kaltluftproduktion in einer wolkenlosen Sommernacht für den Oberösterreichischen Zentralraum zu erstellen. Ursprünglich war ein Gebiet mit 30 km x 30 km mit den Städten Linz, Wels, Steyr und Enns angedacht. Der Ausschnitt wurde auf 46 km x 52 km erweitert, damit auch ausreichend Umland um die Städte des Zentralraums bei der Klimaanalyse berücksichtigt werden konnte. Die räumliche Auflösung beträgt 100 m x 100 m.

Beschrieben und behandelt werden Phänomene und Inhalte, die der räumlichen Auflösung von 100 m x 100 m und dem Gebiet des gesamten Zentralraums Oberösterreichs entsprechen. Die Aussagen sind daher nicht im Detail vergleichbar mit mikroskaligen Klimaanalysen oder Umweltprojekten, die aufgrund einer deutlich höheren Auflösung (mind. Faktor 10) einen größeren Detailreichtum zeigen können.

Als Basis für die Klimafunktionskarten dienen die Landnutzung, Analysekarten des Kaltluftströmungsfeldes, thermische und bioklimatische Bedingungen.

Die Grundlagendaten für die Landnutzungs klassifizierung wie Laserscandaten für Gebäude- und Vegetationshöhen, Baumkataster und Landnutzungsdaten wurden der ZAMG vom Auftraggeber zu Verfügung gestellt.

Mittels der Modelle KLAM\_21 (Kaltluftabflussmodell des Deutschen Wetterdiensts) und MUKLIMO\_3 (3D Mikroskaliges Urbanes KlimaModell des Deutschen Wetterdiensts) wurden Themenkarten wie Temperaturfelder und gefühlte Temperaturen zu verschiedenen Uhrzeiten an einem wolkenlosen, heißen Sommertag und die nächtliche Abkühlung in einer wolkenlosen Tropennacht simuliert.

Die Themenkarten und die Klimafunktionskarten werden exemplarisch als Bilder in diesem Bericht für den Gesamtausschnitt und die Städte Linz (inkl. Enns), Wels und Steyr gezeigt und alle berechneten Daten dem Auftraggeber in einem gängigen GIS-Format auf einem Datenträger zur Verfügung gestellt. Planungshinweise sind im Kapitel 5 beschrieben.

## 2. Grundlagen

### 2.1. Gebietsausschnitt und räumliche Auflösung

Für die Regionalklimaanalyse für den Zentralraum Oberösterreichs wurde ein 46 km x 52 km großer Gebietsausschnitt mit den Städten Linz, Wels, Steyr und Enns gewählt, der in Abbildung 1 zu sehen ist. Die horizontale Auflösung der Analysen beträgt 100 m x 100 m. Details zur Landnutzung werden in Kapitel 2.3 beschrieben. Das Modell KLAM\_21 konnte mit einer horizontalen Auflösung von 30 m x 30 m betrieben werden, weil es weniger Rechnerleistung benötigt als MUKLIMO\_3.

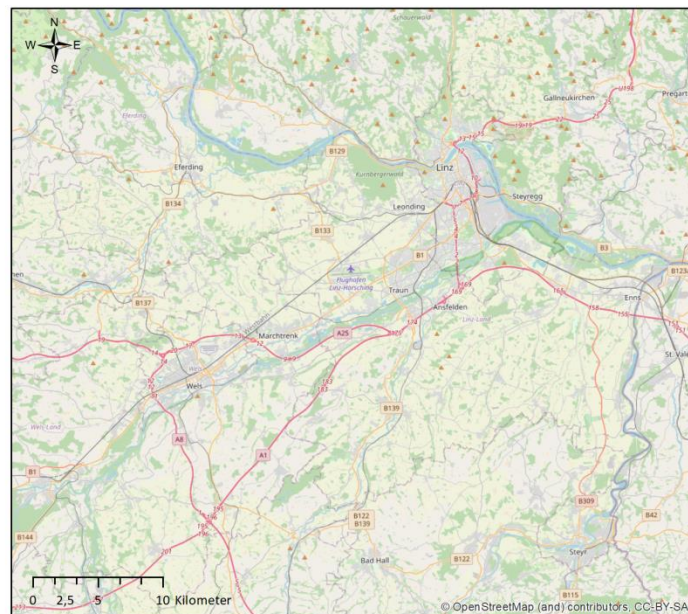


Abbildung 1: Der Oberösterreichische Zentralraum mit den Städten Linz, Wels, Steyr und Enns.

### 2.2. Höhenmodell

Abbildung 2 zeigt die Geländehöhe für den Oberösterreichischen Zentralraum. Die Informationen aus dem Höhenmodell sind für KLAM\_21, MUKLIMO\_3 und die Klimafunktionskarten wesentliche Eingangsparameter. Das Höhenmodell liegt mit einer Auflösung von 10 Metern vor.

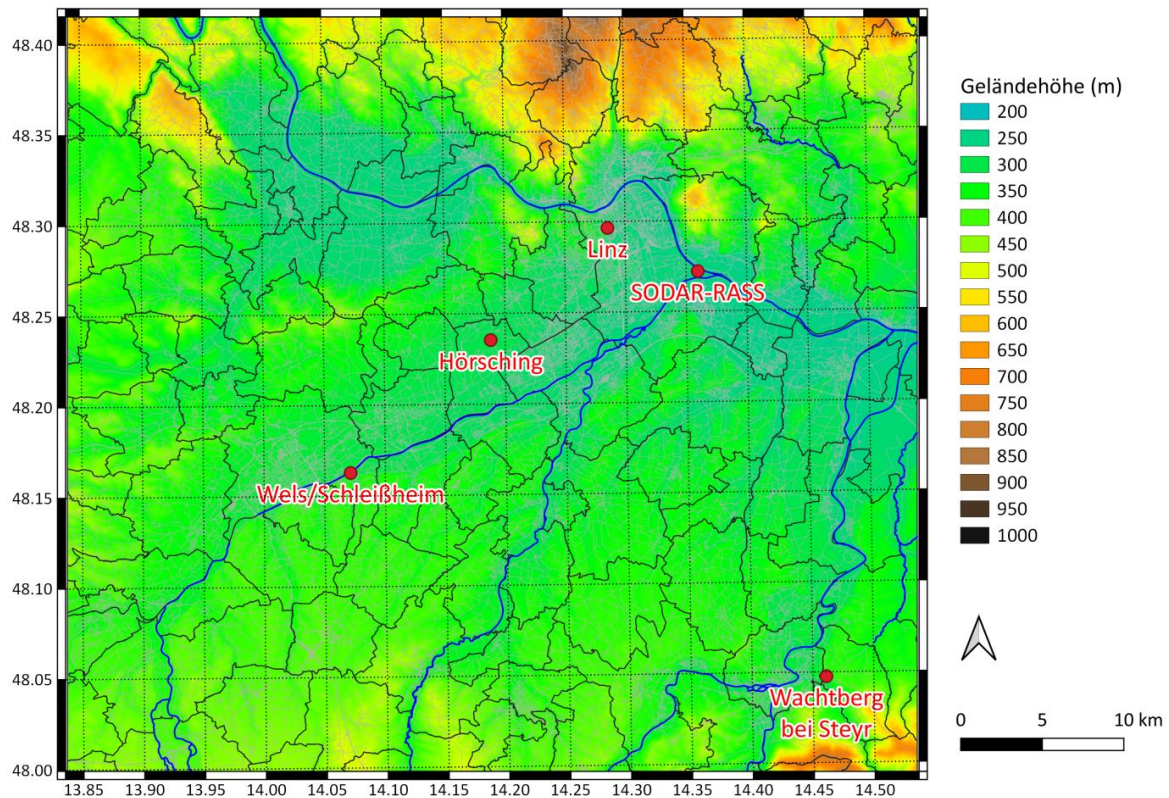


Abbildung 2: Karte der Modelldomäne mit der Geländehöhe über dem Meeresspiegel (in m), den Positionen der vier ZAMG Messstationen (Linz, Hörsching, Wels/Schleißheim, Wachtberg bei Steyr) und der SODAR-RASS-Messstation (SODAR = Sound/Sonic Detecting and Ranging, RASS = Radio Acoustic Sounding System) am Traunspitz bei Linz. Entlang der X und Y Achse sind die geografische Länge und Breite des Untersuchungsgebiets ablesbar.

### 2.3. Landnutzungs- und Gebäudedaten

Landnutzung (Wohnung oder Gewerbe, Transport oder Landwirtschaft) und Landbedeckung (Gebäude, Bäume, niedrige Vegetation) spielen bei der Entwicklung des lokalen Klimas eine bedeutende Rolle. Sie beeinflussen durch die Absorption von Strahlung, die Reduktion der Windgeschwindigkeit, die Verdunstungsrate und den bodennahen Feuchtezustand wesentlich die Energiebilanz am Boden. Diese Prozesse werden im Stadtklimamodell MUKLIMO\_3 berücksichtigt und können auf Basis der vorhandenen Landnutzungs- und Landbedeckungsdaten simuliert werden. Auch für KLAM\_21 ist die Landnutzung wesentlich. Abbildung 3 zeigt die im KLAM\_21 verwendete Landnutzung.

### Landnutzungsklassen KLAM

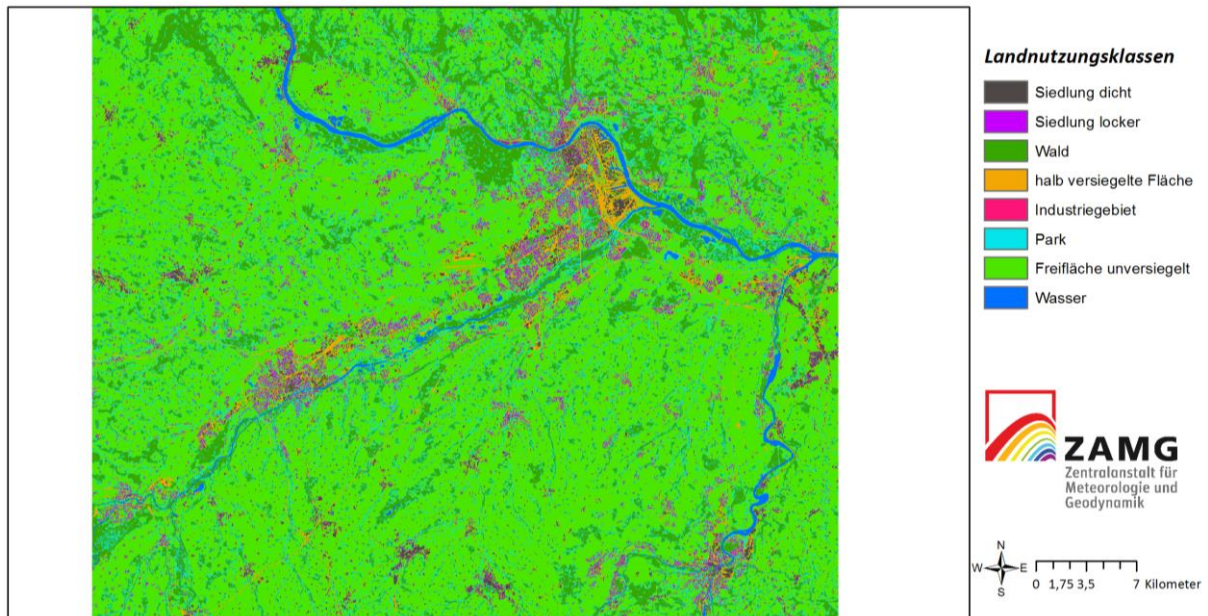


Abbildung 3: Landnutzungsklassen im KLAM\_21 für den Oberösterreichischen Zentralraum.

#### 2.3.1. Daten vom Land Oberösterreich

Vom Land Oberösterreich wurden zu Projektbeginn ergänzende Datensätze übermittelt. Diese umfassen Gebäudepolygone (Abbildung 4), die über die mittlere Höhe, die Grundfläche und den Umfang einzelner Gebäude innerhalb des Untersuchungsgebiets informieren. Zur Veranschaulichung der Gebäudehöhen wurden für die Stadt Steyr die Gebäudepolygone und deren Höhen in Abbildung 5 farblich dargestellt.



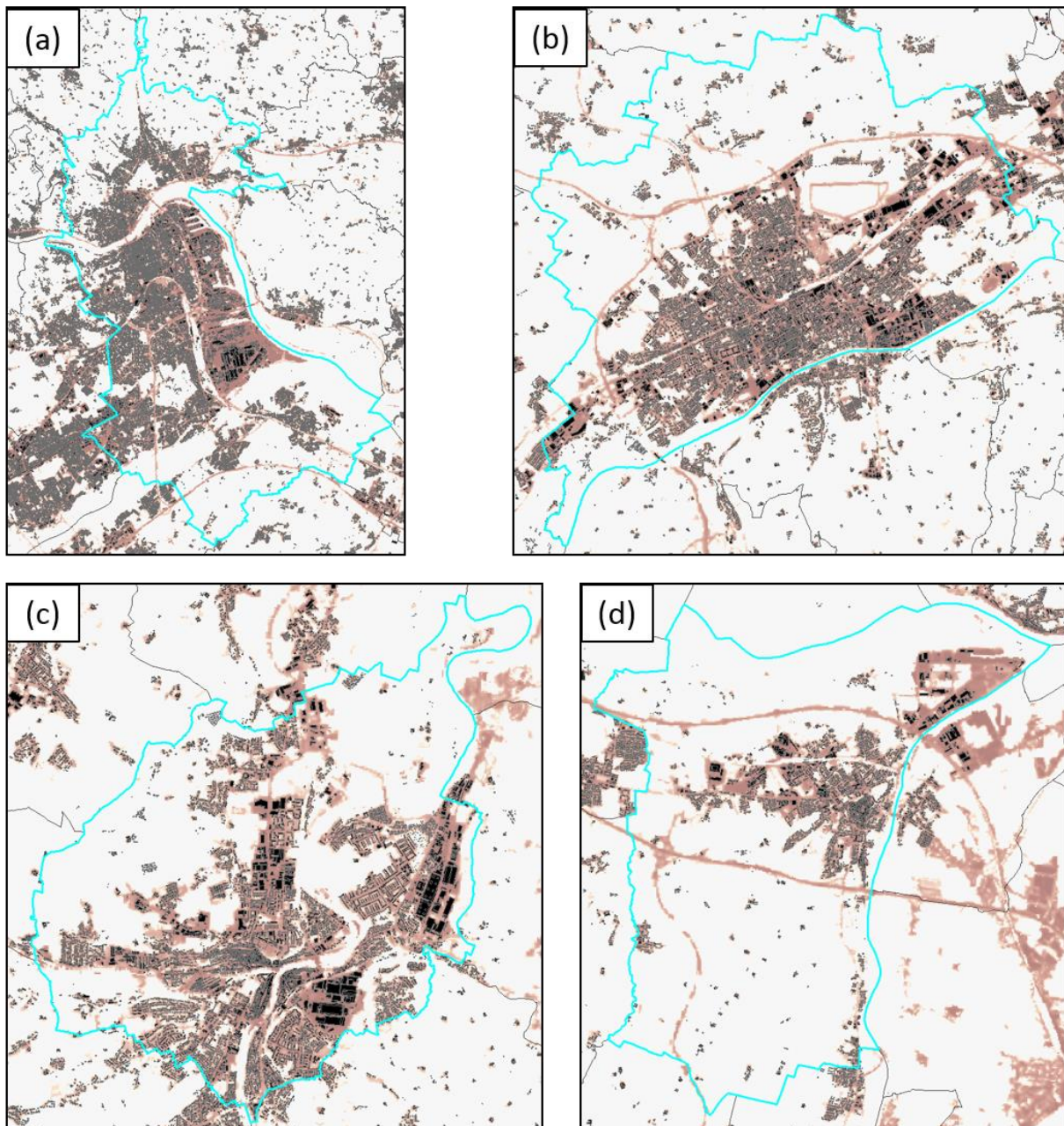


Abbildung 4: Gebäudepolygone (schwarz) für die Städte (a) Linz, (b) Wels, (c) Steyr und (d) Enns. Die Grenzen der Stadtbezirke sind in Blau eingezeichnet. Im Hintergrund wird der Versiegelungsgrad angezeigt (rot-transparent).



Abbildung 5: Ausschnitt der Innenstadt von Steyr, wobei die Gebäudepolygone mit der jeweiligen Höhe [m] dargestellt sind. Im Hintergrund sind die Geländehöhen über Meeresspiegel eingezeichnet.

### 2.3.2. *Daten von nationalen und europäischen Datenquellen*

Da der verwendete Simulationsausschnitt (vergleiche Abbildung 1 und Abbildung 2) auch andere Landbedeckungsarten als Gebäude beinhaltet, wurden weitere nationale und europäische Datenquellen für die vorliegende Studie herangezogen.

Das von der Europäischen Umweltagentur initiierte Copernicus Land Monitoring Service-Portal bietet detaillierte Informationen zur Landbedeckung und zur Landnutzung für fast ganz Europa in Form der CORINE Landbedeckung an (Europäische Union, 2018). Dieser Datensatz wurde unter Verwendung von Satellitenbildern im Jahr 2018 erstellt und ist seitdem frei verfügbar.

Mit der CORINE Landnutzungsklassifizierung können gewisse Bereiche einer Stadt in diverse Klassen eingeteilt und mit dem Flächenzonenplan verschnitten werden. Das bedeutet, dass Gebäude, Vegetation und Straßen prozentuell pro Klasse berechnet werden und somit die städtischen Eigenschaften beschreiben. Allerdings werden durch die Verwendung von Satellitenbildern und deren teils zu groben Auflösung für Österreich einzelne Gebiete zu homogen oder gar falsch gekennzeichnet.

Daher wurde auf einen weiteren Datensatz zurückgegriffen. Das Landinformationssystem Österreich (LISA) liefert detaillierte Landbedeckungsdaten, die aus hochaufgelösten Satellitenbildern für den Zeitraum 2014 bis 2016 generiert wurden. LISA enthält Daten für große Teile Österreichs mit einer Auflösung von 1 m x 1 m, umfasst insgesamt 20 Klassen und besitzt eigene Klassen für Laub-, Misch und Nadelwald, wie man in Abbildung 6 gut erkennen kann (GeoVille GmbH, 2016).

Um den Detailgrad und die Genauigkeit von LISA zu erkennen, wurde die Stadt Steyr vergrößert (siehe Abbildung 7). Man sieht wie präzise Klassen wie Schotter (hellblau), Landstraßen (dunkelgrau) oder Gewässer (blau) dargestellt sind.

Mit diesen Daten kann man nun nicht nur den Anteil von Gebäuden, sondern auch von Vegetation, Wasser und Versiegelung klar bestimmen.

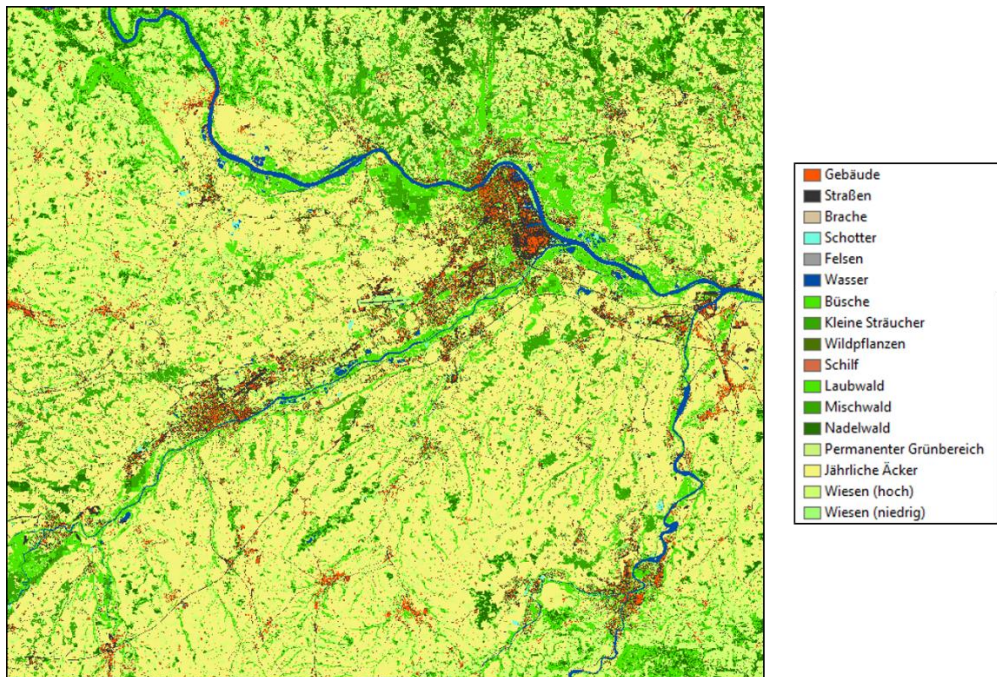


Abbildung 6: Landbedeckungsdaten aus LISA für den Oberösterreichischen Zentralraum.

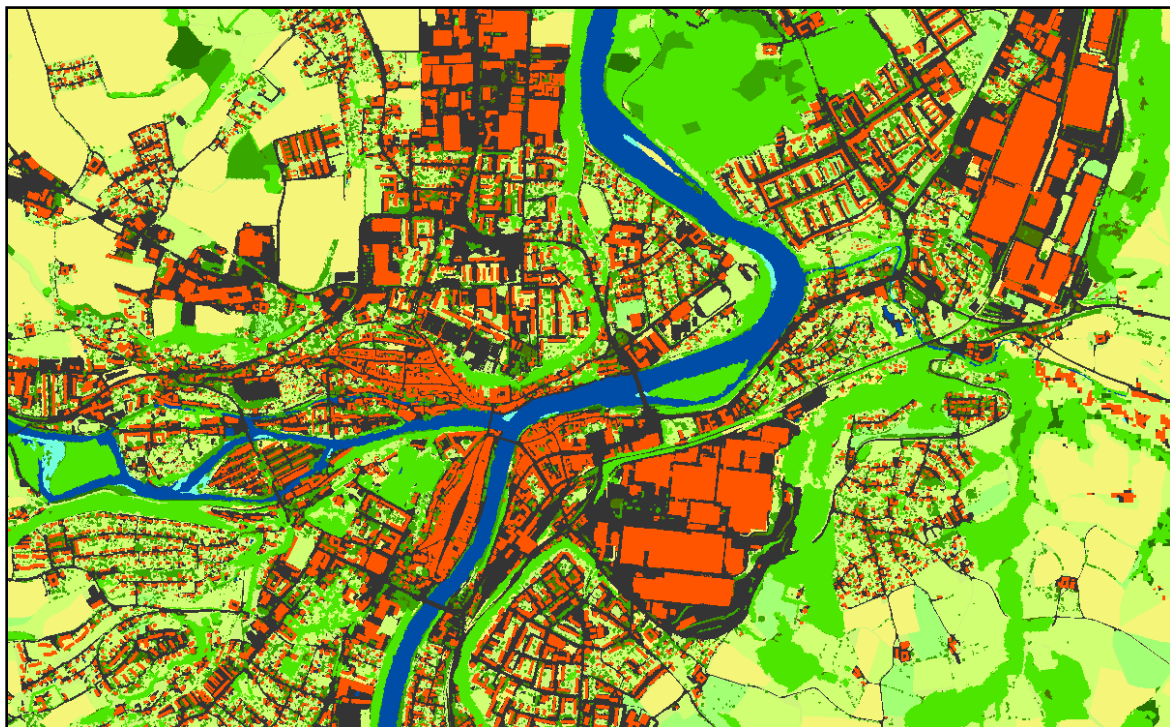


Abbildung 7: LISA Ausschnitt für die Stadt Steyr.

### 2.3.3. Kontrolle der Landnutzungsdaten

Als weitere Maßnahme zur Verbesserung der Landnutzungsdaten und deren Klassifizierung im Raum Wels, Steyr und Enns wurde eine Methode zur Kontrolle der CORINE Klassen durchgeführt. Wie in der Publikation von Oswald et al. (2020) beschrieben, wird mit einem sogenannten Schwellenwertverfahren die Klassifizierung jeder Gitterzelle überprüft indem die Parameter Gebäude-,

Straßen und Baumanteil (in %) als Schwellenwert fungieren. Diese Methode ermittelt automatisch den Prozentsatz jedes Landbedeckungstyps (wie durch LISA definiert), mittelt die Gebäudehöhen in jeder Gitterzelle und klassifiziert die aktuelle Landnutzungsclassen aus CORINE neu. Das Ergebnis wird mit reklassifizierten Gitterpunkten in der Abbildung 8 dargestellt. Dieser Vorgang dient der Verbesserung klassenspezifischer Parameter wie dem Gebäude-, Versiegelungs- und Vegetationsanteil. An dieser Stelle sei jedoch erwähnt, dass dies nicht die letzte Änderung der Eingangsdaten für die Simulation ist und es noch weitere Verbesserungen im Zuge dieser Klimaanalyse gibt (siehe Abschnitt 2.3.5).

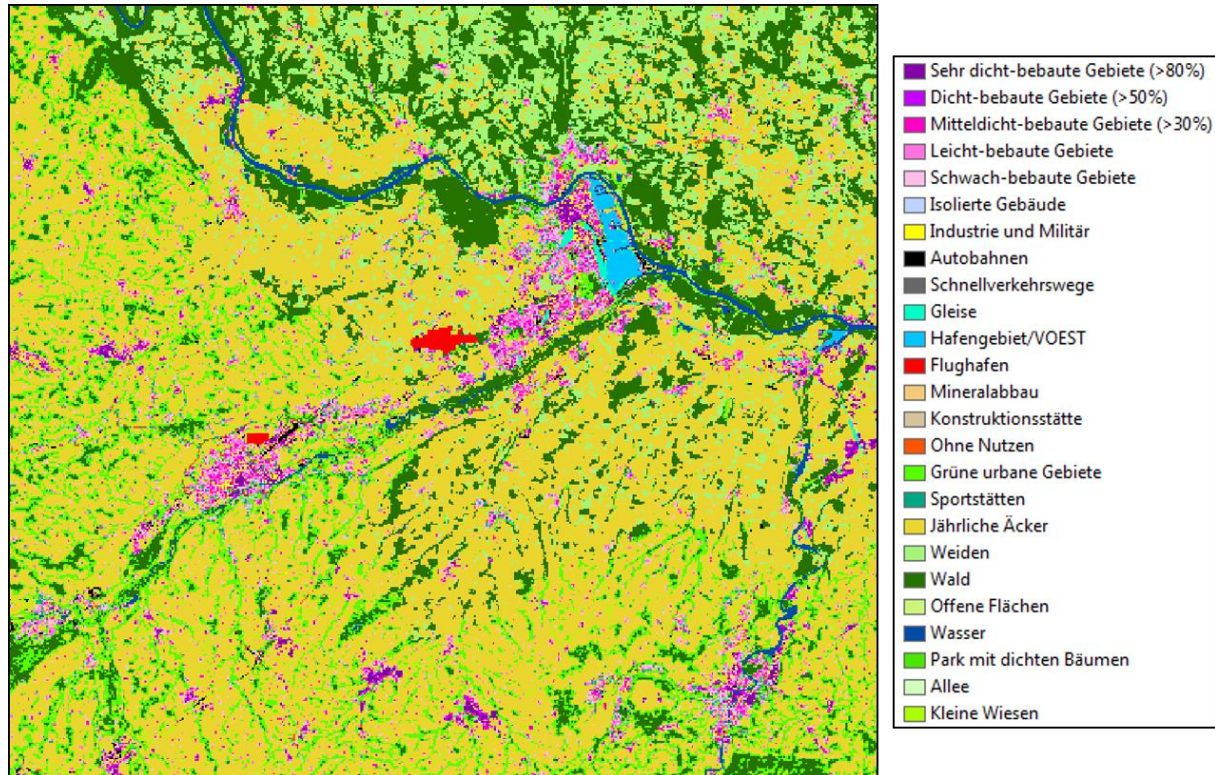


Abbildung 8: Endergebnis der Reklassifizierung von CORINE 2018 mit den LISA Daten.

#### 2.3.4. Berechnung weiterer wichtiger Parameter

Die Gebäudegeometrie, wie Gebäudehöhe und Gebäudedichte, spielt eine wichtige Rolle in der Energiebilanz in bebauten Gebieten, zum Beispiel bei Beschattungseffekten und nächtlicher Abkühlung. Daher gibt es gewisse Parameter im MUKLIMO\_3, die die Gebäudegeometrie beschreiben und damit die Verhältnisse zwischen Gebäuden und Straßenraum berücksichtigen. Einer davon ist der sogenannte Wall Area Index (WAI), der das Verhältnis zwischen der Fassade und der Grundfläche eines Gebäudes beschreibt. Je höher ein Gebäude ist, desto höher ist der WAI. Schmale Hochhäuser haben einen hohen WAI (>3). Gewerbehallen, die 6 bis 8 Meter hoch sind, haben einen niedrigen bis mittleren WAI (1-3). Der WAI spielt in mehreren physikalischen und mikroklimatischen Prozessen eine große Rolle. So werden aus WAI und Gebäudedichte Beschattungseffekte tagsüber, Reibungseffekte der Windströmung an Wänden und die nächtliche Abkühlung berechnet. Zum Beispiel wird nachts bei dichter Bebauung und einem hohen WAI ein hoher Anteil an langwelliger Strahlung (Wärmestrahlung) von den Gebäuden abgegeben und es kommt zu einer Mehrfachreflexion zwischen den Gebäuden. Dadurch wird die nächtliche Gesamtabstrahlung der Stadt in Richtung Horizont oder Himmel verringert, was zu höheren Lufttemperaturen und somit zu mehr Tropennächten führt.

Abbildung 9 zeigt den pro Gitterzelle gemittelten WAI für einen Ausschnitt vom Linzer Stadtkern. Schmale hohe Gebäude (zum Beispiel Museumsstraße 34, dunkelroter Kreis) haben einen hohen WAI (4,0 – 4,5) und größere Bauten wie der XXXLutz Linz (hellblauer Kreis) einen niedrigen WAI (1,0 – 1,5).

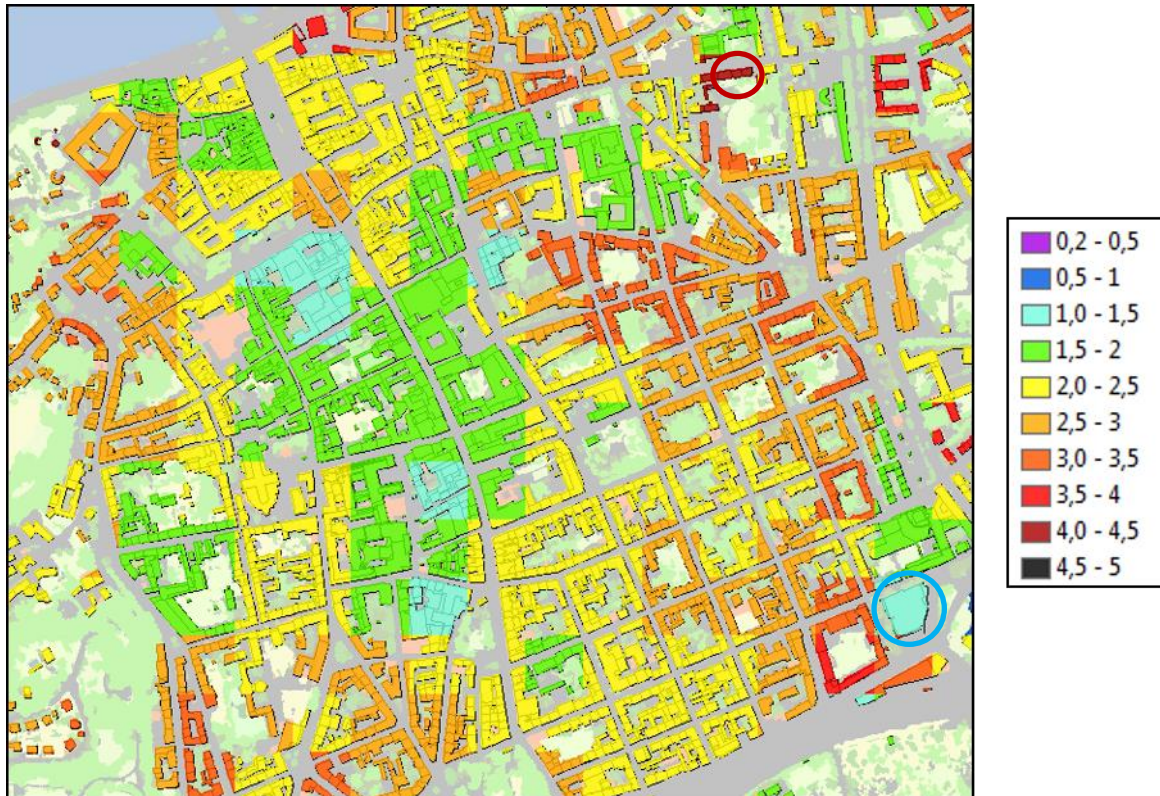


Abbildung 9: Wall Area Index (WAI) für die Linzer Innenstadt zwischen Donau und Bahnhofstraße. Der dunkelrote Kreis markiert das Gebäude in der Museumsstraße 34 mit einem hohen WAI und der hellblaue Kreis den XXXLutz mit einem niedrigen WAI. Im Hintergrund ist die LISA Landbedeckung geplottet.

### 2.3.5. Die aktuelle MUKLIMO\_3 Version 2020 - GUAMO

Das Projekt „Nutzung des GMES Urban Atlas für die Stadtklimamodellierung“ (GUAMO), initiiert vom deutschen Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gemeinsam mit dem Copernicus Land Monitoring Service, führte zur Generierung genauer Stadtstrukturen und damit zur besseren Bestimmung der Klimaindizes.

Dabei werden jeder Zelle spezifische Eigenschaften zugewiesen, statt eine Klassifizierung in die zuvor beschriebenen Landnutzungsklassen vorzunehmen (Abschnitt 2.3.3). Konkret werden an jedem Gitterpunkt die mittlere Gebäudehöhe (Abbildung 10), der WAI und der Baum-, Gebäude und Versiegelungsanteil (Gebäude plus Straßen/Gehsteige) berechnet (Abbildung 11 und Abbildung 12). Dafür wurden die zur Verfügung gestellten Gebäudepolygone (Abbildung 4), LISA (Abbildung 6) und der reklassifizierte Datensatz (Abbildung 8) verwendet. Anteile der niedrigen Vegetation und des Schotters werden jedoch weiterhin als Mittel berechnet und in der jeweiligen reklassifizierten Klasse implementiert.

Dies sind die finalisierten Eingangsdaten, welche für die Simulation mit MUKLIMO\_3 (Kapitel 2.6 und 3.2) verwendet wurden.

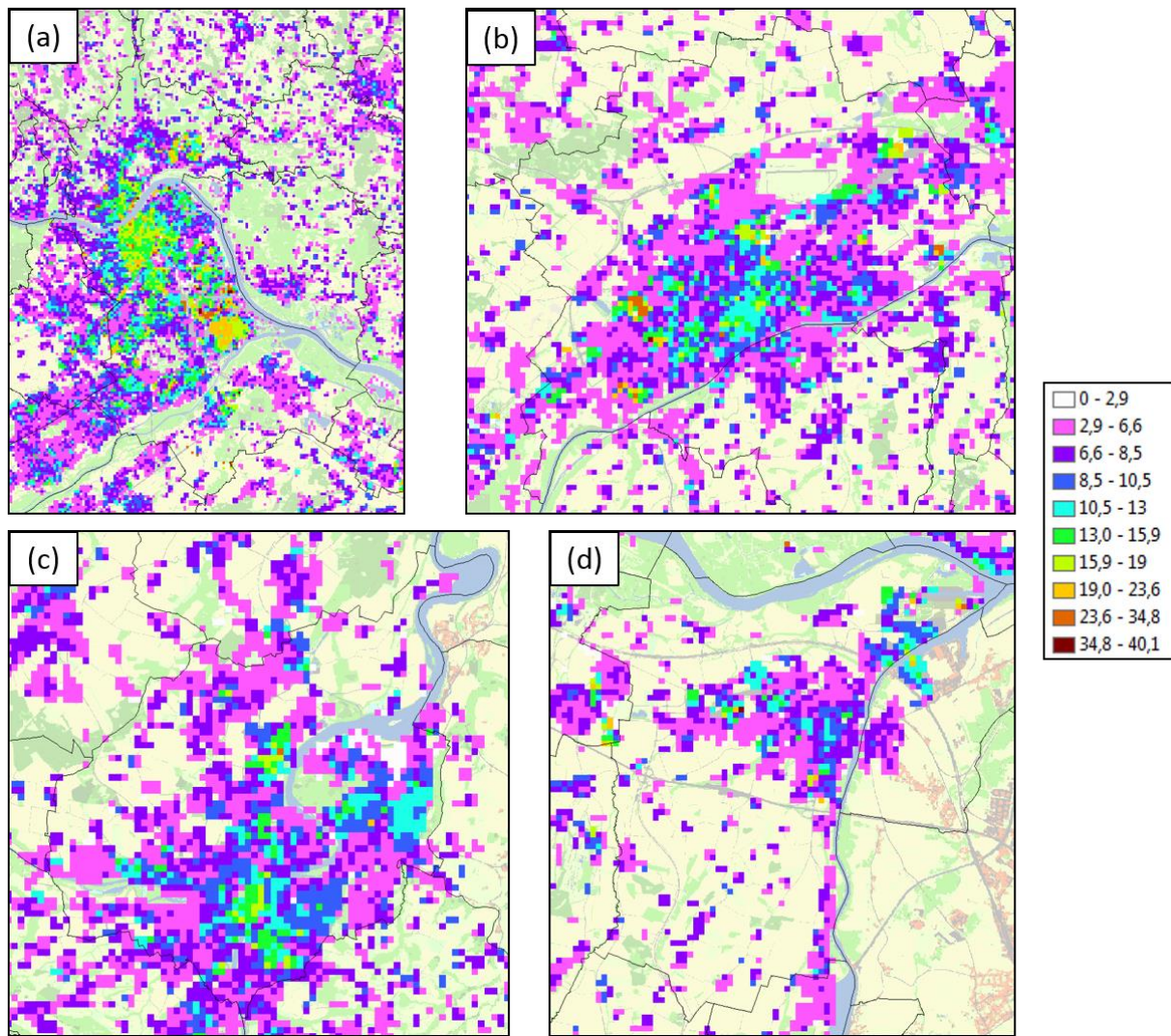


Abbildung 10: Berechnete Gebäudehöhen [m] im 100 m x 100 m Raster für die Städte (a) Linz, (b) Wels, (c) Steyr und (d) Enns. Diese Werte wurden in der aktuellen MUKLIMO\_3 Version 2020 für die vorliegende Studie als ASCII Daten verwendet. Im Hintergrund wird der LISA Datensatz gezeigt.

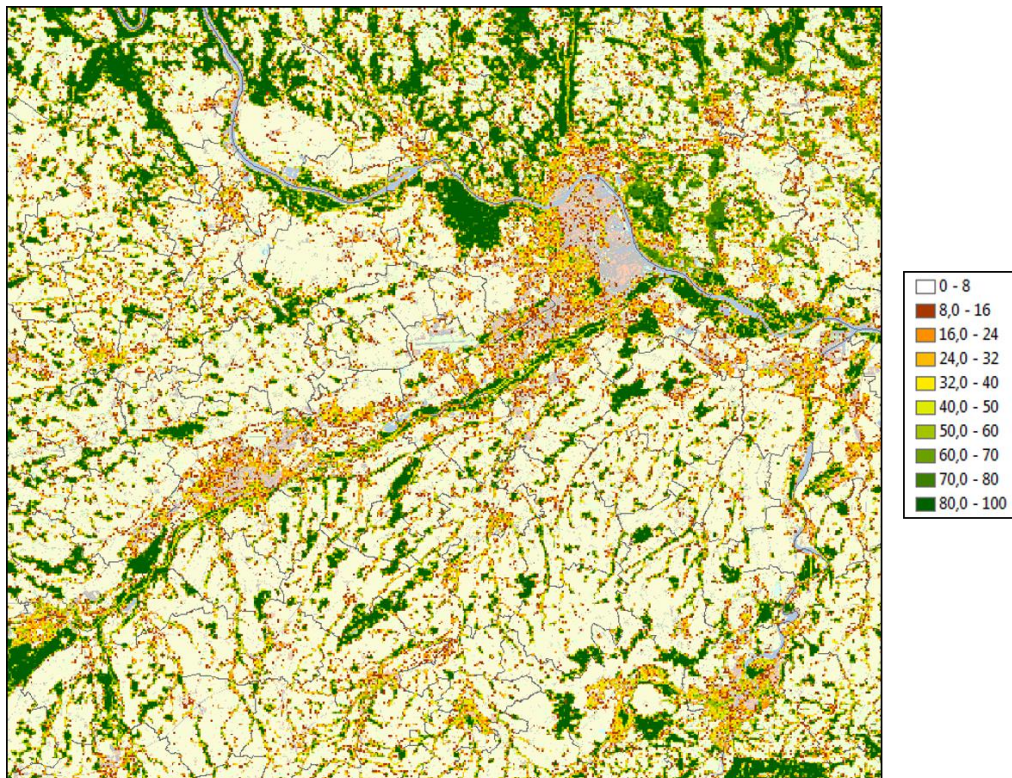


Abbildung 11: Berechnete Baumdichte [%] für den Oberösterreichischen Zentralraum auf ein 100 m x 100 m Gitter gerastert. Im Hintergrund ist die LISA Landbedeckung dargestellt.

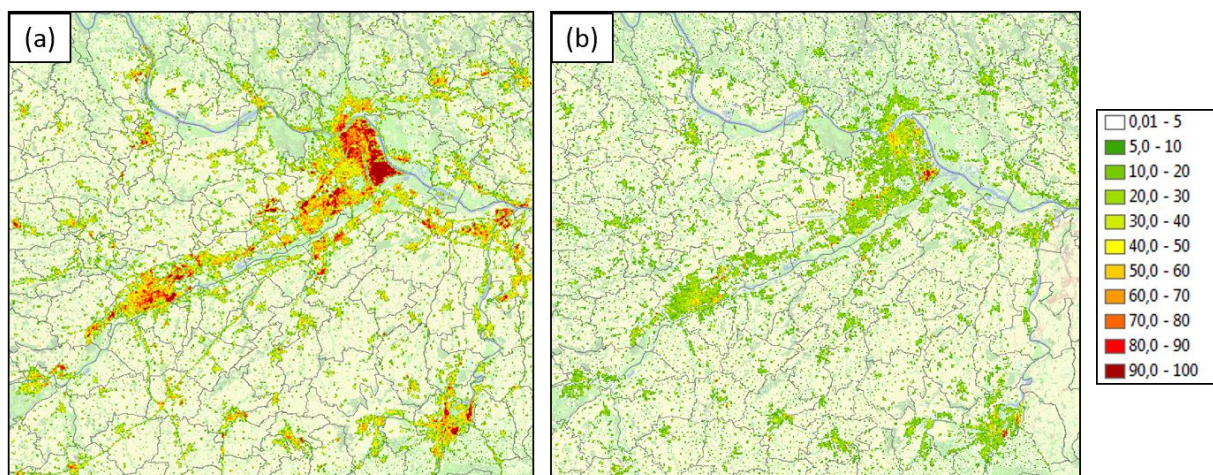


Abbildung 12: (a) Berechneter Versiegelungsgrad (Gebäude plus Straßen/Gehsteige) und (b) Gebäudeanteil [%] für den Oberösterreichischen Zentralraum auf 100 m mal 100 m gerastert mit LISA Landbedeckung im Hintergrund.

## 2.4. Koordinatensystem

Dem Auftraggeber werden die Themenkarten in gängigen GIS Formaten im Koordinatensystem vom Land Oberösterreich EPSG Code 31255 (Abbildung 13) übermittelt.

---

Projected Coordinate System:	MGI_Austria_GK_Central
Projection:	Transverse_Mercator
False_Easting:	0,00000000
False_Northing:	-5000000,00000000
Central_Meridian:	13,33333333
Scale_Factor:	1,00000000
Latitude_Of_Origin:	0,00000000
Linear Unit:	Meter

Abbildung 13: Koordinatensystem Land Oberösterreich.

## 2.5. KLAM\_21

KLAM\_21 (Sievers, 2005) ist ein vom Deutschen Wetterdienst (DWD) entwickeltes zweidimensionales, mathematisch-physikalisches Simulationsmodell zur Berechnung von Kaltluftflüssen in orographisch gegliedertem Gelände für Fragen der Standort-, Stadt- und Regionalplanung.

Das Modell simuliert die Entwicklung von Kaltluftflüssen und die Ansammlung von Kaltluft in einem beliebig auswählbaren, rechteckig begrenzten Untersuchungsgebiet. Das für die Klimaanalyse Zentralraum Oberösterreich verwendete Untersuchungsgebiet wird in Kapitel 2.1 vorgestellt. Über diese Fläche wird ein numerisches Gitter gelegt, wobei der Gitterpunktabstand für diese Studie 30 m beträgt. Jedem Gitterpunkt werden eine Flächennutzung (Abbildung 3) und eine Geländehöhe (Abbildung 2) zugeordnet. Jeder Landnutzungsklasse wiederum entsprechen eine fest vorgegebene Kälteproduktionsrate und eine Rauigkeit als Maß für den aerodynamischen Widerstand und gegebenenfalls eine Porosität als Maß für die Durchlässigkeit von bebauten Flächen. Das Zusammenspiel dieser Einflussgrößen bestimmt das Entstehen, Fließen und die Ansammlung der Kaltluft.

Der Start der Simulation liegt kurz vor Sonnenuntergang. Zu diesem Zeitpunkt wird eine annähernd adiabatisch geschichtete Atmosphäre vorausgesetzt, in der keine horizontalen Gradienten der Lufttemperatur und der Luftdichte vorhanden sind. Es werden während der ganzen Nacht gleichbleibend gute Ausstrahlungsbedingungen, das heißt ein wolkenloser Himmel, angenommen.

Bei der Simulation für diese Studie wird eine westliche Grundströmung mit 1 m/s Geschwindigkeit in 10 Metern Höhe (siehe auch Windrosen in den Klimafunktionskarten, Abschnitt 4.1) angenommen. Der Simulationszeitraum von acht Stunden entspricht der mittleren Dauer einer Sommernacht.

Die physikalische Basis des Modells bilden eine vereinfachte Bewegungsgleichung und eine Energiebilanzgleichung, mit der der Energieverlust und damit der Kälteinhalt der Kaltluftschicht bestimmt werden. Aus dem Kälteinhalt einer jeden Säule wird dann die Kaltluflhöhe errechnet.

Als Ergebnis (Kapitel 3.1) erhält man die flächenhafte Verteilung der Kaltluflhöhe und ihrer mittleren Fließgeschwindigkeit zu beliebig abgreifbaren Simulationszeitpunkten. In dieser Studie wurden die Zeitpunkt 15 Minuten, 30 Minuten, 1 Stunde, 2 Stunden, 3 Stunden, 4 Stunden, 5 Stunden, 6 Stunden, 7 Stunden und 8 Stunden nach Sonnenuntergang gewählt.



## 2.6. MUKLIMO\_3

Das dynamische Stadtklimamodell MUKLIMO\_3 wurde beim Deutschen Wetterdienst entwickelt und wird seit Mitte der 80er Jahre kontinuierlich für verschiedene stadtklimatologische Fragestellungen benutzt. Das Modell beinhaltet u.a. Parametrisierungen für die Turbulenz (Sievers und Zdunkowski, 1986), die Vegetation (Siebert et al., 1992) und die kurzweilige Strahlung (Sievers und Früh, 2012). In dieser Studie wurde die aktuellste thermodynamische Modellversion verwendet (Sievers, 2016), die im Rahmen des Projekts „Nutzung des GMES Urban Atlas für die Stadtklimamodellierung“ (GUAMO) des DWD weiterentwickelt wurde. Basierend auf einem detaillierten Höhenmodell (Abbildung 2), einem Bebauungs- und Landnutzungsdatensatz (Kapitel 2.3) berechnet das MUKLIMO\_3 Modell die Energiebilanz in der (urbanen) Grenzschicht und meteorologische Größen wie zum Beispiel die Lufttemperatur, die relative Feuchte und die Windgeschwindigkeit und Richtung mit einer horizontalen Auflösung von 100 m x 100 m. Das Stadtklimamodell (Abbildung 14) wurde mit variierenden vertikalen Profilen, extrahiert aus dem ALARO Wettervorhersagemodell für ausgewählte Tage, implementiert. Simuliert wurde der atmosphärische Zustand im Untersuchungsgebiet in stündlicher Auflösung ab 9 Uhr MESZ (Mittleuropäischer Sommerzeit) für die darauffolgenden 24 Stunden. In dieser Studie wurden die Tage 30. Juni / 1. Juli 2019 und 26. Juli / 27. Juli 2019 gewählt. Diese Tage waren typische Hitzetage mit einem fast vollständig wolkenlosen Himmel, Höchsttemperaturen von 34° bis 35° C, die zwischen 16 und 18 Uhr MESZ ihren Höhepunkt erreichten und Tiefsttemperaturen von 19° bis 22° C zwischen 4 und 6 Uhr MESZ. An allen Stationen war der stündliche Wind mit Windgeschwindigkeiten unter 4 m/s meist schwach. Die modellierten Werte wurden mit Hilfe der Messungen an den ZAMG Messstationen Linz, Hörsching, Wachtberg bei Steyr und Wels/Schleißheim und den SODAR RASS Daten der voestalpine GmbH am Traunspitz bei Linz überprüft. Nach der Analyse wurde für die Verwendung in den Themenkarten hauptsächlich die Simulationen vom 30. Juni / 1. Juli 2019 ausgewählt. Für die 14 Uhr Karten wurde auch teilweise der 26. Juli 2019 herangezogen, weil es am 30. Juni 2019 zu diesem Zeitpunkt aufgrund föhniger Effekte zu einer zusätzlichen Erwärmung in Teilen des Mühlviertels kam. Zusätzliche Erwärmung durch leichten Föhn trat zum Beispiel auch am 26. Juli 2019 in der Früh im südlichen Bergland und im angrenzenden Alpenvorland auf.

Die MUKLIMO\_3 Analysen zeigen, dass die Hitze in den Städten ständig auftreten. Je nach Windrichtung ist es auch möglich, dass die Luft stromabwärts von Hügeln und Bergen wärmer als in den Städten ist. Diese temporären Merkmale verschwinden aber, sobald sich die Windrichtung ändert, die Hitze im stark versiegelten Raum bleibt hingegen unabhängig von der Windrichtung erhalten.

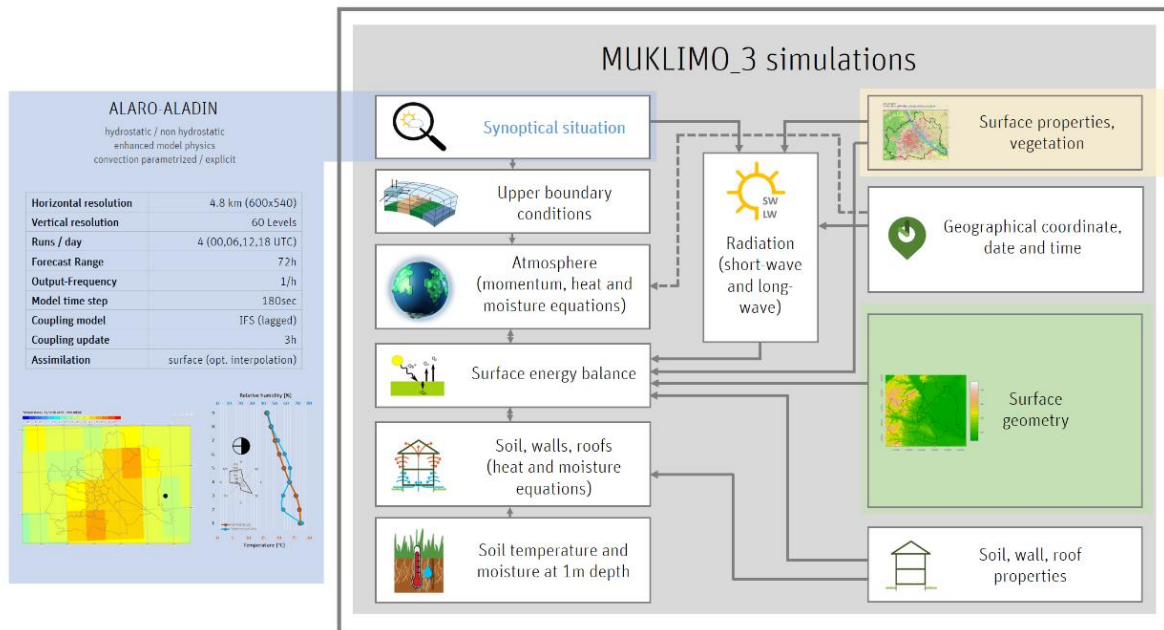


Abbildung 14: Schematische Darstellung des mikroskaligen Klimamodells MUKLIMO\_3. Der eingerahmte Bereich beinhaltet die grundlegenden Daten und Berechnungsmethoden des Modells. Der linke Bereich zeigt die Eingangsdaten aus dem Wettervorhersagemodell ALARO-ALADIN, die für die Simulation der realen meteorologischen Situation benutzt werden.

## 3. Themenkarten

### 3.1. Kaltluftabfluss aus KLAM\_21

Abbildung 15 und Abbildung 16 zeigen die Kaltfluthöhe zwei Stunden und acht Stunden nach Sonnenuntergang für den Oberösterreichischen Zentralraum. Zu Beginn der wolkenlosen und windschwachen Sommernacht füllen sich als erstes die engen Täler mit kalter Luft. Nach zwei Stunden Simulationszeit ist in Linz (Abbildung 17) südlich der Donau, aber auch in Steyr (Abbildung 19) abseits der Flüsse, aufgrund der Wärmespeicherung der Städte noch fast keine Kaltluft vorhanden. Am Ende der Nacht ist die Kaltluftschicht dann in den breiten Tälern und Becken teilweise über 150 Meter dick. Auf den Hügeln und Bergrücken kann sich hingegen keine dickere Kaltluftschicht ausbilden, weil die kalte Luft in die Täler abfließt. Auch in Steyr fließt im Lauf der Nacht weiterhin Kaltluft ab und die Kaltfluthöhe (Abbildung 20) beträgt am Ende der Nacht maximal 50 Meter im Stadtkern. Im Donautal kann sich die Kaltluft (Abbildung 18) hingegen gut ansammeln. Abbildung 21 und Abbildung 22 zeigen die Kaltfluthöhe zwei Stunden und acht Stunden nach Sonnenuntergang für Wels und Umgebung. In der Stadt Wels steigt die Kaltfluthöhe im Zentrum im Lauf der Nacht von 25 Meter nach zwei Stunden Simulationszeit auf 85 Meter nach acht Stunden Simulationszeit an.

Nicht nur die Modellierungen mit KLAM\_21 (und auch mit MUKLIMO\_3) deuten auf eine markante Inversion in den Nachtstunden hin. Auch statistische Auswertungen der ZAMG zu heißen Hochdruckwetterlagen zeigen in fast allen Tropennächten in Linz in der Früh eine deutliche Inversion. Inversionen mit vergleichsweise kälterer Luft in den Niederungen und warmer Luft auf den Bergen treten also nicht nur bei winterlichen Hochdrucklagen sehr häufig auf sondern auch im Sommer. Wobei im Sommer die Sonneneinstrahlung tagsüber stark genug ist um die Inversion im Lauf des Vormittags aufzulösen.

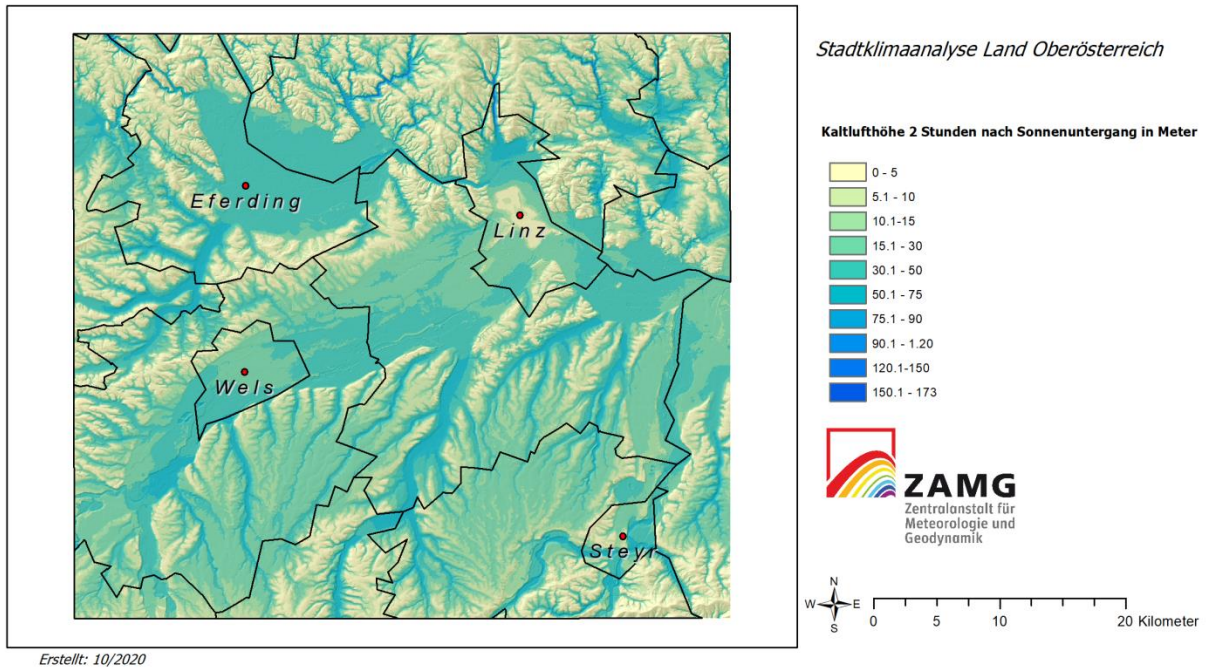


Abbildung 15: Kaltflughöhe [m] zwei Stunden nach Sonnenuntergang für den Oberösterreichischen Zentralraum. Im Hintergrund ist die Geländeform durch Schummerungseffekte dargestellt.

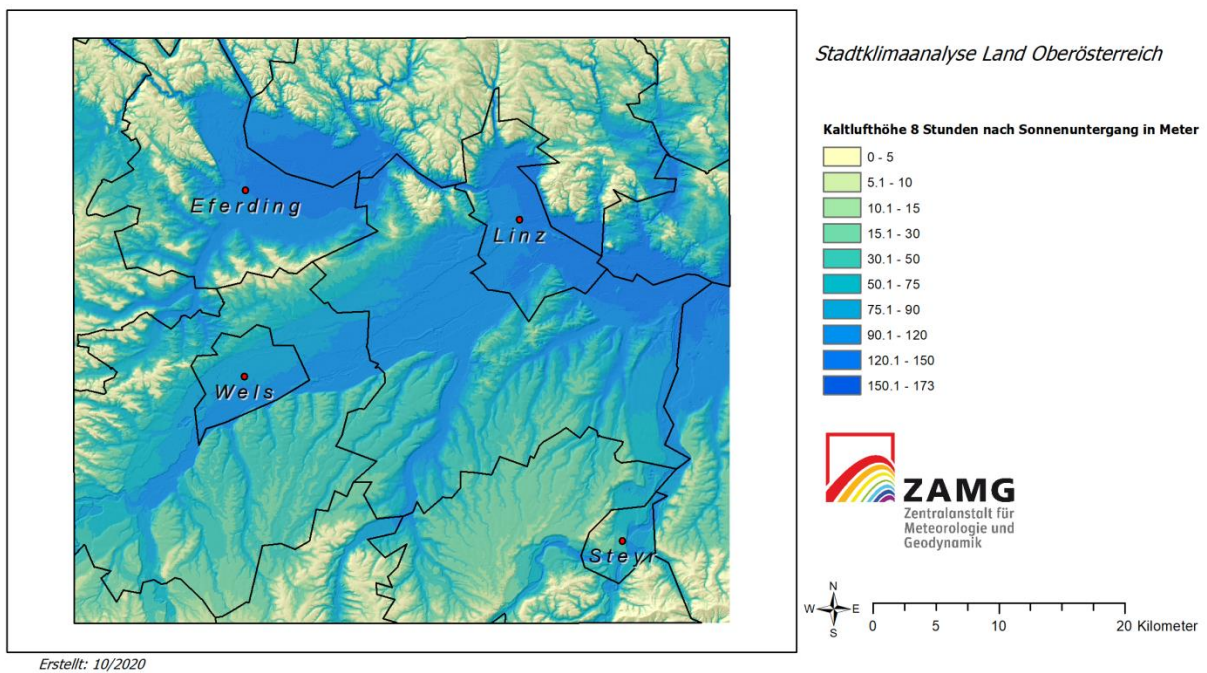


Abbildung 16: Kaltflughöhe [m] acht Stunden nach Sonnenuntergang für den Oberösterreichischen Zentralraum. Im Hintergrund ist die Geländeform durch Schummerungseffekte dargestellt.

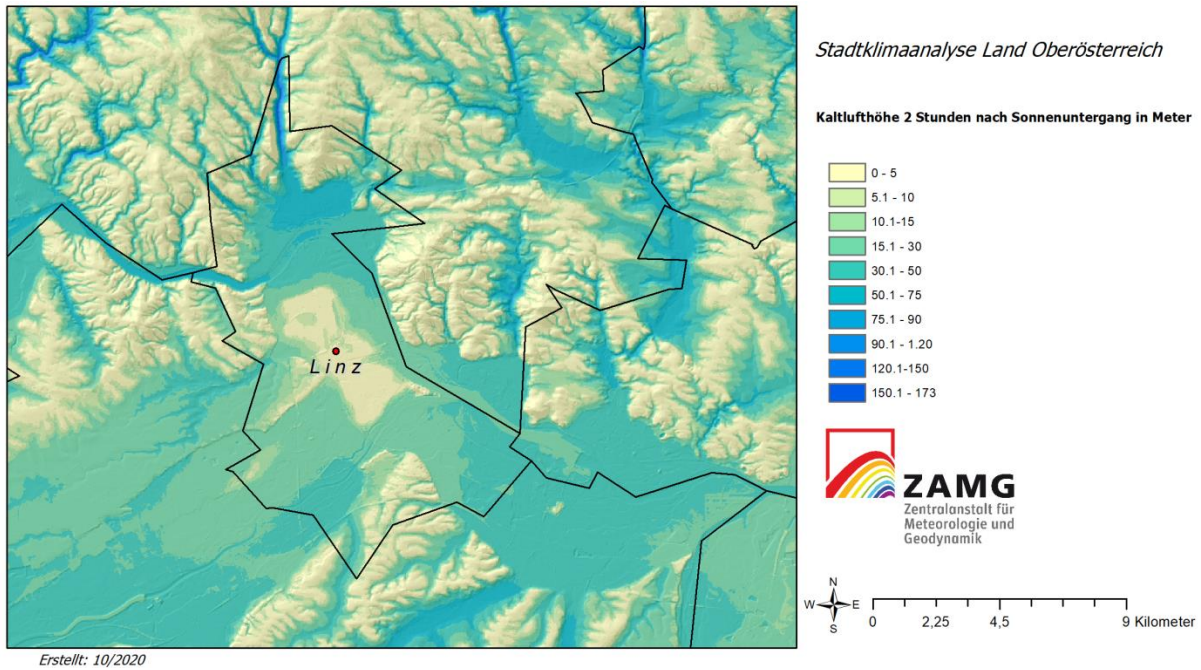


Abbildung 17: Kaltlufthöhe [m] zwei Stunden nach Sonnenuntergang für Linz und Umgebung. Im Hintergrund ist die Geländeform durch Schummerungseffekte dargestellt.

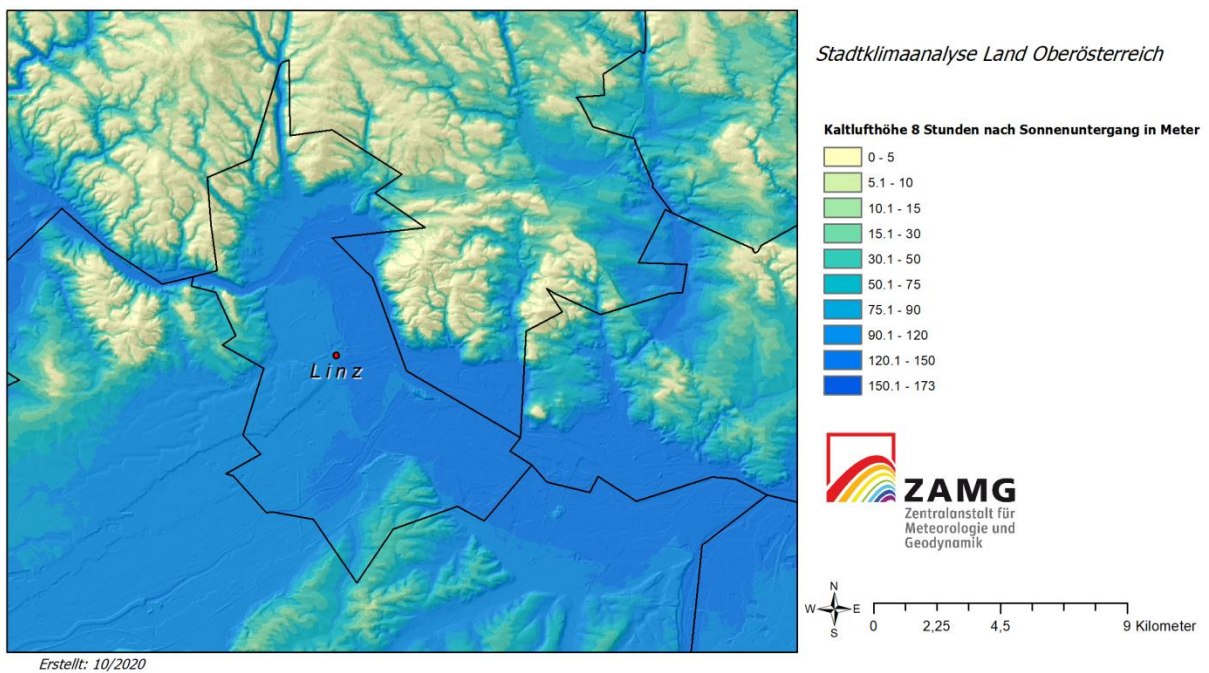


Abbildung 18: Kaltlufthöhe [m] acht Stunden nach Sonnenuntergang für Linz und Umgebung. Im Hintergrund ist die Geländeform durch Schummerungseffekte dargestellt.

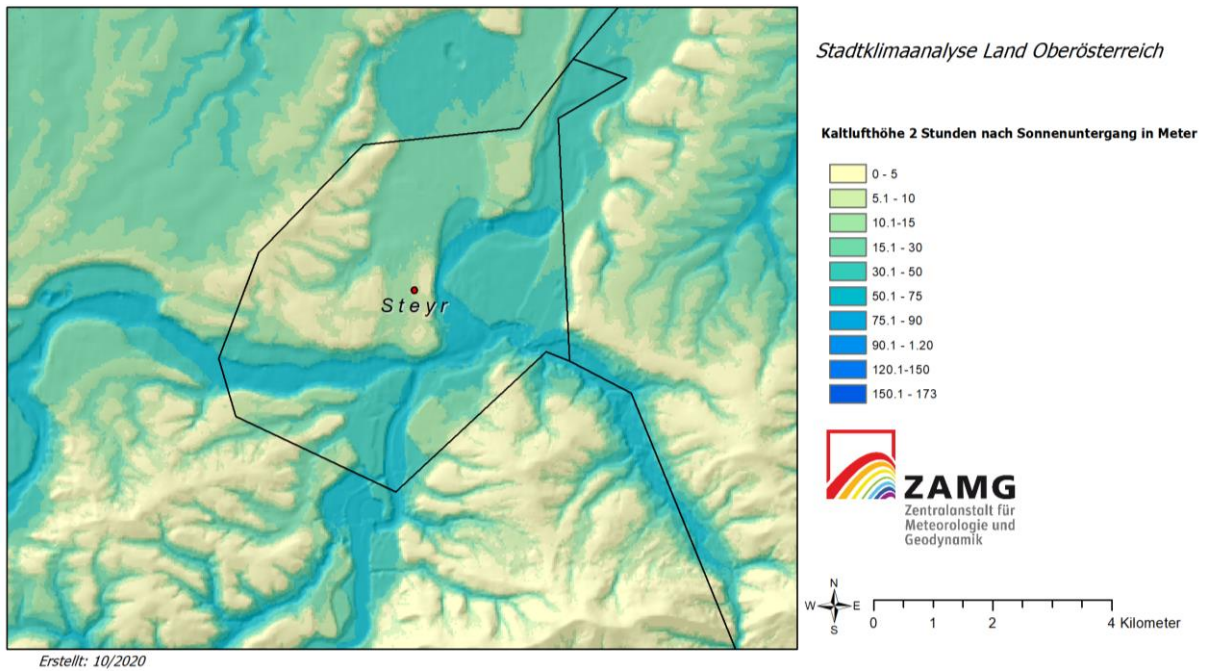


Abbildung 19: Kaltlufthöhe [m] zwei Stunden nach Sonnenuntergang für Steyr und Umgebung. Im Hintergrund ist die Geländeform durch Schummerungseffekte dargestellt.

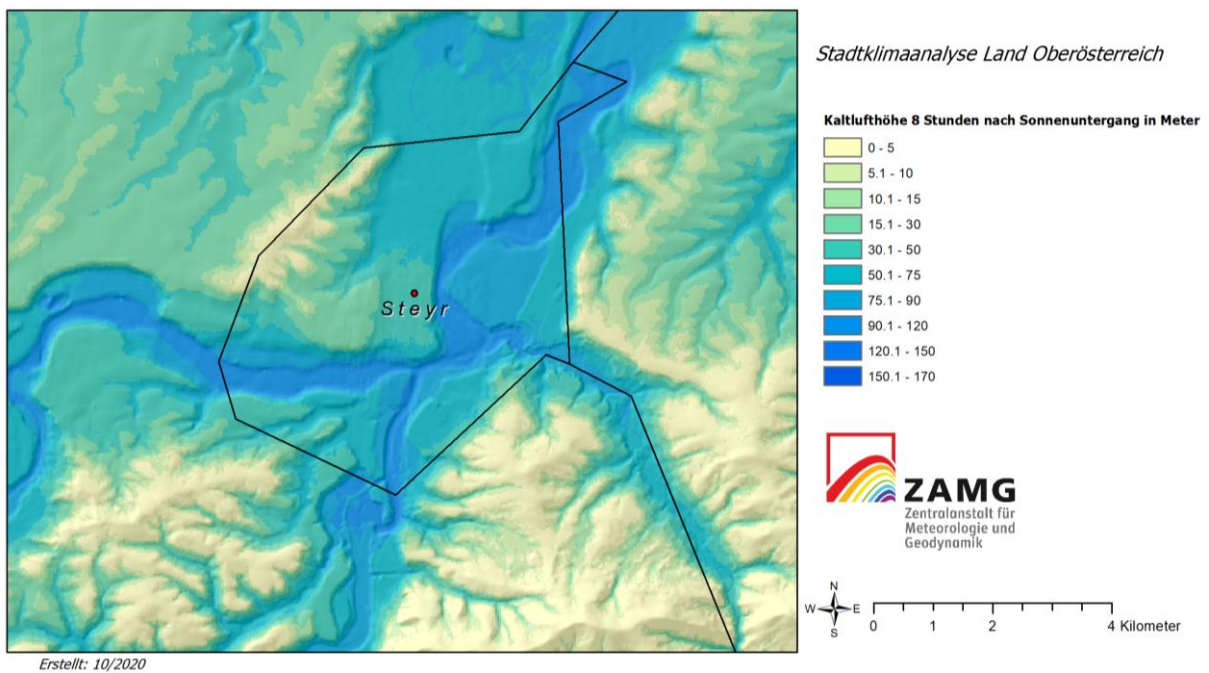


Abbildung 20: Kaltlufthöhe [m] acht Stunden nach Sonnenuntergang für Steyr und Umgebung. Im Hintergrund ist die Geländeform durch Schummerungseffekte dargestellt.

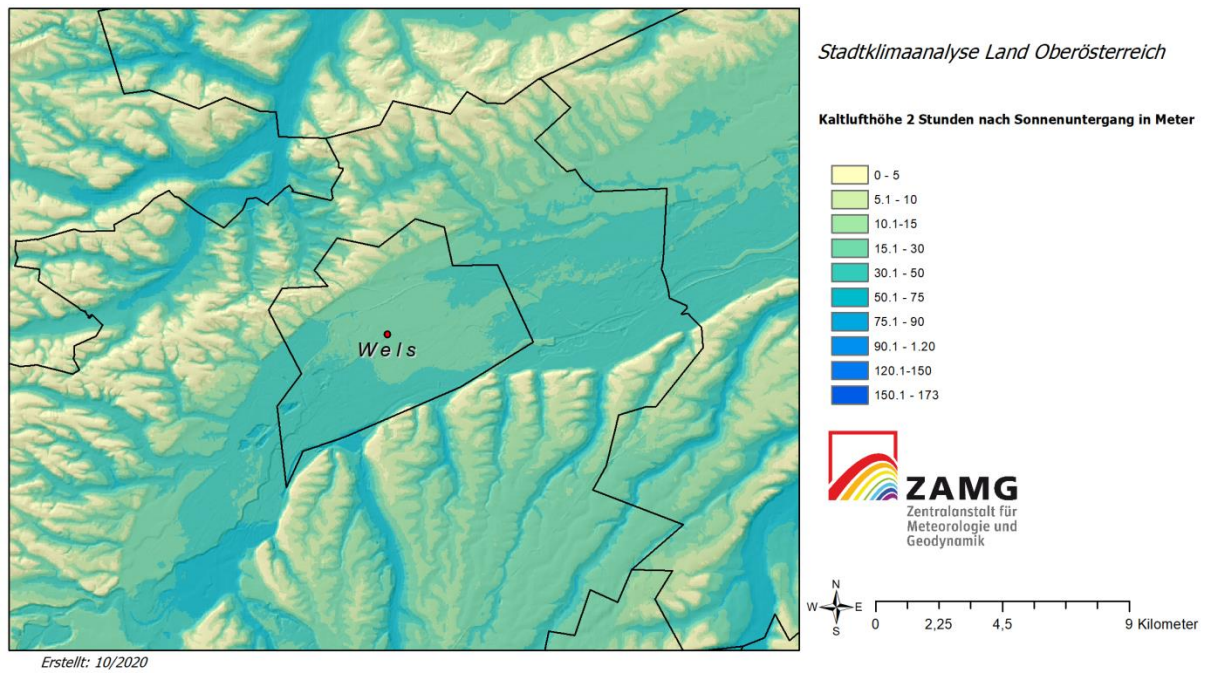


Abbildung 21: Kaltflughöhe [m] zwei Stunden nach Sonnenuntergang für Wels und Umgebung. Im Hintergrund ist die Geländeform durch Schummerungseffekte dargestellt.

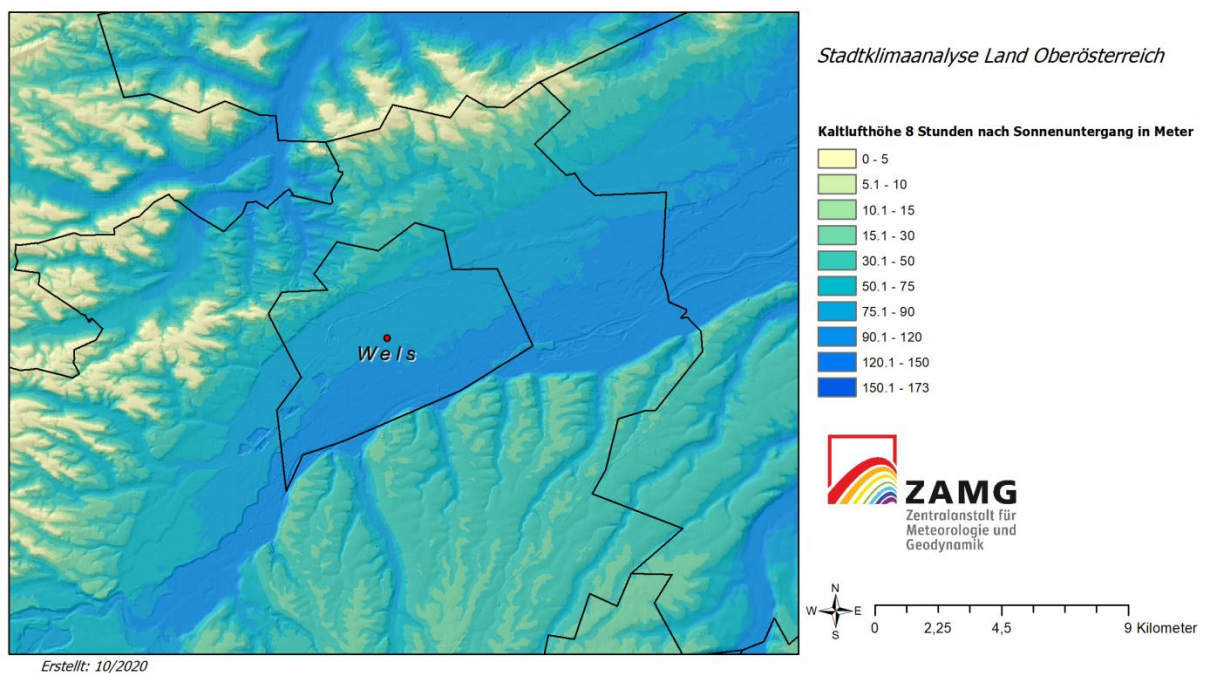
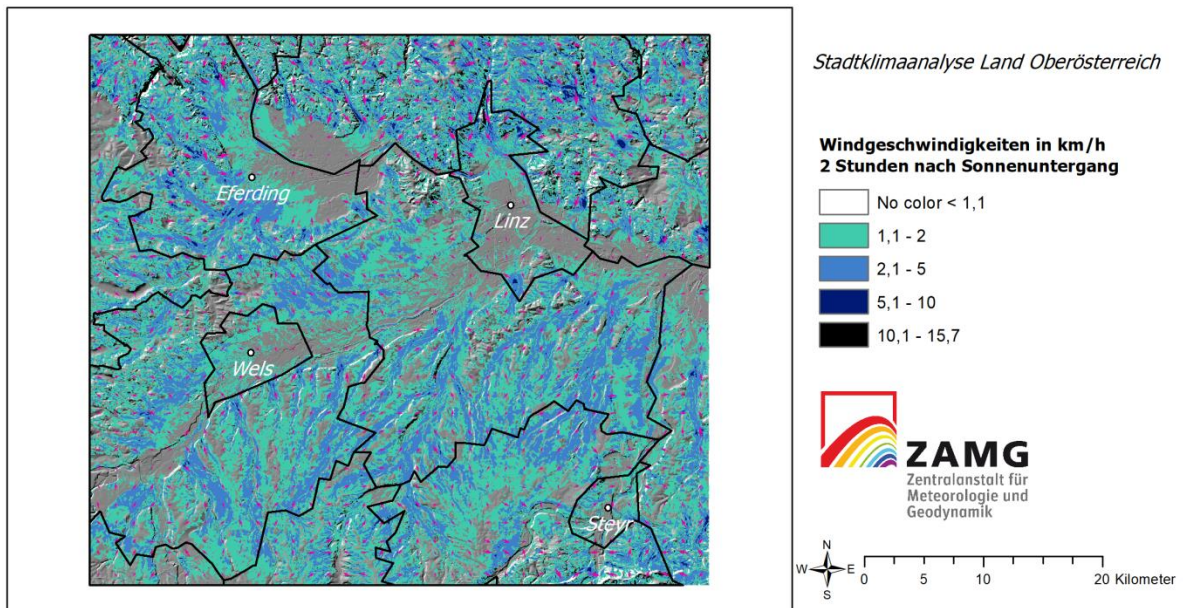


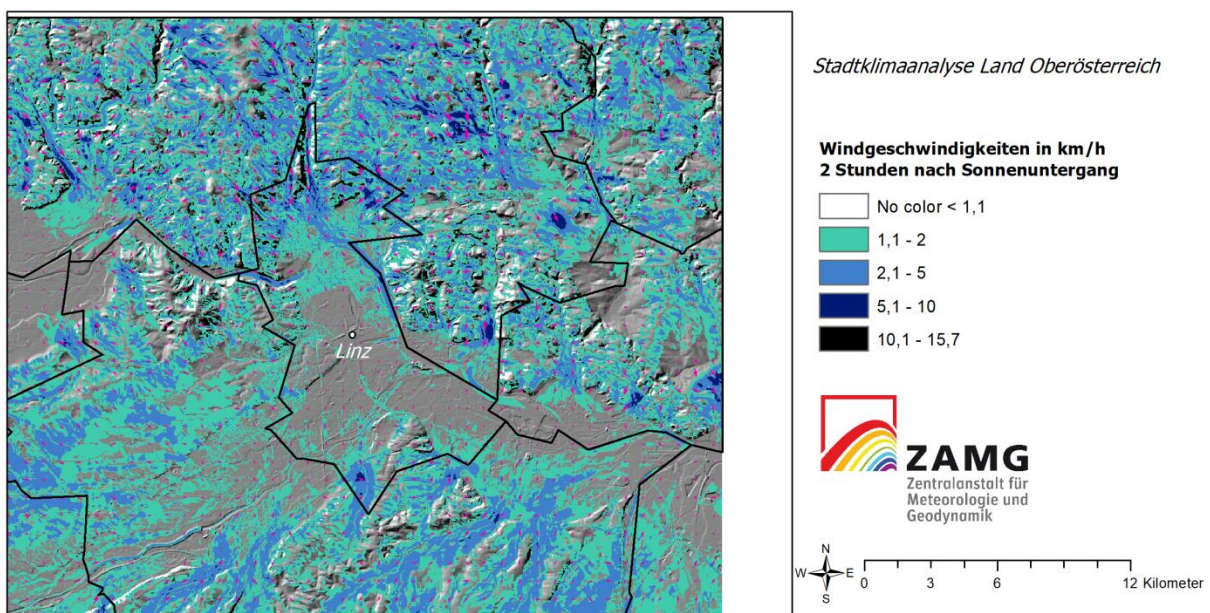
Abbildung 22: Kaltflughöhe [m] acht Stunden nach Sonnenuntergang für Wels und Umgebung. Im Hintergrund ist die Geländeform durch Schummerungseffekte dargestellt.

Abbildung 23, Abbildung 24, Abbildung 25 und Abbildung 26 zeigen die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung zwei Meter über Grund während des Kaltluftabflusses zwei Stunden nach Sonnenuntergang für den Oberösterreichischen Zentralraum und die Städte Linz, Steyr und Wels. Zwei Stunden nach Sonnenuntergang ist der Kaltluftabfluss voll entwickelt und repräsentativ für die Nachtstunden.



Erstellt: 10/ 2020

Abbildung 23: Windgeschwindigkeit [km/h] und Windrichtung (Pfeile) zwei Stunden nach Sonnenuntergang im Oberösterreichischen Zentralraum. Im Hintergrund wird die Schummerung (abgeleitet aus dem vom Land OÖ zur Verfügung gestelltem digitalen Höhenmodell) dargestellt. Bei Windgeschwindigkeiten unter 1,1 km/h scheint die Schummerung durch.



Erstellt: 10/ 2020

Abbildung 24: Windgeschwindigkeit [km/h] und Windrichtung (Pfeile) zwei Stunden nach Sonnenuntergang mit Schummerung für Linz und Umgebung.

In Linz werden beim Kaltluftabfluss die höchsten Geschwindigkeiten in den Tälern und Gräben vom Mühlviertel herunter, entlang der Donau und ganz im Süden von Linz im Bezirk Ebelsberg erreicht. Windschwach ist es zwei Stunden nach Sonnenuntergang vor allem in den Stadtteilen zwischen Donau und Traun und in Pichling.



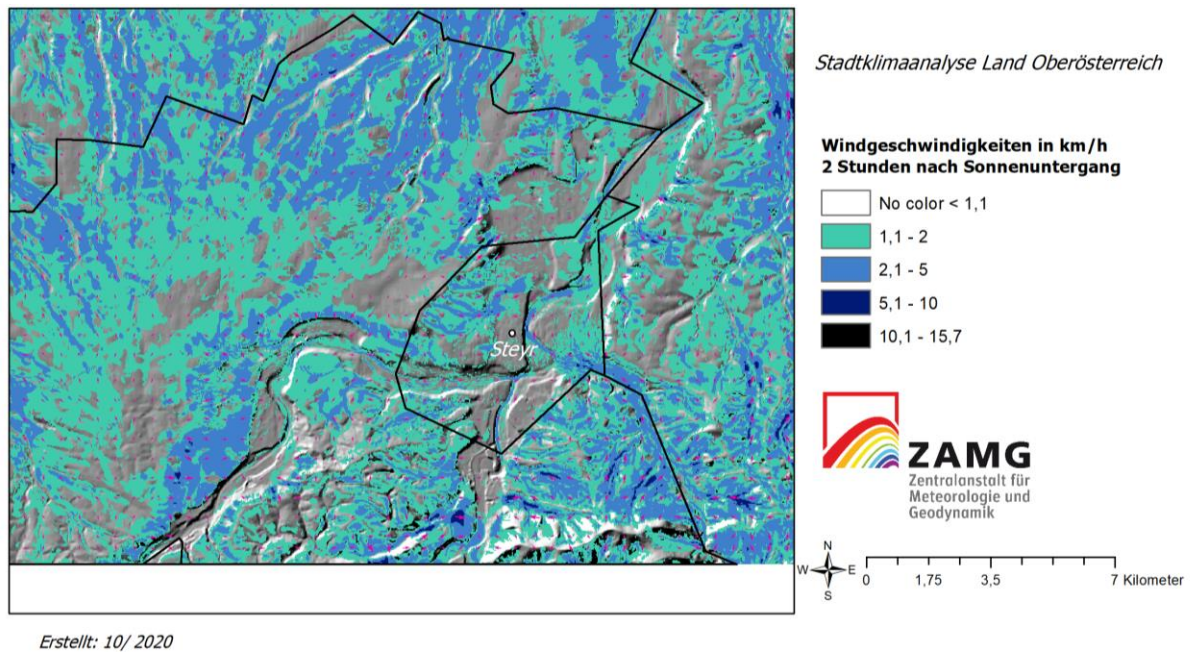


Abbildung 25: Windgeschwindigkeit [km/h] und Windrichtung (Pfeile) zwei Stunden nach Sonnenuntergang mit Schummerung für Steyr und Umgebung.

In Steyr (Abbildung 25) stehen die höchsten Windgeschwindigkeiten mit den Talabwinden aus dem Ennstal und dem Ramingtal im Zusammenhang. Windschwach ist es zwei Stunden nach Sonnenuntergang vor allem in Steyrdorf.

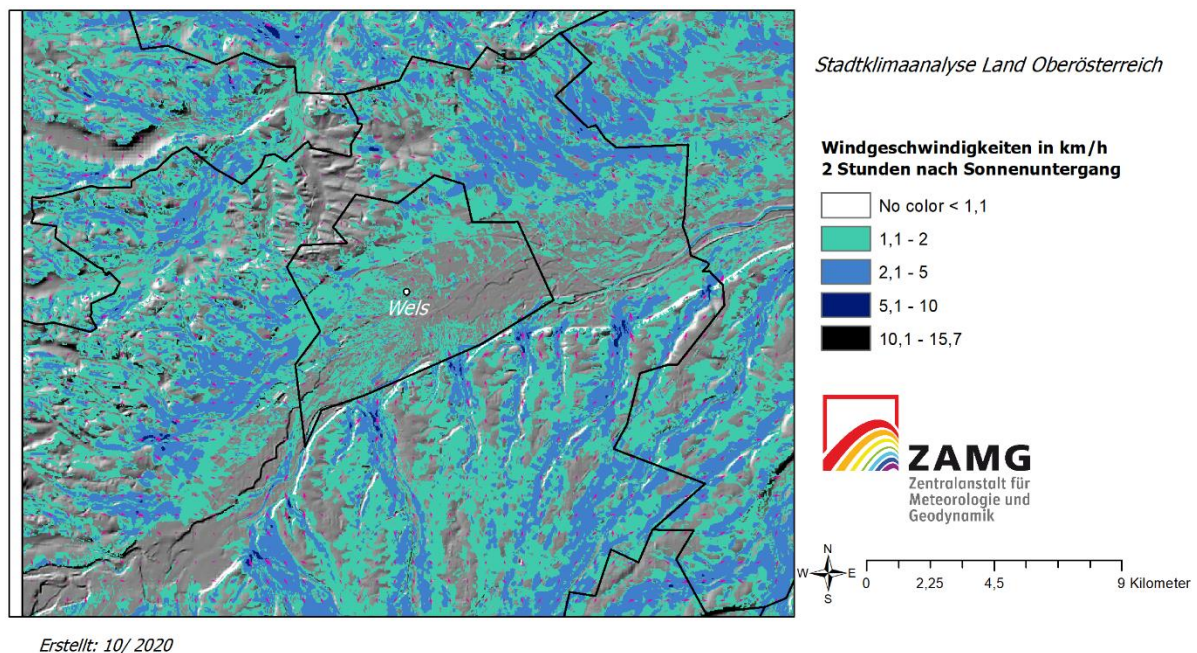


Abbildung 26: Windgeschwindigkeit [km/h] und Windrichtung (Pfeile) zwei Stunden nach Sonnenuntergang mit Schummerung für Wels und Umgebung.

In Wels (Abbildung 26) werden die höchsten Windgeschwindigkeiten mit den Talabwinden zum Beispiel über den Muldentälern des Aiterbaches, Thalbaches und Schießbaches erreicht. Aus Norden und Westen dominieren Hangabwinde mit deutlich niedrigeren Windgeschwindigkeiten. Windschwach ist es zwei Stunden nach Sonnenuntergang vor allem in den östlichen Stadteilen von Wels.

## 3.2. Temperaturen aus MUKLIMO\_3

### 3.2.1. Die Lufttemperatur um 4 Uhr, 14 Uhr und 22 Uhr MESZ

Mit MUKLIMO\_3 wurden für einen typischen heißen Sommertag (für die meteorologischen Eingangsparameter wurden der 30. Juni / 1. Juli 2019 und der 26. / 27. Juli 2019 verwendet) stündliche Lufttemperaturen für den Oberösterreichischen Zentralraum berechnet. In diesem Bericht sind in Anlehnung an die Stadtklimaanalyse der Landeshauptstadt München (GEO-NET Umweltconsulting und Gross, 2014) die Temperaturverteilungen für 4 Uhr, 14 Uhr und 22 Uhr MESZ dargestellt. Auf dem dieser Studie beigelegtem Datenträger liegen stündliche Temperaturdaten im GIS Format vor.

4 Uhr MESZ:

Abbildung 27 zeigt die Lufttemperatur im Oberösterreichischen Zentralraum um 4 Uhr MESZ. Aufgrund der Inversion (siehe auch Kapitel 3.1) ist es in einer wolkenlosen und windschwachen Sommernacht auf den Anhöhen – besonders gut im Mühlviertel und bei den Ausläufern der Alpen südöstlich von Steyr erkennbar – wärmer als in den Niederungen. Dennoch kommen auch die städtischen Wärmeinseln gut heraus – siehe Abbildung 28 innerstädtische Bereiche südliche der Donau mit Temperaturen zwischen 23° und 24° Celsius. In Wels (Abbildung 29) und Steyr (Abbildung 30) ist die nächtliche städtische Überwärmung aufgrund der geringeren Verbauungsdichte deutlich schwächer ausgeprägt.

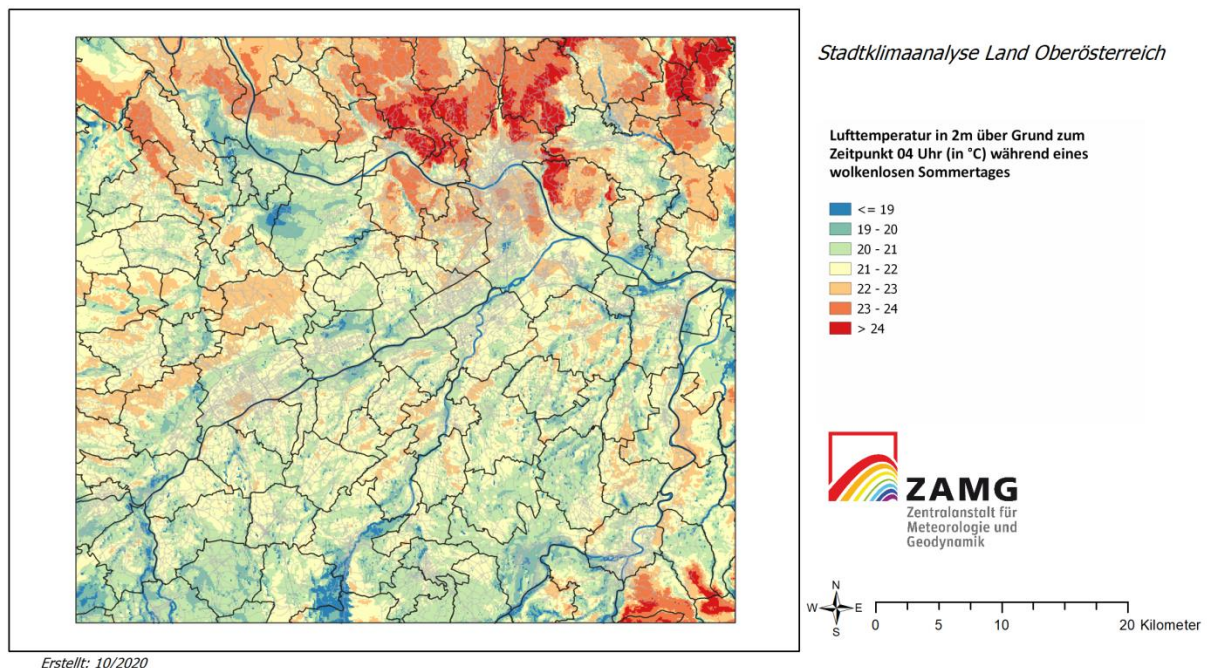


Abbildung 27: Lufttemperatur um 4 Uhr (MESZ) in der Früh im Oberösterreichischem Zentralraum in einer typischen Tropennacht. (Eine Tropennacht ist eine Nacht, in der das Minimum der Lufttemperatur 20° C oder mehr beträgt.) Im Hintergrund sind Gemeindegrenzen, Flüsse und Straßen zur Orientierung dargestellt.

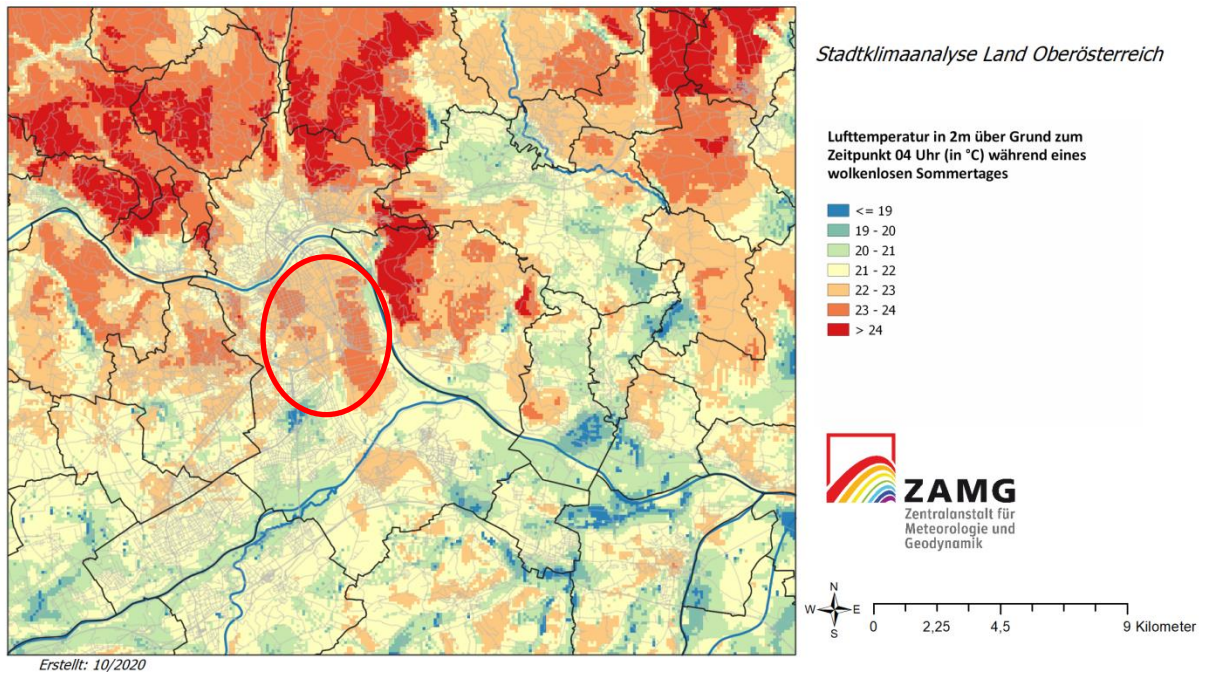


Abbildung 28: Lufttemperatur um 4 Uhr (MESZ) in der Früh für Linz und Umgebung in einer typischen Tropennacht. Markiert ist der Bereich mit der städtischen Überwärmung.

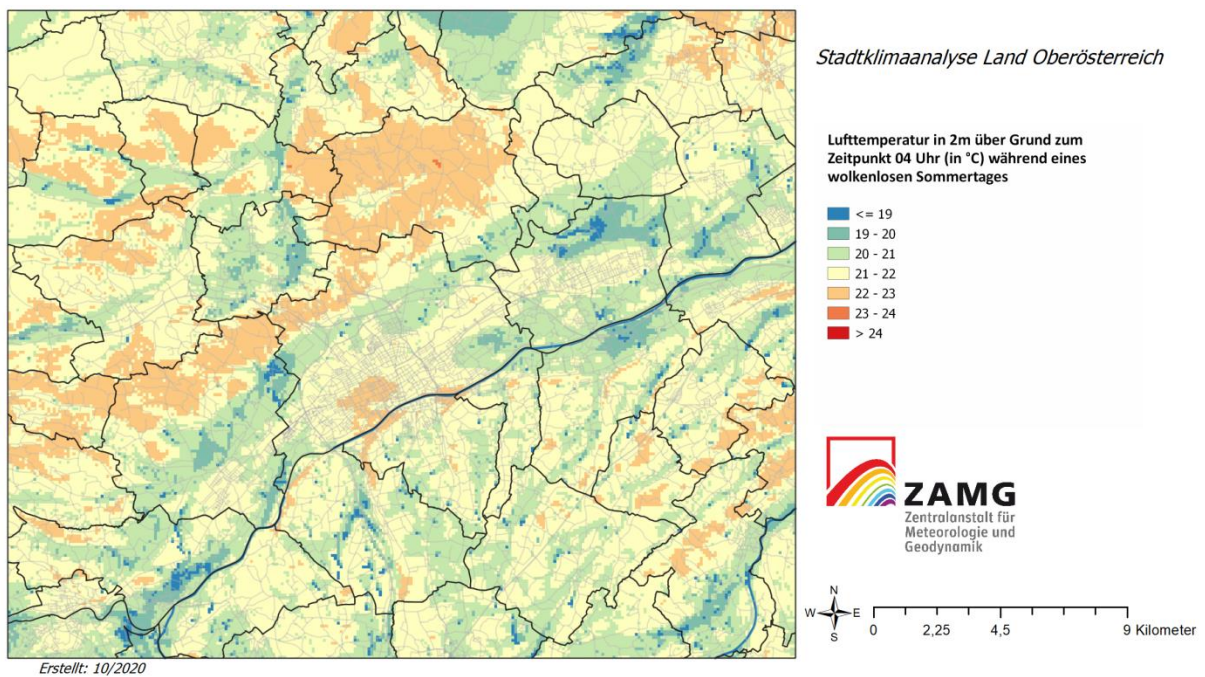


Abbildung 29: Lufttemperatur um 4 Uhr (MESZ) in der Früh für Wels und Umgebung in einer typischen Tropennacht.

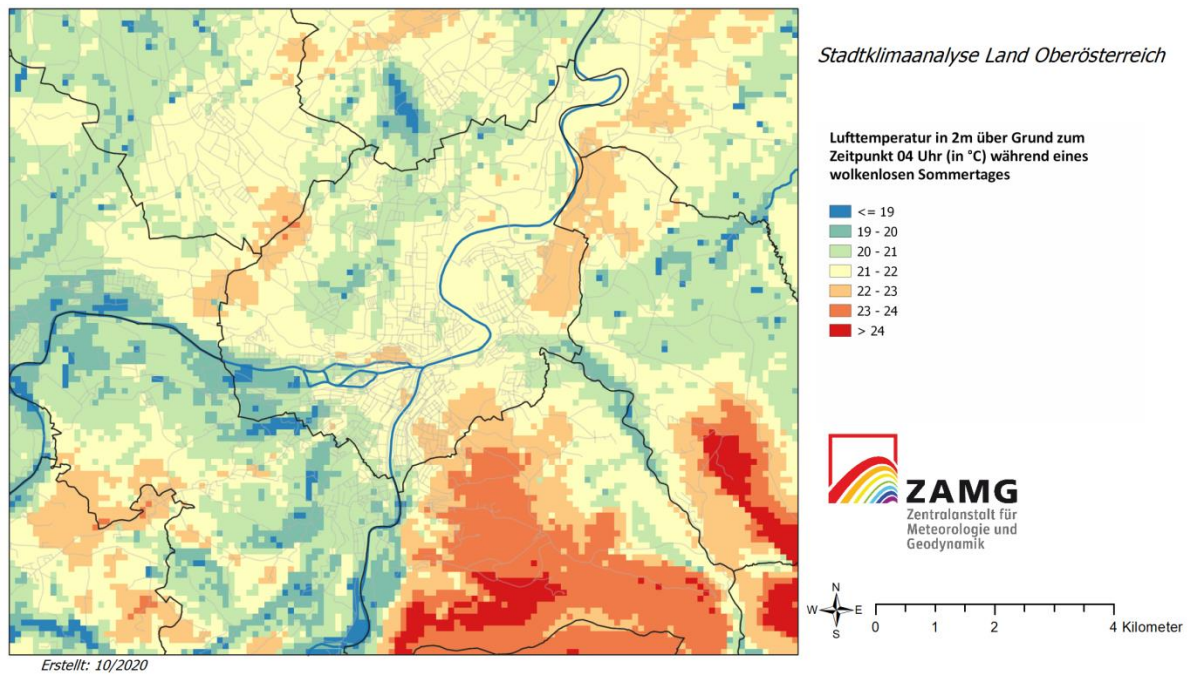


Abbildung 30: Lufttemperatur um 4 Uhr (MESZ) in der Früh für Steyr und Umgebung in einer typischen Tropennacht.

14 Uhr MESZ:

Die Inversion löst sich an einem heißen Strahlungstag bereits am Vormittag auf und um 14 Uhr MESZ (Abbildung 31) ist es auf den Anhöhen mit Wäldern und Wiesen kühler als in den Niederungen. Neben den dicht besiedelten städtischen Bereichen erwärmt sich auch das Ackerland im Eferdinger Becken und in südlicher Mühlviertler Randlage mit der Sonneneinstrahlung stark. In Linz (Abbildung 32) ist es um 14 Uhr im Stadtzentrum und in den Stadtteilen nördlich der Donau am wärmsten. In Wels (Abbildung 33) treten die höchsten Temperaturen um 14 Uhr in der Inneren Stadt auf. Auch Steyr (Abbildung 34) weist die höchsten Temperaturen am frühen Nachmittag im Stadtzentrum auf.

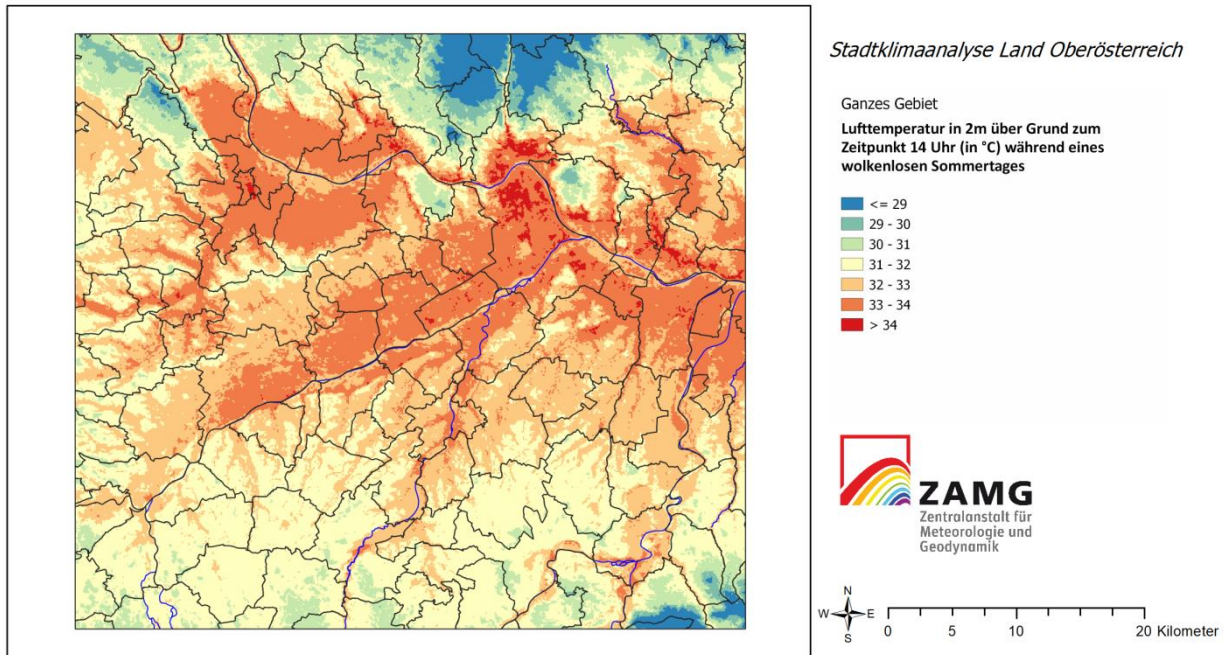


Abbildung 31: Lufttemperatur um 14 Uhr (MESZ) im Oberösterreichischem Zentralraum an einem heißen Sommertag. Im Hintergrund sind Gemeindegrenzen und Flüsse zur Orientierung dargestellt.

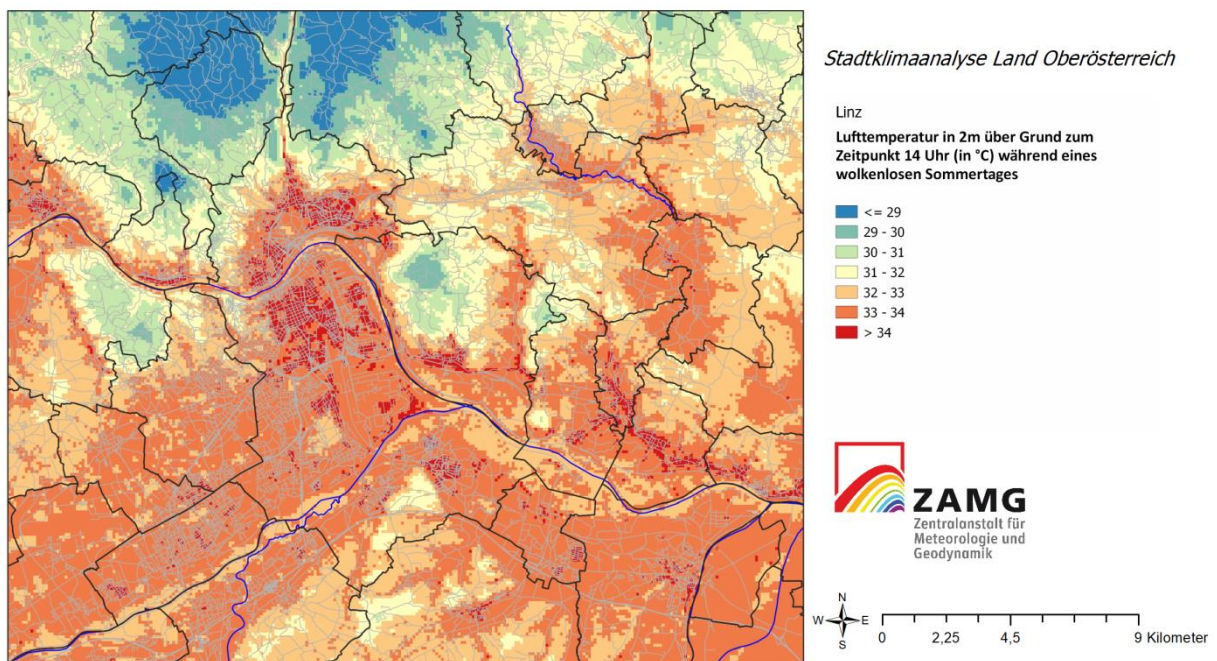


Abbildung 32: Lufttemperatur um 14 Uhr (MESZ) in Linz und Umgebung an einem heißen Sommertag. Besonders heiß wird es in den dicht verbauten städtischen Bereichen. Im Hintergrund sind Gemeindegrenzen, Flüsse und Straßen zur Orientierung dargestellt.

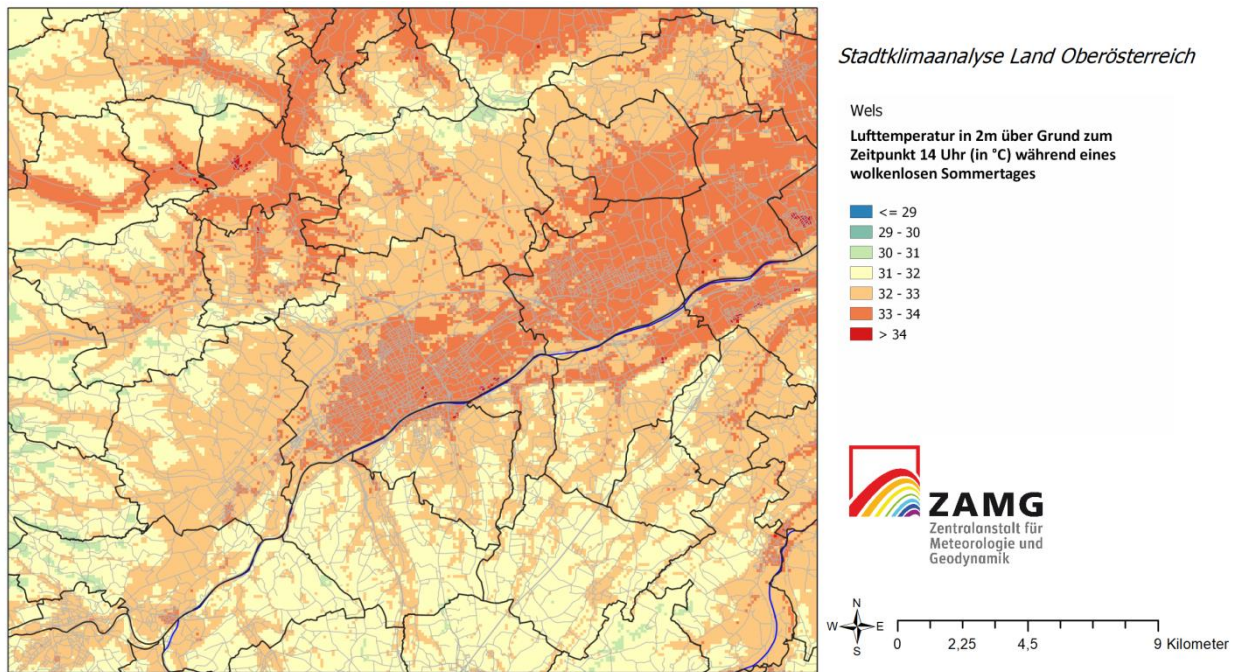


Abbildung 33: Lufttemperatur um 14 Uhr (MESZ) in Wels und Umgebung an einem heißen Sommertag.

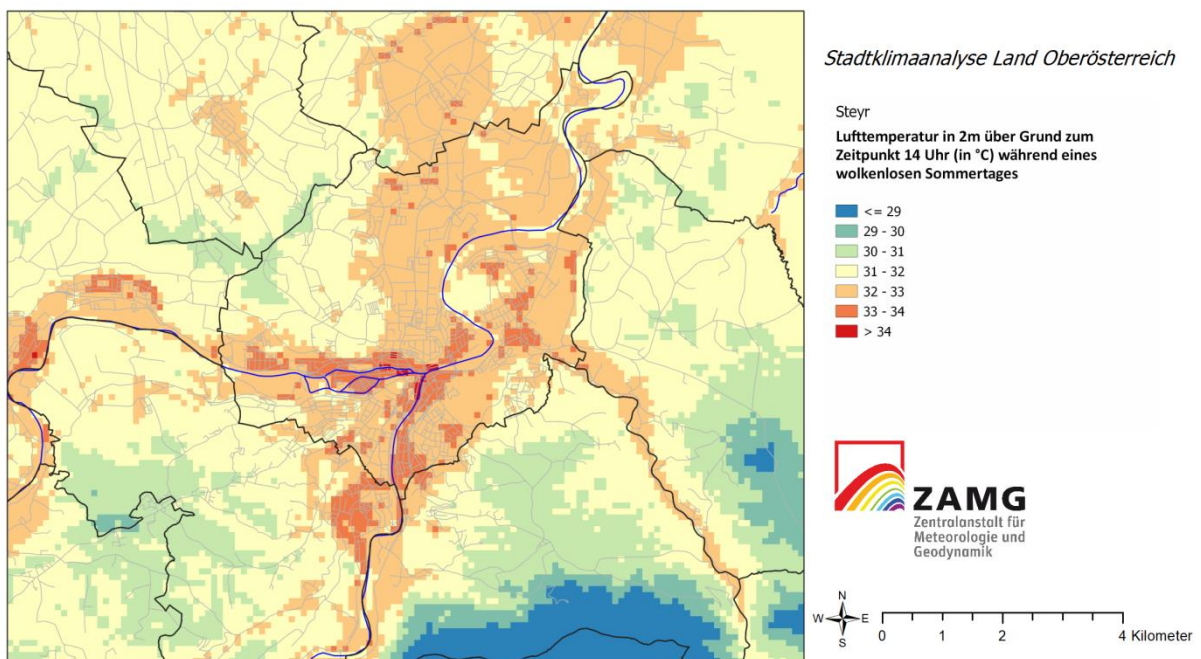


Abbildung 34: Lufttemperatur um 14 Uhr (MESZ) in Steyr und Umgebung an einem heißen Sommertag.

22 Uhr MESZ:

Um 22 Uhr MESZ (Abbildung 35) treten die höchsten Temperaturen in den städtischen Bereichen und in den tiefsten Lagen abseits der Flüsse auf. In Linz (Abbildung 36) hat es um 22 Uhr stellenweise noch immer über 31° Celsius. In Wels (Abbildung 37) und Steyr (Abbildung 38) erreichen die höchsten Temperaturen um 22 Uhr Werte zwischen 30° und 31° Celsius.

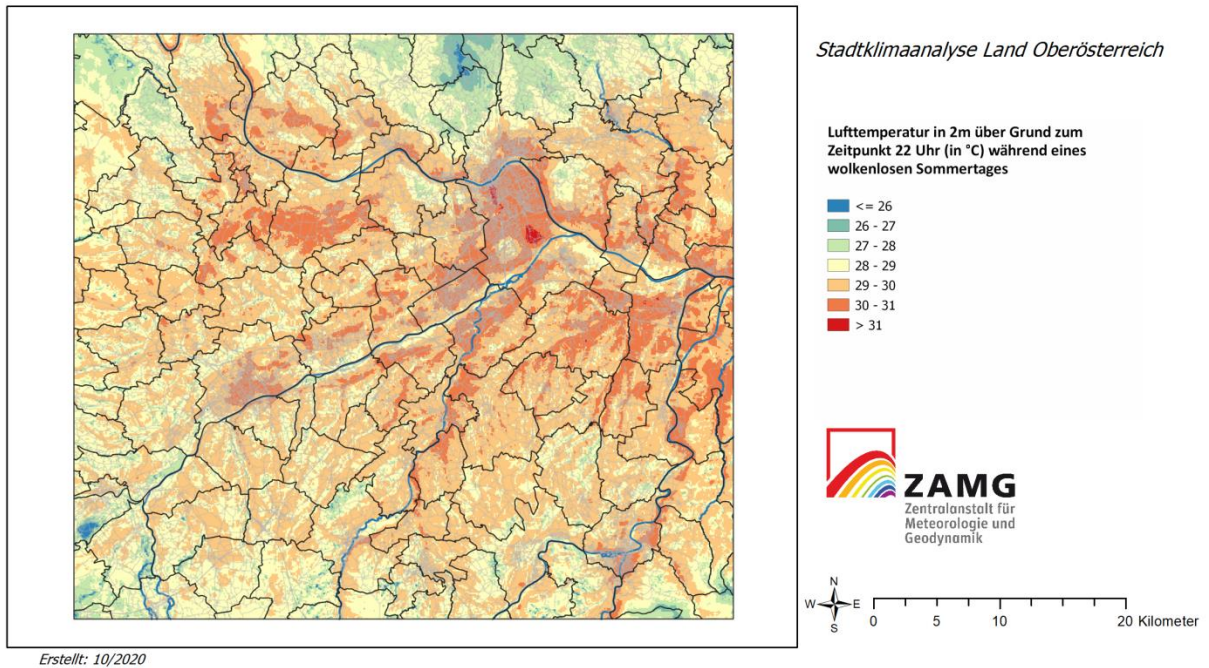


Abbildung 35: Lufttemperatur um 22 Uhr (MESZ) im Oberösterreichischem Zentralraum an einem heißen Sommertag. Im Hintergrund sind Gemeindegrenzen, Flüsse und Straßen zur Orientierung dargestellt.

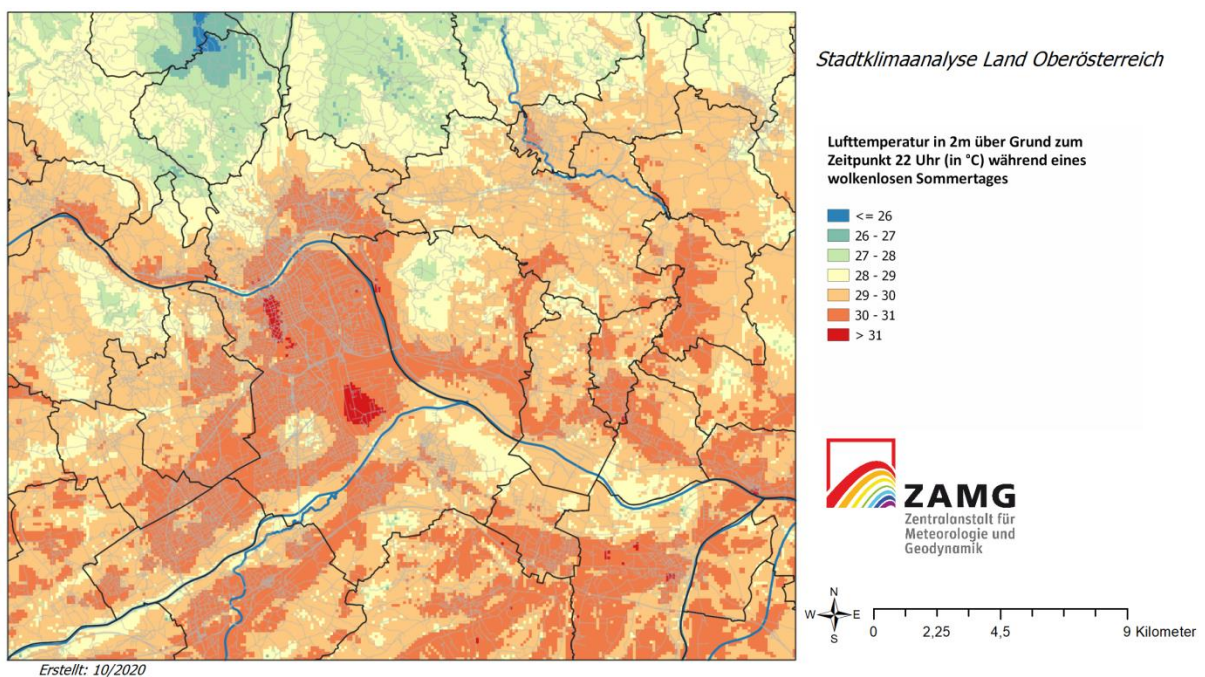


Abbildung 36: Lufttemperatur um 22 Uhr (MESZ) in Linz und Umgebung an einem heißen Sommertag.

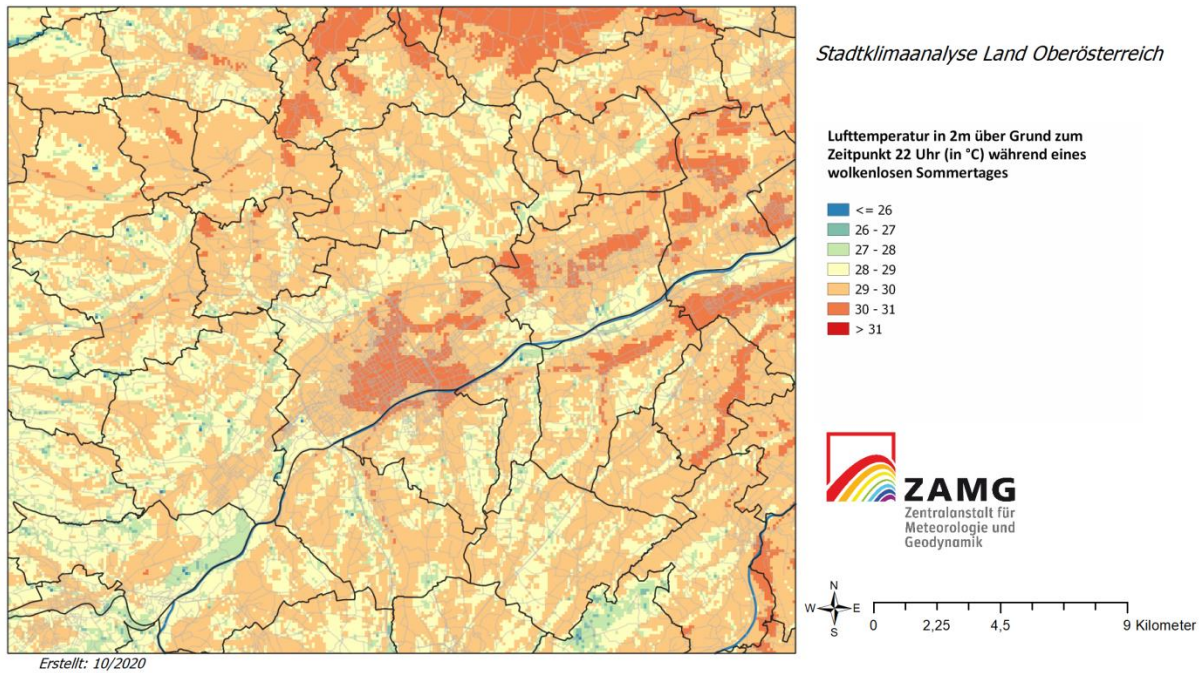


Abbildung 37: Lufttemperatur um 22 Uhr (MESZ) in Wels und Umgebung an einem heißen Sommertag.

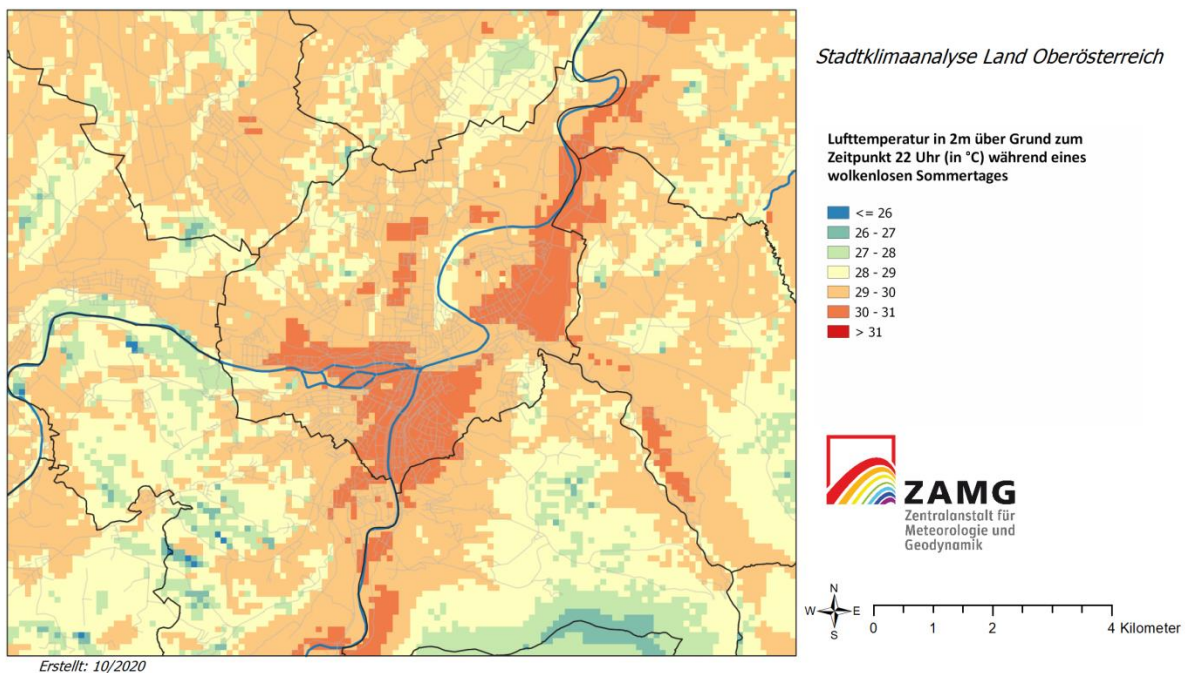


Abbildung 38: Lufttemperatur um 22 Uhr (MESZ) in Steyr und Umgebung an einem heißen Sommertag.

### 3.2.2. Die gefühlte Temperatur um 4 Uhr, 14 Uhr und 22 Uhr MESZ

Als bioklimatischer Indikator dient in dieser Studie die aus MUKLIMO\_3 Daten berechnete gefühlte Temperatur. Die gefühlte Temperatur ist jene Temperatur, die ein durchschnittlicher Mensch subjektiv empfindet. Berechnet wird die gefühlte Temperatur mit Hilfe des Klima-Michel-Modells (DWD, 2012). Die Methode berechnet in einem ersten Schritt aus den kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen die



Strahlungstemperatur nach VDI Richtlinie 3787 Blatt 2 (VDI, 2008). Es wird dabei zwischen den Strahlungsflüssen aus dem oberen und unteren Halbraum unterschieden. In einem zweiten Schritt erfolgt die Berechnung der gefühlten Temperatur. Neben der Strahlungstemperatur geht in die Berechnung die Lufttemperatur, die Windgeschwindigkeit und der Wasserdampfdruck (= ein Feuchtemaß) ein. Diese vier Größen (Strahlung, Temperatur, Wind, Feuchte) beeinflussen die thermische Wahrnehmung in unterschiedlichem Ausmaß: Bei hohen Temperaturen sorgt Wind für eine Abkühlung, hohe Luftfeuchtigkeit und direkte Sonnenstrahlung lassen den Menschen hingegen schwitzen. Die gefühlte Temperatur erfasst alle meteorologischen Komponenten, die den Wärmeaustausch des Menschen mit seiner Umgebung beeinflussen und stellt daher einen wichtigen Parameter zur Bestimmung der thermischen Belastung für den Menschen dar. Eine physiologisch gerechte Bewertung des thermischen Empfindens der gefühlten Temperatur nach VDI Richtlinie 3787 Blatt 2 (VDI, 2008) ist in Tabelle 1 gezeigt.

Tabelle 1: Gefühlte Temperatur und thermische Beanspruchung.

Gefühlte Temperatur, °C	Thermisches Empfinden	Thermophysiologische Beanspruchung
0 bis +20	behaftlich	Komfort möglich
+20 bis +26	leicht warm	schwache Wärmebelastung
+26 bis +32	warm	mäßige Wärmebelastung
+32 bis +38	heiß	starke Wärmebelastung
≥ 38	sehr heiß	extreme Wärmebelastung

4 Uhr MESZ:

Die gefühlte Temperatur (Abbildung 39) ist um 4 Uhr in der Früh niedriger als die Lufttemperatur (Abbildung 27). Am vergleichsweise wärmsten bleibt es in den bewaldeten Regionen (wegen der relativ hohen Temperatur bei gleichzeitig niedriger Windgeschwindigkeit). Die Detailausschnitte für Linz, Wels und Steyr werden in Abbildung 40, Abbildung 41 und Abbildung 42 gezeigt.

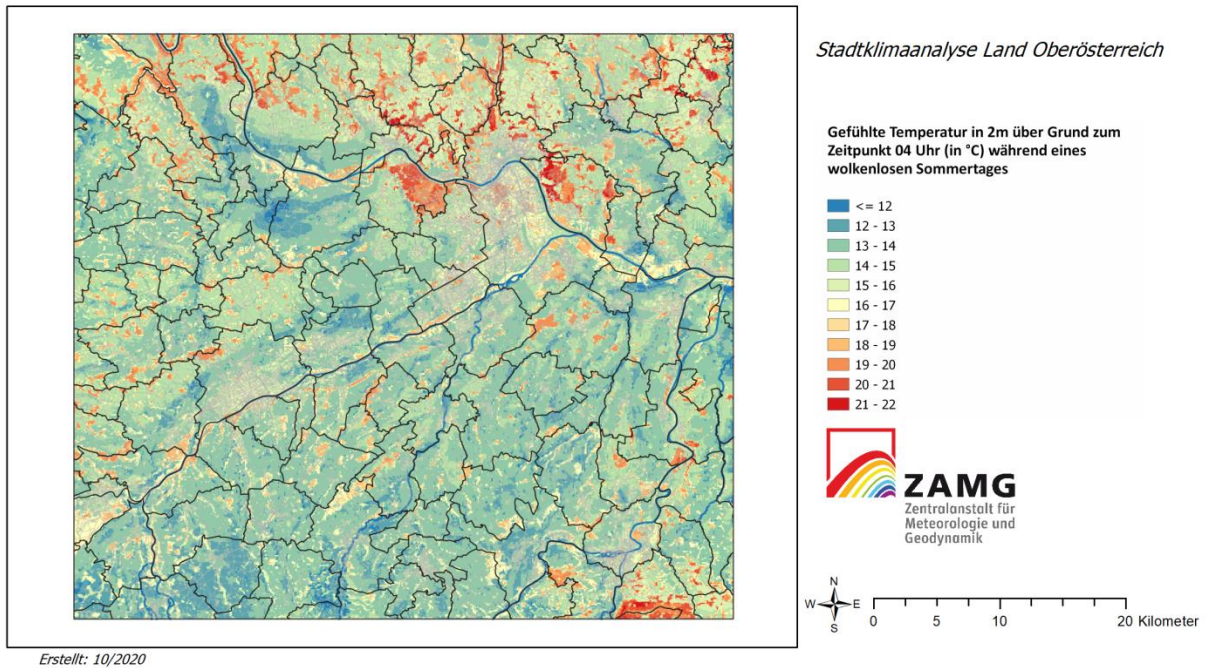


Abbildung 39: Gefühlte Temperatur um 4 Uhr (MESZ) in der Früh im Oberösterreichischem Zentralraum in einer typischen Tropennacht. Im Hintergrund sind Gemeindegrenzen, Flüsse und Straßen zur Orientierung dargestellt.

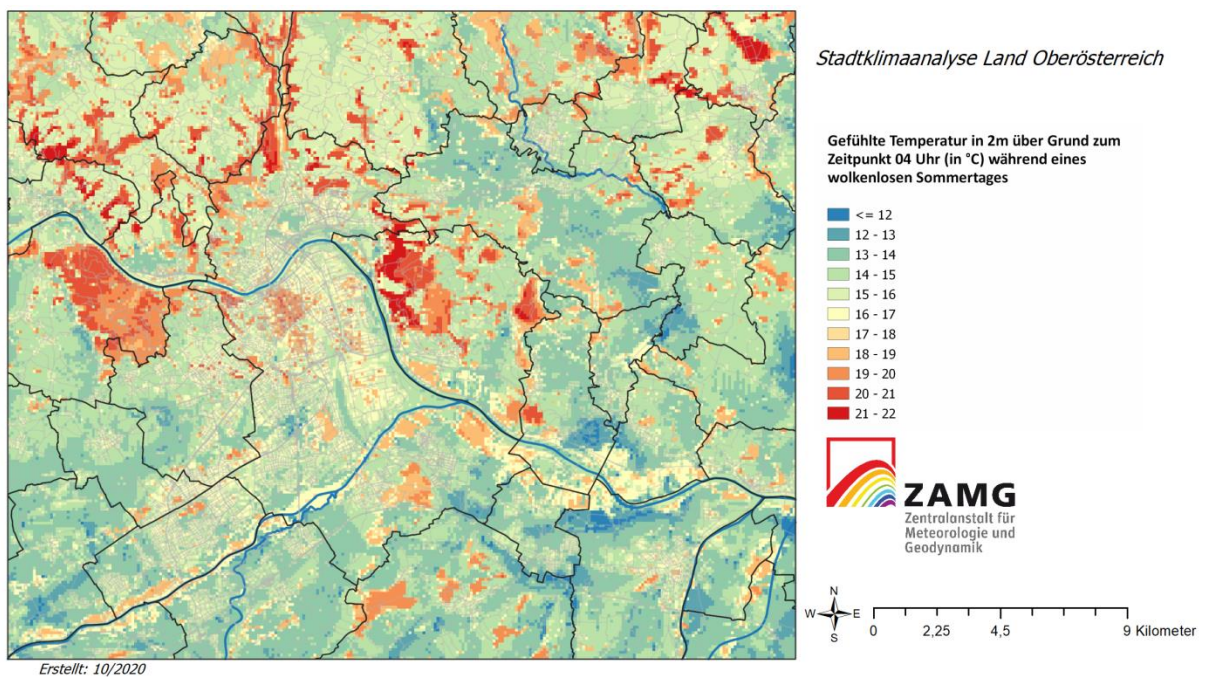


Abbildung 40: Gefühlte Temperatur um 4 Uhr (MESZ) in der Früh für Linz und Umgebung in einer typischen Tropennacht.

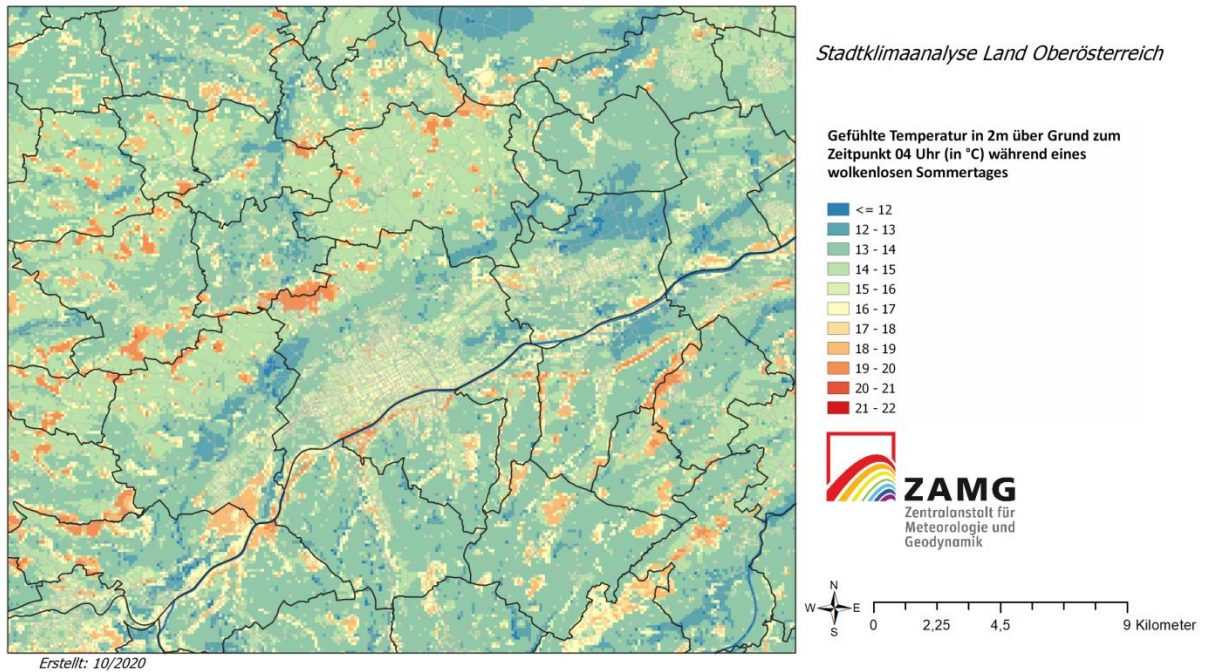


Abbildung 41: Gefühlte Temperatur um 4 Uhr (MESZ) in der Früh für Wels und Umgebung in einer typischen Tropennacht.

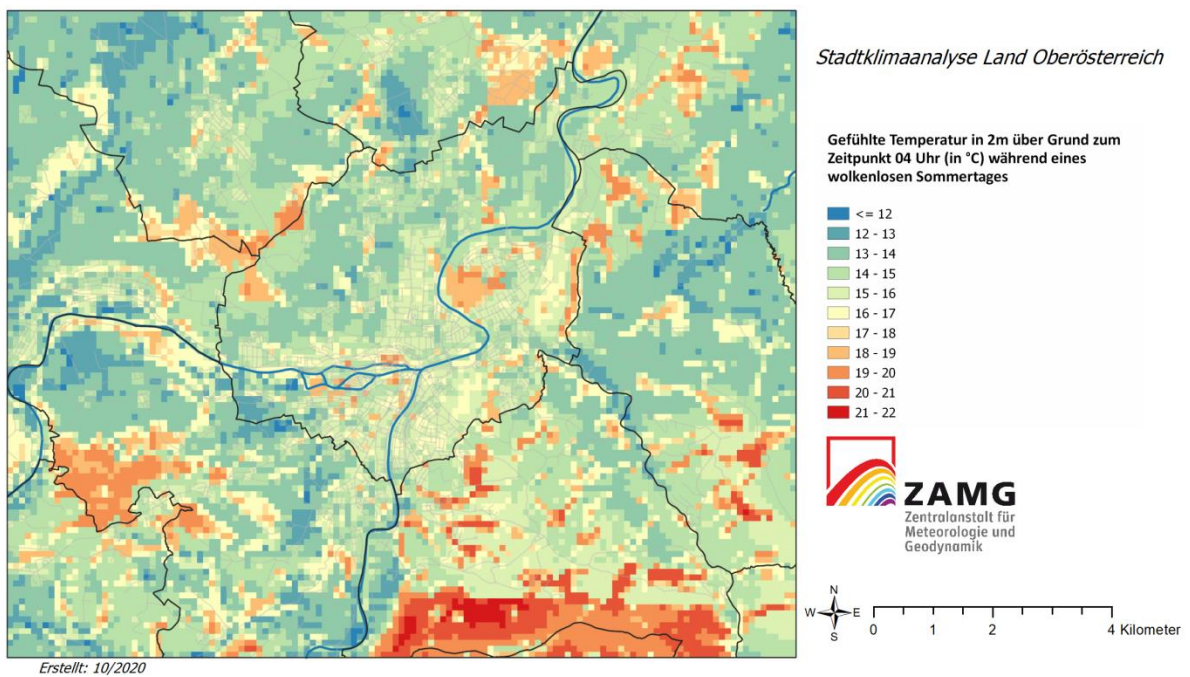


Abbildung 42: Gefühlte Temperatur um 4 Uhr (MESZ) in der Früh für Steyr und Umgebung in einer typischen Tropennacht.

14 Uhr MESZ:

Aufgrund der Sonnenstrahlung (Luftfeuchte und Wind spielen eine vergleichsweise kleine Rolle) ist die gefühlte Temperatur um 14 Uhr MESZ (Abbildung 43) höher als die Lufttemperatur (Abbildung 31). Nach Tabelle 1 ist in weiten Teilen der Region mit einer starken Wärmebelastung für den Menschen zu rechnen.

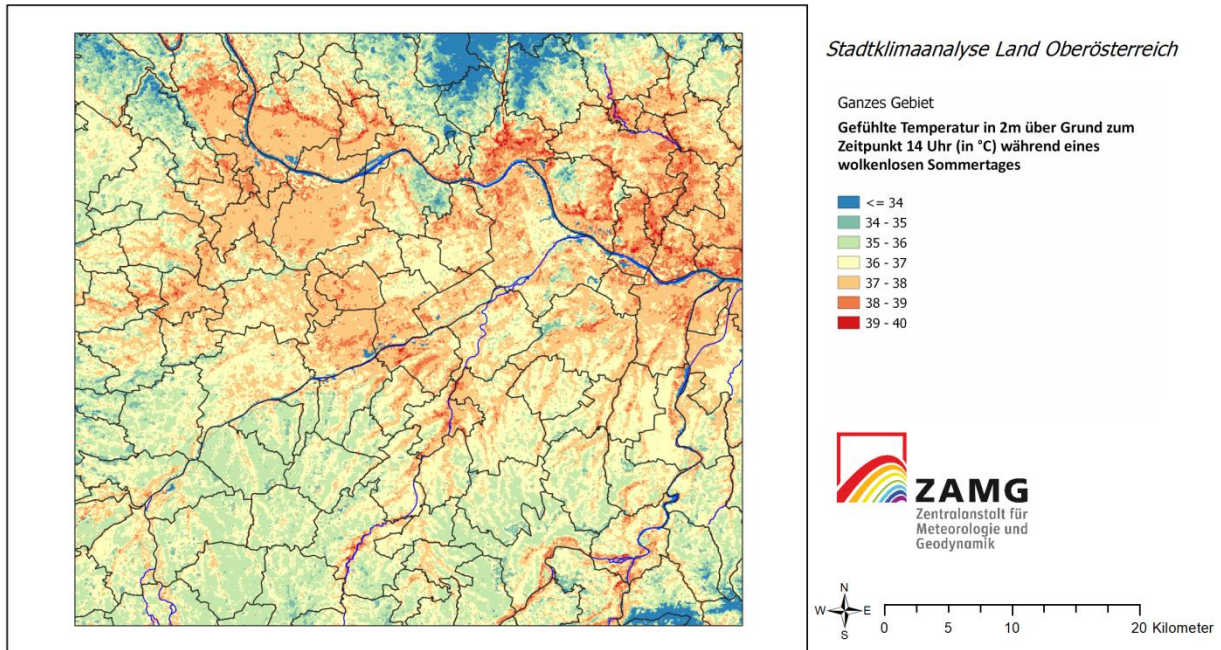


Abbildung 43: Gefühlte Temperatur um 14 Uhr (MESZ) im Oberösterreichischen Zentralraum an einem heißen Sommertag. Im Hintergrund sind Gemeindegrenzen und Flüsse zur Orientierung dargestellt.

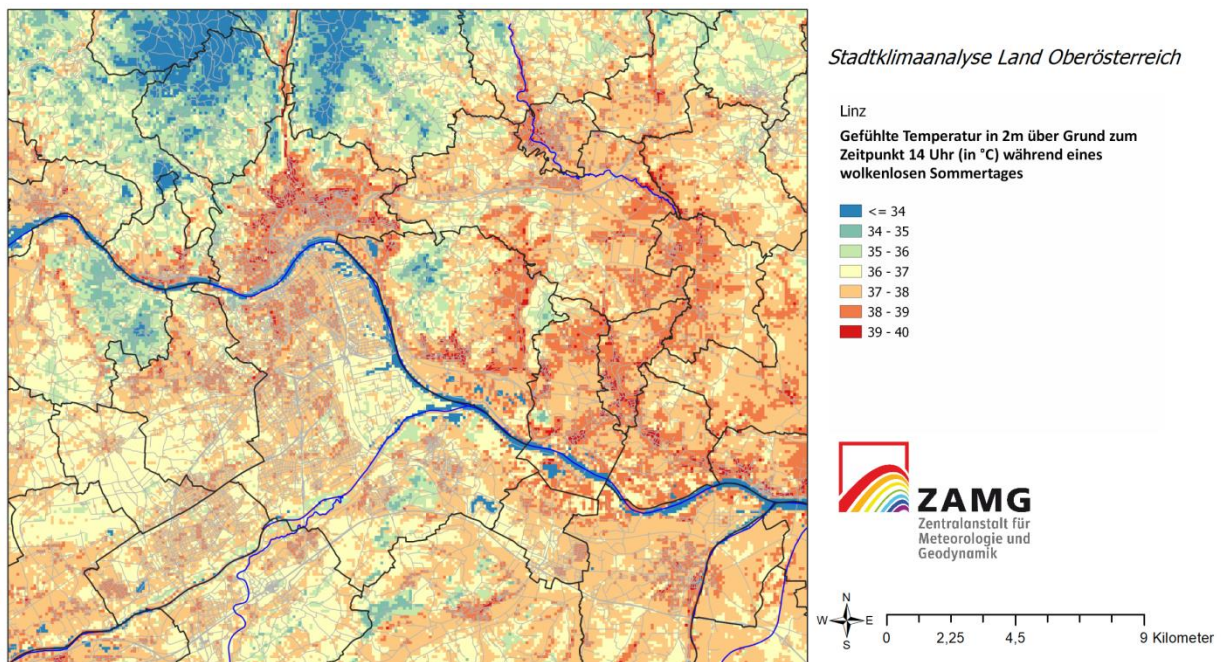


Abbildung 44: Gefühlte Temperatur um 14 Uhr (MESZ) in Linz und Umgebung an einem heißen Sommertag. Im Hintergrund sind Gemeindegrenzen, Flüsse und Straßen zur Orientierung dargestellt.

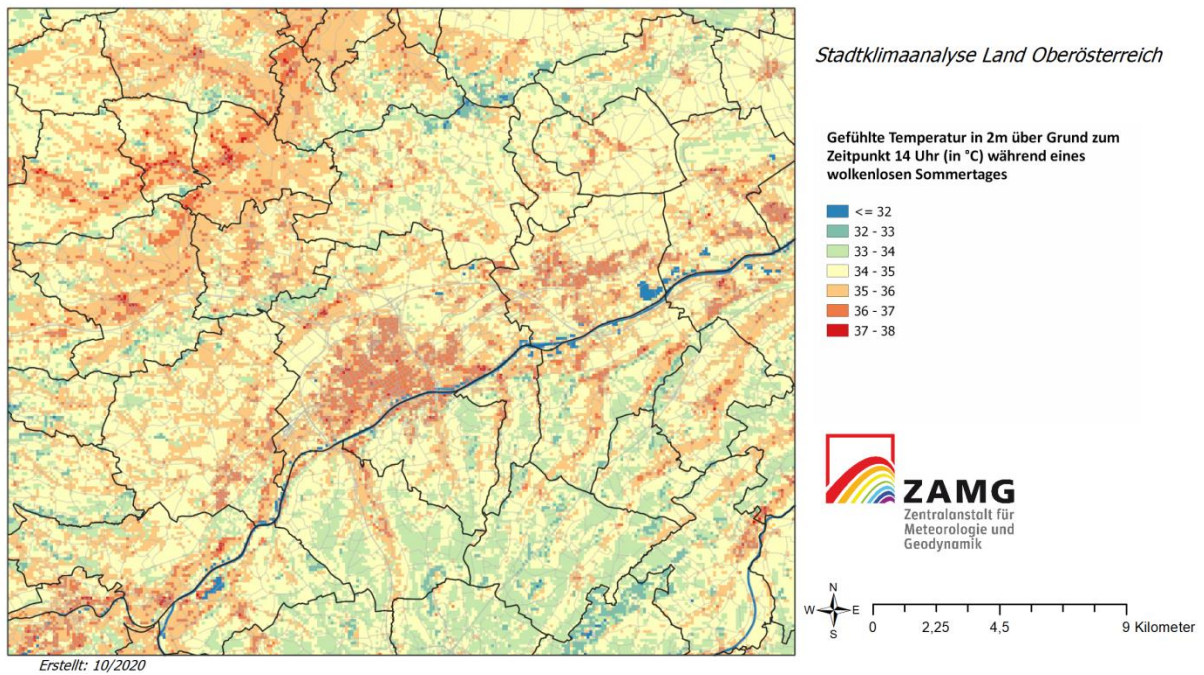


Abbildung 45: Gefühlte Temperatur um 14 Uhr (MESZ) in Wels und Umgebung an einem heißen Sommertag.

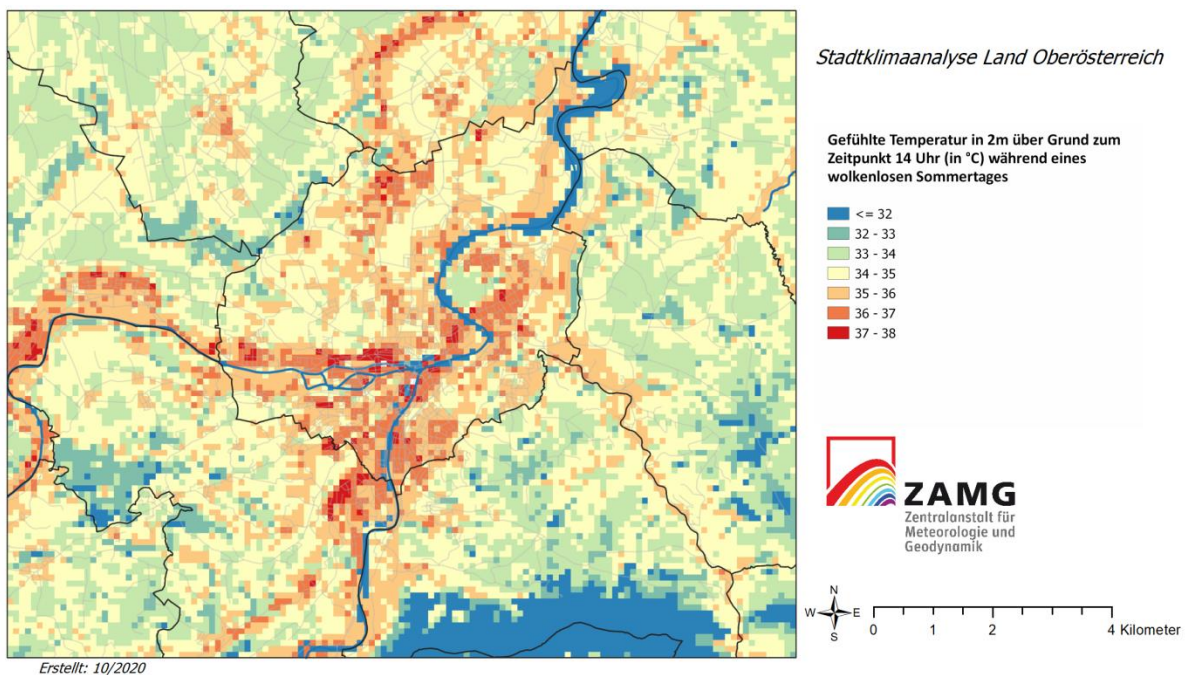


Abbildung 46: Gefühlte Temperatur um 14 Uhr (MESZ) in Steyr und Umgebung an einem heißen Sommertag.

22 Uhr MESZ:

Um 22 Uhr MESZ ist die gefühlte Temperatur (Abbildung 47) niedriger als die Lufttemperatur (Abbildung 35). Allerdings gibt es immer noch Gebiete mit schwacher bis mäßiger Wärmebelastung, sowohl innerhalb der städtischen Gebiete als auch in isolierten Regionen, in denen sich hohe Temperaturen, hohe Luftfeuchtigkeit und niedrige Windgeschwindigkeiten überschneiden.

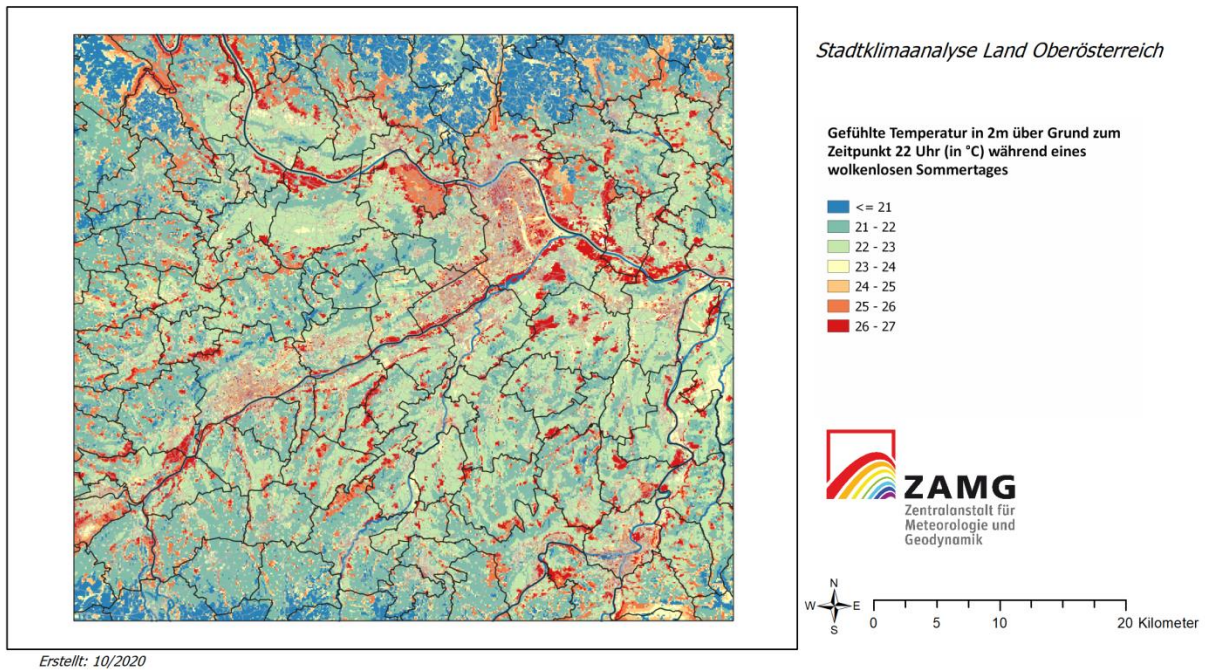


Abbildung 47: Gefühlte Temperatur um 22 Uhr (MESZ) im Oberösterreichischen Zentralraum an einem heißen Sommertag. Im Hintergrund sind Gemeindegrenzen, Flüsse und Straßen zur Orientierung dargestellt.

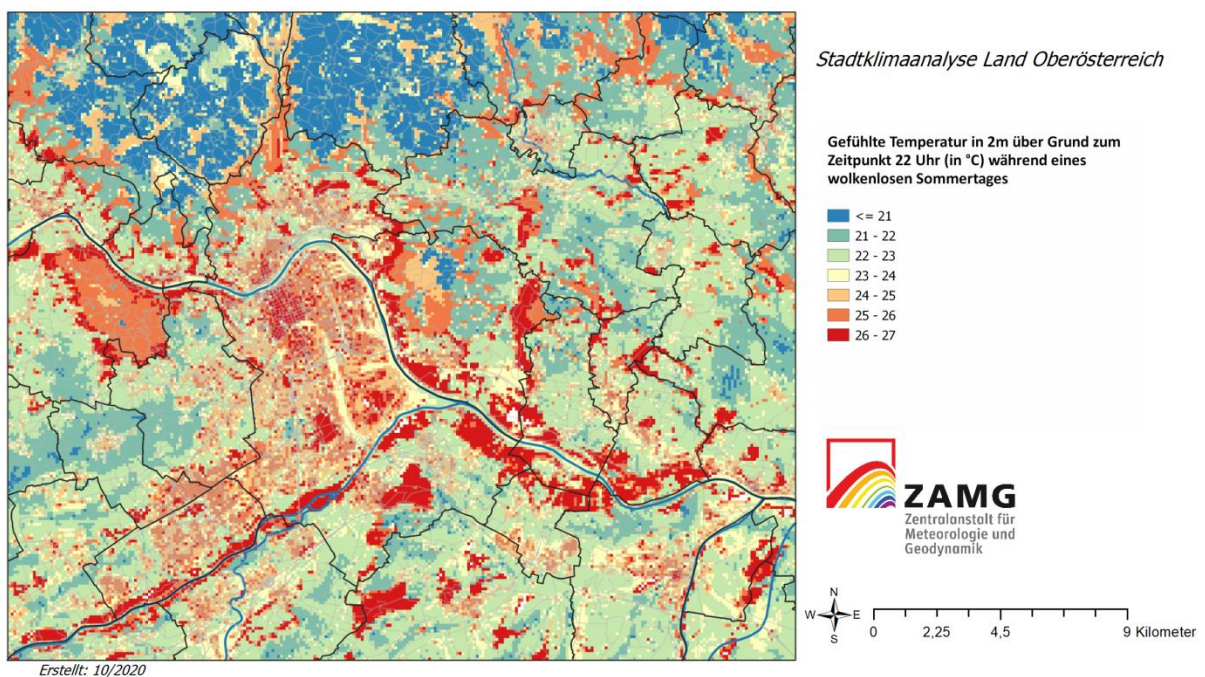


Abbildung 48: Gefühlte Temperatur um 22 Uhr (MESZ) in Linz und Umgebung an einem heißen Sommertag.

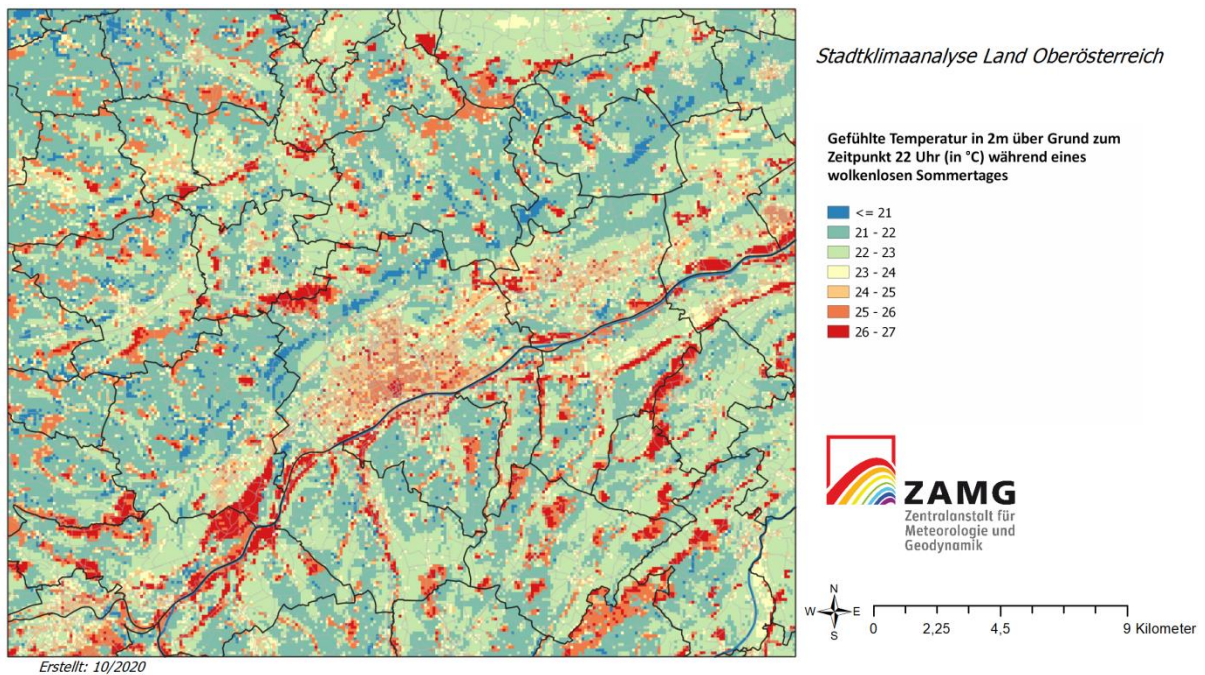


Abbildung 49: Gefühlte Temperatur um 22 Uhr (MESZ) in Wels und Umgebung an einem heißen Sommertag.

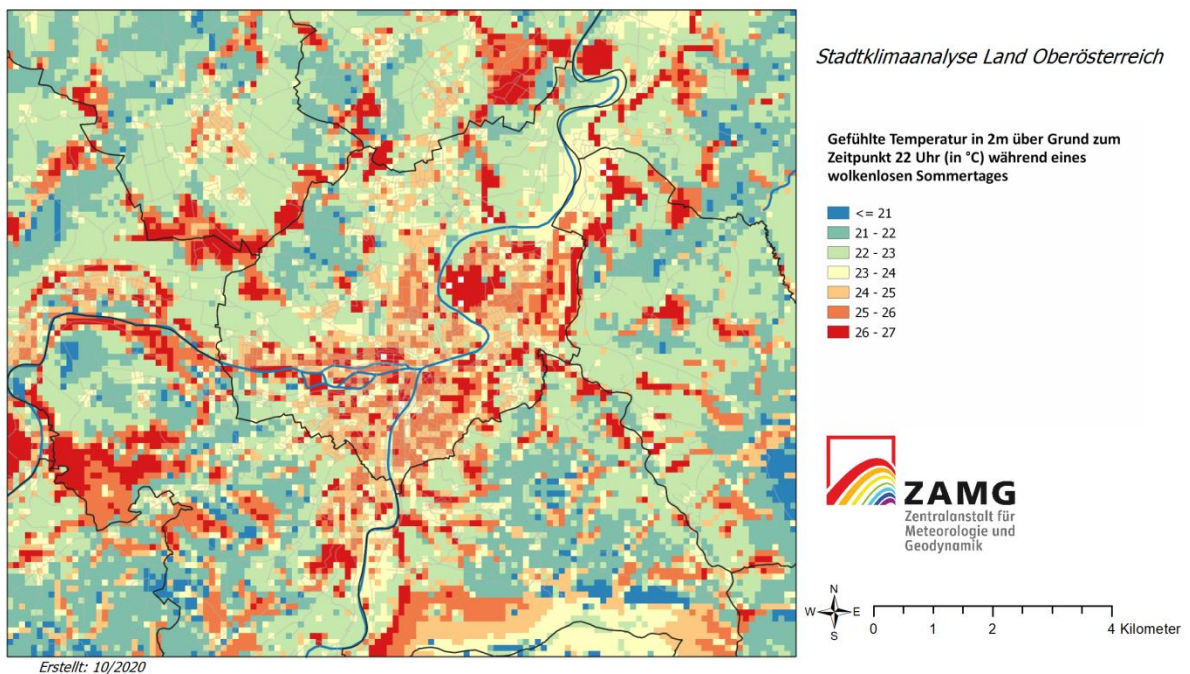


Abbildung 50: Gefühlte Temperatur um 22 Uhr (MESZ) in Steyr und Umgebung an einem heißen Sommertag.

Wie auch beim 4 Uhr Termin (Abbildung 39) ist es in den bewaldeten Regionen in tiefen Lagen vergleichsweise am wärmsten.

## 4. Klimafunktionskarten

Die Klimafunktionskarten wurden zur übersichtlicheren Darstellung thematisch in zwei Karten unterteilt. Die Frischluft- und Kaltluftentstehungsgebiete werden in Kapitel 4.1 gezeigt und auf die Überwärmungsthematik wird in Kapitel 4.2 eingegangen.

### 4.1. Frischluft- und Kaltluftentstehungsgebiete

Frischluftentstehungsgebiete sind laut Definition der VDI-Richtlinie 3787 Waldgebiete oder Gebiete mit dichtem Baumbestand. Das Waldklima zeichnet sich durch stark gedämpfte Tages- und Jahresgänge der Lufttemperatur und Luftfeuchte aus. Im Stammraum herrschen gegenüber dem waldfreien Umland tagsüber relativ niedrige Lufttemperaturen und höhere Luftfeuchten, während nachts die Temperaturen relativ milder sind (wie besonders auch bei der gefühlten Temperatur (Kapitel 3.2.2) ersichtlich).

Frischluftzufuhr im erweiterten Sinne sind natürlich auch Situationen, bei denen „unbelastete und saubere“ Luft im Sinne von schadstoff- und aerosolarm heran strömt. Dies kann durch einen Luftmassenwechsel oder durch das Heruntermischen unbelasteter Luft aus höheren atmosphärischen Schichten geschehen, welche zuvor länger keinen Kontakt mit dem Boden hatte.

Kaltluftentstehungsgebiete sind Flächen, die auf Grund der nächtlichen Abstrahlung stärker auskühlen als andere Flächen. So können freie und offene Wiesen, Felder und kahle Flächen deutlich stärker abkühlen als zum Beispiel Wälder, Wasserflächen, Siedlungen oder strukturiertes Gelände mit vielen Objekten.

In den nachfolgenden Betrachtungen wird von einem heißen Tag ausgegangen und von einer klaren Nacht. Ist während einer Hitzeperiode die Nacht durch dichte Wolken bedeckt, so entfällt der Kühlungseffekt durch die nächtliche Ausstrahlung. Die Diskussion zielt also in Richtung eines im Idealfall vorhandenen natürlichen Kühlungseffekts und wie sich dieser auf eine Stadt oder eine Region auswirkt.

Betrachtet man den Oberösterreichischen Zentralraum als Ganzes (Abbildung 51), so zeigt sich, dass es große zusammenhängende und wenig geneigte Flächen gibt, auf denen in klaren Nächten wenig Kaltluft produziert wird. Diese sind insbesondere das Eferdinger Becken und die Welser Heide zwischen Linz und dem Großraum Wels. Auch südlich davon gibt es im insgesamt etwas welligen und leicht ansteigenden Gelände große Flächen von nicht immer zusammenhängenden Ackerflächen, die nicht zu einer nächtlichen Kaltluftproduktion beitragen können.

Dem entgegengesetzt gibt es aber auch ausgeprägte Zonen (dunkelblau dargestellt), wo in klaren Nächten Kaltluft erzeugt wird. Ganz bedeutend für das Klima in Linz und das Eferdinger Becken sind die vielen Felder, Wiesen und Hänge (meist Grünlandbewirtschaftung) nördlich der Donau. In wolkenarmen und windschwachen Sommernächten wird die Luft dort gut abgekühlt. Die Waldstreifen dazwischen können die abfließende Kaltluft (ab 5 Grad Geländeneigung) zudem filtern und stellen somit auch eine Frischluftkomponente dar.



Weitere Gebiete die für die Kaltluftproduktion im Oberösterreichischen Zentralraum relevant sind, finden sich einerseits entlang des Rückens, der das Eferdinger Becken vom Bereich Wels-Hörsching trennt und sich Richtung Hausruck zieht und andererseits am etwas steileren Rücken südlich von Ebelsberg und den rund zehn Gräben zwischen Weißkirchen, Vorchdorf und Laakirchen, die konzentriert nächtliche Kaltluft von Süden her ins Trauntal abfließen lassen.

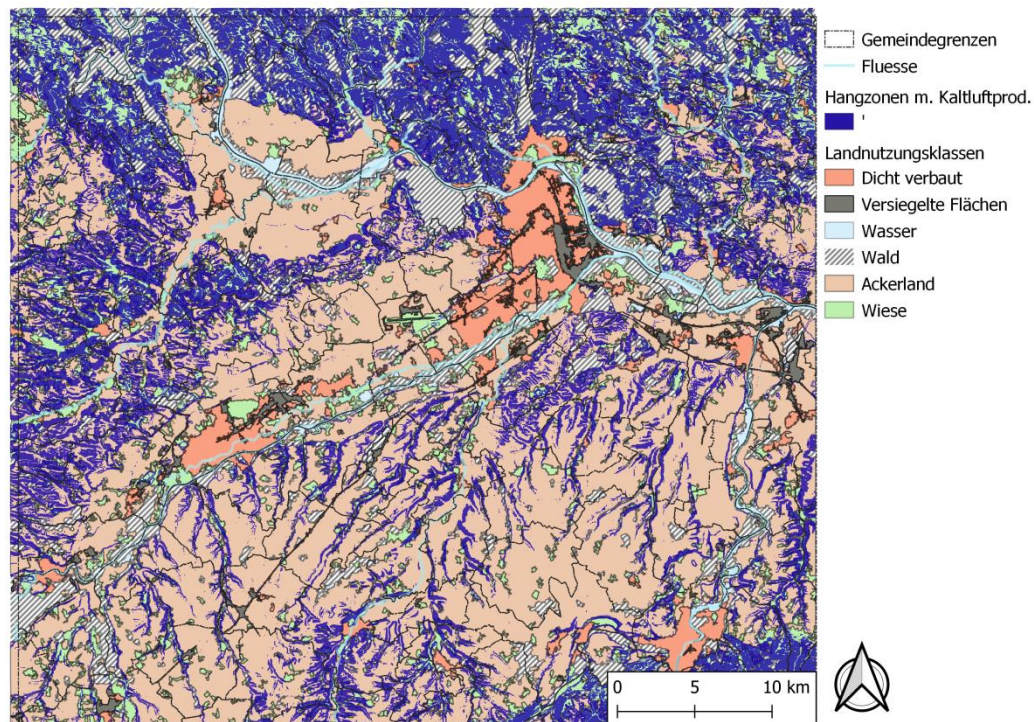


Abbildung 51: Kaltluftabfluss im Oberösterreichischen Zentralraum. Im Hintergrund ist die Landnutzung aufgetragen.

Großraum Linz und Umgebung, inklusive Enns:

Abbildung 52 zeigt die Frischluft- und Kaltluftentstehungsgebiete für Linz und Umgebung mit den Frischluftkanälen und der breitflächig einsickernden Frischluft. Den Frischluftkanälen liegen Regionen mit hohen Windgeschwindigkeiten (siehe Abbildung 24), wie sie mit KLAM\_21 berechnet werden, zugrunde. Breitflächig einsickernde Frischluft fließt langsamer von den geneigten Wiesen, Äckern und Wäldern ab. Zusätzlich wird in Abbildung 52 der übergeordnete Wind der ZAMG Messstation Linz gezeigt. Diese Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen treten im Jahresverlauf im Raum Linz typischerweise auf und beschränken sich nicht auf die windschwachen und wolkenlosen Tage mit Hochdruckwetter.

Durch die relativ große Menge an Kaltluft, welche an den geneigten Wiesen und Feldern nördlich der Donau erzeugt wird und die relative Steilheit des Geländes erreicht diese Kaltluft sehr rasch (am Abend und in der ersten Nachthälfte) das Donautal. Teilweise auch noch zusammengefasst und kanalisiert in Gräben die von der Giselawarte herunterführen, wie zum Beispiel im Haselgraben, entlang vom Schießstättenbach, Hollmühlbach oder weiter östlich entlang von Katzbach oder auch Esterbach. Diese Flanke des Ballungsraumes ist eine effiziente und effektive Kalt- und Frischluftzufuhr für Linz.

Am besten wirken die Abkühlung und das angeregte Windsystem in der Nacht nördlich der Donau (Urfahr bis Dornach). Entlang der Donau wird ein Teil (vermutlich ein beträchtlicher Teil) kanalisiert und flussabwärts „entsorgt“. Im Stadtzentrum und im Süden der Stadt wirkt die Kaltluft vom Mühlviertel daher nur abgeschwächt.

Zeitverzögert (zweite Nachthälfte) erreicht auch jene Kaltluft die Stadt Linz, welche sich zunächst im Eferdinger Becken sammelt und staut bevor sie über das Donautal und dessen Verengung nach Linz einströmt und entlang der Donau durchströmt.

Jene Kaltluft die auf den Feldern und freien Flächen südwestlich des Großraums Linz zwischen Ruffing und Kirchberg-Thening sowie südlich der Stadt zwischen dem Radnerberg und der Erhebung nördlich von St. Florian erzeugt wird, ist weniger mächtig und fließt langsamer. Diese Luftmasse erreicht geschwächt den südlichen Rand von Linz mit frischer Luft und einer Abkühlung im Lauf der Nacht. Diese Kaltluftmenge ist in Summe deutlich geringer als jene nördlich der Donau und die Wirkung auf die Stadt ist weniger stark ausgeprägt.

Für Enns ist die Situation anders: Es gibt im Nahbereich von Enns keine ausgeprägten Hangflächen wo Kaltluftproduktion stattfindet. Kleinräumig wird an den Wiesen und Feldern am Rabenberg im Südwesten der Stadt nächtliche Kaltluft erzeugt, welche sehr flach nach Sonnenuntergang und in den ersten Nachtstunden an den Stadtrand heranfließt (Abbildung 51). Die anderen und deutlich größeren Frischluft/Kaltluftzubringer am Rand des Mühlviertels und aus Richtung Steyr sind zu weit weg um einen nennenswerten Luftaustausch in Enns zu erzeugen.

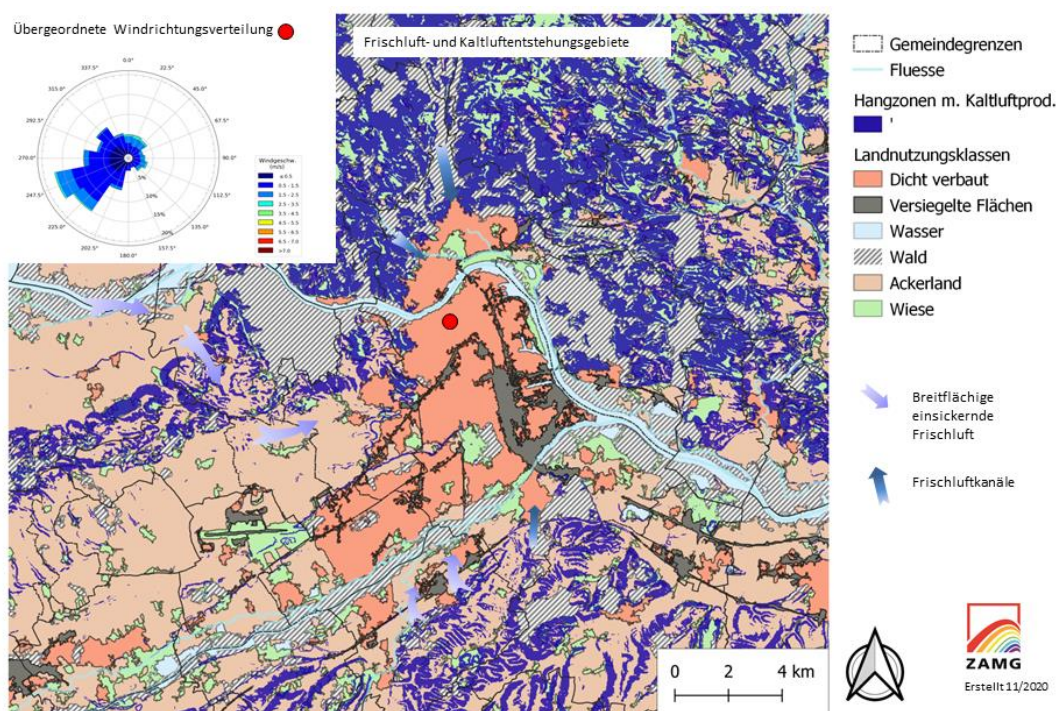


Abbildung 52: Klimafunktionskarte Frischluft- und Kaltluftentstehungsgebiete für Linz und Umgebung. Neben der breitflächig einsickernden Frischluft und den Frischluftkanälen wird die übergeordnete Windrichtungsverteilung der ZAMG Messstation Linz (roter Punkt) gezeigt.

### Großraum Wels und Umgebung:

Die Frischluft- und Kaltluftentstehungsgebiete von Wels sind in Abbildung 53 dargestellt. Für den Großraum Wels sind zwei Zonen relevant, die in klaren Nächten eine Abkühlung und eine Zufuhr von Frischluft erzeugen. Von der Charakteristik her sind diese unterschiedlich: Im Norden von Wels erzeugen die schwach geneigten Hänge am Rücken zwischen Roithener Kogel und Irrachhöhe geringmächtige Kaltluftkörper, die kaum kanalisiert werden und so relativ diffus und unstrukturiert den Norden des breiten Tals erreichen. Die Wirkung ist dabei eher als mäßig bis gering einzuschätzen und bei starker Ausprägung (wolkenlos und klare Luft) begrenzt auf den nördlichen Rand der Stadt, etwa vom Flughafen über Oberhaid und Wispl bis zum Autobahnkreuz. Die Wirkung ist auch deshalb gering, weil das überlagernde Talwindssystem entlang der Traunachse diese diffusen Hangabwinde modifizieren und ablenken wird.

Südlich vom Ballungsraum ist die Charakteristik der wiederkehrenden nächtlichen Kaltluftproduktion anders: Dort gibt es gut entwickelte und unterschiedlich lange Täler, die in eine wellige Terrassenlandschaft eingebettet sind. Diese Kaltluftproduktion ist effektiver, es bilden sich umfangreichere Kalt- und Frischluftpakete, die rascher, also mit vergleichsweise höherer Geschwindigkeit ins breite Trauntal einfließen. Von der Bedeutung her findet man die wichtigsten Zubringer entlang von Aiterbach, Thalbach und Schleißbach sowie bei den beiden kurzen Gräben Katzenbach und Großbach. Zeitlich ist die Wirkung am Abend und in der ersten Nachthälfte am stärksten. Räumlich ist Wirkung eng verknüpft mit der Traun, die die nächtliche Frischluft auffängt und einen vermutlich großen Teil davon kanalisiert und flussabwärts „entsorgt“. Am stärkste ist daher die Wirkung in Thalheim bei Wels, in Schleißheim und Weißkirchen an der Traun. In der Stadt Wels beschränkt sich die wiederkehrende nächtliche Frischluftzufuhr in der warmen Jahreszeit auf den südlichen Rand von Noitzmühle über das Messegelände bis zur Müllverbrennung.

Der Stadtkern von Wels wird weder von der Kalt-/Frischluft von Norden noch von Süden erreicht. Im Stadtkern kann eine nächtliche Zufuhr am ehesten dann stattfinden, wenn die größeren Seitentäler im Westen (aus dem Almtal entlang der Alm und abgeschwächt vom Traunsee entlang der Traun über Laakirchen) ausgeprägte Kaltluft erzeugen und diese dann in der zweiten Nachthälfte langsam Wels durchströmt. Dabei sorgen die West-Ost-Ausrichtung von Verkehrswegen und Siedlungen bei dieser Anströmungsrichtung für eine hohe Durchlässigkeit und begünstigen somit das Durchströmen. Diese Situation findet wahrscheinlich nur in ausgeprägten Nächten statt und nicht wiederkehrend in jeder klaren Sommernacht.

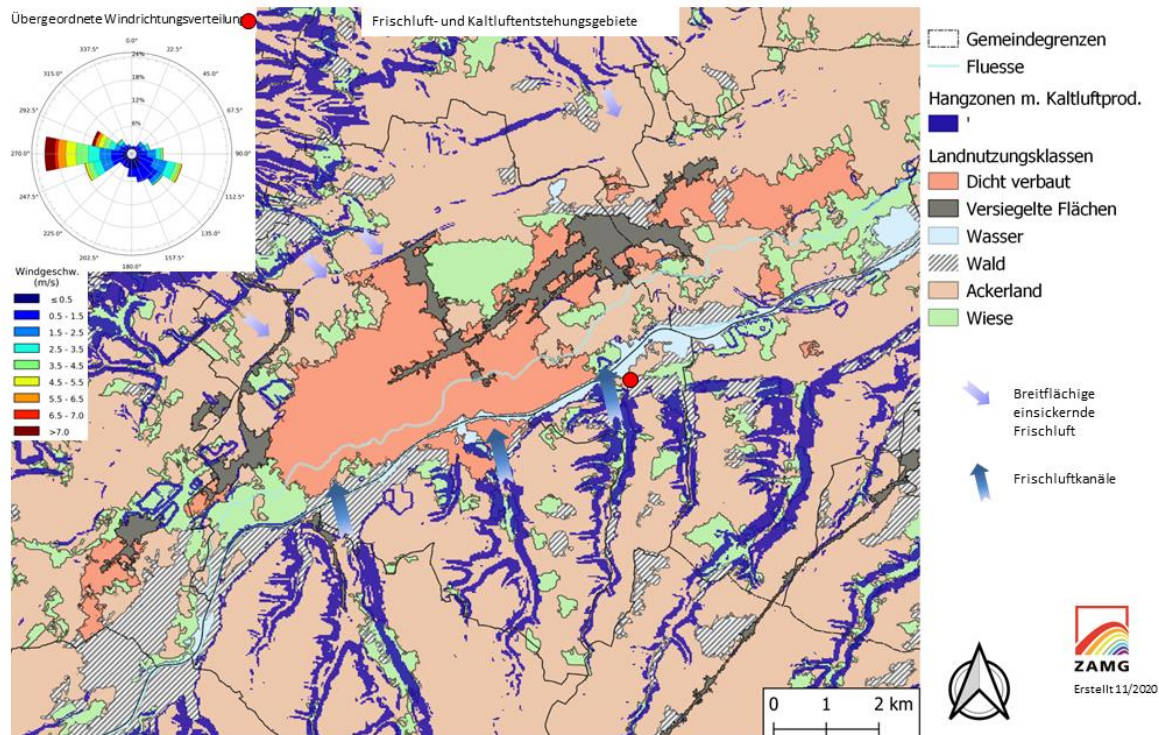


Abbildung 53: Klimafunktionskarte Frischluft- und Kaltluftentstehungsgebiete für Wels und Umgebung. Neben der breitflächig einsickernden Frischluft und den Frischluftkanälen wird die übergeordnete Windrichtungsverteilung der ZAMG Messstation Wels/Schleißheim (roter Punkt) gezeigt.

Großraum Steyr und Umgebung:

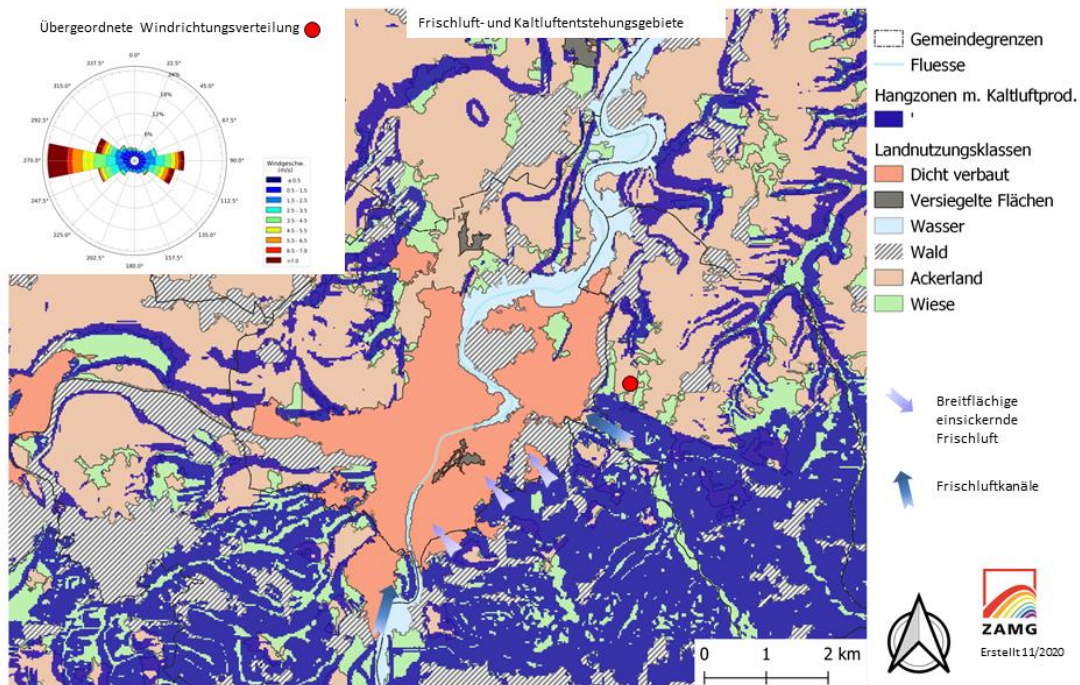


Abbildung 54: Klimafunktionskarte Frischluft- und Kaltluftentstehungsgebiete für Steyr und Umgebung. Neben der breitflächig einsickernden Frischluft und den Frischluftkanälen wird die übergeordnete Windrichtungsverteilung der ZAMG Messstation Wachtberg bei Steyr (roter Punkt) gezeigt.

Abbildung 54 zeigt die Frischluft- und Kaltluftentstehungsgebiete von Steyr. Südlich von Steyr gibt es im ansteigenden und mäßig geneigtem Gelände viele freie Flächen mit Grünlandbewirtschaftung, auf denen reichlich Kaltluft produziert wird (blau eingefärbte Flächen in der Klimafunktionskarte), die teilweise auf kurzem Wege nach Sonnenuntergang direkt den Stadtbereich südlich der Enns erreicht, das betrifft St. Ulrich bei Steyr, Ennsleite oder die Waldrandsiedlung.

Der Großteil der nächtlichen Kaltluft im Süden kommt zusammengefasst und kanalisiert aus dem Ennstal und dem Kleinramingtal. Mit einem großen Einzugsgebiet, welches 15 bis 20 km in den vorgelagerten Alpenrand hineinreicht, sind dies die dominantesten Kalt- und Frischluftzubringer in einer klaren Sommernacht. Aufgrund des sehr großen Einzugsgebiets erreicht die Schichtdicke des nächtlichen Talabwindes etwa 300 m, damit reicht die Strömung auch bis ins höher gelegene Stadtgebiet und erstreckt sich weiter nördlich bis zum Rand des Alpenvorlandes, zumindest gut spürbar bis Ernsthofen und Kronstorf.

Ein Talabwind aus dem Steyrtal weitet sich großteils am Flussknie bei Sierning weiter nach Norden aus. Übrig bleibt für Steyr nur die unterste Schicht, welche kanalisiert entlang der Steyr eine Kaltluftzufuhr mit einer Höhe von etwa 30 m bedeutet. Dieser Zustrom ist aber weniger bedeutend für den Großraum Steyr als jener entlang von Enns und Raming.

## 4.2. Überwärmung

Für die Überwärmungskarten wurde die Landnutzung mit dem Temperaturmittel kombiniert. Das Temperaturmittel berechnet sich in diesem Fall aus den stündlichen MUKLIMO\_3 Lufttemperaturen in zwei Metern Höhe für zwei typische heiße und wolkenlose Sommertage (ausgewählt wurden die Zeitfenster 30. Juni 2019 10 Uhr MESZ bis 1. Juli 2019 9 Uhr MESZ und 26. Juli 2019 10 Uhr MESZ bis 27. Juli 2019 9 Uhr MESZ). Es handelt sich also um 48 Stunden Mittel.

In Abbildung 55 ist das gesamte Untersuchungsgebiet dargestellt. Die städtisch dicht verbauten und versiegelten Flächen sind schraffiert und gehen mit einer hohen Mitteltemperatur und einer damit hohen Hitzebelastung an heißen Strahlungstagen einher.

Flächenmäßig die größte zusammenhängende Fläche mit hoher Hitzebelastung findet man im Stadtbereich von Linz und den umliegenden Städten und Gemeinden wie Leonding, Pasching, Traun, Ansfelden, die Industriezone im Osten sowie orographisch rechts der Donau mit Unterbrechungen von Ebelsberg über Asten bis nach Enns. Abseits des Linzer Großraumes erkennt man versiegelte und verbaute Hitzeinseln am Rand vom Eferdinger Becken in Eferding und Ottensheim sowie in Wels und kleinräumig in Steyr.

Neben den bebauten Zonen erwärmen sich auch die Ackerflächen an heißen Strahlungstagen sehr stark. In der Übersichtskarte sind die großen trockenen und stark erwärmten Ackerflächen im Eferdinger Becken und am Südrand des Mühlviertels gut zu erkennen. Im Unterschied zu den bebauten und damit bewohnten Flächen, halten sich bei den Ackerflächen keine Personen über längeren Zeitraum auf. Es fehlt also für eine Belastung die Exposition.

Wichtig in diesem Zusammenhang auch der Hinweis, dass die Hitzebelastung insbesondere dann von starker negativen Auswirkung für Mensch und Tier einhergeht, wenn einerseits eine Hitzewelle lange andauert (Summenwirkung über mehrere Tage hinweg) und andererseits wenn neben der Hitze und Strahlungsbelastung tagsüber auch die Nächte sehr warm bleiben (Tropennacht).

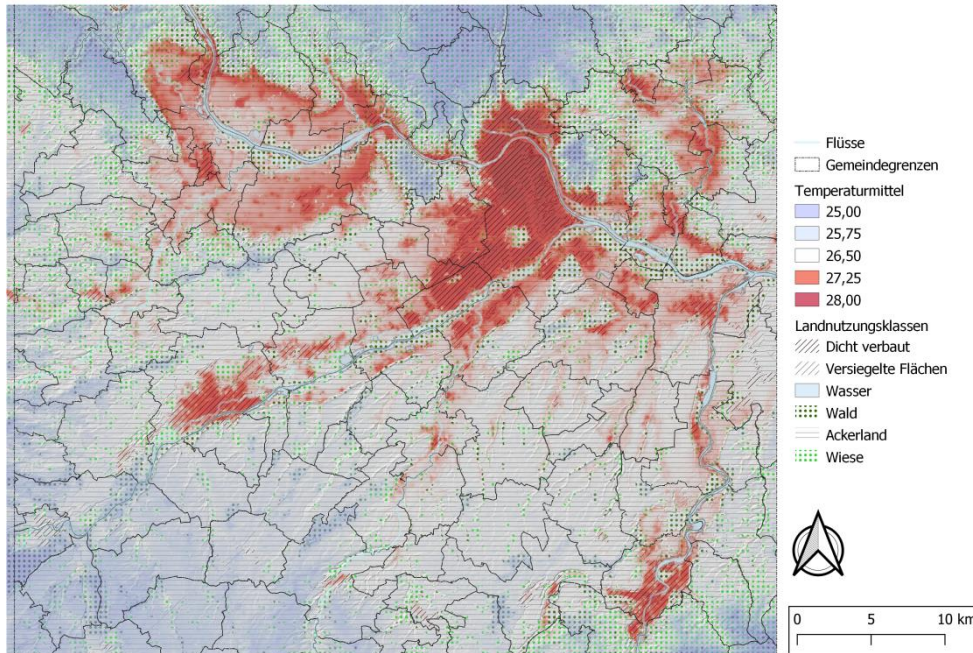


Abbildung 55: Überwärmung im Oberösterreichischen Zentralraum.

Großraum Linz und Umgebung, inklusive Enns:

In Linz (Abbildung 56) kommt es an strahlungsreichen Sommertagen zu einer deutlichen Überwärmung und einer ausgeprägten Hitzebelastung nahezu im gesamten Stadtgebiet. Grund dafür ist die relativ dichte Verbauung von Linz und die relativ großen versiegelten Flächen im Industrieareal östlich der Autobahn. Kühlere innerstädtische oder Stadtrandbereiche in Form von „grünen Oasen“ gibt es am Freinberg, am Froschberg, Buchberg und Imberg, nach Süden hin in Kleinmünchen und entlang der Traun, nördlich der Donau rund um den Pleschinger See, in Harbach und direkt am Waldrand zum ansteigenden Mühlviertel.

Rund um diese „kühlere Oasen“ werden tagsüber thermische Zirkulation und Winde angeregt, ebenso entlang der Donau. Diese Winde können die Hitzebelastung etwas reduzieren.

Die Zonen mit Hitzebelastung umfassen – wie bereits oben angeführt – auch die umliegenden Zentren wie Leonding, Pasching, Traun, Ansfelden. Die MUKLIMO\_3-Simulation macht auch deutlich, dass sich der Warmluftkörper über dem Großraum Linz mit den Winden auf die Umgebung ausbreitet. Es kommt also zu einer Verlagerung, die von wenigen hundert Metern bis zu mehreren Kilometern reichen kann.

Im Bereich von Enns ist die Hitzebelastung geringer als in Linz und vor allem auch von der Ausdehnung her kleinräumiger mit einer Fläche von etwa 2 x 2 km. Betrachtet man die Hitzebelastung tagsüber (Abbildung 56) mit der Wirkung der nächtlichen Abkühlung (Abbildung 52), so zeigt sich, dass der Stadtkern von Linz, also der Bereich südlich der Donau bis Höhe Bindermühl jener Bereich ist, der

tagsüber eine hohe Hitzebelastung aufweist und nachts am wenigsten profitiert von der Kaltluft/Frischluftzufuhr im Umfeld. Das ist also auch jener Bereich mit dem höchsten Potenzial für belastende Tropennächte.

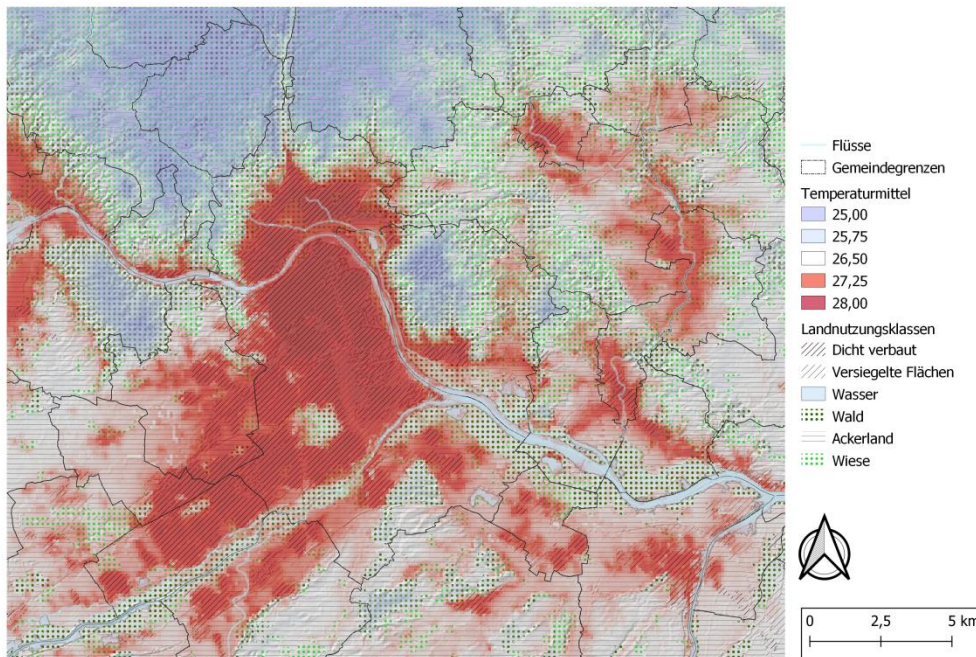


Abbildung 56: Klimafunktionskarte Überwärmung in Linz, Enns und Umgebung.

Großraum Wels und Umgebung:

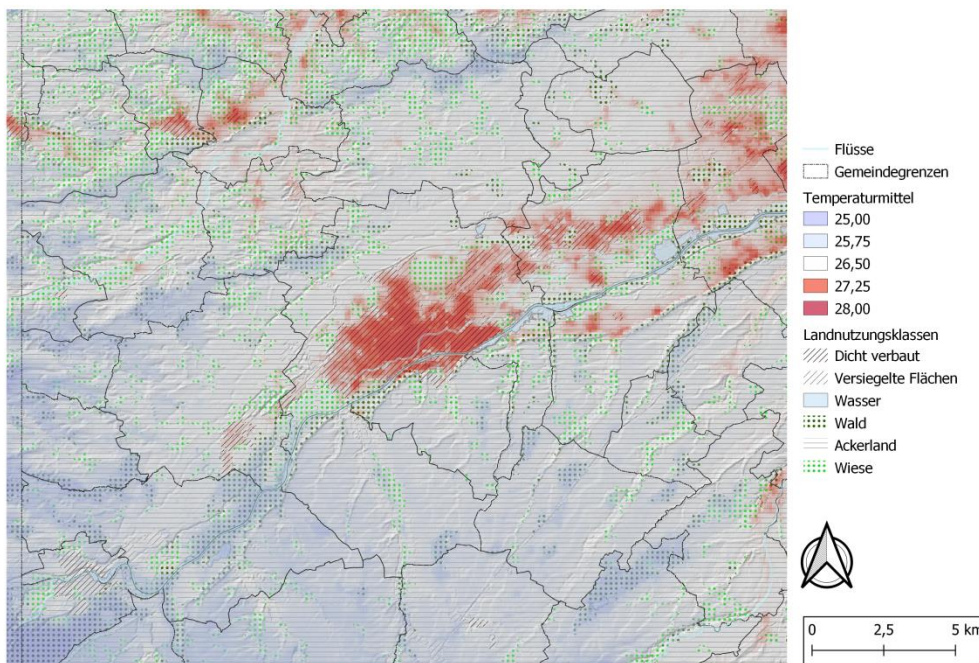


Abbildung 57: Klimafunktionskarte Überwärmung in Wels und Umgebung.

Die sommerliche Überwärmung des Welser Stadtgebiets (Abbildung 57), welches von Wels-Stadt mit Unterbrechung bis nach Marchtrenk reicht, deckt sich in der MUKLIMO\_3 Modellierung für die Lufttemperatur erwartungsgemäß mit den dicht verbauten und versiegelten Flächen (schraffiert).

Dabei zeigt sich, dass der Temperaturunterschied zu den kühlest Zonen in den Waldgebieten entlang der Traun im Mittel bis zu 4° Celsius betragen kann. Auffallend sind außerdem größere Grünbereiche innerhalb des Stadtgebiets, die deutlich kühler sind und auch aus human-biometeorologischer und lufthygienischer Sicht wertvoll sind (z.B. Flugfeld, Areal nördlich der Zeppelinstraße, ASKÖ-Sportanlage).

Im Vergleich zu Linz ist in Wels die Hitzebelastung begrenzt auf eine kleinräumige Zone mit einer Talbreite von 1 bis 2 km. Das ist aber gerade jener Bereich, der in den klaren Sommernächten von der in der Umgebung gebildeten Kaltluft nicht oder nur sehr abgeschwächt versorgt wird. Hier kann es während einer Hitzewelle auch in der Nacht nicht wirklich abkühlen (Potenzial für Tropennächte). In diesem kleinräumigen Bereich ist die Gesamtbelastung durch Hitze daher deutlich erhöht.

Großraum Steyr und Umgebung:

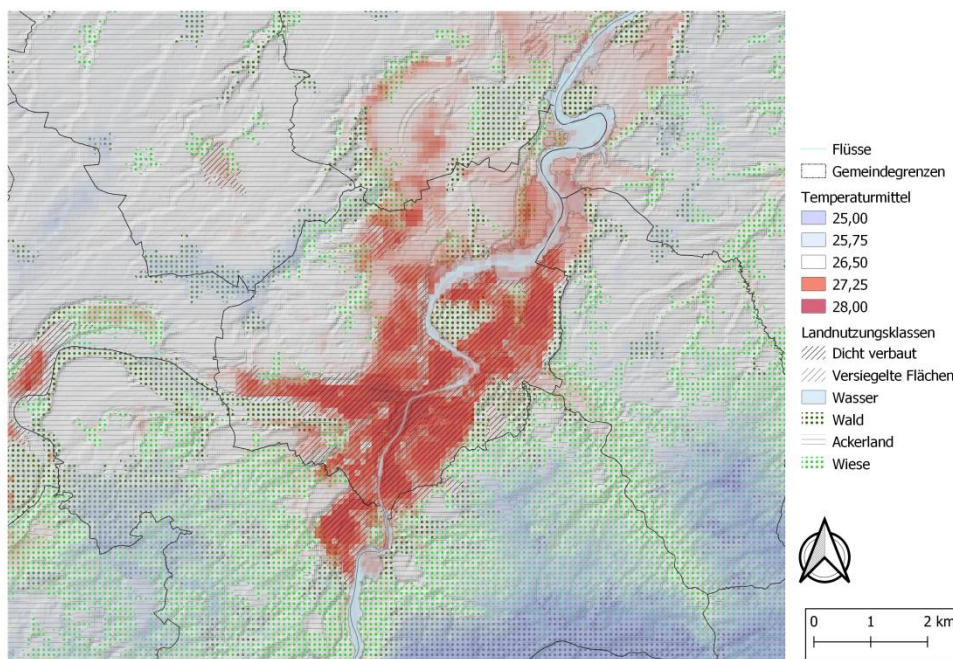


Abbildung 58: Klimafunktionskarte Überwärmung in Steyr und Umgebung.

Gegenüber Linz und Wels ist die innerstädtische Überwärmung in Steyr (Abbildung 58) am schwächsten ausgeprägt. Besonders warm bildet sich in der MUKLIMO\_3-Temperatur-Modellierung für einen heißen, wolkenlosen Sommertag das historische Stadtzentrum, Steyrdorf und der Bahnhofsbereich ab, ebenso das stark versiegelte Industriegebiet im Osten (MAN-Werk, BMW-Werk). Der Bereich mit einer hohen Hitzebelastung tagsüber ist begrenzt auf einen sehr schmalen Bereich mit einer Breite von 500 m bis 1 km. Die kühleren Zonen im Stadtgebiet kommen in der Modellierung gut zur Geltung (z.B. Waldgebiet Münchenholz westlich des BMW-Werks oder der Gartenstadttyp der Waldrandsiedlung östlich des MAN-Werks).

Kombiniert man die Hitze tagsüber mit der potenziellen Abkühlung durch Kalt-/Frischlufte die in der klaren Nacht im Umfeld erzeugt wird (Abbildung 54), so ist in Steyr die Gesamtbelastung deutlich geringer als in Wels oder in Linz. Durch das Ennstal ist gerade in den tagsüber überhitzten Zonen eine nächtliche Abkühlung durch die durchfließende Kaltluft gewährleistet. Das Potenzial für belastende Tropennächte ist in Steyr gering.



## 5. Planungshinweise

In diesem Kapitel werden die Planungshinweise für den Großraum Linz bis Enns, Wels und Steyr zusammengefasst. Die Planungshinweise beruhen auf den Themen- und Klimafunktionskarten mit einer Auflösung von 100 m x 100 m und konzentrieren sich damit auf Aussagen in dieser räumlichen Skala.

Für detaillierte Aussagen auf Stadtteil-, Siedlungs- und Objektebene ist eine detailliertere Betrachtung in Form von Stadtklimastudien mit einer Auflösung von 10 m x 10 m oder noch genauer nötig, idealerweise kombiniert mit einem Mess- und Monitoringprogramm abgestimmt auf Fragestellungen des Stadtklimas.

### 5.1. Großraum Linz, Enns und Umgebung

Planungshinweis 1: Um die im Ist-Zustand gut ausgeprägte Kaltluft- und Frischluftproduktion nördlich der Donau zu erhalten oder sogar noch zu fördern, ist auf eine ausgewogene und durchdachte Waldplanung und Waldbewirtschaftung zu achten. In Abwägung der vielfältigen Funktionen eines Waldes (von Schutzwirkung, Lebensraum bis hin zu Erholungsgebiet) wäre auch abzuwägen, ob Änderungen der Waldflächen und deren Anordnung im Gelände sich positiv oder negativ auf die Kaltluft- und Frischluftproduktion auswirken. Idealerweise werden die Auswirkungen im Vorfeld der Änderungen mikroklimatisch modelliert.

Planungshinweis 2: Die Gräben nördlich der Donau, insbesondere Haselgraben, Schießstättenbach, Hollmühlbach oder weiter östlich entlang von Katzbach oder auch Esterbach dürfen nicht verbaut werden. Barrieren oder Hindernisse würden die natürlich vorhandene und kostenlose Kühlung der nördlichen Bezirke der Stadt reduzieren.

Planungshinweis 3: Am besten wirkt die Abkühlung im Großraum Linz in der Nacht nördlich der Donau (in Linz zum Beispiel in Urfahr und Dornach). Entlang der Donau wird ein großer Teil der nächtlichen Kaltluft kanalisiert und flussabwärts abgeleitet. Durch Planungsmaßnahmen kann man erreichen, dass zukünftig mehr von dieser Kalt-/Frischluft in die Stadt gelangt. Dazu wäre es sinnvoll die erste Objektfront zur Donau hin möglichst durchlässig zu gestalten. Keine geschlossene und abriegelnde Bauweise sondern versehen mit einer durchlässigen Objektanordnung. Der durchlässige Stadtrand könnte unterstützt werden durch aerodynamisch klug angeordnete Objekte am Rand der Donau, welche einen Teil der abfließenden Kaltluft in die Stadt ablenkt. Dadurch kann man das Potenzial für Tropenächte im Stadtkern senken.

Planungshinweis 4: Die im Ist-Zustand vorhandenen grünen Flächen (Abbildung 59) zwischen den allgemein zusammenwachsenden Gemeinden von Linz, Pasching, Ansfelden, Ebelsberg bis hinunter nach Enns, sollten aus klimatologischer Sicht nicht verbaut oder versiegelt werden. Sie stellen tagsüber kühle Oasen dar und erzeugen in klaren Sommernächten zumindest kleinräumig Kaltluft für die umliegenden Siedlungen.

Planungshinweis 5: Ausgehend von bestehenden Parks und von den kleinen Erhebungen wäre es sehr effizient Grünschnitten durch Rückbau oder Entsiegelung anzulegen. Eine Umwidmung zum Beispiel

einer wenig genutzten Verkehrsfläche in einen Grünstreifen kann die Hitzebelastung und das Stadtklima enorm verbessern.

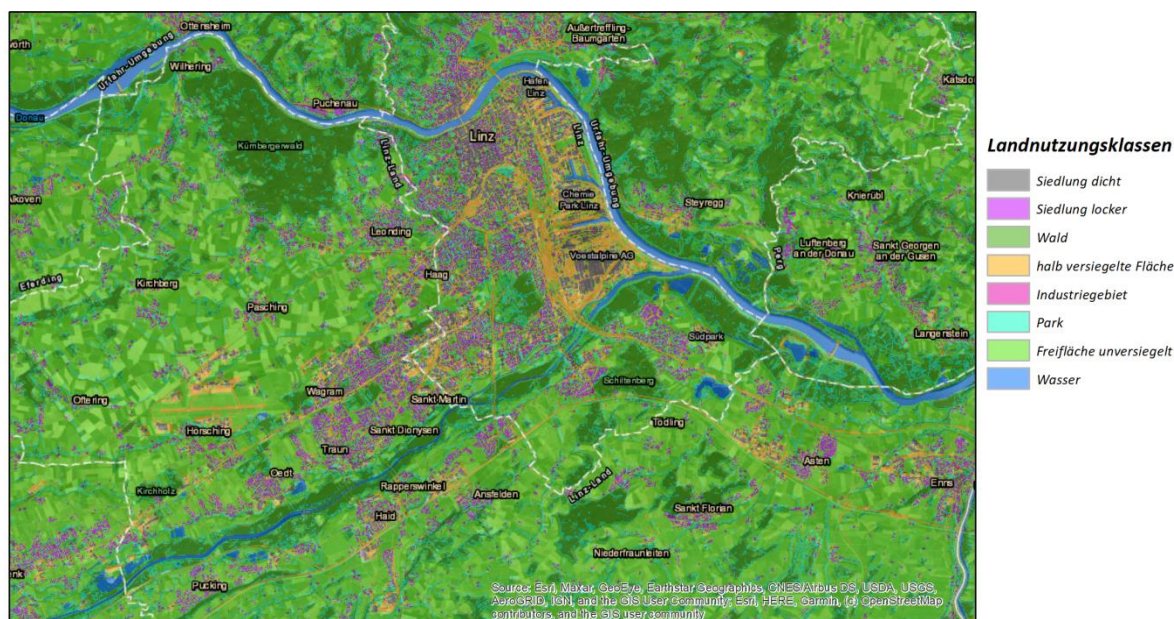


Abbildung 59: Aktuelle Landnutzung im Raum Linz und Umgebung. Die unversiegelten Freiflächen von Pasching über Linz und Ansfelden bis nach Enns sollten erhalten bleiben.

Planungshinweis 6: Es gibt eine Reihe von Methoden die Hitzebelastung in einer Stadt nachhaltig zu senken und damit den Klimawandel zumindest bis 2060 zu kompensieren. Die Wirkkraft dieser Methoden ist gut untersucht und evident. Diese sind bei Planungen konsequent und in Abwägung aller anderen Faktoren anzuwenden. Dazu zählen: Die Methoden der „White City“ (Erhöhung der Albedo) wie das Anwenden von hellen Oberflächen an Objektwänden, Dächern und Fahrbahnoberflächen. Die Methoden der „Green City“ (Pflanzen spenden Schatten und kühlen durch die Verdunstung) wie das deutliche Erhöhen des Baumanteiles, das Begrünen von Dächern, das Ersetzen von versiegelten Flächen durch Grasflächen und das Begünstigen von niedriger Vegetation in der Stadt. Diese Anpassungsmaßnahmen wurden für Linz mit MUKLIMO\_3 bereits modelliert (De Witt, 2020).

Planungshinweis 7: Bestehende oder künftige Grünflächen nicht mit dichter Verbauung umranden, sondern die umgebende Objektanordnung durchlässig gestalten, damit einerseits nächtliche Kaltluft in den bewohnten Bereich einfließen kann und andererseits tagsüber in den heißen Stunden ein kühlender Ausgleichswind zwischen den Wohnobjekten angeregt wird.

Planungshinweis 8: Wasserflächen schaffen oder verbaute und überdachte Fließgewässer frei legen. Wasserflächen kühlen tagsüber sehr effizient.

Planungshinweis 9: In Bezug auf die landwirtschaftliche Nutzung im Randbereich vom Ballungsraum ist Grünlandbewirtschaftung (regelmäßig gemähte Wiesen und Felder) dem Ackerbau deutlich vorzuziehen, falls dies trotz der jetzt schon hohen Temperatur und dem erforderlichen Wasserbedarf noch möglich ist. Ackerflächen erwärmen sich bei Hitzewellen sehr stark und tragen durch die räumliche Verlagerung der Wärme mit den bodennahen Winden auch im besiedelten Raum zu einer zusätzlichen Erwärmung und Austrocknung bei. Es ist daher darauf zu achten, dass Ackerland nach der Ernte rasch wieder begrünt wird, um diesen Effekt zu dämpfen.

## 5.2. Großraum Wels und Umgebung

Planungshinweis 1: Um die im Ist-Zustand vor allem entlang der Traun und südlich davon gut ausgeprägte Kaltluft- und Frischluftproduktion zu erhalten oder sogar noch zu fördern, ist auf eine ausgewogene und durchdachte Waldplanung und Waldbewirtschaftung zu achten. Es ist abzuwägen, ob Änderungen der Waldflächen und deren Anordnung sich positiv oder negativ auf die Kaltluft- und Frischluftproduktion auswirken. Idealerweise werden die Auswirkungen im Vorfeld der Änderungen mikroklimatisch modelliert. Der hohe Anteil von Wiesen und Felder im Einzugsgebiet soll erhalten bleiben. Dies betrifft die wichtigsten Zubringer entlang von Aiterbach, Thalbach und Schleißbach sowie bei den beiden kurzen Gräben Katzenbach und Großbach.

Planungshinweis 2: Die Gräben südlich der Traun, insbesondere Aiterbach, Thalbach und Schleißbach sowie die beiden Gräben Katzenbach und Großbach dürfen nicht verbaut werden. Barrieren oder Hindernisse würden die natürlich vorhandene und kostenlose Kühlung der südlichen Zonen der Stadt Wels und der Gemeinden entlang der Traun reduzieren.

Planungshinweis 3: Die schwach geneigten Hänge am Rücken zwischen Roithener Kogel und Irrachhöhe sollten in Zukunft frei bleiben. Sie sollten weder durch Wald aufgeforstet werden noch sollten sie großflächig verbaut werden. Diese Flächen erzeugen geringmächtige Kaltluftkörper, die den Norden des breiten Tales erreichen.

Planungshinweis 4: Der Stadtkern wird an sehr warmen Nächten nur wenig durchlüftet. Fallweise erfolgt eine Durchlüftung mit Kalt-/Frischluft durch einen Kaltluftkörper welcher aus den größeren Seitentälern im Westen kommt (Almtal und vom Traunsee) und talparallel Wels durchfließt. Hier ist planerisch darauf zu achten, dass die vorhandene West-Ost-Ausrichtung von Verkehrswegen und Siedlungen erhalten bleibt oder noch unterstützt wird.

Planungshinweis 5: Die im Ist-Zustand vorhandenen grünen Flächen (Abbildung 60) zwischen den allgemein zusammenwachsenden Gemeinden zwischen Wels, Marchtrenk, Gunskirchen sollten aus klimatologischer Sicht nicht verbaut oder versiegelt werden. Sie stellen tagsüber kühle Oasen dar und erzeugen in klaren Sommernächten zumindest kleinräumig Kaltluft für die umliegenden Siedlungen.

Planungshinweis 6: Ausgehend von bestehenden Parks, auch wenn diese klein sind, wäre es sehr effizient Grünschnitten durch Rückbau oder Entsiegelung anzulegen. Eine Umwidmung zum Beispiel einer wenig genutzten Verkehrsfläche in einen Grünstreifen kann die Hitzebelastung und das Stadtklima enorm verbessern.

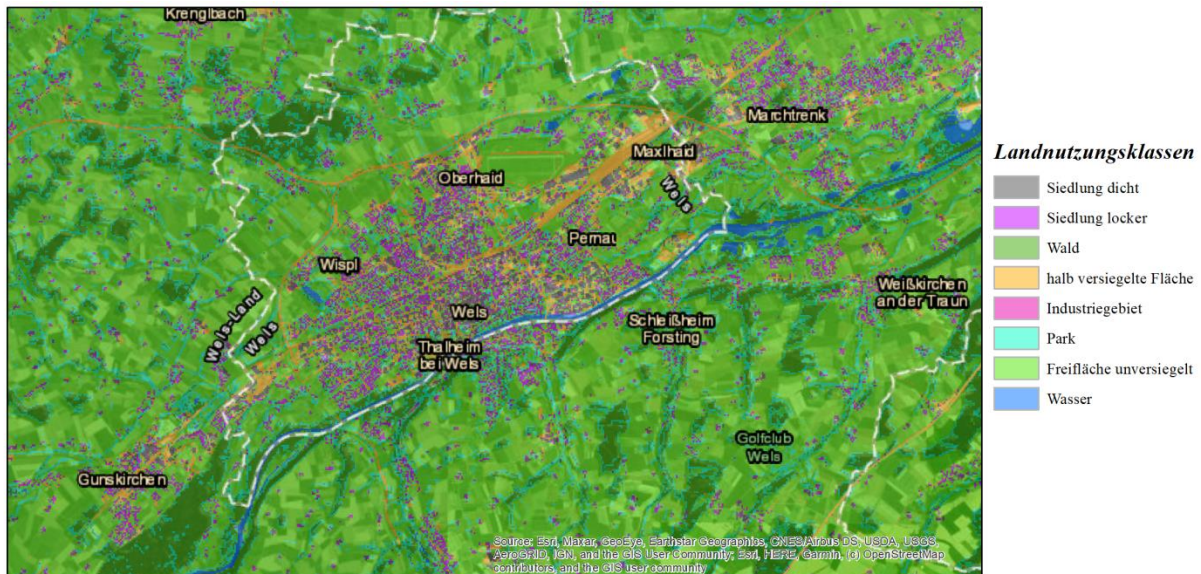


Abbildung 60: Aktuelle Landnutzung im Raum Wels und Umgebung. Die unversiegelten Freiflächen zwischen Gunkskirchen, Wels und Marchtrenk sollten erhalten bleiben.

Planungshinweis 7: Es gibt eine Reihe von Methoden die Hitzebelastung in einer Stadt nachhaltig zu senken und damit den Klimawandel zumindest bis 2060 zu kompensieren. Die Wirkkraft dieser Methoden ist gut untersucht und evident. Diese sind bei Planungen konsequent und in Abwägung aller anderen Faktoren anzuwenden. Dazu zählen die Methoden der „White City“ (Erhöhung der Albedo) wie das Anwenden von hellen Oberflächen an Objektwänden, Dächern und Fahrbahnoberflächen und die Methoden der „Green City“ (Pflanzen spenden Schatten und kühlen durch die Verdunstung) wie deutliche Erhöhung des Baumanteiles, das Begrünen von Dächern, das Ersetzen von versiegelten Flächen durch Grasflächen und das Begünstigen von niedriger Vegetation in der Stadt. Die Anwendung einzelner oder einer Kombination dieser Methoden wird vor allem für den Stadtkern von Wels stark empfohlen. Dort ist die Hitzebelastung am stärksten

Planungshinweis 8: Bestehende oder künftige Grünflächen nicht mit dichter Verbauung umranden, sondern die umgebende Objektanordnung durchlässig gestalten, damit einerseits nächtliche Kaltluft in den bewohnten Bereich einfließen kann und andererseits tagsüber in den heißen Stunden ein kühlender Ausgleichswind zwischen den Wohnobjekten angeregt wird.

Planungshinweis 9: Wasserflächen schaffen oder verbaute und überdachte Fließgewässer frei legen. Wasserflächen kühlen tagsüber sehr effizient.

Planungshinweis 10: In Bezug auf die landwirtschaftliche Nutzung im Randbereich vom Ballungsraum ist Grünlandbewirtschaftung (regelmäßig gemähte Wiesen und Felder) dem Ackerbau deutlich vorzuziehen, falls dies trotz der jetzt schon hohen Temperatur und dem erforderlichen Wasserbedarf noch möglich ist. Ackerflächen erwärmen sich bei Hitzewellen sehr stark und tragen durch die räumliche Verlagerung der Wärme mit den bodennahen Winden auch im besiedelten Raum zu einer zusätzlichen Erwärmung und Austrocknung bei. Es ist daher darauf zu achten, dass Ackerland nach der Ernte rasch wieder begrünt wird, um diesen Effekt zu dämpfen.

### 5.3. Großraum Steyr und Umgebung

Planungshinweis 1: Um die im Ist-Zustand gut ausgeprägte Kaltluft- und Frischluftproduktion entlang des Kleinramingtales und entlang der Enns und abgeschwächt auch entlang der Steyr zu erhalten oder sogar noch zu fördern, ist auf eine ausgewogene und durchdachte Waldplanung und Waldbewirtschaftung zu achten. Der hohe Anteil von Wiesen und Felder im Einzugsgebiet soll erhalten bleiben. Auswirkungen durch eine Änderung der Waldflächen und Waldanordnung soll im Vorfeld mikroklimatisch modelliert werden, um abzuklären ob sich die Veränderungen positiv oder negativ auf die Kaltluft- und Frischluftproduktion auswirken.

Planungshinweis 2: Die ansteigenden Felder südlich von St. Ulrich bei Steyr, Ennsleite oder die Waldrandsiedlung sollten erhalten bleiben. Sie erzeugen Kaltluft für die Siedlungen südlich der Enns. Durch eine Verbauung würde dieser Effekt wegfallen.

Planungshinweis 3: Die Täler und Gräben welche die Zubringer an Kalt-/Frischluft darstellen sollten nicht verbaut werden. Barrieren oder Hindernisse würden die natürlich vorhandene und kostenlose Kühlung der Stadt Steyr reduzieren. Betrifft Kleinramingtal, Enns und das Steyrtal.

Planungshinweis 4: Die im Ist-Zustand vorhandenen grünen Flächen (Abbildung 61) zwischen den allgemein zusammenwachsenden Gemeinden zwischen Steyr, Aschach, Wolfern, Dietach, Haidershofen und St. Ulrich bei Steyr sollten aus klimatologischer Sicht nicht verbaut oder versiegelt werden. Sie stellen tagsüber kühle Oasen dar und erzeugen in klaren Sommernächten zumindest kleinräumig Kaltluft für die umliegenden Siedlungen.

Planungshinweis 5: Ausgehend von bestehenden Parks, auch wenn diese klein sind, wäre es sehr effizient Grünschneisen durch Rückbau oder Entsiegelung anzulegen. Eine Umwidmung zum Beispiel einer wenig genutzten Verkehrsfläche in einen Grünstreifen kann die Hitzebelastung und das Stadtklima enorm verbessern.



Abbildung 61: Aktuelle Landnutzung im Raum Steyr und Umgebung. Die unversiegelten Freiflächen zwischen Steyr, Aschach, Wolfern, Dietach, Haidershofen und St. Ulrich bei Steyr sollten erhalten bleiben.

Planungshinweis 6: Es gibt eine Reihe von Methoden die Hitzebelastung in einer Stadt nachhaltig zu senken und damit den Klimawandel zumindest bis 2060 zu kompensieren. Die Wirkkraft dieser Methoden ist gut untersucht und evident. Diese sind bei Planungen konsequent und in Abwägung aller anderen Faktoren anzuwenden. Dazu zählen die Methoden der „White City“ (Erhöhung der Albedo) wie das Anwenden von hellen Oberflächen an Objektwänden, Dächern und Fahrbahnoberflächen und die Methoden der „Green City“ (Pflanzen spenden Schatten und kühlen durch die Verdunstung) wie deutliche Erhöhung des Baumanteiles, das Begrünen von Dächern, das Ersetzen von versiegelten Flächen durch Grasflächen und das Begünstigen von niedriger Vegetation in der Stadt.

Planungshinweis 7: Bestehende oder künftige Grünflächen nicht mit dichter Verbauung umranden, sondern die umgebende Objktanordnung durchlässig gestalten, damit einerseits nächtliche Kaltluft in den bewohnten Bereich einfließen kann und andererseits tagsüber in den heißen Stunden eine kühlender Ausgleichswind zwischen den Wohnobjekten angeregt wird.

Planungshinweis 8: Wasserflächen schaffen oder verbaute und überdachte Fließgewässer frei legen. Wasserflächen kühlen tagsüber sehr effizient.

## 6. Literatur

- De Wit R, Kainz A., Goler R., Žuvela-Aloise M., Hahn C., Zuccaro G., Leone M., Loibl W., Tötzer T., Hager W., Geyer-Scholz A., und Havlik D. (2020): Supporting climate proof planning with CLARITY's climate service and modelling of climate adaptation strategies – the Linz use-case, Urban Climate, Volume 34, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100675>.
- Deutscher Wetterdienst, Programm zur Offline Kopplung MUKLIMO\_3 und Klima-Michel-Modell, Offenbach am Main, 2012.
- European Union (2015): High Resolution Layer: Tree Cover Density (TCD). In: European Environment Agency (EEA), <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/forests/tree-cover-density/status-maps/2015> (aufgerufen am 6.4.2020).
- European Union (2016): European Digital Elevation Model (EU-DEM), version 1.1. In: European Environment Agency (EEA), <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1?tab=mapview> (aufgerufen am 14.1.2020).
- European Union (2018): Copernicus land monitoring service. In: European Environment Agency (EEA).
- GEO-NET Umweltconsulting GmbH und Gross G.: Stadtklimaanalyse Landeshauptstadt München, Berichtsnummer 2\_12\_002\_München\_Klima\_Rev00, Landeshauptstadt München Referat für Gesundheit und Umwelt, Hannover, Juli 2014.
- GeoVille GmbH (2016): Land Information System Austria (LISA). <https://www.landinformationssystem.at/#/lisa/overview> (aufgerufen am 9.1.2020).
- Oswald S.M., Hollosi B., Žuvela-Aloise M., See L., Guggenberger S., Hafner W., Prokop G., Storch A. und Schieder W. (2020): Using urban climate modelling and improved land use classifications to support climate change adaptation in urban environments: A case study for the city of Klagenfurt, Austria, Urban Climate, Volume 31, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100582>.
- Siebert, J., Sievers, U. und Zdunkowski, W. (1992): A one-dimensional simulation of the interaction between land surface processes and the atmosphere. Bound.-Layer Meteorol. 59 (1–2), 1–34.
- Sievers, U. und Zdunkowski, W. (1986): A microscale urban climate model. Contributions to Atmospheric Physics 59, 13–40.
- Sievers, U. (2005): Das Kaltluftabflussmodell KLAM\_21. Theoretische Grundlagen, Anwendungen und Handhabung des PC-Modells. Berichte des DWD 227.
- Sievers, U. und Früh, B. (2012): A practical approach to compute short-wave irradiance interacting with subgrid-scale buildings. Meteorol. Z. 21 (4), 349–364.
- Sievers, U. (2016): “Das kleinskalige Strömungsmodell MUKLIMO 3 Teil 2: Thermodynamische Erweiterungen.” Berichte des Deutschen Wetterdienstes 248.

Verein Deutscher Ingenieure (VDI), 2008. Umweltmeteorologie – Methoden zur humanbiometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung Teil 1: Klima. VDI Richtlinie 3787 Blatt 2, Beuth-Verlag, Berlin.

Willmott, C., Ackleson, S., Davis, R., Feddema, J., Klink, K., Legates, D., O'donnell, J. und Rowe, C. (1985): Statistics for the evaluation of model performance. J. Geophys. Res. 90 (C5), 8995–9005.