Lohmeyer

HITZEAKTIONSPLAN ETTLINGEN, STADTKLIMASIMULATION

Auftraggeber:

Stadt Ettlingen
Planungsamt
Schillerstraße 7-9
76275 Ettlingen

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Karlsruhe

M.Sc. Met. C. Zellmer
Dipl. Geogr. T. Nagel

Dipl.-Geoökol. H. Lauerbach

Gefördert durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

November 2025, ergänzt Oktober 2026
Projekt 21036-23-02
Berichtsumfang 93 Seiten

Niederlassung Karlsruhe: Amalienbadstraße 41a, 76227 Karlsruhe, Tel.: +49 (0) 721 / 62510-0, E-Mail: info.ka@lohmeyer.de
Niederlassung Dresden: Friedrichstraße 24, 01067 Dresden, Tel.: +49 (0) 351 / 83914-0, E-Mail: info.dd@lohmeyer.de
Niederlassung Bochum: Wasserstraße 223, 44799 Bochum, Tel.: +49 (0) 234 / 516685-0, E-Mail: info.bo@lohmeyer.de

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN 1

1 ZUSAMMENFASSUNG 5

2 AUFGABENSTELLUNG 8

3 VORGEHENSWEISE 9

3.1 Klimatische Bedingungen im Untersuchungsgebiet 9

3.2 PALM-4U 9

4 EINGANGSDATEN 13

4.1 Lage des Untersuchungsgebietes 13

4.2 Meteorologische Daten 14

5 ERGEBNISSE 20

5.1 Bioklimatische Situation am Tag 21

5.2 Bioklimatische Situation in der Nacht 30

5.3 Ausblick bezüglich anthropogenem Klimawandel 42

5.4 Steckbriefe 54

6 QUELLEN 56

6.1 Literatur 56

6.2 Materialien 58

7 ANHANG 59

7.1 Wärmebelastung Bestand außerhalb der Kernstadt 59

7.2 Klimaprojektion RCP4.5 63

7.3 Steckbriefe 69

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung der Lohmeyer GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Klima

Als Klima definiert man das langjährige Mittel und die Schwankungen des jährlichen Ablaufs der Witterung eines Gebietes, wobei unter Witterung der Wetterzustand einer Zeitspanne von mehreren Tagen verstanden wird (Scherhag et al., 1977). Der Wetterzustand wird beschrieben durch meteorologische Größen wie Wind, Temperatur, Feuchte, Sonnenscheindauer, Strahlungsmenge und Niederschlag.

Man unterscheidet das regionale Klima (mehrere 10 km) und das lokale Klima (ca. 100 m bis mehrere km). Wichtige Einflussgrößen für das regionale und lokale Klima sind, ausgehend von der geographischen Situation und der Verteilung der großräumigen Wetterlagen, die Topographie (z. B. Geländeform, Exposition) und das Muster der Landnutzung.

Bioklima

Bioklima befasst sich mit der Beziehung zwischen klimatischen Bedingungen und lebenden Organsimen, einschließlich ihrer Gesundheit und Lebensbedingungen. Es untersucht, wie Faktoren wie Temperatur, Feuchtigkeit oder Sonneneinstrahlung auf Ökosysteme und den Menschen wirken. Der Begriff findet Anwendung in Bereichen der Umweltforschung, Landwirtschaft und Medizin.

UTCI

UTCI (Universal Thermal Climate Index; z. B. Jendritzky et al., 2012; Bröde et al., 2012) ist ein thermischer Belastungsindex. Als meteorologische Größen gehen in den UTCI die Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur, Windgeschwindigkeit und Luftfeuchte ein, die Ausgabe erfolgt anhand einer Äquivalenttemperatur und modelltechnisch bedingt in der Lauf- und Verweilhöhe eines Passanten, d. h. 1.5 m. Die mittlere Strahlungstemperatur ist definiert als die „einheitliche Temperatur einer schwarz strahlenden Umschließungsfläche (Emissionskoeffizient ε = 1), die zu dem gleichen Strahlungsenergiegewinn eines Menschen führt wie die aktuellen, unter Freilandbedingungen meist sehr uneinheitlichen Strahlungsflüsse“. Die mittlere Strahlungstemperatur entspricht in Innenräumen gewöhnlich der Lufttemperatur, kann in besonnten Bereichen im Freien jedoch mehr als 30 K darüber liegen (VDI 3787 Blatt 2, 2008). Wärmebelastung tritt ab einem UTCI von 26 °C, starke Wärmebelastung ab 32 °C und sehr starke Wärmebelastung ab 38 °C auf (Bröde et al., 2012).

Heißer Tag

Ein heißer Tag ist ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur gleich oder über 30 °C beträgt.

Sommertag

Ein Sommertag ist ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur gleich oder über 25 °C beträgt.

Temperaturgradient und Inversionen

Es entspricht einer physikalischen Gesetzmäßigkeit, dass die mittlere Lufttemperatur mit zunehmender Höhenlage eines Ortes abnimmt. Im Jahresmittel beträgt diese höhenbedingte Temperaturabnahme durchschnittlich 0.5 °C pro 100 m Höhenstufe. Im Sommer und Frühjahr erhöht sich der Betrag der Temperaturabnahme auf 0.6 °C pro 100 m Höhenstufe, während er im Herbst auf 0.4 °C und im Winter auf ca. 0.3 °C pro 100 m zurückgeht. Unter besonderen meteorologischen Bedingungen kann aber auch eine Temperaturzunahme mit zunehmender Höhenlage beobachtet werden. Hierbei spricht man von Inversionswetterlagen.

Luftschichtungszustände

Wird ein Luftpaket aus seiner Ruhelage heraus vertikal verschoben, so ändert sich seine Temperatur. Ist nun der Temperaturverlauf der ruhend gedachten Umgebung so beschaffen, dass das Luftquantum durch positive oder negative Auftriebskräfte wieder in seine Ausgangsposition zurückgetrieben wird, so nennen wir die Temperaturschichtung **stabil**. Genügt umgekehrt eine kleine Verschiebung aus der Ruhelage zur endgültigen Entfernung des Luftpaketes, so liegt entsprechend eine **labile** Schichtung vor. Zwischen beiden Möglichkeiten liegt die thermisch **neutrale** Schichtung, bei der das vertikal verschobene Luftpaket in jeder Position in einem indifferenten Gleichgewicht ist, das heißt keine Auftriebskräfte auftreten.

Dieses Stabilitätsverhalten übt einen grundlegenden Einfluss auf den vertikalen Austausch aus. Eine stabile Schichtung wird im Vergleich zum neutralen Fall diesen Austausch behindern, im Extrem unterbinden. Thermische Labilität wird dagegen zu einer mehr oder minder starken Durchmischung eines Luftkörpers und damit zu einer Intensivierung des Vertikalaustausches mit daraus resultierenden niedrigeren Schadstoffkonzentrationen führen.

Kaltluft (-abfluss/-strömungen)

Unter bestimmten meteorologischen Bedingungen (autochthone Wetterlage) können sich nachts oberhalb von Frei- oder Vegetationsflächen Kaltluftmassen bilden. Kalte Luft ist schwerer als die wärmere Umgebungsluft und kann über geneigtem Gelände hangabwärts (Kaltluftabfluss) fließen. Die Fließgeschwindigkeit der Kaltluft hängt ab von der Hangneigung, der Bodenrauigkeit und der Größe der Kaltlufteinzugsgebiets. Die Produktionsrate von Kaltluft hängt stark vom Untergrund ab: Freilandflächen weisen beispielsweise hohe Kaltluftproduktion auf, während sich bebaute Gebiete bezüglich der Kaltluft neutral bis kontraproduktiv verhalten.

Kaltluftstaugebiete und Kaltluftsammelgebiete

Geländemulden, Senken und Täler wirken als nächtliche Kaltluftsammelgebiete. Die dort in windschwachen wolkenarmen Strahlungsnächten von den Kaltlufteinzugsgebieten der Hänge und Höhen zusammenfließende Kaltluft lässt niedrigere nächtliche Temperaturminima entstehen, die am Tage - insbesondere im Sommer - durch die tälertypischen Übergangstemperaturen im statistischen Mittel wieder ausgeglichen werden.

Windsysteme

a) Allgemeines
Als Wind wird in der Meteorologie die gerichtete Bewegung der Luft bezeichnet. Ursache des Windes sind Luftdruckunterschiede. Wirkt nur die Kraft eines horizontalen Druckgradienten, entsteht der Euler-Wind, der nur in kleinräumigen Phänomenen eine Rolle spielt. Wird bei großräumigen Bewegungen der Einfluss der Erdrotation spürbar, so tritt die Corioliskraft zur Druckgradientenkraft hinzu. Der Wind weht isobarenparallel und wird geostrophischer Wind genannt. Sind die Isobaren gekrümmt, so tritt die Zentrifugalkraft hinzu. Dieser Wind wird Gradientwind genannt und kommt dem realen Wind noch etwas näher als der geostrophische Wind. Werden Winde in der atmosphärischen Grenzschicht (Bodennähe) betrachtet, so ist zusätzlich die Kraft der Bodenreibung zu berücksichtigen.

Für die kleinräumigen Betrachtungen innerhalb der atmosphärischen Grenzschicht spielt die Corioliskraft keine relevante Rolle. Für die Luftbewegung und ihre räumliche Ausprägung (Windfeld) gewinnen Relief und Landnutzung an Bedeutung.

b) allochthone Windsysteme
Der Gradientwind als größte Näherung des realen Windes (siehe oben) ist als solcher nur in höheren Luftschichten ungestört zu beobachten. Die Erdoberfläche bremst die Luftbewegung.

Die Reibungsschicht ist im Allgemeinen 1 000 bis 1 500 m hoch. Innerhalb dieser Reibungsschicht zeigt sich eine Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe. Allochthone Wetterlagen sind Wetterlagen mit höheren Windgeschwindigkeiten, so genannte Gradientwindlagen.

c) autochthone Windsysteme

Bei gradientschwachen Wetterlagen (Strahlungswetterlagen) oder bei einer Abkopplung der bodennahen Strömung durch stabile Schichtung der Atmosphäre können auch schwächere Druckunterschiede (durch lokal unterschiedliche Erwärmung) Luftströmungen von kaum spürbaren Luftbewegungen bis hin zu mittleren und hohen Windgeschwindigkeiten hervorrufen. Wie der Name also bereits impliziert, entstehen thermisch induzierte Windsysteme als Ausgleichsströmung zwischen verschiedenen thermischen Regimes innerhalb der atmosphärischen Grenzschicht. Vertreter thermisch induzierter Prozesse sind Land- und Seewind, Flurwinde, Berg- und Talwind und Kaltluftströmungen.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Für die Stadt Ettlingen wurden Stadtklimasimulationen mit flächendeckenden Angaben zu den biometeorologischen Bedingungen und thermischen Belastungsschwerpunkten als Grundlage für einen Hitzeaktionsplan durchgeführt. Neben einer Vulnerabilitätsanalyse wurden ortsbezogene Steckbriefe für relevante Stadtquartiere entwickelt.

In den letzten Jahren werden insbesondere in dicht bebauten Stadtgebieten verstärkt Sommertage mit Hitzebelastungen beobachtet; zukünftig werden mit den Auswirkungen des Klimawandels mehr Tage mit Hitzebelastungen erwartet. Dementsprechend werden in den Stadtklimabetrachtungen die lokalen Besonderheiten wie die Windrichtungs-, Windgeschwindigkeits- und Temperaturverteilung an einem heißen Sommertag bei einer autochthonen Wetterlage herangezogen.

Für das Aufzeigen der lokalklimatischen Situation an einem heißen Sommertag bei einer autochthonen Wetterlage wurden für Ettlingen Simulationen mit dem Modell PALM-4U durchgeführt. Das Rechengebiet wird für die vorliegende Ausarbeitung so groß gewählt, dass sich die nächtlichen Kaltluftströmungen im Modell eigenständig ausbilden. Entsprechend den Auswertungen von Messdaten werden die Simulationen für die Tagstunden mit schwachem ostnordöstlichem Antrieb durchgeführt. Nachts bilden sich bei einer autochthonen sommerlichen Wetterlage die nächtlichen Kaltluft- beziehungsweise Ausgleichsströmungen im Modell selbst aus, sodass dieser Fall ohne äußeren Antrieb berechnet wird.

Um 15 Uhr eines typischen Heißen Tages bei autochthoner Wetterlage erreicht die Lufttemperatur über den unbebauten Freiflächen um und innerhalb Ettlingens ca. 33 °C. In den Siedlungsbereichen der Kernstadt werden aufgrund der Versiegelung Temperaturen zwischen 34 °C und 36 °C berechnet. Das trifft auf die Altstadt mit hohem Versiegelungsgrad, wenig Vegetationsflächen, dichter Bebauung und somit geringer bodennaher Strömungsgeschwindigkeit mit eingeschränkten Luftaustauschprozessen zu sowie über ausgedehnten Verkehrsflächen. Auf der südlichen Seite von Gebäuden führen Wärmestauungen und Strahlungswechselwirkungen zu höhen Lufttemperaturen im Vergleich zur verschatteten nördlichen Gebäudeseite. In den Höhenstadtteilen Spessart, Schluttenbach und Schöllbronn ist es etwas kühler gegenüber Bereichen im Oberrheingraben mit der Kernstadt Ettlingen, Bruchhausen, Ettlingenweier und Oberweier.

Der Bioklimaindex UTCI ist in der Altstadt in Teilbereichen entlang der Alb, nördlich der Kirche am Alten Friedhof und nördlich der hohen Gebäude in der Schuhmacher Straße mit einer

mäßigen Wärmebelastung berechnet aufgrund der Kombination aus Gebäudeschatten und Bäumen bzw. Wasser. In der Kernstadt Ettlingen ist in verschatteten Bereichen durch Gebäude, Bauwerke, dichtere Bäume und über Wasserflächen eine starke Wärmebelastung ermittelt. Im zentralen Stadtgebiet von Ettlingen ist über frei besonnten Flächen vorwiegend eine sehr starke Wärmebelastung berechnet. Die UTCI-Werte der Stadtteile Ettlingens im Oberrheingraben sind über ähnlichen Landnutzungsklassen wie z.B. Grünflächen oder Straßen vergleichbar zu denen in der Kernstadt Ettlingen. In den Höhenstadtteilen und ihrer Umgebung werden aufgrund der geringeren Lufttemperatur um 1 K bis 2 K geringere UTCI-Werte im Vergleich zur Kernstadt Ettlingen errechnet.

Die relative Wärmebelastung der bewohnten Gebäude in Ettlingen um 15 Uhr zeigt eine Ansammlung von Gebäuden mit stark und sehr stark erhöhter Wärmebelastung in der Altstadt und dem zentralen Bereich von Ettlingen West. In Bruchhausen herrscht innerorts erhöhte bis stark erhöhte Wärmebelastung und in den Höhenstadtteilen allgemeine Wärmebelastung vor.

Nach Sonnenuntergang stellen sich intensive Kaltluftströmungen im Albtal ein. Die Mächtigkeit beträgt um 24 Uhr im Albtal ca. 90 m und verringert sich bei der Albtalöffnung im Osten Ettlingens. Die Kaltluft strömt aus dem Albtal Richtung Nordwesten und schwenkt nach ca. 2 km nach Norden. Im Oberrheingraben erreicht die Kaltluft eine Mächtigkeit von 20 m bis 30 m und bewegt sich langsam talparallel nach Nordosten. Um 4 Uhr steigt die Kaltluftmächtigkeit im Oberrheingraben und Teilen des Albtals auf ca. 100 m an und die Volumenstromdichte erhöht sich. Die Kaltluftströme wirken sich auf die Lufttemperatur aus. In Ettlingen ist im Allgemeinen ein Temperaturgradient mit kühleren Temperaturen von der Albtalöffnung im Südosten zu Ettlingen West im Nordwesten mit weniger kühlen Temperaturen zu sehen. Bereiche außerhalb der gesammelten Kaltluft haben eine höhere Lufttemperatur wie z.B. die oberen Hangbereiche von Ettlingen und Oberweier, was sich auch in der relativen Wärmebelastung der bewohnten Häuser widerspiegelt. Im Laufe der Nacht kühlen die Oberflächen und die Lufttemperatur weiter ab.

Insgesamt werden mit den Simulationen für einen wind- und wolkenarmen heißen Sommertag in Ettlingen räumlich variierende Wärmebelastungen in den Tag- und Nachtstunden ermittelt. In den Tagstunden ist die Wärmebelastung insbesondere durch die direkte Besonnung und Bebauungsdichte geprägt. In den Nachtstunden dominiert der Einfluss der Kaltluft, indem Bereiche mit gesammelter Kaltluft eine höhere Abkühlungsrate gegenüber Bereichen außerhalb dieser aufweisen.

Aus diesen Ergebnissen wurden ortsspezifische Steckbriefe zur Hitzeanpassung für relevante Stadtquartiere abgeleitet. Diese enthalten spezifische Verhaltensempfehlungen für Hitzeperioden sowie Maßnahmen für die Planung. Diese gewinnen besonders für einen Ausblick auf die zu erwartenden Änderungen der Umweltbedingungen bedingt durch den Klimawandel mit höheren mittleren Jahrestemperaturen und erhöhter Anzahl an Sommer- und Heißen Tagen im Vergleich zu heutigen Verhältnissen in Ettlingen an Wichtigkeit. Die Bereiche mit erhöhten Wärmebelastungen in der Altstadt und Ettlingen West werden sich in der Zukunft in den Tagstunden auf weitere Teile in Ettlingen ausweiten. Nach Sonnenuntergang bleibt die bodennahe Wirkung der Kaltluft erhalten, allerdings auf einem etwas höheren Temperaturniveau.

2 AUFGABENSTELLUNG

Für das Stadtgebiet von Ettlingen soll eine modellgestützte detaillierte Analyse der klimaökologischen Funktionen in der Stadt Ettlingen und deren planungsrelevanter Inwertsetzung als Grundlage für den Hitzeaktionsplan erstellt werden. Mit dem Gutachten sollen die thermischen Belastungsschwerpunkte herausgearbeitet, einer Vulnerabilitätsanalyse zur Identifikation von Betroffenheiten zugeführt werden und als Grundlage eines Hitzeaktionsplanes zur Bekämpfung von gesundheitlichen Folgen von Hitzeextremen dienen, die als Auswirkungen des beobachtbaren Klimawandels zukünftig häufiger auftreten werden. Zudem sollen von relevanten Stadtquartieren ortsbezogene Steckbriefe bezüglich Hitzeanpassung entwickelt werden.

3 VORGEHENSWEISE

In den letzten Jahren werden in Deutschland verstärkt Sommertage mit Hitzebelastungen beobachtet mit lokaler Intensivierung in dicht bebauten Stadtgebieten. Vor dem Hintergrund der erwarteten Auswirkungen des Klimawandels wird eine verstärkte Häufung von „Heißen Tagen" erwartet. Dementsprechend werden in den Stadtklimabetrachtungen die lokalen Besonderheiten wie beispielsweise die Windrichtungs-, Windgeschwindigkeits- und Temperaturverteilung an einem heißen Sommertag bei einer autochthonen Wetterlage herangezogen sowie insbesondere die bodennahen Strömungsfelder im Hinblick auf die nächtlichen Belüftungsverhältnisse, d. h. den möglichen Abtransport lufthygienisch oder thermisch belasteter Luftmassen. Die Gefahr von Hitzebelastungen stellt ein Risiko für die menschliche Gesundheit dar – hiervon sind vor allem ältere Menschen, Menschen mit Vorerkrankungen und Kleinkinder betroffen. Deshalb werden Strategien und Maßnahmen zur Klimaanpassung und zum Klimaschutz im Rahmen der Stadtentwicklung immer wichtiger.

3.1 Klimatische Bedingungen im Untersuchungsgebiet

Die Stadt Ettlingen ist im westlichen Bereich von Baden-Württemberg im Oberrheingraben südlich von Karlsruhe gelegen. Mit der Lage am östlichen Rand des Oberrheingrabens steigt das Gelände östlich und südöstlich von Ettlingen zu den Randhöhen der dem Schwarzwald vorgelagerten Schwarzwald-Randplatten an. Dieser Geländeanstieg wird durch das eingeschnittene Albtal unterbrochen, das dort von Osten nach Westen in das Siedlungsgebiet von Ettlingen orientiert ist. Der zentrale Siedlungsbereich von Ettlingen befindet sich am Talausgang des Albtals zum Oberrheingraben.

Damit führt das vorliegende Relief dort bodennah einerseits zur Windlenkung für vorherrschende Regionalwindanströmungen als auch zur Ausbildung thermisch induzierter Winde, den Kaltluftströmungen. An wolken- und windarmen Sommertagen entstehen über vegetationsbestandenen Hangbereichen kühle Hangabwinde, die sich im Albtal zu einer gesammelten und mächtigen Kaltluftströmung mit Orientierung ins Siedlungsgebiet von Ettlingen entwickeln und nach Sonnenuntergang die nächtliche Belüftung und Abkühlung fördern.

3.2 PALM-4U

Zur Simulation der Verteilung von Klimaparametern in Einzelsituationen wurde das numerische Modell PALM-4U (https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/palm4u) verwendet, das z. B. die Variablen potenzielle Temperatur, spezifische Feuchte und die Windkomponenten

prognostisch berechnet. PALM-4U ist ein meso- und mikroskaliges Modell, das die Wechselwirkungen zwischen dem Boden, Oberflächen und der Atmosphäre unter Berücksichtigung des Reliefs und der Landnutzung sowie von Strömungshindernissen, z. B. von Gebäuden, sonstigen Bauwerken und/oder der Vegetation, beschreibt. Es basiert auf den Grundgesetzen der Strömungs- und Thermodynamik und beinhaltet u. a. die Simulation von:

- Umströmungen, Überströmungen und Unterströmungen von Hindernissen bzw. Bauwerken, z. B. Gebäuden,
- Austausch von Wärme und Feuchte an natürlichen und anthropogenen Oberflächen,
- turbulenten Strömungen,
- Wechselwirkungen von Strahlung, Impuls und Wärme mit einer expliziten Vegetationsschicht,
- bioklimatischen Bewertungsindizes.

Für weiterführende Informationen sei auf die o. g. Internetadresse und Fachliteratur (z. B. Raasch und Schröter, 2001; Maronga et al., 2015, 2019) verwiesen.

Das Modell ist nach der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 9 „Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle“ (2017) validiert (https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/doc/tec/evaluation). Eine Validierung des komplexen Testfalls E8 „Stuttgarter Talkessel Strömungskanalisierung, Kaltluftabflüsse“ der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 7 „Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle“ (2017) wurde von unserem Büro erfolgreich durchgeführt (Lohmeyer, 2020).

Grundlage der Simulationsrechnungen sind die Aufnahme des Reliefs und der Landnutzung sowie der Bebauung nach Lage und Höhe im Untersuchungsgebiet. Die Simulationen werden in drei Schritten mit einem sogenannten Nesting-Verfahren (Gitterverfeinerung) durchgeführt, siehe **Tab. 3.1**. Um alle relevanten Kaltlufteinzugsgebiete zu erfassen, wird eine übergeordnete Simulation mit 200 m horizontaler Gitterweite bei 670 x 942 Gitterpunkten durchgeführt (etwa 134 km x 188.4 km), die den Oberrheingraben mit den Vogesen im Westen und dem Schwarzwald im Osten bis in die südlich gelegene Schweiz einbezieht. Das Gitter reicht bis in etwa 10 km Höhe bei einer bodennahen vertikalen Auflösung von 20 m. Im nächsten Schritt wird darin ein eingebettetes mesoskaliges Gebiet mit 50 m horizontaler Maschenweite bei 542 x 574 Gitterpunkten berechnet (etwa 27.1 km x 28.7 km). Anschließend wird mittels Nesting ein mikroskaliges Gebiet des gesamten Stadtgebietes Ettlingen mit 10 m horizontaler Maschenweite bei 1 038 x 1 118 Gitterpunkten simuliert (etwa 10.38 km x 11.18 km). Für den zentralen Siedlungsbereich der Stadt Ettlingen wird im letzten Schritt eine mikroskalige Simulation mit einer horizontalen Maschenweite von 3 m bei 1 118 x 750 Gitterpunkte (ca. 3 354m x 2 250 m) realisiert. Die vertikale Auflösung beträgt hierbei in Bodennähe 2 m. Bei den

mikroskaligen Simulationen (10 m und 2.5 m) werden Baukörper und hohe Vegetation dreidimensional berücksichtigt; in den mesoskaligen Simulationen sind diese parametrisiert enthalten. Das Setup der Simulationen erfolgt in Anlehnung an die Anforderungen der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 7 „Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle“ und der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 9 „Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle“.

Rechengebiet	Gitterzellen in x- und y-Richtung	Horizontale Gitterauflösung	Vertikale Gitterauflösung in Bodennähe (m)	Anmerkung
Mesoskala	670 x 942	200	20	
Mesoskala	542 x 574	50	10	
Mikroskala	1 038 x 1 118	10	6	Gebäude und Vegetation explizit aufgelöst
Mikroskala	1 118 x 750	3	2	Gebäude und Vegetation explizit aufgelöst

Tab. 3.1: Modelltechnische Angaben zu den Rechengebieten

In der Simulation werden die tageszeitlichen Schwankungen der meteorologischen Parameter über feste Startparameter, äußere Randbedingungen und den tageszeitlich wechselnden Strahlungseinfall gesteuert. Die Startparameter und Randbedingungen werden in einer Initialisierungsdatei vorgegeben. Die wichtigsten Parameter sind:

- Geographische Position
- Datum und Uhrzeit
- Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit und -richtung
- Vertikalprofil der Lufttemperatur
- Vertikalprofil der spezifischen Luftfeuchtigkeit
- Bodentemperatur- und Bodenfeuchteprofil.

In der vorliegenden Untersuchung wird für das Untersuchungsgebiet der Tagesverlauf an einem strahlungsreichen Sommertag in Form eines trocken-heißen Sommertags ohne Bewölkung mit geringer Windgeschwindigkeit und hieraus resultierendem hohen Wärmestress-Potenzial simuliert. Die Initialisierung des Anfangszustands der Atmosphäre und des Bodens erfolgt in Anlehnung an Beobachtungsdaten, die für die Umgebung des Untersuchungsgebiets vorliegen. Die angesetzten Bodeneigenschaften zeigen noch keine Anzeichen von Trockenstress. Ausreichende Feuchtigkeit im Boden gewährleistet weiterhin die Funktionalität der

relevanten klimaökologischen Funktionen, die mit Hilfe der Simulationsrechnung aufgezeigt werden sollen (z.B. Grünanlagen).

4 EINGANGSDATEN

Für die mikroklimatische Simulation mit PALM-4U werden verschiedene Eingangsdaten benötigt, die einen relevanten Einfluss auf das Mikroklima im Untersuchungsgebiet haben.

Die Landbedeckung ist ein maßgeblicher Einflussfaktor für die Ausprägung lokalklimatischer Verhältnisse. Einerseits beeinflussen Landbedeckungsmerkmale, z.B. in natürlicher Form von (hoher) Vegetation oder in künstlicher Form, wie Gebäude oder Verkehrsflächen, durch die sogenannte Boden- oder Oberflächenrauigkeit die bodennahen Windverhältnisse und damit verbunden den möglichen Abtransport thermisch belasteter bzw. das Zuführen frischer Luftmassen. Andererseits wechselwirkt die Landbedeckung mit dem Wärme- und Feuchtehaushalt der Atmosphäre. Bäume und Gebäude verschatten in ihrer Umgebung den Boden. Künstliche, versiegelte Oberflächen erwärmen sich tagsüber in der Regel intensiver gegenüber unversiegelten Oberflächen, insbesondere im Fall von begrünten Oberflächen, und geben diese Wärme abends bis nachts wieder an die Umgebungsluft ab. Unversiegelte, begrünte Oberflächen nehmen Wasser auf und wirken durch Verdunstung positiv auf ihre Umgebung.

Die in diesem Gutachten genutzten Geländeinformationen, Landnutzungen und die Lage und Höhe der Gebäude im Bestand sowie Baumstandorte wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt und um frei verfügbare Geodaten (opendata Baden-Württemberg) ergänzt. Die Landnutzungsdaten wurden im Stadtgebiet Ettlingen teilweise detailliert anhand von Luftbildern nachbearbeitet sowie hohe zusammenhängende Vegetation, d. h. Baumgruppen, hinzugefügt.

4.1 Lage des Untersuchungsgebietes

Ettlingen liegt ca. 10 km südlich von Karlsruhe im Übergangsbereich vom Oberrheingraben zum Nordschwarzwald. Der nordwestliche Teil des Stadtgebietes liegt im Oberrheingraben mit den Ortschaften Bruchhausen, Ettlingenweier, Oberweier und der Kernstadt am Mündungsbereich des Albtals. Der südöstliche Teil des Stadtgebietes liegt ca. 250 m im Vergleich zur Kernstadt erhöht am Rande des nördlichen Schwarzwaldes mit den Ortschaften Spessart, Schöllbronn und Schluttenbach. Die Hangbereiche zwischen den erhöhten Stadteilen und dem Albtal bzw. dem Oberrheingraben sind von Wald bedeckt. **Abb. 4.1** zeigt eine perspektivische Darstellung des Reliefs von Ettlingen und Umgebung mit den Siedlungsflächen in roter Farbe gekennzeichnet. Das schwarz umrandete Rechteck kennzeichnet das innere Simulationsgebiet. **Abb. 4.2** zeigt die Kernstadt Ettlingen mit ihren Gebäuden und Baumstandorten. Ettlingen weist im Zentrum eine dichte Bebauung auf. Die Siedungsgebiete bestehen aus Ein- und

Mehrfamilienhäusern sowie Reihenhäusern. Aus dem Albtal kommend fließt die Alb von Südosten nach Nordwesten durch Ettlingen.

4.2 Meteorologische Daten

In der Umgebung von Ettlingen liegen meteorologische Messdaten für Wind, Temperatur und dem Bedeckungsgrad an der im Oberrheingraben gelegenen Station Rheinstetten vom Deutschen Wetterdienst (DWD) vor, die ca. 6 km nordwestlich von Ettlingen liegt. Die Windrose für Rheinstetten von 2014 bis 2023 (**Abb. 4.3**) zeigt die Hauptwindrichtung Südwesten und ein Nebenmaximum bei Nordosten. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 3.3 m/s in 10 m Höhe. Eine Auswertung der sommerlichen Strahlungstage mit nächtlichen Kaltluftströmungsbedingungen, d.h. wenig Bewölkung (≤4/8) und geringer Windgeschwindigkeit in den Nachtstunden (u_{max} 2.6 m/s), von 2014 bis 2023 zeigt, dass diese häufig bei bodennahen Anströmungen aus nordöstlichen Richtungen auftreten (**Abb. 4.4**). Zudem gibt es ein Maximum für Windgeschwindigkeiten kleiner 1.4 m/s aus südöstlichen Richtungen. Die dargestellten höheren Windgeschwindigkeiten kommen nur in den Tagstunden vor. Die mittlere Windgeschwindigkeit für Situationen mit den o.g. Bedingungen ist 2 m/s in 10 m Höhe. Kaltluftströmungen können sich abends und nachts bei austauscharmen Wetterlagen mit wenig Bewölkung ausbilden.

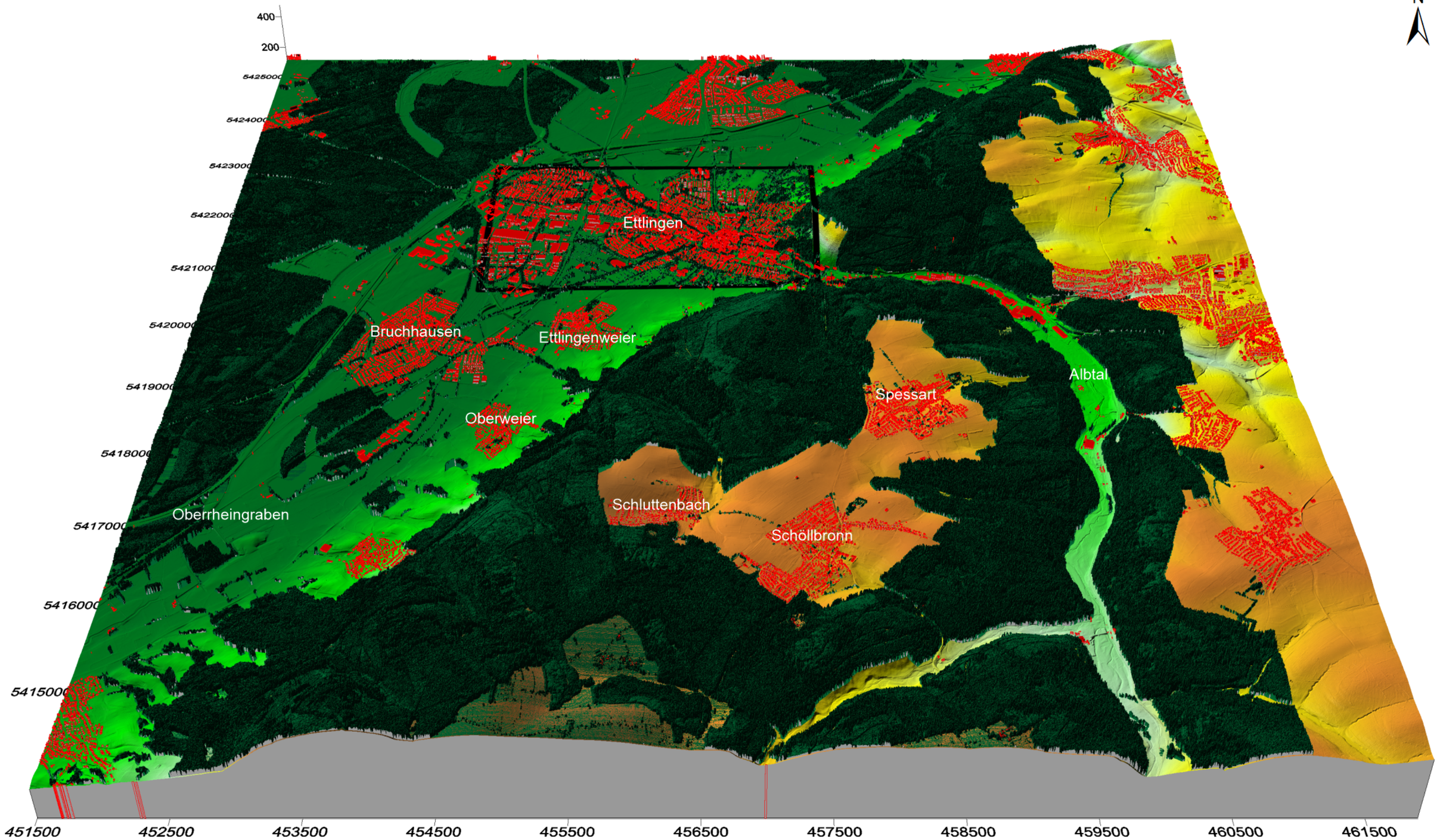


Abb. 4.1 21036-23-02

Perspektivische Darstellung des 10m Untersuchungsgebietes, dargestellt in zweifacher Überhöhung mit Blickrichtung aus Süden

Lohmeyer

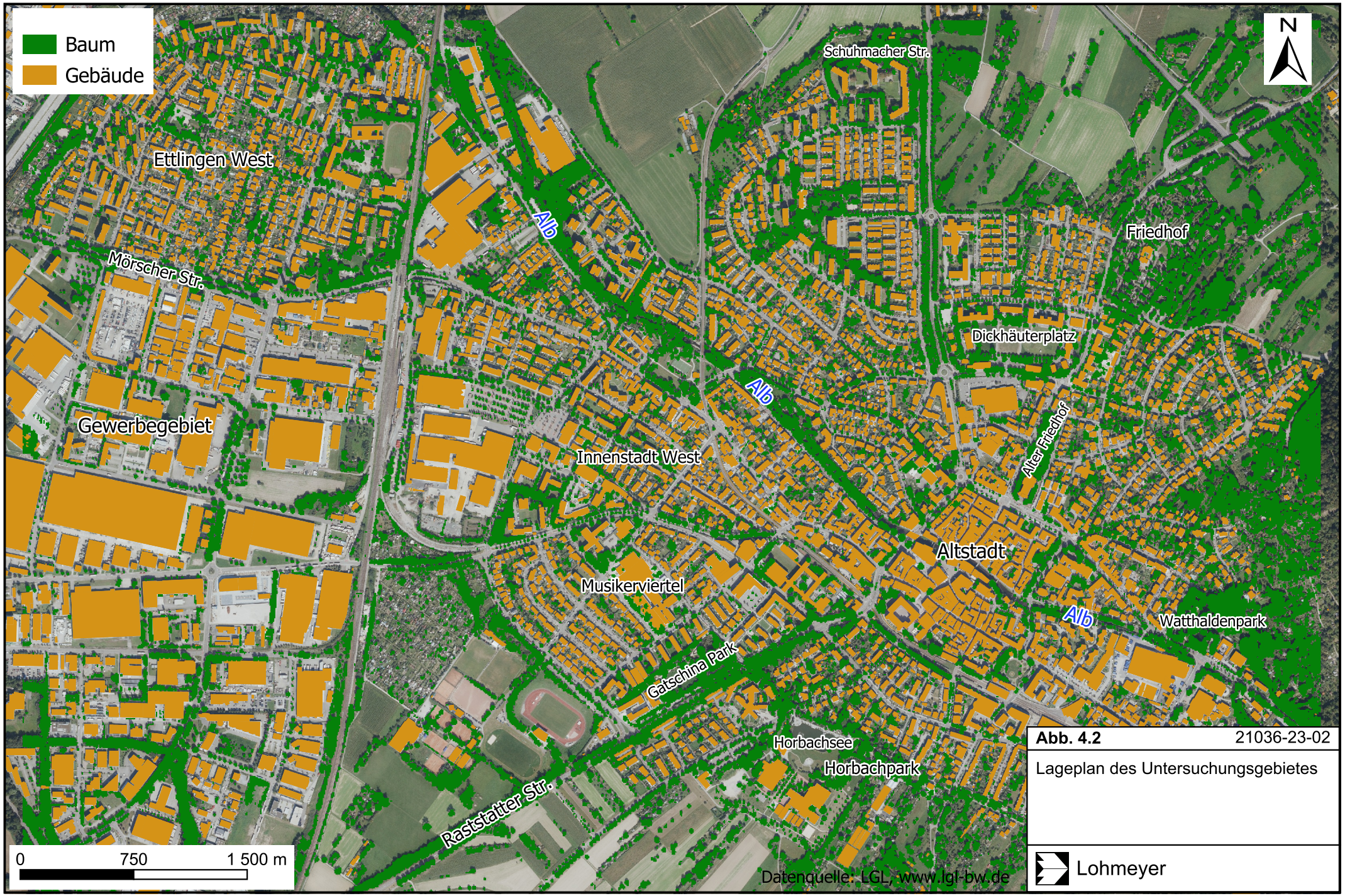


Abb. 4.2 21036-23-02

Lageplan des Untersuchungsgebietes

Lohmeyer

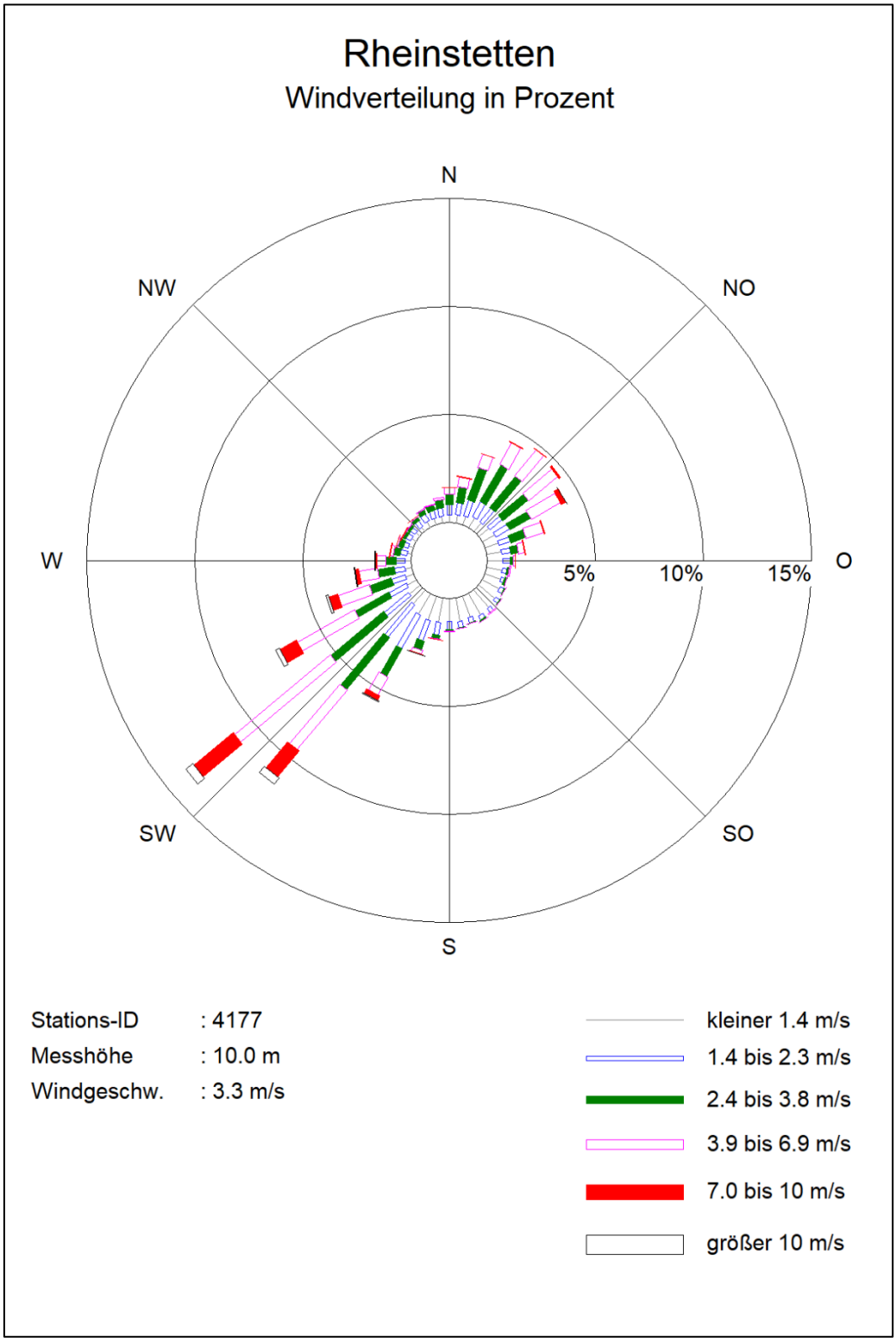


Abb. 4.3: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der DWD-Station Rheinstetten im Zeitraum 2014 bis 2023 (Quelle: DWD)

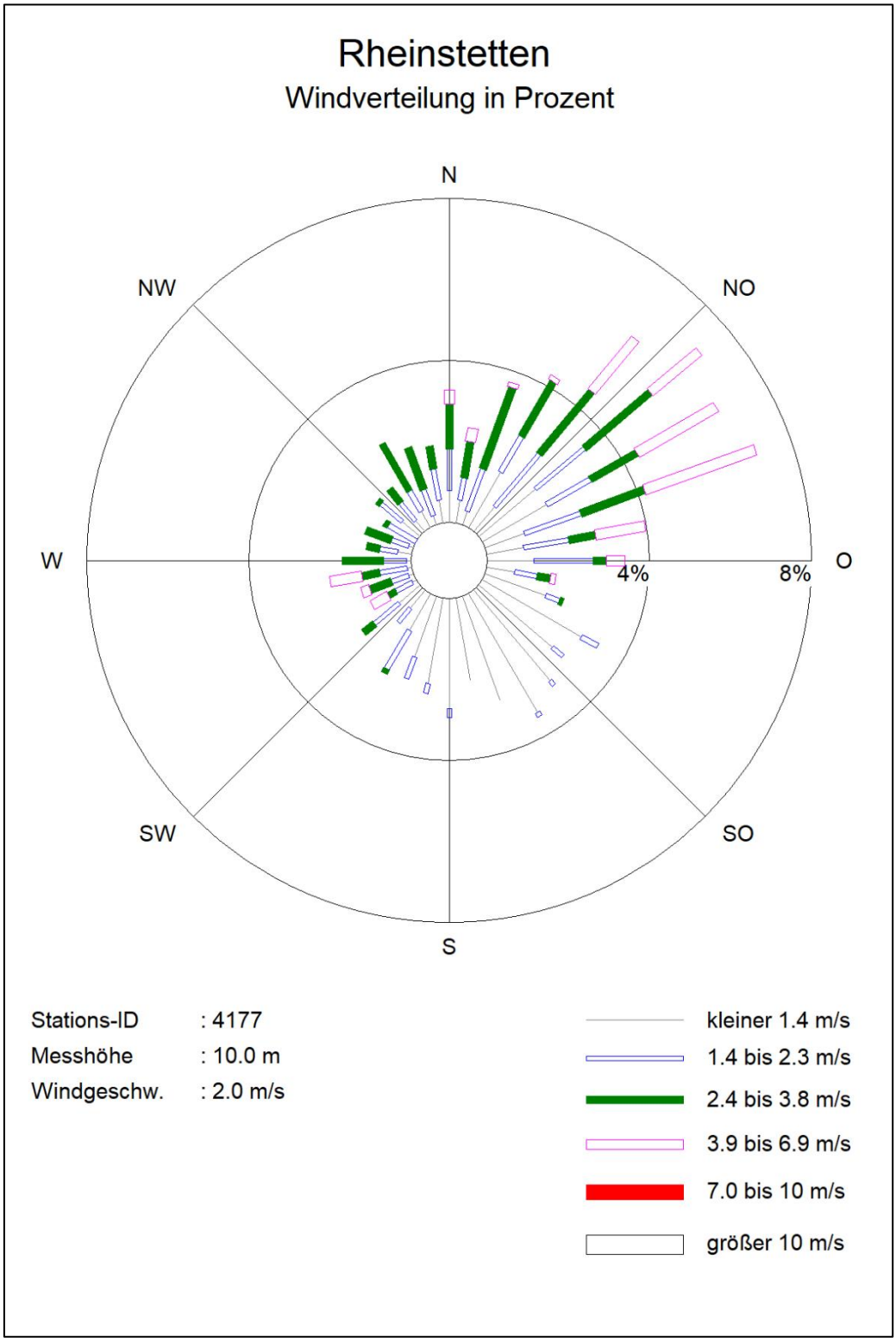


Abb. 4.4: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der DWD-Station Rheinstetten für sommerliche Strahlungstage mit nächtlichen Kaltluftbedingungen in den Sommermonaten 2014 bis 2023 (Quelle: DWD)

Abb. 4.5 zeigt beispielhaft Zeitreihen (UTC) der Lufttemperatur, der relativen Luftfeuchte, der Windrichtung, der Windgeschwindigkeit und der Bewölkung vom 25.07.2018 bis 27.07.2018 an der Station Rheinstetten. Für die Tage ergeben sich jeweils Nachmittagswerte bis etwa 34 °C, in der Nacht vom 25. auf den 26.07.2018 werden um 24 Uhr ca. 21.9 °C gemessen und früh morgens etwa 17.3 °C. In der Nacht vom 26. auf den 27.07.2018 werden 21.1 °C beziehungsweise 16 °C gemessen. In der Zeitreihe der Windrichtung sind tagsüber überwiegend nördliche beziehungsweise nordöstliche Anströmungen bei etwa 3 m/s bis 5 m/s Windgeschwindigkeit erkennbar. Nach Sonnenuntergang dreht der Wind teils von nördlichen auf teils östliche und südliche Richtungen (25.07.2018 auf 26.07.2018) beziehungsweise von nordöstlichen Richtungen auf südliche und nördliche Richtungen (26.07.2018 auf 27.07.2018) bei Windgeschwindigkeiten um 1 m/s. Zur Initialisierung des Anfangszustandes der Atmosphäre der Simulationen mit PALM-4U werden die Werte der Temperatur und relativen Feuchte in Anlehnung an die gemessenen Werte des 26.07.2018 um 22 Uhr genutzt. Um die nordöstlichen Anströmungen an Heißen Tagen tagsüber abzubilden, wird die Simulation mit der 50 m-Auflösung tagsüber mit etwa 1.5 m/s nordöstlicher Anströmung in 10 m Höhe angetrieben. Zur expliziten Darstellung der lokalen Kaltluft und von Flurwinden wird in der Nacht ohne äußeren Antrieb gerechnet.

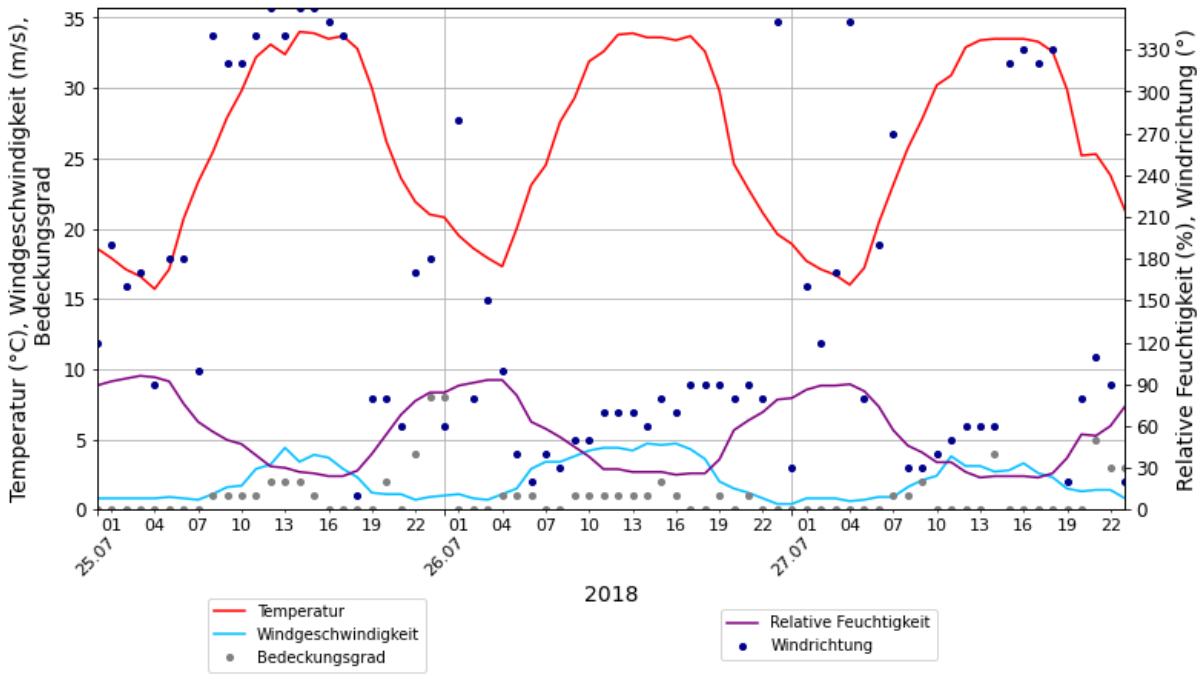


Abb. 4.5: Zeitreihen der Lufttemperatur (rot), der relativen Luftfeuchtigkeit (violett), der Windgeschwindigkeit (blau), Windrichtung (blaue Punkte) und der Bedeckung (graue Punkte) an der DWD-Station Rheinstetten vom 25.07.2018 bis 27.07.2018
Quelle: DWD

5 ERGEBNISSE

Für das Aufzeigen der bioklimatischen Situation wurden Simulationen für den baulichen Bestand mit dem Modell PALM-4U durchgeführt. Für die vorliegende Ausarbeitung werden in den inneren beiden, fein aufgelösten Rechengebieten die Parameter Lufttemperatur, Bioklimaindex UTCI und nächtliche Kaltluftströmungen ausgewertet.

Die thermischen Verhältnisse in Bodennähe werden kleinräumig auch durch die bestehenden Nutzungen, insbesondere durch die bestehenden Oberflächen, geprägt. Vegetationsflächen, die teilweise auch baumbestanden sind, führen in den Tagstunden bei wolkenarmem Himmel zu moderatem Ansteigen der Lufttemperatur in 2 m Höhe und in den Nachtstunden zu deutlichen Abkühlungen. Flächendeckende, niedere Vegetationsflächen führen in den Nachtstunden zu intensiven Abkühlungen. Über künstlichen Oberflächen (Asphalt, Pflaster, Gebäude etc.) führt die Sonneneinstrahlung zu intensiver Erwärmung der unteren Luftschichten, sodass ein deutlicher Anstieg der Lufttemperatur in den Tagstunden und eine verminderte und verzögerte Abkühlung in den Nachtstunden zu beobachten ist. Neben der Strömungsgeschwindigkeit, Strömungsrichtung und Lufttemperatur in 2 m Höhe wurde der thermische Belastungsindex UTCI (Universal Thermal Climate Index; z. B. Jendritzky et al., 2012; Bröde et al., 2012) ausgewertet. Als meteorologische Größen gehen in den UTCI Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur, Windgeschwindigkeit und Luftfeuchte ein, die Ausgabe erfolgt anhand einer Äquivalenttemperatur und, modelltechnisch bedingt, in der Lauf- und Verweilhöhe eines Passanten, d. h. 1.5 m, anstatt in der human-biometeorologischen Höhe von 1.1 m. Für die Bewertung hat dies keine Auswirkungen. Die mittlere Strahlungstemperatur ist definiert als die „einheitliche Temperatur einer schwarz strahlenden Umschließungsfläche (Emissionskoeffizient ε = 1), die zu dem gleichen Strahlungsenergiegewinn eines Menschen führt wie die aktuellen, unter Freilandbedingungen meist sehr uneinheitlichen Strahlungsflüsse“. Die mittlere Strahlungstemperatur entspricht in Innenräumen gewöhnlich der Lufttemperatur, kann in besonnten Bereichen im Freien jedoch mehr als 30 K darüber liegen (VDI 3787 Blatt 2, 2008). Wärmebelastung tritt ab einem UTCI von 26 °C, starke Wärmebelastung ab 32 °C und sehr starke Wärmebelastung ab 38 °C auf. **Tab. 5.1** zeigt den Werten des UTCI zugeordnete Belastungsklassen (Bröde et al., 2012).

Wertebereich UTCI in °C	Belastungsstufe	Physiologische Wirkung
>+46	extreme Wärmebelastung	Wärmebelastung
+38 bis +46	sehr starke Wärmebelastung	
+32 bis +38	starke Wärmebelastung	
+26 bis +32	mäßige Wärmebelastung	
+18 bis +26	„thermischer Komfortbereich“	keine thermische Belastung
+9 bis +18		
0 bis +9	schwache Kältebelastung	Kältebelastung
-13 bis 0	mäßige Kältebelastung	
-27 bis -13	starke Kältebelastung	
-40 bis -27	sehr starke Kältebelastung	
<-40	extreme Kältebelastung	

Tab. 5.1: Belastungsklassen des UTCI (Universal Thermal Climate Index)

5.1 Bioklimatische Situation am Tag

An einem wolkenlosen sommerlichen Strahlungstag wird bei einer autochthonen Wetterlage meist am späten Nachmittag zwischen 17 Uhr und 18 Uhr (alle Zeitangaben beziehen sich auf MESZ) die höchste Lufttemperatur in 2 m Höhe erreicht. Für die Wärmebelastung eines Menschen ist diese aber nicht allein prägend, sondern neben der Luftfeuchte und der Windgeschwindigkeit vor allem die mittlere Strahlungstemperatur. Diese erreicht im Sommer etwa um 14 Uhr ihren Höchstwert. Als Auswertezeitraum für die Betrachtung der Wärmebelastung am Tag wird eine Stunde am Nachmittag ausgewählt, hier um 15 Uhr.

Heiße Tage ergeben sich in Ettlingen und der Umgebung überwiegend bei bodennahen Anströmungen aus Nordost (**Abb. 4.4**). Hier wird für die Tagstunden die Simulation mit schwachem nordöstlichem Antrieb betrachtet, in Anlehnung an die in Abschnitt 4.2 dargestellten meteorologischen Initialisierungsgrößen.

Der Fokus der Auswertung liegt auf der Kernstadt von Ettlingen, da aufgrund der dichteren Bebauung, Bewohnerdichte und kritischer Infrastruktur erhöhter Handlungsbedarf besteht. Im Weiteren werden auch die dazugehörigen Stadtteile betrachtet.

Abb. 5.2 zeigt die Lufttemperatur in 2 m Höhe an einem heißen Sommertag um 15 Uhr in der Kernstadt Ettlingen. Die Ergebnisse für die Lufttemperatur sind mit der Farbskala verbunden und dargestellt. Über den unbebauten Freiflächen um und innerhalb Ettlingens werden ca. 33 °C erreicht, ähnlich wie an der Messstation Rheinstetten erfasst. Das betrifft die Wald-, Wiesen- und Feldbereiche um Ettlingen und die Vegetationsflächen wie Parkanlagen und größere Grünflächen. Im Uferbereich entlang der Alb werden Temperaturen zwischen 32 °C und 34 °C erreicht, abhängig von der Beschattung durch Bäume oder Gebäude. In den Siedlungsbereichen der Kernstadt werden aufgrund der Versiegelung Temperaturen zwischen 34 °C und 36 °C berechnet. Das trifft auf die Altstadt mit hohem Versiegelungsgrad, wenig Vegetationsflächen und engen Gassen und somit geringerer Strömungsgeschwindigkeiten und eingeschränkten Austauschprozessen zu. Hohe Temperaturen sind über flächigen Verkehrswegen, wie z.B. die Mörscher Straße oder Rastatter Straße, berechnet. Auf der südlichen Seite von Gebäuden führen Wärmestauungen und Strahlungswechselwirkungen zu ca. 1°K - 2°K höhen Lufttemperaturen im Vergleich zu der verschatteten nördlichen Seite. Die strahlungsbedingten Änderungen der Lufttemperatur an vertikal geneigten Flächen variieren je nach Ausrichtung der Fläche gegenüber Süden tageszeitlich mit dem Sonnenverlauf; da die Sonne am Nachmittag im Südsüdwesten steht, sind zu dieser Zeit die südsüdwestlich der Gebäudefassaden liegenden Nahbereiche allgemein eher wärmer und die nordnordöstlich liegenden eher kühler. Mit dieser Beschreibung der lokalen Verteilung der Lufttemperatur an einem heißen Sommertag wird auch aufgezeigt, welche Temperaturen bei natürlichen Raumbelüftungen durch geöffnete Fenster in die jeweiligen Räume übertragen werden.

Abb. 5.3 zeigt die berechneten Werte des UTCI im Untersuchungsgebiet um 15 Uhr. Im Vergleich zur Lufttemperatur ergibt sich hierbei eine größere Spannbreite an Werten, die hauptsächlich aufgrund von Differenzen zwischen besonnten und verschatteten Bereichen entsteht. Die räumlichen Unterschiede aufgrund der Verschattungen resultieren überwiegend aus der unterschiedlichen Strahlungstemperatur, die neben der Lufttemperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit als meteorologische Größe in die Berechnung des UTCI eingeht. In der Altstadt wird in Teilbereichen entlang der Alb, nördlich der Kirche am Alten Friedhof und nördlich der hohen Gebäude in der Schuhmacher Straße eine mäßige Wärmebelastung aufgrund der Kombination aus Gebäudeschatten und Bäumen bzw. Wasser mit UTCI-Werten zwischen 26 °C und 32 °C berechnet. In verschatteten Bereichen durch Gebäude, Bauwerke, dichtere

Bäume und Wasserflächen werden starke Wärmebelastungen simuliert mit UTCI-Werten zwischen 32 °C und 38 °C. Dies betrifft im Untersuchungsgebiet um 15 Uhr insbesondere Uferbereiche um die Alb und den Horbachsee sowie Teilbereiche des Watthaldenparks, dem Alten Friedhof und Gebäudeschatten. Vorwiegend ist im Untersuchungsbereich eine sehr starke Wärmebelastung mit UTCI-Werten zwischen 38 °C und 46 °C ermittelt, wobei frei besonnte Grünflächen wie der z.B. der Dickhäuterplatz, der Horbachpark und die Baumschattenbereiche des Gatschina Parks um einen UTCI-Wert von ca. 39 °C bis 40 °C liegen und versiegelte frei besonnte Flächen wie z.B. der Marktplatz, Parkplätze und Straßen bei 42 °C bis 43 °C. Bereiche südlich von Gebäuden mit geringer Strömungsgeschwindigkeit erreichen teils UTCI-Werte bis zu 45 °C. Die Ergebnisdarstellung der UTCI-Werte für 15 Uhr zeigt den Einfluss der direkten Besonnung bzw. den des Schattenwurfs. Vergleichbare UTCI-Werte sind auch für wenige Stunden vor und nach 15 Uhr vorherrschend, jedoch nahe der Gebäude und Bäume räumlich verändert aufgrund des Sonnenstandes. Mit einer über mehrere Stunden integrierenden UTCI-Auswertung werden solche Effekte verschmiert und verringern das Potenzial, Bereiche mit geringerer Wärmebelastung in Tagstunden zu erkennen. Mit der Beschreibung der lokalen Verteilung der UTCI-Werte werden die Wärmebelastungen der Anwohner bei Aktivitäten im Freien umrissen.

In **Abb. 5.4** ist die relative Wärmebelastung der bewohnten Gebäude in Ettlingen um 15 Uhr zu sehen. Es soll identifiziert werden, welche Bereiche einer erhöhten Lufttemperatur im Vergleich zum Mittel von Ettlingen ausgesetzt sind. Die allgemeine Wärmebelastung (hellgelb) entspricht den Werten unterhalb des 50. Perzentil der 2 m Lufttemperatur am Gebäude, die stark erhöhte Wärmebelastung (orange) entspricht den Werten zwischen dem 75. Perzentil und 90. Perzentil und ist um rund 1 K gegenüber der allgemeinen Wärmebelastung erhöht. Die erhöhte Wärmebelastung (gelb) entspricht ca. der Hälfte dieser Erhöhung und die sehr starke Wärmebelastung (rot) den Werten darüber. Eine deutliche Ansammlung von Gebäuden mit stark und sehr stark erhöhter Wärmebelastung ist in der Altstadt und dem zentralen Bereich von Ettlingen West zu sehen. Eine leicht erhöhte Anzahl an Gebäuden mit erhöhter und stark erhöhter Wärmebelastung befindet sich im Westen des Musikerviertels und nordöstlich des Horbachparks. In den restlichen Bereichen ist allgemeine Wärmebelastung vorherrschend mit erhöhter bis sehr stark erhöhter Wärmebelastung an wenigen Gebäuden.

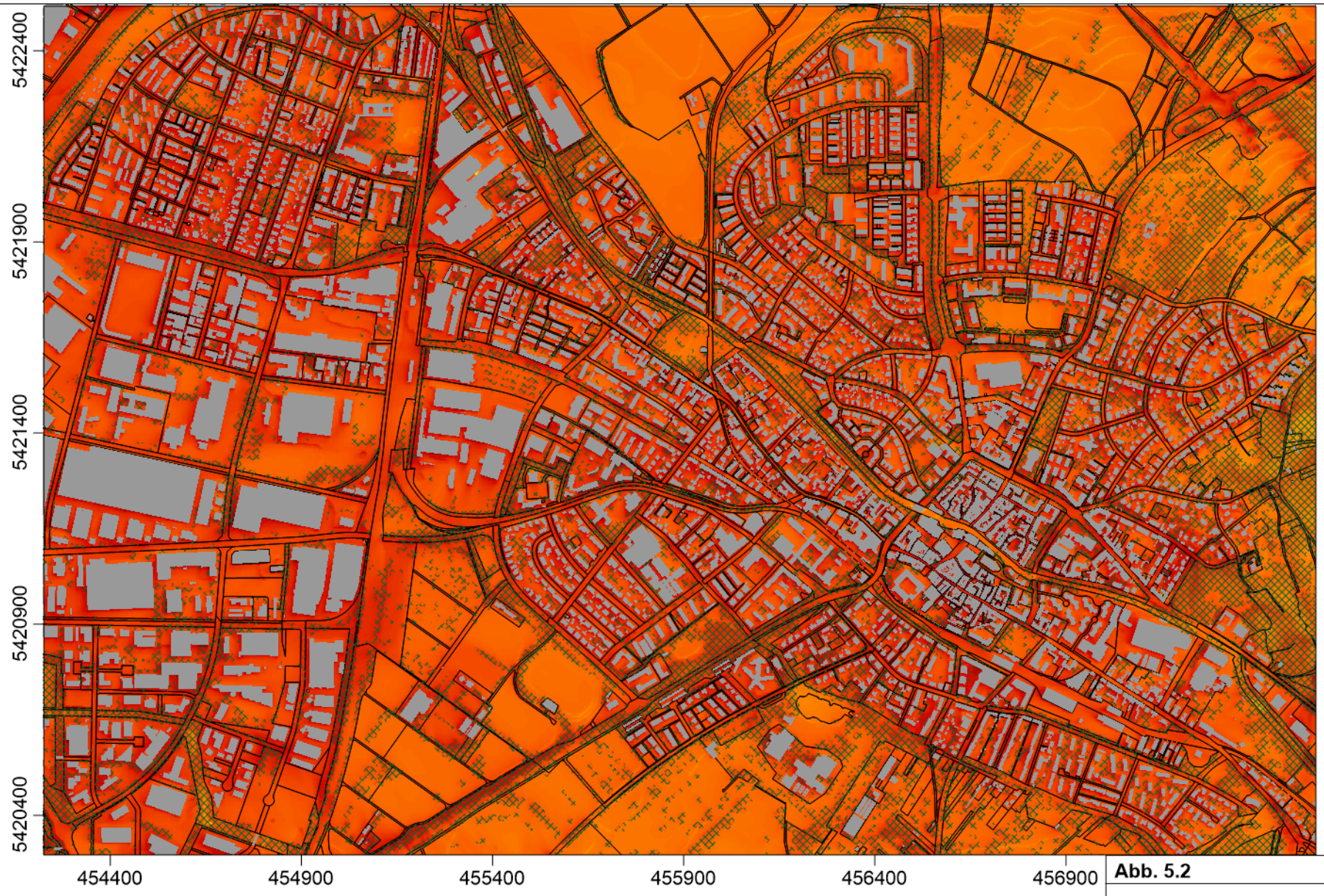


Abb. 5.2 21036-23-02

Lufttemperatur in 2m Höhe um 15 Uhr in der Kernstadt Ettlingen mit Alkis-Daten zur Orientierung

Lohmeyer

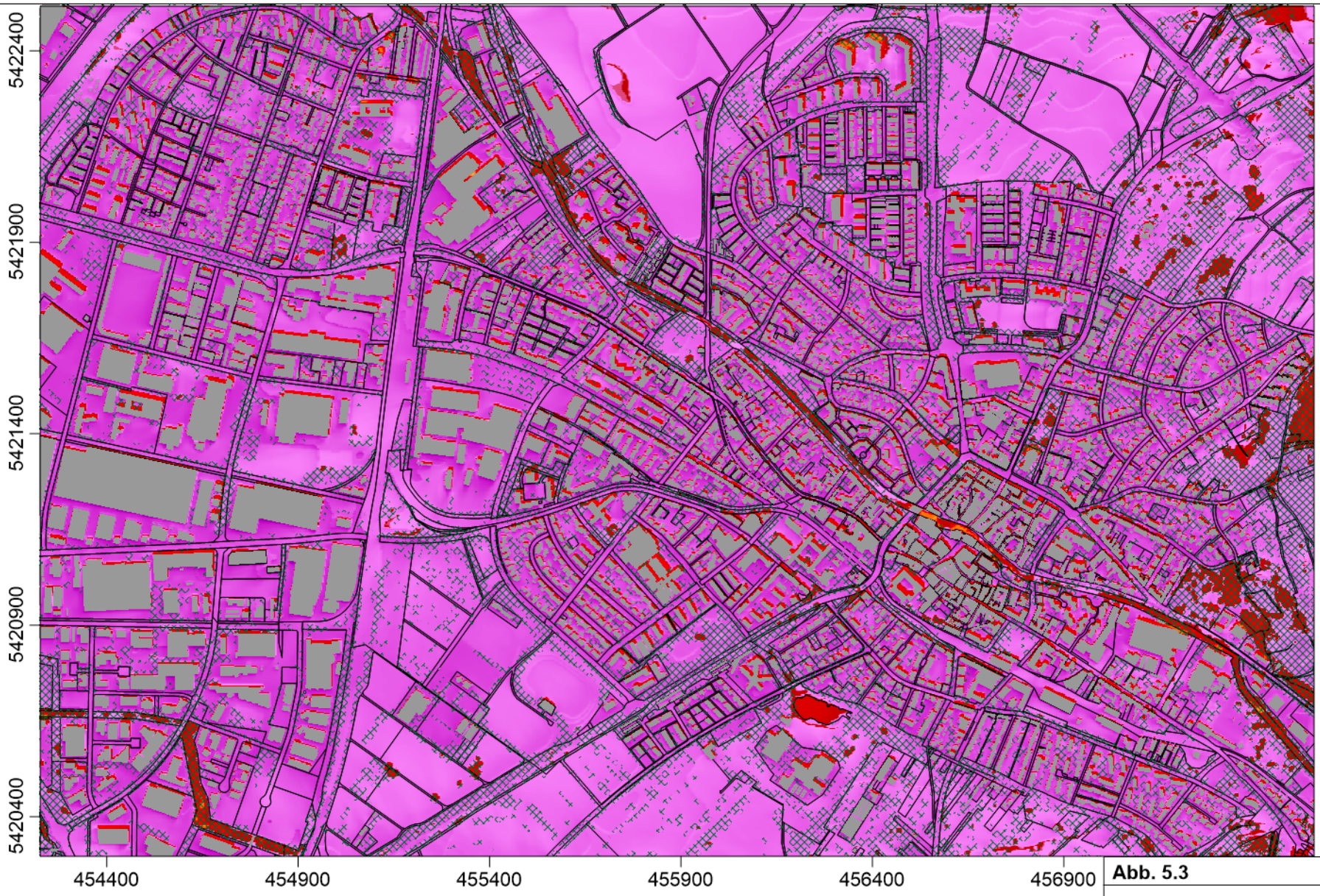


Abb. 5.3 21036-23-02

UTCI um 15 Uhr in der Kernstadt Ettlingen mit Alkis-Daten zur Orientierung

Lohmeyer

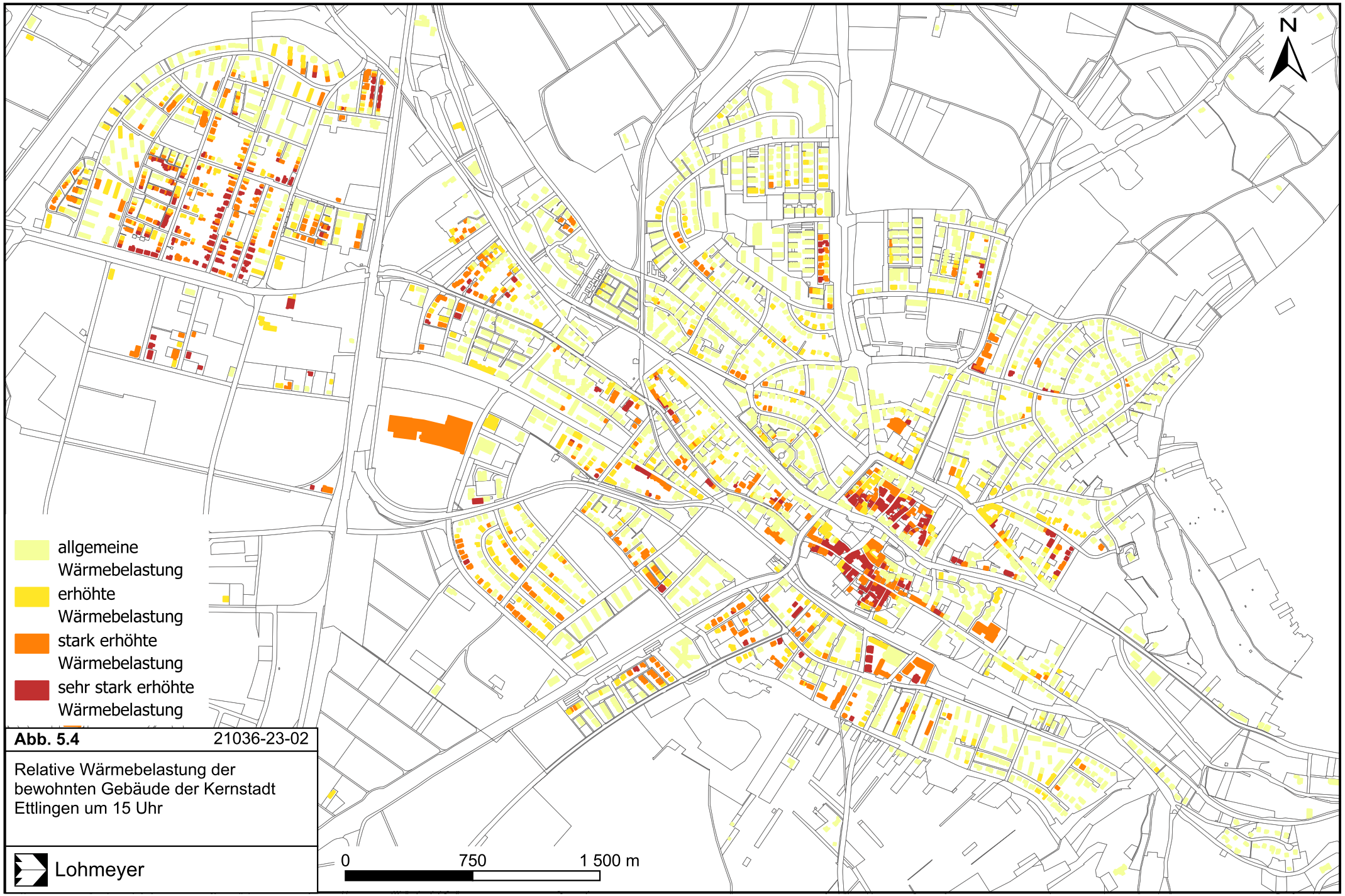


Abb. 5.4 21036-23-02

Relative Wärmebelastung der bewohnten Gebäude der Kernstadt Ettlingen um 15 Uhr

Lohmeyer

Die Lufttemperatur in 2 m Höhe im gesamten Stadtgebiet von Ettlingen ist in **Abb. 5.5** dargestellt. Es ist zu sehen, dass die Höhenstadtteile Spessart, Schluttenbach und Schöllbronn und der Wald entlang der Hangflächen kühler sind als der Bereich im Oberrheingraben. Über den Freiflächen um die Höhenstadtteile werden Temperaturen von 31 °C bis 32 °C berechnet und innerhalb der Ortschaften bis zu 33 °C. In den Bereichen mit Wald erreicht die Lufttemperatur Werte um 32 °C und entlang des Albtals um 33 °C. Im Oberrheingraben über den Freiflächen beträgt die simulierte Lufttemperatur 33 °C bis 34 °C, wie an der Messstation Rheinstetten erfasst und in den Waldbereichen Werte um 33 °C. In den Ortschaften Bruchhausen, Ettlingenweier und Oberweier wird eine Lufttemperatur von 35 °C erreicht, wobei kühlere Bereiche mit ca. 31 °C im Baumschatten der Friedhöfe von Bruchhausen und Ettlingenweier und beim Badesee Buchtzig zu finden sind. Der UTCI im Oberrheingraben mit den Ortschaften ähnelt dem in der Kernstadt Ettlingen (**Abb. 5.2**) über ähnlichen Landnutzungsklassen wie z.B. Grünflächen oder Straßen. In den Höhenstadtteilen und ihrer Umgebung werden für ähnliche Landnutzungsklassen teils 1 K bis 2 K geringere UTCI-Werte errechnet im Vergleich zur Kernstadt Ettlingen aufgrund der geringeren Lufttemperatur.

Abb. 5.6 zeigt die relative Wärmebelastung für die Ortsteile im Oberrheingraben um 15 Uhr. In Ettlingenweier und Oberweier überwiegen die Häuser mit allgemeiner Wärmebelastung, wenige Häuser im Ortsinneren weisen erhöhte oder stark erhöhte Wärmebelastungen auf. In Bruchhausen gibt es allgemeine bis stark erhöhte Wärmebelastungen, wobei im südlichen Bereich die erhöhte und stark erhöhte Wärmebelastung dominiert. Die erhöht liegenden Ortsteile Spessart, Schluttenbach und Schöllbronn liegen im Bereich der allgemeinen Wärmebelastung (**Abb. A.7.1.1** im Anhang).

N

5423000
5422500
5422000
5421500
5421000
5420500
5420000
5419500
5419000
5418500
5418000
5417500
5417000
5416500
5416000
5415500
5415000

453000 453500 454000 454500 455000 455500 456000 456500 457000 457500 458000 458500 459000 459500 460000

Gebäude

Baum

14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38

Lufttemperatur in °C

Abb. 5.5 21036-23-02

Lufttemperatur in 2m Höhe um 15 Uhr für das Stadtgebiet Ettlingen

Lohmeyer

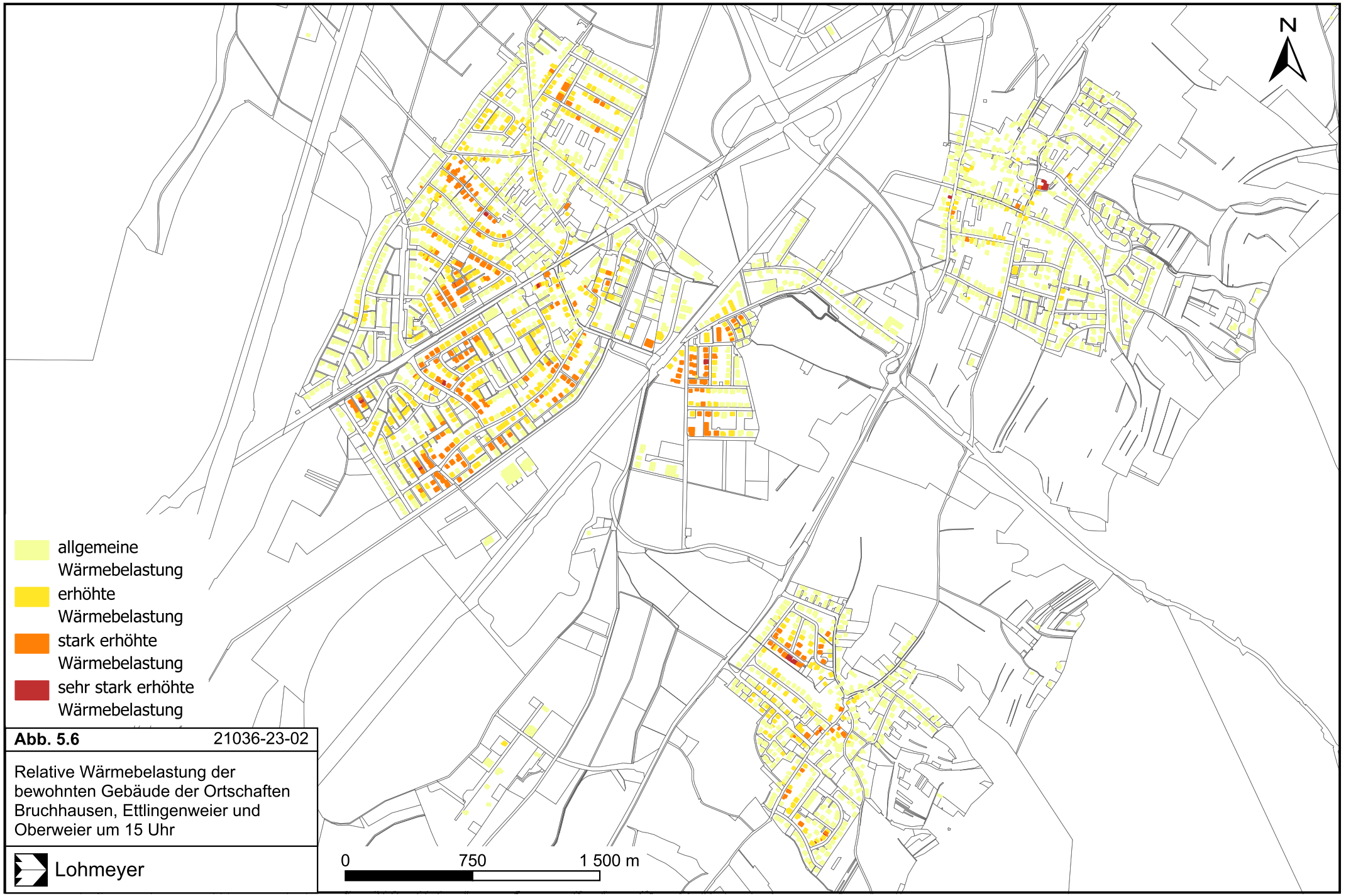


Abb. 5.6 21036-23-02

Relative Wärmebelastung der bewohnten Gebäude der Ortschaften Bruchhausen, Ettlingenweier und Oberweier um 15 Uhr

Lohmeyer

5.2 Bioklimatische Situation in der Nacht

Bei autochthonen Strahlungswetterlagen ergibt sich mit dem Sonnenuntergang in unbebauten Bereichen eine spürbare Abkühlung der unteren Luftschichten, d. h. es wird mehr Wärme von der Erdoberfläche abgegeben als aufgenommen. Großen Anteil daran haben die strahlungsbedingten Anteile, d. h. es entsteht eine negative Strahlungsbilanz an der Erdoberfläche aufgrund von mehr Aus- als Einstrahlung aufgrund des Wegfallens der kurzwelligen Einstrahlung der Sonne. In reliefiertem Gelände strömen die kühlen Luftmassen bodennah die Hänge gravitativ hinab und sammeln sich in den nieder gelegenen Bereichen, wie z. B. Senken, Mulden und Tälern, und verstärken dort die Abkühlung.

In Ettlingen überlagern sich nachts bei autochthonen Strahlungswetterlagen verschiedene Kaltluftströmungen. Im Albtal sammeln sich kalte Luftmassen von den anliegenden Hängen und Tälern und bewegen sich als gesammelter Kaltluftstrom talabwärts und an der Talöffnung von Osten in die Kernstadt Ettlingen. Diese Kaltluftströmung wird „Albtäler“ genannt. Im weitgehend ebenen Oberrheingraben kühlen die Luftmassen über den Vegetationsflächen ab und werden an den Rändern mit kühlen Luftmassen aus den angrenzenden Erhöhungen und Tälern überlagert; im Oberrheingraben bilden sich überwiegend geringe Kaltluftströmungsgeschwindigkeiten aus, die tendenziell eine dem Gelände folgende Orientierung nach Norden aufweisen, aber auch durch ausgedehnte unterschiedlich temperierte Oberflächen umgelenkt werden (mögliche Flurwinde).

Abb. 5.7 zeigt die Kaltluftmächtigkeit und die Volumenstromdichte der Kaltluft im gesamten Stadtgebiet von Ettlingen um 24 Uhr. Die größte Kaltluftmächtigkeit ist im Albtal mit bis zu 90 m östlich von der Kernstadt Ettlingen berechnet. Die Volumenstromdichte erreicht Werte bis zu 300 $m^3/(m^2s)$. Bei der Albtalöffnung in den Oberrheingraben verringert sich die Kaltluftmächtigkeit und die Volumenstromdichte deutlich. Die Kaltluft strömt mit ca. 150 $m^3/(m^2s)$ Richtung Nordwesten und schwenkt nach ca. 2 km nach Norden. Mit weiterer Entfernung von der Talöffnung verringert sich die Volumenstromdichte der Kaltluft bis unter 100 $m^3/(m^2s)$. Im Oberrheingraben erreicht die Kaltluft eine Mächtigkeit von 20 m bis 30 m mit Volumenstromdichten deutlich unter 100 $m^3/(m^2s)$ und strömt überwiegend talparallel nach Nordosten.

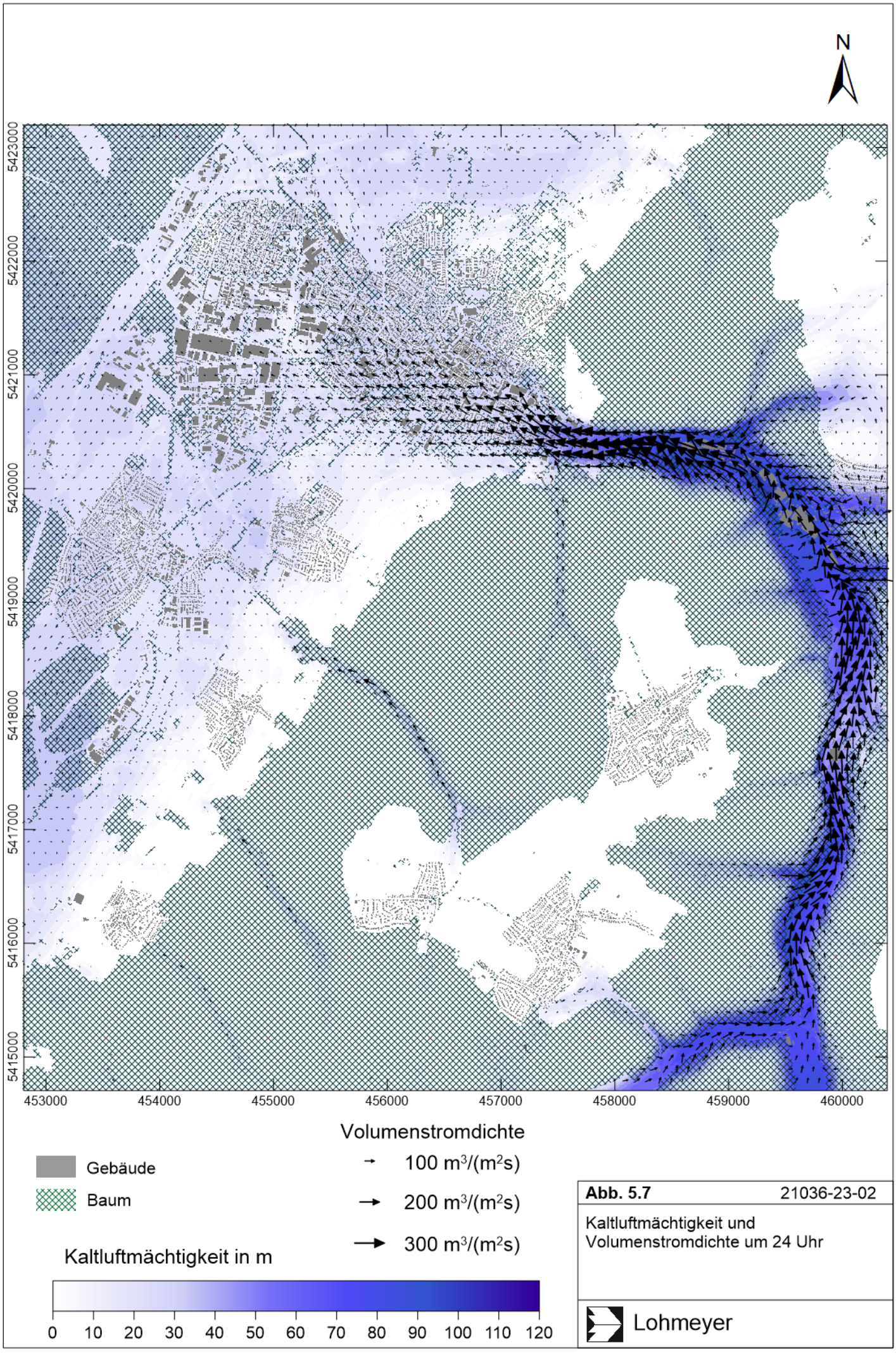


Abb. 5.7 21036-23-02

Kaltluftmächtigkeit und Volumenstromdichte um 24 Uhr

Lohmeyer

In **Abb. 5.8** ist die Lufttemperatur in 2 m Höhe für die Kernstadt Ettlingen um 24 Uhr dargestellt. Im Allgemeinen ist in dem abgebildeten Bereich ein Temperaturgradient von Südosten nach Nordwesten mit Ausnahme des östlichen Hangbereichs zu sehen. Im Südosten, dem Öffnungsbereich des Albtals, beträgt die errechnete Temperatur ca. 24 °C und nimmt Richtung Nordwesten auf ca. 27 °C in Ettlingen West zu. In den Grünflächen innerhalb Ettlingens werden die niedrigsten Werte erreicht; im Watthaldenpark liegt die Lufttemperatur bei ca. 23 °C, beim Alten Friedhof und dem Friedhof bei ca. 23 °C bis 24 °C und entlang der Alb bei ca. 24 °C bis 25 °C. In der Altstadt wird eine Lufttemperatur um die 25 °C berechnet und die höchsten Temperaturen mit 29 °C sind im oberen östlichen Hangbereich simuliert.

Die Lufttemperatur in 2 m Höhe im gesamten Stadtgebiet von Ettlingen für 24 Uhr ist in **Abb. 5.9** zu sehen. Die geringsten Lufttemperaturen mit ca. 21 °C bis 22 °C werden in den Kaltluftsammelgebieten im Oberrheingraben südwestlich von Bruchhausen und im Albtal vergleichbar mit der Messstation Rheinstetten berechnet. Auch in den kleineren Tälern werden aufgrund der Kaltluft Temperaturen um 23 °C erreicht. In Bruchhausen beträgt die Lufttemperatur ca. 25 °C mit geringeren Werten um 24 °C am südwestlichen Siedlungsrand. In den Hangbereichen mit den Ortschaften Ettlingenweier und Oberweier, die außerhalb der Kaltluft liegen, werden Lufttemperaturen von 25 °C bis 26 °C berechnet. Ähnliche Temperaturen sind in den Höhenstadtteilen Spessart und Schluttenbach zu sehen. Im Ort Schöllbronn und den umliegenden Freiflächen beträgt die Lufttemperatur ca. 24 °C.

In **Abb. 5.10** ist die relative Wärmebelastung der bewohnten Gebäude in der Kernstadt Ettlingen um 24 Uhr dargestellt. Es soll identifiziert werden, welche Bereiche einer erhöhten Lufttemperatur im Vergleich zum Mittel von Ettlingen ausgesetzt sind und einen Überblick vermittelt, wo schon abends eine natürliche Raumkühlung durch geöffnete Fenster aufgrund der Wirkung des Albtälers geeignet ist. Die allgemeine Wärmebelastung (hellgelb) entspricht den Werten unterhalb des 50. Perzentil der 2 m Lufttemperatur am Gebäude, die stark erhöhte Wärmebelastung (orange) entspricht den Werten zwischen dem 75. Perzentil und 90. Perzentil und ist um rund 1 K gegenüber der allgemeinen Wärmebelastung erhöht. Die erhöhte Wärmebelastung (gelb) entspricht ca. der Hälfte dieser Erhöhung und die sehr starke Wärmebelastung (rot) den Werten darüber. In der Wärmebelastung ist der Einflussbereich des Albtälers zu erkennen. Im Bereich der Albtalöffnung bis über die Innenstadt wird eine allgemeine Wärmebelastung abgeleitet. Mit zunehmendem Abstand von der Albtalöffnung nimmt die Wärmebelastung zu bis zur sehr stark erhöhten Wärmebelastung im Zentralbereich von Ettlingen West. Für die Siedlungsrandbereiche von Ettlingen West gilt allgemeine bis erhöhte Wärmebelastung. Ebenfalls sehr stark erhöhte Wärmebelastung gilt für den oberen östlichen Hangbereich,

da dieser außerhalb der gesammelten Kaltluft liegt. Für die Häuser in den Stadtteilen südlich der Kernstadt gilt größtenteils allgemeine Wärmebelastung. Im Ortsinnern von Ettlingenweier und Teile Oberweiers gilt aufgrund der Hanglage außerhalb des Kaltluftsammelbereichs erhöhte Wärmebelastung. In den Höhenstadtteilen dominiert die allgemeine Wärmebelastung mit Ausnahme von dem Kuppenbereich in Schluttenbach, dort gilt erhöhte bis teils stark erhöhte Wärmebelastung (**Abb. A.7.1.2** und **Abb. A.7.1.3** im Anhang).

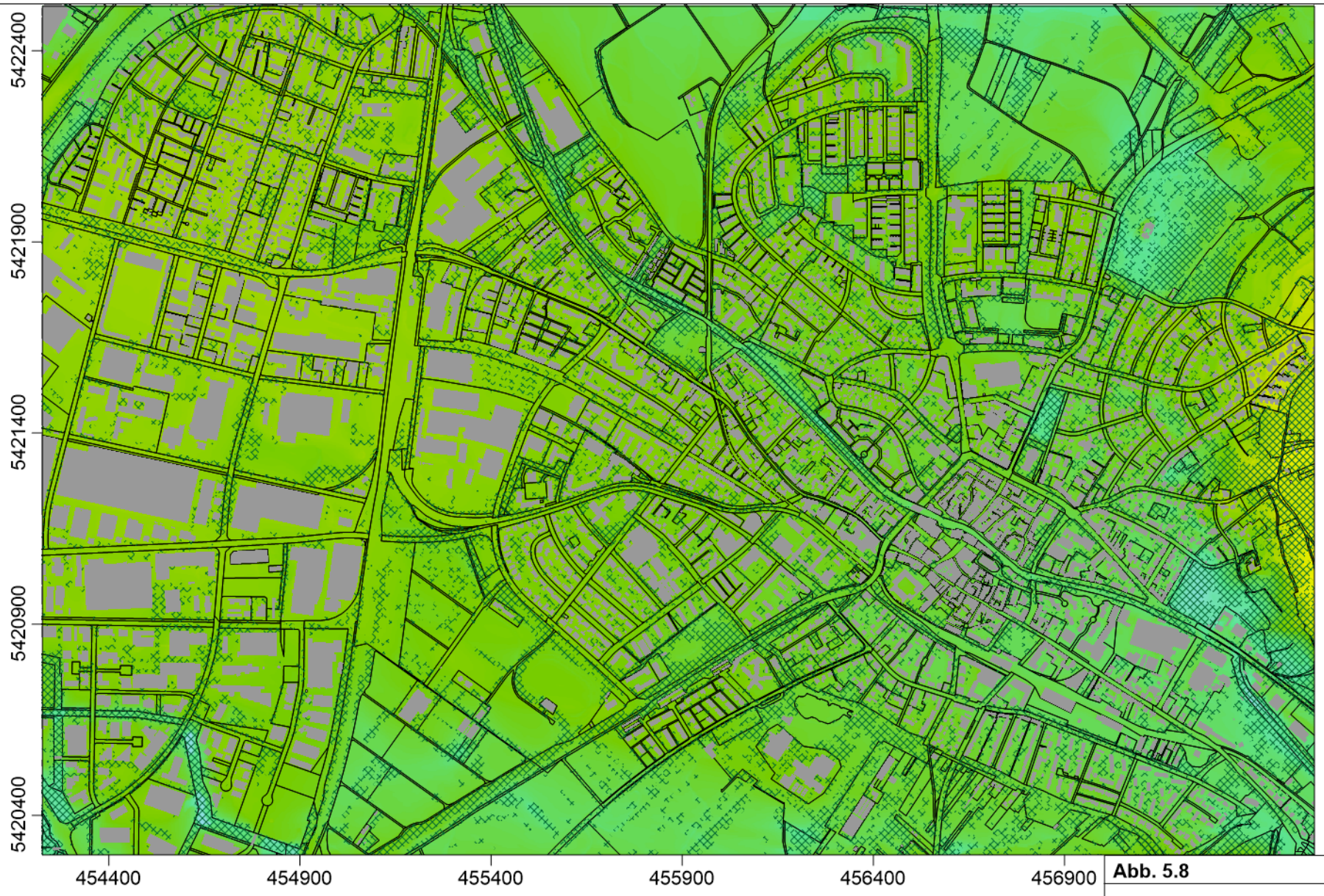


Abb. 5.8 21036-23-02

Lufttemperatur in 2m Höhe um 24 Uhr in der Kernstadt Ettlingen mit Alkis-Daten zur Orientierung

Lohmeyer

N

5423000
5422500
5422000
5421500
5421000
5420500
5420000
5419500
5419000
5418500
5418000
5417500
5417000
5416500
5416000
5415500
5415000

453000 453500 454000 454500 455000 455500 456000 456500 457000 457500 458000 458500 459000 459500 460000

Gebäude
Baum

14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38
Lufttemperatur in °C

Abb. 5.9 21036-23-02

Lufttemperatur in 2m Höhe um 24 Uhr für das Stadtgebiet Ettlingen

Lohmeyer

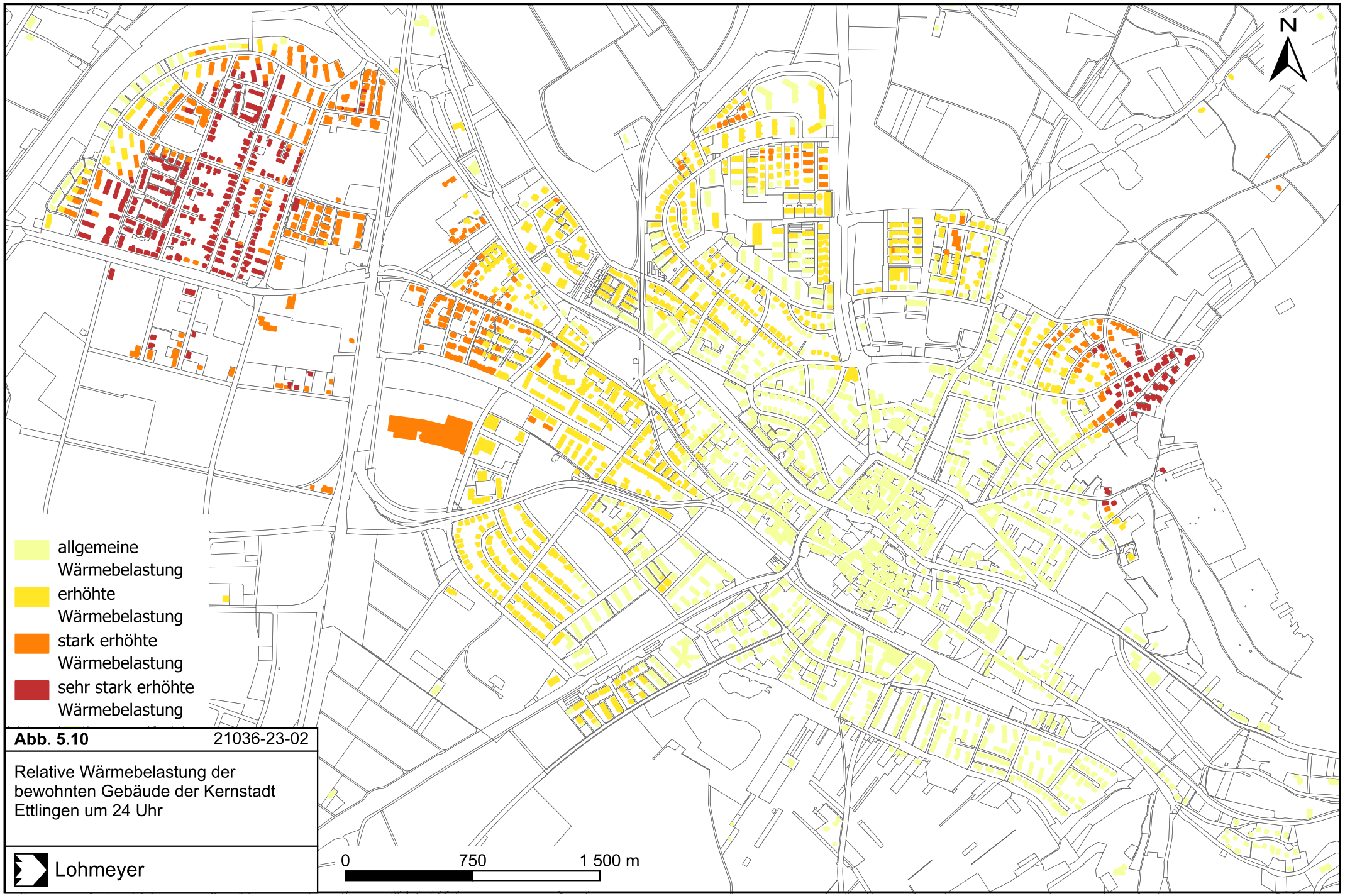


Abb. 5.10 21036-23-02

Relative Wärmebelastung der bewohnten Gebäude der Kernstadt Ettlingen um 24 Uhr

Lohmeyer

Um etwa 4 Uhr morgens erreichen die Temperaturen bei weiterhin negativer Strahlungsbilanz am Erdboden, d. h. es wird mehr Wärme von der Erdoberfläche abgegeben als aufgenommen, nahezu ihr Minimum. Die Kaltluftmächtigkeit und Volumenstromdichte um 4 Uhr ist in **Abb. 5.11** dargestellt. Im Vergleich zu 24 Uhr ist die Kaltluftmächtigkeit im Oberrheingraben deutlich angestiegen auf bis über 100 m im Nordwesten des dargestellten Bereichs und die Volumenstromdichte erreicht Werte bis zu 100 $m^3/(m^2s)$. Im Albtal hat sich das Maximum der Kaltluftmächtigkeit auf ca. 100 m erhöht und auch in weiteren Teilen des Albtals ist die Kaltluftmächtigkeit um 10 m bis 20 m angestiegen. Aus dem Albtal heraus dreht sich die Kaltluft über Ettlingen nach Nordosten.

Abb. 5.12 zeigt die Lufttemperatur in 2 m Höhe für die Kernstadt Ettlingen um 4 Uhr. Auf den Freiflächen südlich von Ettlingen und dem Watthaldenpark werden Temperaturen um 21 °C erreicht. Für die Freiflächen nördlich von Ettlingen, die Alb, alter Friedhof und Friedhof sowie Parkanlagen, wie z.B. den Gatschina Park, Wasenpark, Horbachpark, Entenpark, Dickhäuterplatz, werden Temperaturen zwischen 21 °C und 22 °C berechnet. Die Siedlungsbereiche weisen abhängig von ihrer Dichte höhere Temperaturwerte auf. Im Gewerbegebiet Ettlingen West, den Siedlungsrändern von Ettlingen und im Öffnungsbereich des Albtals beträgt die Lufttemperatur zwischen 22 °C und 23 °C, wobei es auf den Freiflächen zwischen den Gebäuden eher kühler und im Nahbereich der Gebäude eher wärmer ist. In den weiteren Siedlungsgebieten werden Temperaturen zwischen 23 °C und 24 °C simuliert. Am wärmsten ist es mit 24 °C im oberen östlichen Hangbereich. Bis zum Sonnenaufgang sind damit natürliche Raumkühlungen über geöffnete Fenster im zentralen Siedlungsbereich von Ettlingen möglich.

Die Lufttemperatur im gesamten Stadtgebiet von Ettlingen für 4 Uhr ist in **Abb. 5.13** zu sehen. Die geringsten Lufttemperaturen mit ca. 19 °C bis 20 °C werden in den Kaltluftsammelgebieten im Oberrheingraben südwestlich von Bruchhausen berechnet. Nordöstlich von Ettlingen ist der Einfluss der Stadt zu sehen, dort beträgt die Temperatur ca. 22 °C. Im Albtal beträgt die Lufttemperatur ca. 21 °C und in den weiteren kleinen Tälern ca. 22°C. In Bruchhausen beträgt die Lufttemperatur ca. 21 °C. In den Hangbereichen mit den Ortschaften Ettlingenweier und Oberweier werden Lufttemperaturen um 22 °C bis 23 °C berechnet. Die Temperaturen innerhalb der Höhenstadtteile liegen abhängig vom Relief zwischen 22 °C und 26 °C. Auf der Kuppe von Schluttenbach werden z.B. ca. 26 °C berechnet und in dem etwas tiefer gelegenen Bereich von Schluttenbach, wo sich Kaltluft sammeln kann, ca. 22 °C. In Schöllbronn beträgt die Lufttemperatur ca. 23 °C bis 24 °C und in Spessart mit Ausnahme des westlichen Bereichs entlang des Waldes um die 24 °C.

Insgesamt werden mit den Simulationen für einen wind- und wolkenarmen heißen Sommertag in Ettlingen räumlich variierende Wärmebelastungen in den Tag- und Nachtstunden ermittelt. In den Tagstunden ist die Wärmebelastung insbesondere durch die direkte Besonnung und Bebauungsdichte geprägt. In den Nachstunden dominiert der Einfluss der Kaltluft und Bereiche, in denen sie sich sammelt, haben eine höhere Abkühlungsrate als Bereiche außerhalb.

N

5423000
5422500
5422000
5421500
5421000
5420500
5420000
5419500
5419000
5418500
5418000
5417500
5417000
5416500
5416000
5415500
5415000

453000 453500 454000 454500 455000 455500 456000 456500 457000 457500 458000 458500 459000 459500 460000

Volumenstromdichte

100 m³/(m²s)

200 m³/(m²s)

300 m³/(m²s)

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

Kaltluftmächtigkeit in m

Gebäude

Baum

Abb. 5.11 21036-23-02

Kaltluftmächtigkeit und Volumenstromdichte um 4 Uhr

Lohmeyer

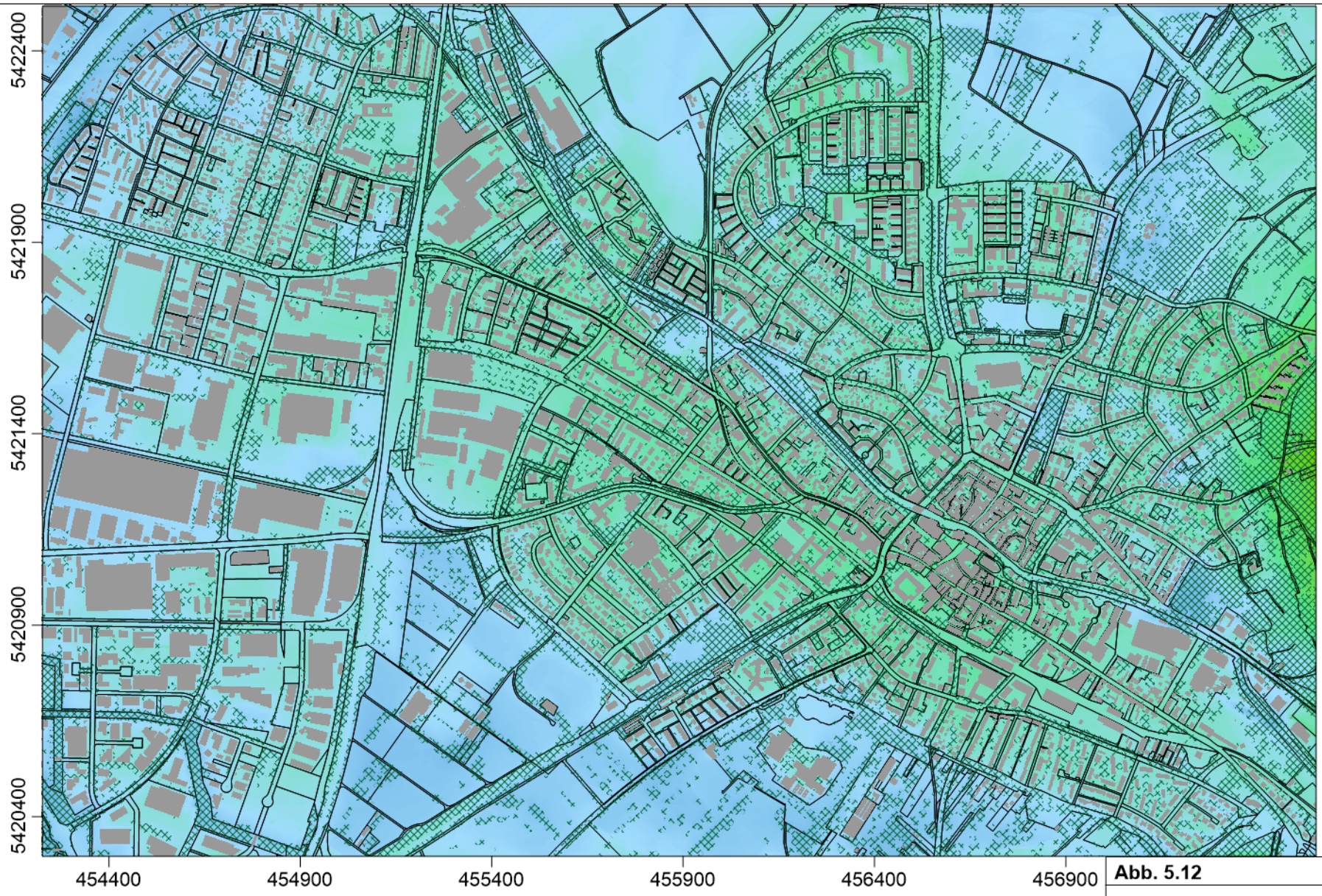


Abb. 5.12 21036-23-02

Lufttemperatur in 2m Höhe um 4 Uhr in der Kernstadt Ettlingen mit Alkis-Daten zur Orientierung

Lohmeyer

N

5423000
5422500
5422000
5421500
5421000
5420500
5420000
5419500
5419000
5418500
5418000
5417500
5417000
5416500
5416000
5415500
5415000

453000 453500 454000 454500 455000 455500 456000 456500 457000 457500 458000 458500 459000 459500 460000

Gebäude
Baum

14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38
Lufttemperatur in °C

Abb. 5.13 21036-23-02

Lufttemperatur in 2m Höhe um 4 Uhr
für das Stadtgebiet Ettlingen

Lohmeyer

5.3 Ausblick bezüglich anthropogenem Klimawandel

Für einen Ausblick der zu erwartenden Änderungen der Umweltbedingungen bedingt durch den anstehenden Klimawandel bestehen hochspezialisierte globale und regionale Klimaprojektionsdaten mit einer Vielzahl von Parametern. Aus diesen Datensätzen werden die für Ettlingen relevanten Informationen ortsbezogen herausgearbeitet und aufgezeigt.

Die messtechnisch erfassten Jahreswerte an der DWD-Station Rheinstetten sind in **Abb. 5.14** in Bezug auf die thermische Entwicklung im Zeitraum 2008 bis 2024 zusammengestellt. Dargestellt sind die mittlere jährliche Lufttemperatur (schwarze Linie), die jährliche maximale Lufttemperatur (violette Linie), die Anzahl der Sommertage, d. h. Tagesmaximum der Lufttemperatur mindestens 25°C (orangene Säule) und die Anzahl der Heißen Tage, d. h. Tagesmaximum der Lufttemperatur mindestens 30°C (rote Säule). Die mittlere jährliche Lufttemperatur beträgt im Mittel in dem Zeitraum ca. 11.6 °C mit einem Minimum von 9.8 °C im Jahr 2010 und einem Maximum von 12.7 °C im Jahr 2023. Die letzten drei Jahre haben alle eine Mitteltemperatur über 12 °C. Für die mittlere jährliche Lufttemperatur sind geringe Zunahmen im Lauf der Jahre ablesbar, die letzten drei Jahre haben alle eine Mitteltemperatur über 12 °C. Der Maximalwert der Lufttemperatur beträgt im Mittel 36.5 °C und weist über die Jahre Unterschiede um ca. 2 bis 3 K auf, mit einem Minimum von 34.3 °C und einem Maximum von 39.2 °C. Die Anzahl von Sommertagen weist eine deutliche Schwankung auf und erreicht im Mittel 72 Tage mit einem Minimum von 48 Tagen (2010) und einem Maximum von 107 (2018) Sommertagen pro Jahr, wobei in den letzten Jahren vermehrt hohe Sommertagzahlen erfasst sind. Auch die Anzahl von Heißen Tagen weist eine deutliche Schwankung auf; mit 8 Tagen im Jahr 2021 und 44 Tagen im Jahr 2022. Im Mittel beträgt die Anzahl der heißen Tage 22.

Für Ettlingen werden Daten der Klimaprojektionen von ausgewählten verfügbaren Zukunftsszenarien (z. B. die Szenarien für den 5. IPCC-Sachstandsbericht: RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5) ausgewertet. Für jedes der Szenarien werden der Referenzzeitraum 1971 bis 2000 sowie die Projektionszeiträume 2021 bis 2050 und 2071 bis 2100 im Hinblick auf relevante meteorologische Parameter ausgewertet, wie z. B. wie mittlere Lufttemperatur, Sommertage und Heiße Tage.

Klimaprojektionen sind Modellrechnungen der Vergangenheit und Zukunft, die die atmosphärischen, biosphärischen, hydrosphärischen und kryosphärischen Prozesse der Erde beschreiben. Globale Klimamodelle geben globale Informationen über all die genannten Prozesse bei einer Maschenweite von derzeit etwa 100 km oder gröber wieder. Um detailliertere Informationen über Teilgebiete, z. B. Europa, zu generieren, werden regionale Klimamodelle genutzt,

die auf den Ergebnissen der Globalmodelle aufbauen bzw. oftmals mittels dynamischem Downscaling (Gitterverfeinerung) von diesen an den Rändern der Gebiete angetrieben werden. Sowohl globale als auch regionale Klimamodelle existieren von verschiedenen Wetterdiensten bzw. Institutionen, z. B. dem Met Office Hadley Center, Großbritannien, oder dem Max-Planck-Institut für Meteorologie, Deutschland.

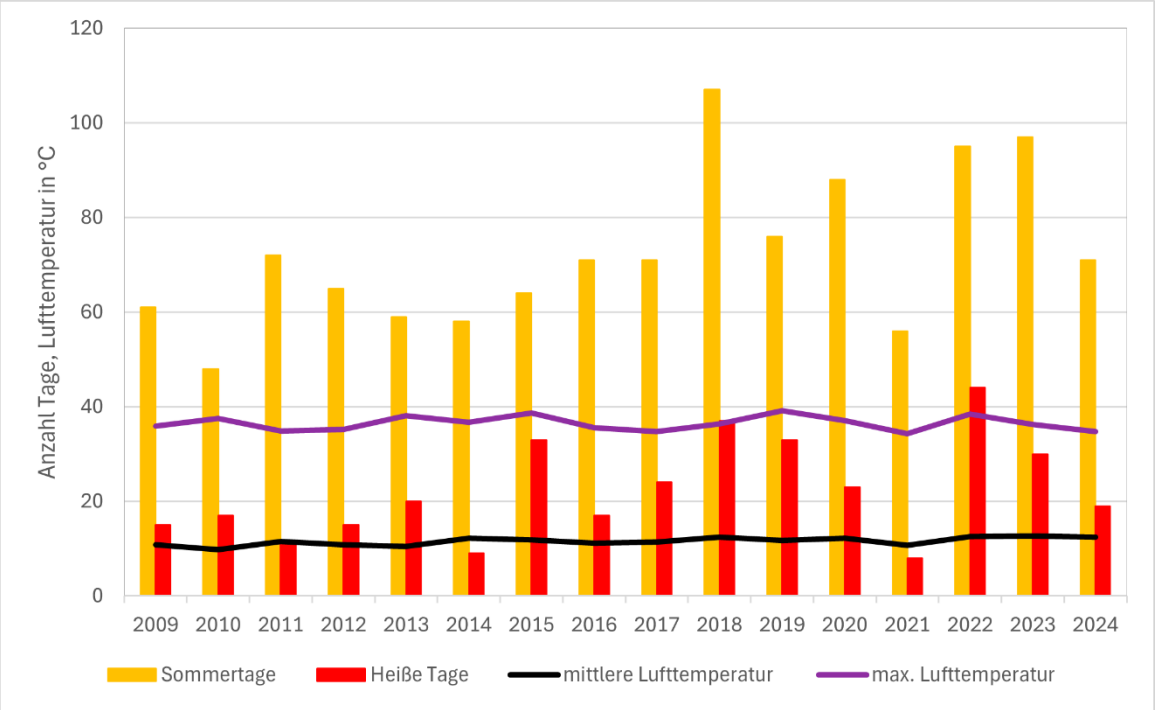


Abb. 5.14: Luftmesswerte der Station Rheinstetten im Zeitraum 2009 bis 2024 (Quelle: DWD). Mittlere jährliche Lufttemperatur (schwarze Linie), maximale Lufttemperatur (violette Linie), Anzahl der Sommertage (orangene Säule) und Anzahl der Heißen Tage (rote Säule)

Neben den verschiedenen Klimamodellen gibt es unterschiedliche „Repräsentative Konzentrationspfade“, die die Treibhausgaskonzentration für die Zukunft beschreiben, z. B. die Szenarien für den 5. IPCC-Sachstandsbericht: RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5. Die Szenarien sind nach dem durch anthropogene Treibhausgase bedingten Strahlungsantrieb im Jahr 2100 gegenüber der vorindustriellen Zeit benannt. Das Szenario RCP2.6 bedeutet beispielsweise einen um 2.6 W/m^2 höheren Strahlungsantrieb im Jahr 2100 gegenüber der vorindustriellen Zeit. Das RCP-Szenario 8.5 sieht relativ geringe bis keine zukünftigen Treibhausgaseinsparungen vor; das Szenario RCP2.6 sieht weitreichende zukünftige Treibhausgaseinsparungen vor und das Szenario RCP4.5 liegt dazwischen.

Zusammen ergeben sich eine Vielzahl von zukünftigen Projektionen des Klimas. Auf Copernicus (https://www.copernicus.eu/de; zuletzt abgerufen: 05.11.25) liegen Klimadaten für die Region Europa mit der feinstmöglichen Maschenweite von etwa 12.5 km von verschiedenen Modellketten (Globalmodell -> Regionalmodell) für die Szenarien RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5 aus dem Projekt CORDEX (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment) vor, von denen gebräuchliche Modellprojektionen für die vorliegende Ausarbeitung ausgewählt wurden, die die Bandbreite möglicher zukünftiger klimatischer Entwicklungen hinsichtlich der Treibhausgaskonzentrationen abdecken. **Tab. 5.15** zeigt die ausgewählten Klimaprojektionen und Szenarien für die vorliegende Ausarbeitung. Den größten Einfluss auf das Klimaänderungssignal der meteorologischen Variablen haben das Szenario und das Globalmodell, das Regionalmodell folgt gewissermaßen dem Antrieb des Globalmodells und stellt aufgrund seiner feineren Auflösung regionale Gegebenheiten detaillierter dar. Durch die Auswahl von zwei Globalmodellen mit den Szenarien RCP4.5 und RCP8.5 wird die Spannweite möglicher Klimaänderungen abgedeckt; das Globalmodell HadGEM2_ES verhält sich gegenüber dem Modell MPI_ESM_LR sensitiver in Bezug auf Änderungen in der zukünftigen Treibhausgasemission.

Szenario	Globalmodell	Regional-modell	Bezeichnung	Treibhausgas-einsparung
RCP2.6	MPI-ESM-LR	CCLM4-8-17	MPI2CCLM_RCP2.6	Hoch
RCP4.5	MPI-ESM-LR	CCLM4-8-17	MPI2CCLM_RCP4.5	Mittel
RCP4.5	HadGEM2-ES	CCLM4-8-17	HadGEM2CCLM_RCP4.5	Mittel
RCP8.5	MPI-ESM-LR	CCLM4-8-17	MPI2CCLM_RCP8.5	Gering
RCP8.8	HadGEM2-ES	CCLM4-8-17	HadGEM2CCLM_RCP8.5	Gering

Tab. 5.15: Übersicht der ausgewählten Klimaprojektionen

Klimaprojektionen besitzen systematische Fehler. Deshalb besteht aus fachlicher Sicht die Notwendigkeit eines Abgleichs zwischen den Klimaprojektionen und langjährigen Messzeitreihen in der Vergangenheit, um diese mittels einer sogenannten Bias-Korrektur für die Vergangenheit und dementsprechend auch für die Zukunft anzupassen. Für die vorliegende Ausarbeitung wird die gebräuchliche Methode des Quantile Mapping für die Bias-Korrektur der Klimaprojektionsdaten verwendet. Als langjährige Messzeitreihen für die tägliche Mittel-, Maximum- und Minimumtemperatur stehen Daten für Karlsruhe aus dem Climate Data Center

des DWD (https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/cdc_node.html; zuletzt abgerufen: 24.10.25) zur Verfügung.

Klimadaten beziehen sich überwiegend auf 30-jährige Zeiträume und werden als Mittelwerte über diese Zeiträume beschrieben, um langfristige Änderungen in der Tendenz zu erkennen. In solchen Zeiträumen weisen die einzelnen Jahre deutliche Unterschiede in den meteorologischen Parametern auf. Das trifft sowohl auf die Messdaten und Projektionsdaten für den Referenzzeitraum als auch auf die Klimaprojektionsdaten des Zukunftszeitraumes zu. Deshalb werden folgend neben den Mittelwerten auch Minimum und Maximum aufgezeigt, um einen Überblick über die Schwankungen der Parameterausprägungen innerhalb der langjährigen Zeiträume zu erhalten. Im Hinblick auf den Hitzeaktionsplan wird in **Tab. 5.16** die Entwicklung der mittleren jährlichen Lufttemperatur, der Sommertage und Heißen Tage pro Jahr für die beschriebenen Klimaszenarien für 2021-2050 mit Mittelwert, Minimum und Maximum dargestellt. Im Referenzzeitraum beträgt der Mittelwert der Lufttemperatur 10.1 °C mit einem Minimum von 8.8 °C und einem Maximum von 11.6 °C. In dem Szenario RCP2.6 mit hohen Treibhausgaseinsparungen steigt der Mittelwert auf 11.3°C an, bei RCP4.5 mit mittleren Treibhausgaseinsparungen auf 11.2°C bzw. 11.9 °C für die zwei verschiedenen Globalmodelle und bei RCP8.5 mit geringen Treibhausgaseinsparungen auf 11.2°C bzw. 12.1 °C. Die mittleren jährlichen Sommertage im Referenzzeitraum betragen 49 Tage mit einem Minimum von 25 Tagen und einem Maximum von 71 Tagen. In dem Szenario RCP2.6 steigen die Sommertage im Mittel auf 59 an, bei RCP4.5 auf 61 bzw. 76 und bei RCP 8.5 auf 64 bzw. 81. Auch die mittleren jährlichen Heißen Tage steigen bei den Zukunftsszenarien im Vergleich zum Referenzzeitraum (10 Tage) an. Bei RCP2.6 erhöhen sie sich im Mittel auf 18 Tage, bei RCP4.5 auf 20 bzw. 28 Tage und bei RCP8.5 auf 18 bzw. 32 Tage. Im Zeitraum 2021-2050 ist bei allen Parametern ein Anstieg zu sehen, jedoch sind die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Szenarien nicht so groß. Starke Unterschiede zwischen den Szenarien verdeutlichen sich in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts, wie in **Tab. 5.17** zu sehen. Diese zeigt die Entwicklung der mittleren jährlichen Lufttemperatur, der Sommertage und Heißen Tagen pro Jahr für die beschriebenen Klimaszenarien für 2071-2100 mit Mittelwert, Minimum und Maximum. In dem Szenario RCP2.6 steigt der Mittelwert der Lufttemperatur auf 11.1 °C an, bei RCP4.5 auf 11.9 °C bzw. 12.9°C und bei RCP8.5 auf 13.6 °C bzw. 18.8 °C. Die mittleren jährlichen Sommertage im Szenario RCP2.6 steigen im Mittel auf 60 an, bei RCP4.5 auf 75 bzw. 93 und bei RCP8.5 auf 97 bzw. 117. Auch die mittleren jährlichen Heißen Tage steigen bei den Zukunftsszenarien im Vergleich zum Referenzzeitraum an. Bei RCP2.6 erhöhen sie sich im Mittel auf 18 Tage, bei RCP4.5 auf 25 Tage bzw. 39 Tage und bei RCP8.5 auf 42 bzw. 70 Tage.

	Modell	Lufttemperatur in°C Min Max			Sommertage (T_{max} ≥25 °C) Min Max		Heiße Tage (T_{max} ≥30 °C) Min Max	
Referenzzeitraum 1971 - 2000		8.8	10.1	11.6	25	49	71	3 10 26
Nahe Zukunft RCP2.6	MPI2CCLM	10.1	11.3	12.7	33	59	105	5 18 42
Nahe Zukunft RCP4.5	MPI2CCLM	9.3	11.2	12.5	22	61	91	5 20 41
	HadGEM2CCLM	10.5	11.9	13.1	39	76	112	2 28 64
Nahe Zukunft RCP8.5	MPI2CCLM	8.9	11.2	12.3	30	64	102	2 18 49
	HadGEM2CCLM	11.1	12.1	13.8	48	81	105	8 32 68

Tab. 5.16: Entwicklung der mittleren jährlichen Lufttemperatur und der Kenntage für verschieden Klimaprojektionen für 2021-2050 mit Mittelwert, Minimum und Maximum

	Modell	Lufttemperatur in °C Min Max			Sommertage (T_{max} ≥25 °C) Min Max		Heiße Tage (T_{max} ≥30 °C) Min Max	
Referenzzeitraum 1971 - 2000		8.8	10.1	11.6	25	49	71	3 10 26
Ferne Zukunft RCP2.6	MPI2CCLM	9.9	11.1	12.4	33	60	93	5 18 48
Ferne Zukunft RCP4.5	MPI2CCLM	10.9	11.9	13.2	45	75	120	8 25 59
	HadGEM2CCLM	11.7	12.9	14.5	59	93	121	10 39 77
Ferne Zukunft RCP8.5	MPI2CCLM	11.9	13.6	15.2	45	97	134	4 42 77
	HadGEM2CCLM	13.1	14.8	16.5	88	117	145	33 70 115

Tab. 5.17: Entwicklung der mittleren jährlichen Lufttemperatur und der Kenntage für verschieden Klimaprojektionen für 2071-2100 mit Mittelwert, Minimum und Maximum

Um die Auswirkungen des Klimawandels auf Ettlingen zu untersuchen, wurden zwei zusätzliche Berechnungen mit PALM-4U unter der Betrachtung des Szenarios RCP8.5 mit geringer Treibhausgaseinsparung für die nahe Zukunft, das 30-jährige Mittel um 2050 (2036-2065) und

die ferne Zukunft, das Mittel um das Jahr 2085 (2071-2100) durchgeführt. Dafür wurde die Veränderung der mittleren Temperaturen der Heißen Tage betrachtet und für den Zeitraum um 2050 eine Zunahme um 1 K und für 2071-2100 um 2.5 K gegenüber dem aktuellen Simulationszeitraum um 2018 berechnet und als Antrieb für die Simulation des Zukunftsszenarios verwendet.

Die in den vorherigen Kapiteln dargestellten PALM-4U Ergebnisse für Ettlingen sind mit Messdaten von dem 25.07.2018 bis 27.07.2018 initialisiert worden. Diese Tage gehören zu den wärmsten der Jahre 2009 bis 2024 und sind wärmer als ein durchschnittlicher Heißer Tag in diesem Zeitraum. Die Ergebnisse der Zukunftsszenarien sind ebenfalls repräsentativ für überdurchschnittlich Heiße Tage in der Zukunft.

Abb. 5.18 zeigt die relative Wärmebelastung der bewohnten Gebäude in Ettlingen um 15 Uhr für das Zukunftsszenario RCP8.5 für die nahe Zukunft. Für die Einteilung in die Wärmebelastungsklassen werden die gleichen Temperaturgrenzen angewendet wie für die aktuelle Situation (vgl. **Abb. 5.4**), um die Veränderung in der Stadt Ettlingen darzustellen. Der Großteil der Häuser erfährt nach diesen Bewertungskriterien eine sehr stark erhöhte Wärmebelastung, die auch schon an Freiraumstandorten sowie dem Standort Rheinstetten wirksam wird. Einige wenige liegen im Bereich der allgemeinen und erhöhten Wärmebelastung, diese sind vorwiegend von Grünflächen bzw. Baumstandorten umgeben oder entlang der Alb gelegen, wie z.B. die Gebäude an der Schumacher Str. oder die Einfamilienhäuser mit großzügigen Gärten, welche am Hang unterhalb des Waldes liegen. Im gesamten Stadtgebiet verteilt liegen Gebäude mit einer stark erhöhten Wärmebelastung.

In **Abb. 5.19** ist die relative Wärmebelastung der bewohnten Gebäude in Ettlingen um 24 Uhr für das Zukunftsszenario RCP8.5 für die nahe Zukunft zu sehen. In der Wärmebelastung ist der Einflussbereich des Albtälers zu erkennen. Direkt an der Albtalöffnung bis zum östlichen Bereich der Altstadt gilt vorwiegend eine allgemeine Wärmebelastung. Im westlichen Bereich der Altstadt, dem davon nordöstlich gelegenen unteren Teil des Hangbereiches, den südlich der Altstadt gelegenen Randbereichen von Ettlingen sowie den nordöstlichen Randbereichen von Ettlingen West ist eine erhöhte Wärmebelastung berechnet. Mit zusätzlicher Entfernung der Albtalöffnung gilt eine stark erhöhte Wärmebelastung, z.B. westlich und nordwestlich der Innenstadt. Diese geht ab dem Musikerviertel und Innenstadt West in eine vorwiegend sehr stark erhöhte Wärmebelastung über.

Die relative Wärmebelastung für die bewohnten Gebäude in Ettlingen um 15 Uhr für das Zukunftsszenario RCP8.5 für die ferne Zukunft ist in **Abb. 5.20** dargestellt. Es ist keine räumliche

Verteilung von unterschiedlicher Wärmebelastung zu sehen, alle Gebäude bis auf eines liegen im Bereich sehr stark erhöhter Wärmebelastung nach der Einteilung für die aktuelle Situation, dies betrifft auch Freiraumstandorte sowie den Standort Rheinstetten. Auch um 24 Uhr (**Abb. 5.21**) liegen nach der Bewertung fast alle Gebäude im Bereich sehr stark erhöhter Wärmebelastung. Einige wenige Gebäude im Osten von Ettlingen an der Albtalöffnung liegen im Bereich stark erhöhter Wärmebelastung.

Insgesamt ist aus den Klimaprojektionen zu schließen, dass die Bedeutung von Klimaanpassungsmaßnahmen und die Einstellung auf wärmere Temperaturen und mehr Heiße Tage gestiegen ist. Anforderungen für den bodennahen Luftmassenaustausch bleiben bestehen bzw. werden gesteigert, da aufgrund der höheren Boden- und Lufttemperatur im städtischen Bereich für die nächtliche Abkühlung die Wirkung der lokalen Kaltluft trotz erhöhtem Temperaturniveau bedeutend bleibt. Die Bedeutung und Funktionsfähigkeit der Kaltluftentstehung und der ausgleichenden Kaltluftströmungen wird in letzter Zeit auch hinsichtlich sich ändernder lokaler Bedingungen fachlich betrachtet. Dabei wurden beispielsweise Messdaten kontinuierlich betriebener Messstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Baden-Württemberg für langanhaltende und niederschlagsfreie Hitzeperioden hinsichtlich der nächtlichen Kaltluftbedingungen ausgewertet (Lohmeyer, 2023).

Betrachtet wurden die Messdaten einer Station in Kuppenlage und einer nahegelegenen Station in Tallage, jeweils in Freiraumnutzungen gelegen. Aus diesen Auswertungen war abzuleiten, dass bei langen, trockenen, sommerlichen Hitzeperioden die Kaltluftsysteme ihre Wirkung nicht verlieren. Damit sind den nächtlichen Kaltluftbelüftungen von Siedlungsbereichen in reliefiertem Gelände auch zukünftig an Tagen mit Wärmebelastungen bedeutende ausgleichende Funktionen zuzuschreiben.

Unterstützt werden diese Ergebnisse, Beobachtungen und Folgerungen durch Auswertungen von Messdaten in Berlin an einem Standort in einer baumbestandenen und bewässerten Parkanlage und einem Standort an einem baumlosen, nicht bewässerten Park (Hodan, 2020) mit folgend übernommener Schlussfolgerung: „Insgesamt kann aus den Ergebnissen geschlossen werden, dass in niederschlagsarmen Sommern mit vertrockneter Vegetation, baumlose Parks wie das Tempelhofer Feld einerseits vormittags erhöhte Lufttemperaturen (…) aufweisen, sich andererseits aber nachts in ihrer Kühlwirkung nicht signifikant von feuchteren Sommern unterscheiden (…) und somit auch in einem zukünftig möglicherweise trockeneren Sommerklima als kühlere Refugien und Ausgleichräume ihre stadtklimatische Bedeutung haben.“

Daraus ist abzuleiten, dass auch zukünftig der Funktionsfähigkeit der Kaltluftströmung in Form des Albtälers für die natürliche Kühlung von Ettlingen im Planungsprozess eine hohe Bedeutung zuzuschreiben ist und Leitluftbahnen möglichst freigehalten werden müssen.

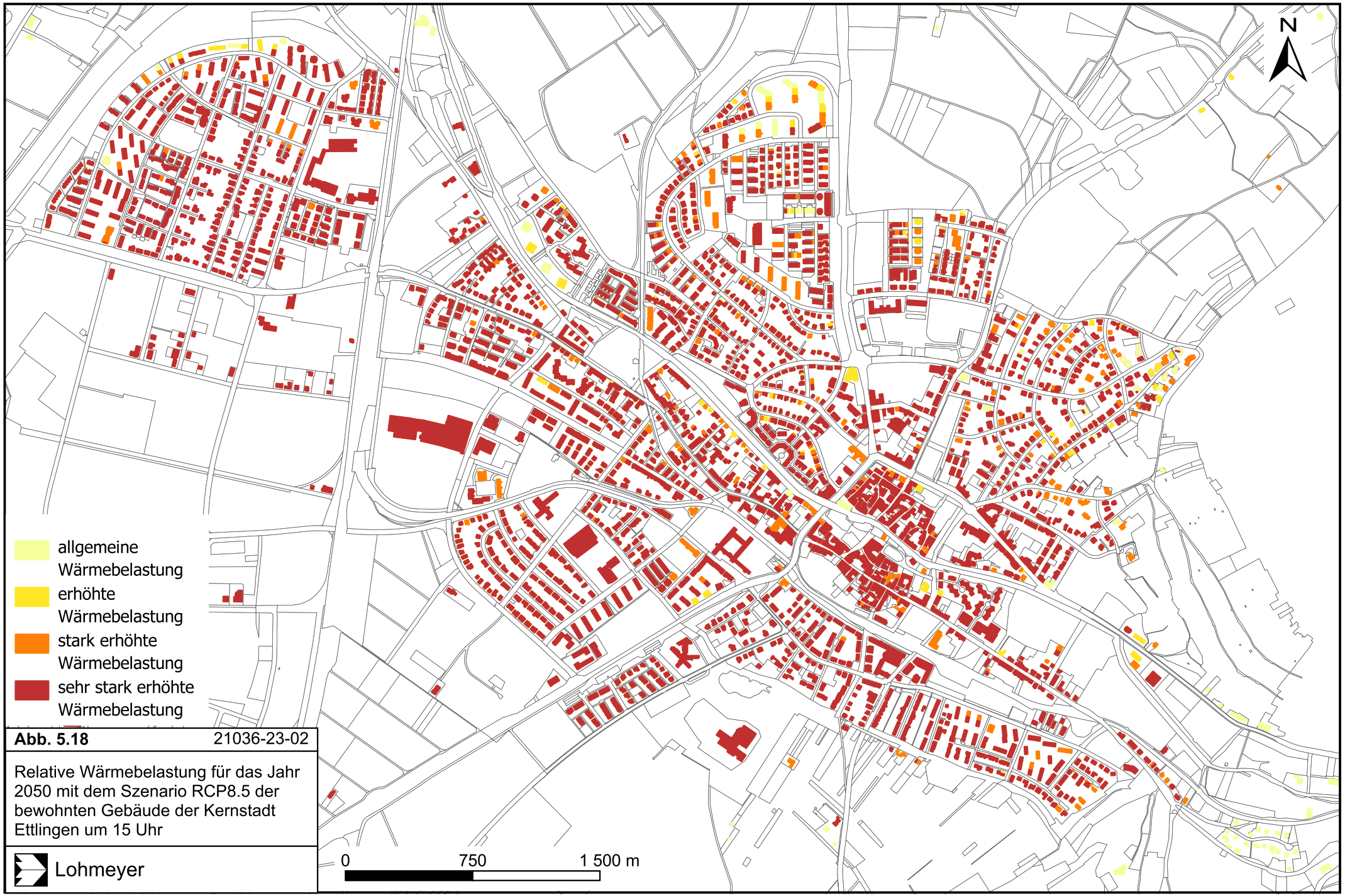


Abb. 5.18 21036-23-02

Relative Wärmebelastung für das Jahr 2050 mit dem Szenario RCP8.5 der bewohnten Gebäude der Kernstadt Ettlingen um 15 Uhr

Lohmeyer

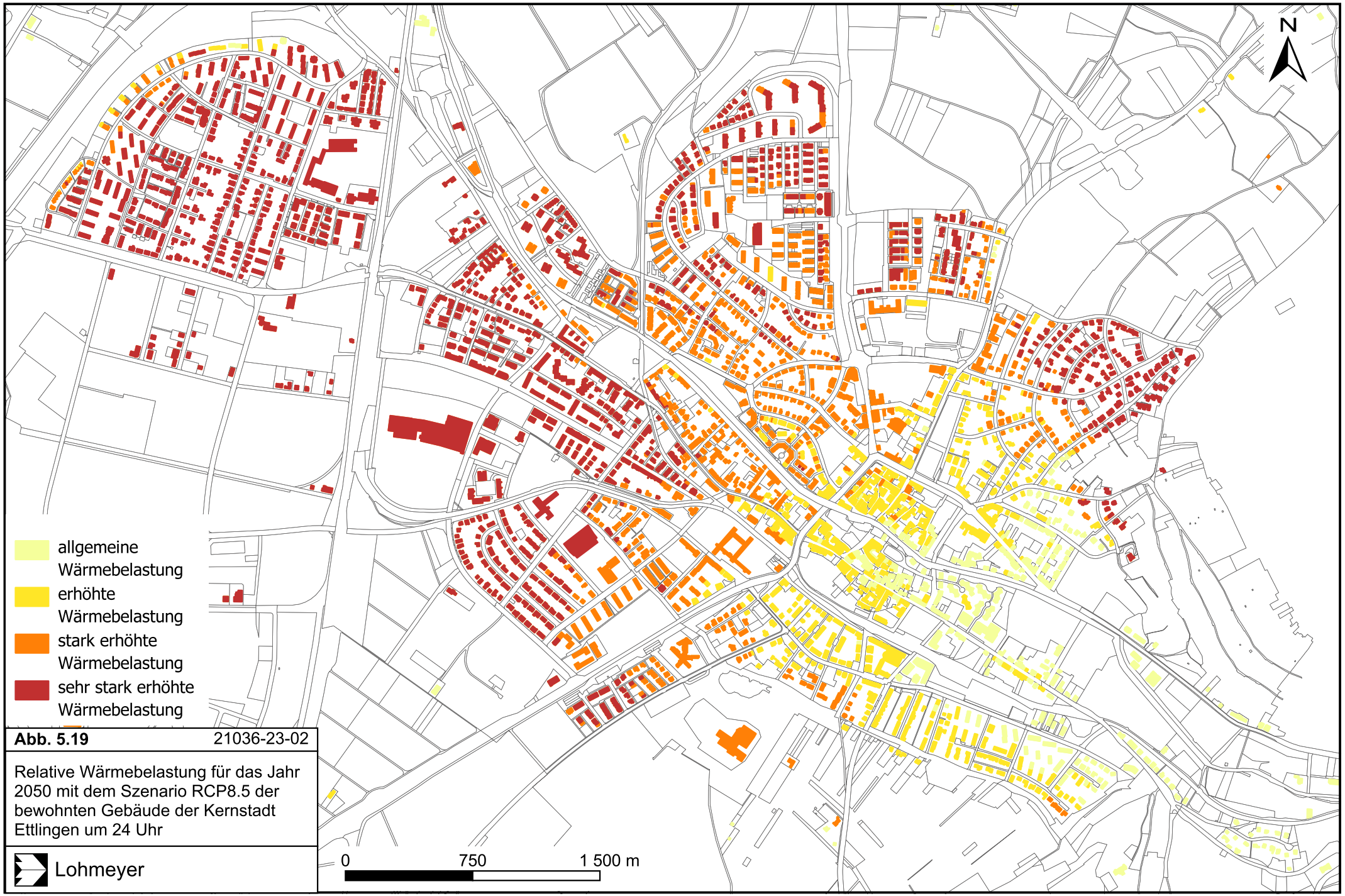


Abb. 5.19 21036-23-02

Relative Wärmebelastung für das Jahr 2050 mit dem Szenario RCP8.5 der bewohnten Gebäude der Kernstadt Ettlingen um 24 Uhr

Lohmeyer

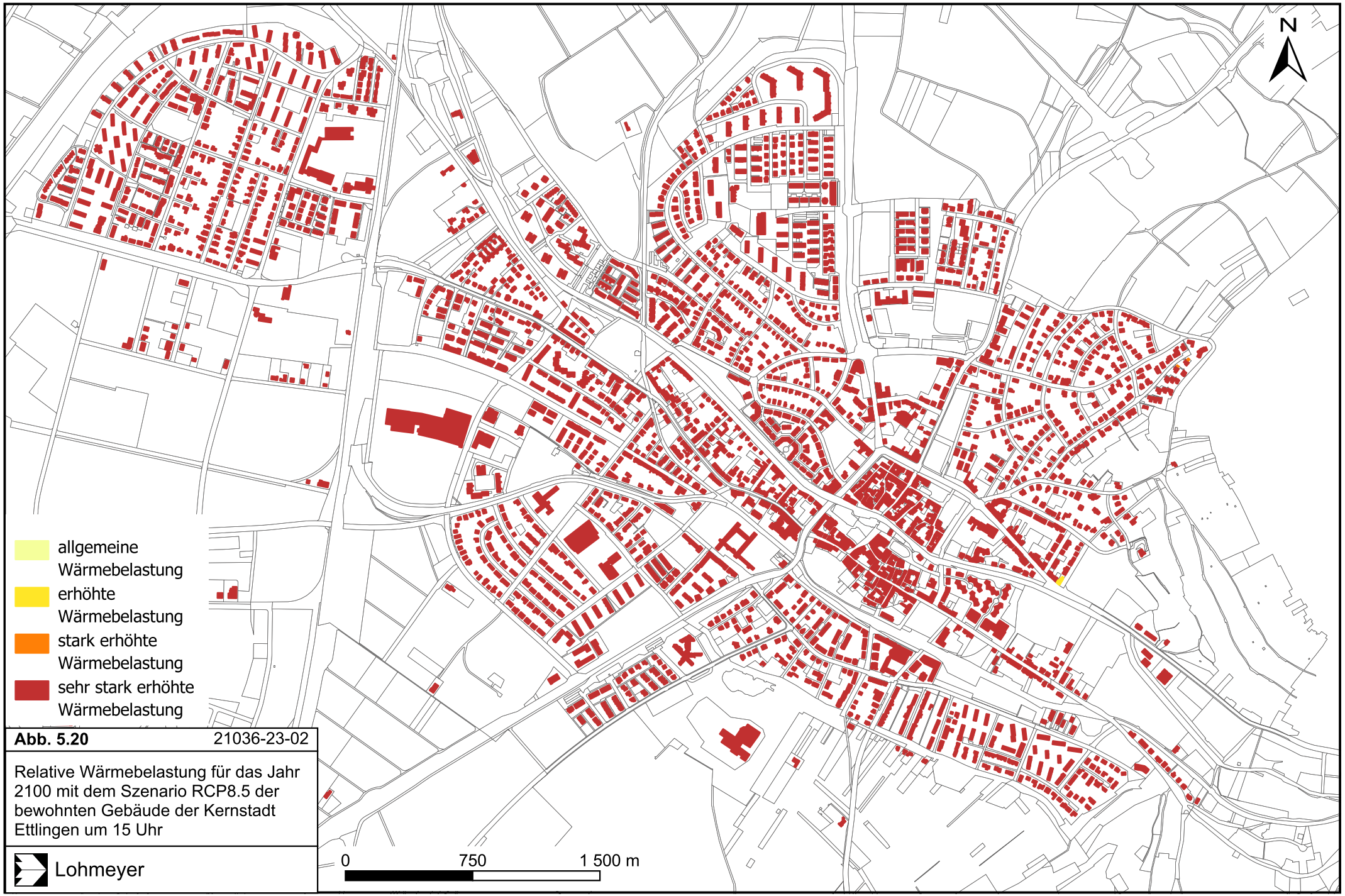


Abb. 5.20 21036-23-02

Relative Wärmebelastung für das Jahr 2100 mit dem Szenario RCP8.5 der bewohnten Gebäude der Kernstadt Ettlingen um 15 Uhr

Lohmeyer

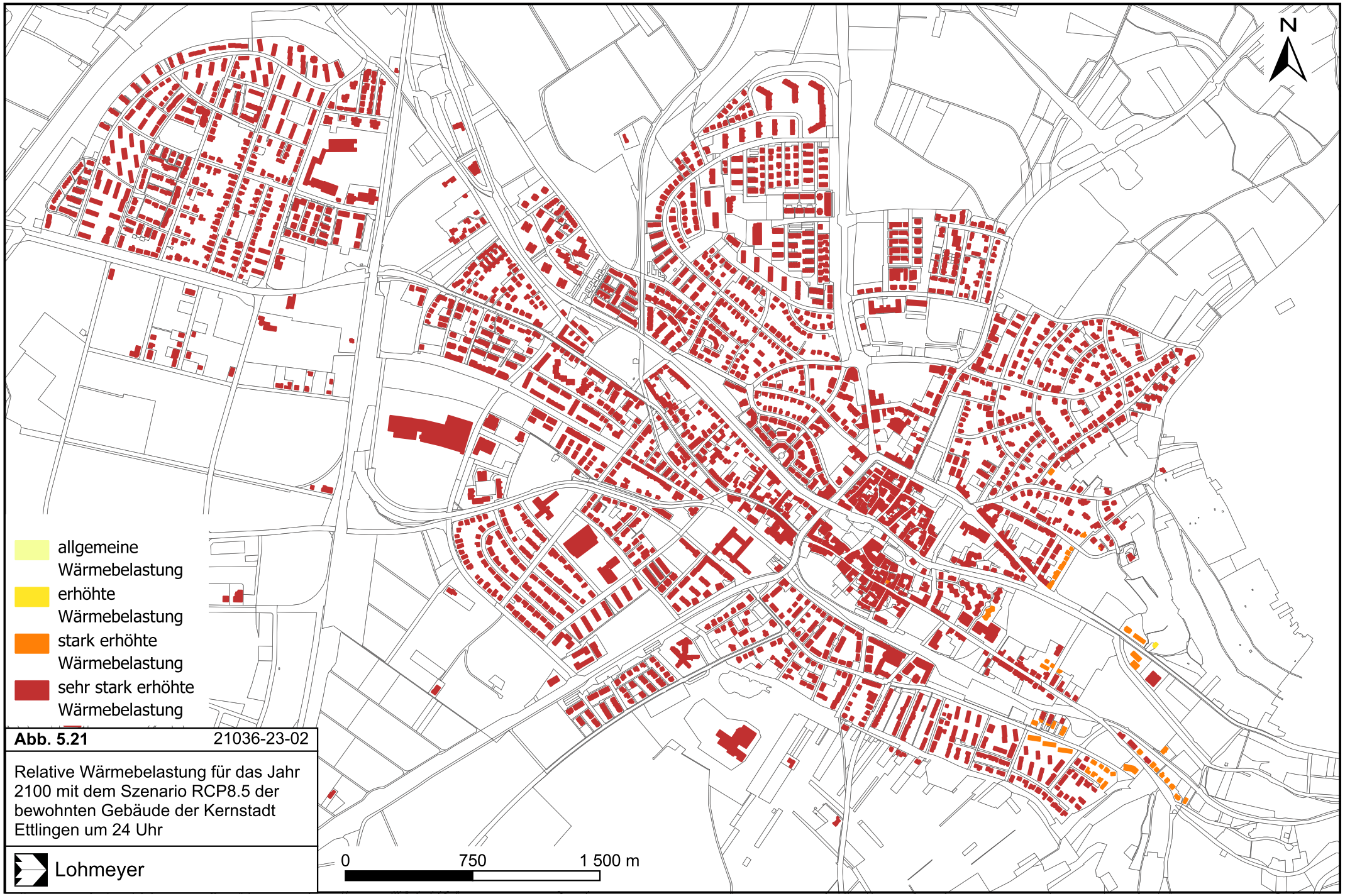


Abb. 5.21 21036-23-02

Relative Wärmebelastung für das Jahr 2100 mit dem Szenario RCP8.5 der bewohnten Gebäude der Kernstadt Ettlingen um 24 Uhr

Lohmeyer

5.4 Steckbriefe

Auf Grundlage der Ergebnisse für die Lufttemperatur in 2 m Höhe, des UTCI sowie der Kaltluftmächtigkeit und -volumenstromdichte werden ortsspezifische Steckbriefe zur Hitzeanpassung für relevante Stadtquartiere erstellt. Diese enthalten eine Beschreibung der jeweiligen Situation, in der Bebauung, Vegetation, natürliche Kühlung durch den Albtäler, Wärmebelastung und Erreichbarkeit von natürlichen Kühlbereichen dargestellt sind. Ergänzt wird dies durch eine Abbildung des Stadtquartiers mit Gebäuden, Bäumen und dem UTCI, auf deren Basis spezifische Verhaltensempfehlungen im Freien für Hitzeperioden in dem jeweiligen Quartier während der Tagstunden formuliert sind. Im Weiteren ist eine Abbildung mit der Lufttemperatur in 2 m in einer Sommernacht dargestellt und den entsprechenden hitzebezogenen Verhaltensempfehlung in Wohn- und Aufenthaltsbereichen. Darüber hinaus werden aus der stadtklimatischen Situation des Stadtquartiers Maßnahmen für die Planung abgeleitet und für die dort bestehende kritische Infrastruktur wie Kindergarten, Schulen, Alten-, Pflege- und Seniorenheime spezifische Hinweise formuliert. In den Steckbriefen werden lokale stadtklimarelevante Besonderheiten des jeweiligen Quartiers hervorgehoben und detailliert beschrieben. Allgemeine Verhaltensmaßnahmen in Hitzeperioden, wie z.B. vom DWD (https://www.dwd.de/DE/leistungen/hitzewarnung/hitzewarnung, zuletzt abgerufen: 29.10.2025) benannt, sind übergeordnete Grundlage aller Steckbriefe und lauten:

- Hitze meiden
  - kein Aufenthalt in der direkten Sonne
  - nicht in der heißesten Zeit (nachmittags) nach draußen gehen
  - Unterlassen von großen Anstrengungen, sportliche Aktivität im Freien in den frühen Morgenstunden
- Körper kühl halten und auf ausreichende Flüssigkeits- und Elektrolytzufuhr achten
  - ausreichend und regemäßig trinken, an heißen Tagen ist der Flüssigkeitsbedarf deutlich erhöht
  - Tragen von luftiger, heller Kleidung und einer Kopfbedeckung
  - kühl duschen oder baden, auch kalte Arm- und Fußbäder wirken entlastend
  - Alkohol meiden und bevorzugt leichtes Essen zu sich nehmen
- Wohnung kühl halten
  - Lüften, wenn es draußen kühler ist als drinnen
  - Räume vor direkter Sonneneinstrahlung schützen

Die Steckbriefe für die Quartiere Altstadt, Watthaldenpark, Am Albgrün, Innenstadt West, Innenstadt Ost, Musikerviertel Ost, Musikerviertel West, Neuwiesenreben Nord, Neuwiesenreben Süd und Ettlingen West sind im Anhang zu finden.



Abb. 5.22: Lageplan der Quartiere in Ettlingen

6 QUELLEN

6.1 Literatur

Bröde, P., Fiala, D., Blażejczyk, K., Holmér, I., Jendritzky, G., Kampmann, B., Tinz, B., Havenith, G. (2012): Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). International Journal of Biometeorology 56.3 (2012): 481-494.

Hodan, C., Heene, V., Koßmann, M. (2020): Messung und Evaluierung von thermischen Windsystemen und ihre Wirkung auf die Durchlüftung und die Hitzeinseln in Städten. Abschlussbericht: Vorhabenbezeichnung: Fördermaßnahme "Stadtklima im Wandel" (UC)², Modul B, Verbundprojekt: Dreidimensionale Observierung atmosphärischer Prozesse in Städten (3DO), Teilprojekt 11.

Jendritzky, G., de Dear, R., Havenith, G. (2012): UTCI—why another thermal index?. International journal of biometeorology, 56(3), 421-428, Mai 2012.

Lohmeyer GmbH (2020): Simulationen mit PALM-4U. Lohmeyer GmbH, Karlsruhe. Lohmeyer aktuell, Ausgabe Nr. 43, August 2020. URL: https://www.lohmeyer.de/ueber-uns/hauszeitung/Seite3.

Lohmeyer (2023): Kaltluftverhältnisse bei andauernden Hitzeperioden. Lohmeyer GmbH, Karlsruhe. Lohmeyer aktuell, Ausgabe Nr. 49, August 2023. URL: https://www.lohmeyer.de/ueber-uns/hauszeitung/.

Maronga, B., Gryschka, M., Heinze, R., Hoffmann, F., Kanani-Sühring, F., Keck, M., Ketelsen, K., Letzel, M. O., Sühring, M., Raasch, S. (2015): The Parallelized Large-Eddy Simulation Model (PALM) version 4.0 for atmospheric and oceanic flows: model formulation, recent developments, and future perspectives. Geoscientific Model Development Discussions 8 (2015), Nr. 2, S. 1539-1637 (2015).

Maronga, B., Gross, G., Raasch, S., Banzhaf, S., Forkel, R., Heldens, W., Kanani-Sühring, F., Matzarakis, A., Mauder, M., Pavlik, D., Pfaffenrott, J., Schubert, S. Seckmeyer, G., Sieker, H., Winderlich, K. (2019): Development of a new urban climate model based on the model PALM-Project overview, planned work, and first achievements. Meteorologische Zeitschrift (2019): 1-15.

Raasch, S., Schröter, M. (2001): PALM – a large-eddy simulation model performing on massively parallel computers. Meteorologische Zeitschrift 10.5 (2001): 363-372.

Scherhag, R., Blüthgen, J., Lauer, W. (1977): Klimatologie. 9. Aufl. Westermann Verlag, Braunschweig. ISBN N 3-14-160284-0, S. 204.

Van Vuuren, D. P., et al. (2026): The Scenario Model Intercomparison Project for CMIP7. Geoscientific Model Development, 19, 2627-2656.

VDI 3783 Blatt 7 (2017): Umweltmeteorologie. Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle. Evaluierung für dynamisch und thermisch bedingte Strömungsfelder. Richtlinie VDI 3783 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017.

VDI 3783 Blatt 9 (2017): Umweltmeteorologie - Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für Gebäude- und Hindernisströmung. Richtlinie VDI 3783 Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017.

VDI 3787 Blatt 2 (2008): Umweltmeteorologie – Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung – Teil I: Klima. Richtlinie VDI 3787 Blatt 2. Hrsg.: VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss, Düsseldorf, November 2008.

6.2 Materialien

Materialien wurden vom Planungsamt Ettlingen zur Verfügung gestellt und durch Daten des Open GeoData Portal des Landesamtes für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg ergänzt.

- Digitales Geländemodell, Open GeoData Portal, heruntergeladen 09/2024
- Digitales Oberflächenmodell DOM, Open GeoData Portal, heruntergeladen 09/2024
- Digitales Gebäudemodell LOD1, Open GeoData Portal, heruntergeladen 10/2024
- Baumkataster, Open GeoData Portal, heruntergeladen 10/2024
- ALKIS-Daten, Open GeoData Portal, heruntergeladen 10/2024
- Luftbilder Open GeoData Portal, heruntergeladen 10/2024
- Einwohnerdaten, Übergeben durch das Planungsamt Ettlingen, 02/2025
- Kritische Infrastruktur (Schulen, Kindergarten, Seniorenheime, etc.), Übergeben durch das Planungsamt Ettlingen, 03/2025
- Brunnen in Ettlingen, Übergeben durch das Planungsamt Ettlingen, 07/2025
- Quartiere in Ettlingen, Übergeben durch das Planungsamt Ettlingen, 07/2025
- Kühle Räume in Ettlingen, Übergeben durch das Planungsamt Ettlingen, 10/2025
- Klimatische Ausstattung von städtischen Einrichtungen, Übergeben durch das Planungsamt Ettlingen, 10/2025

7 ANHANG

7.1 Wärmebelastung Bestand außerhalb der Kernstadt

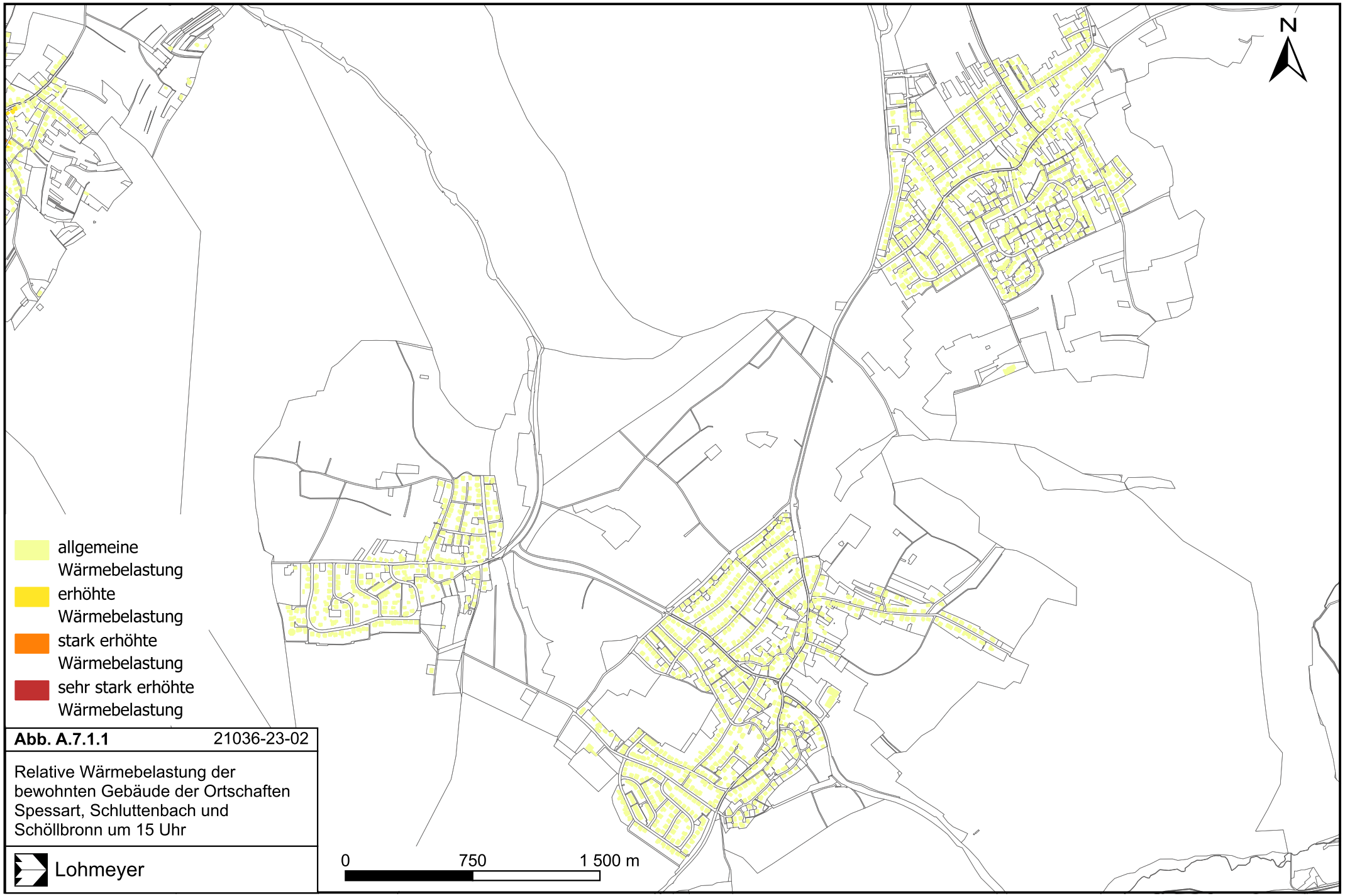


Abb. A.7.1.1 21036-23-02

Relative Wärmebelastung der bewohnten Gebäude der Ortschaften Spessart, Schluttenbach und Schöllbronn um 15 Uhr

Lohmeyer

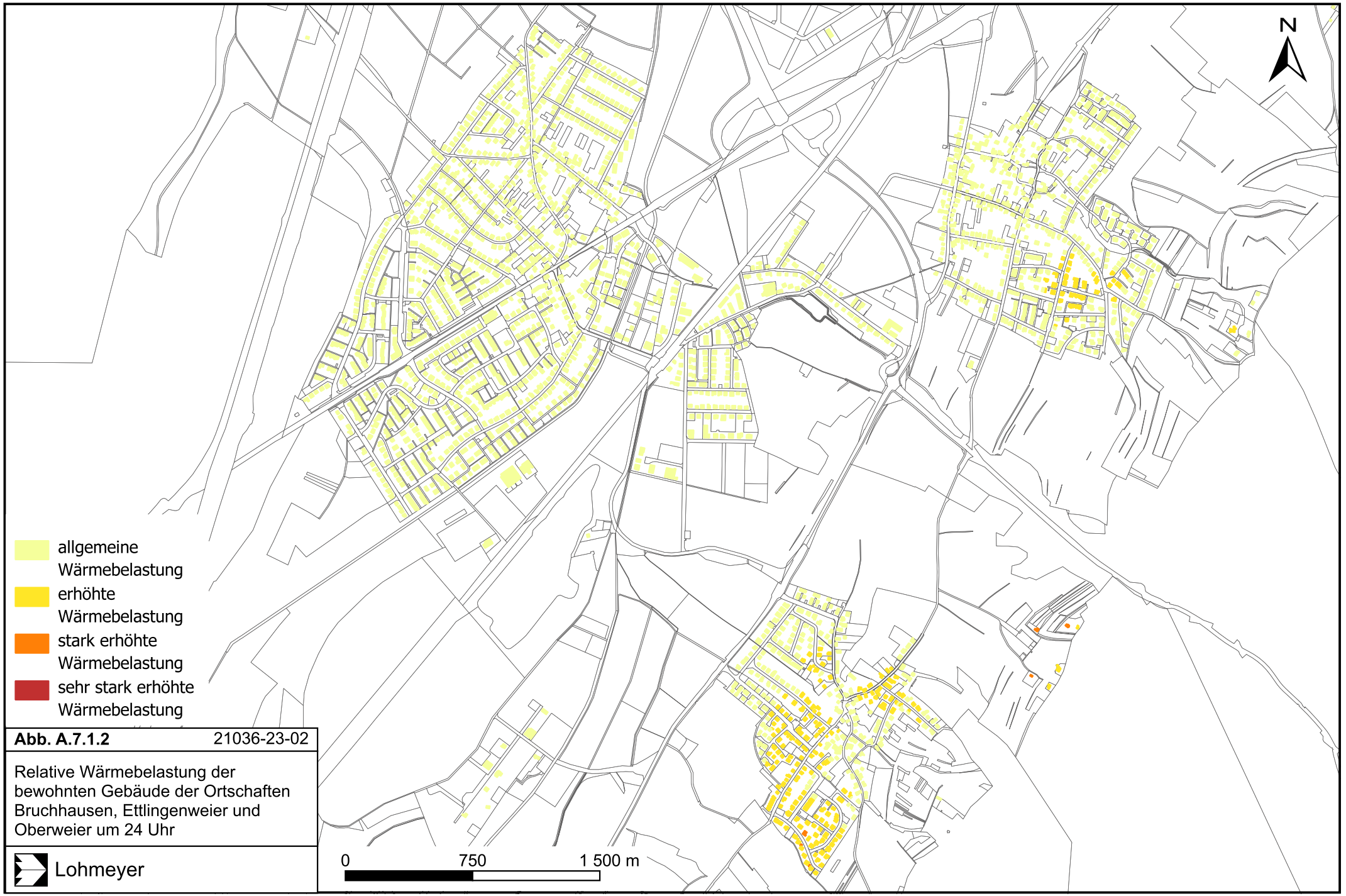


Abb. A.7.1.2 21036-23-02

Relative Wärmebelastung der bewohnten Gebäude der Ortschaften Bruchhausen, Ettlingenweier und Oberweier um 24 Uhr

Lohmeyer

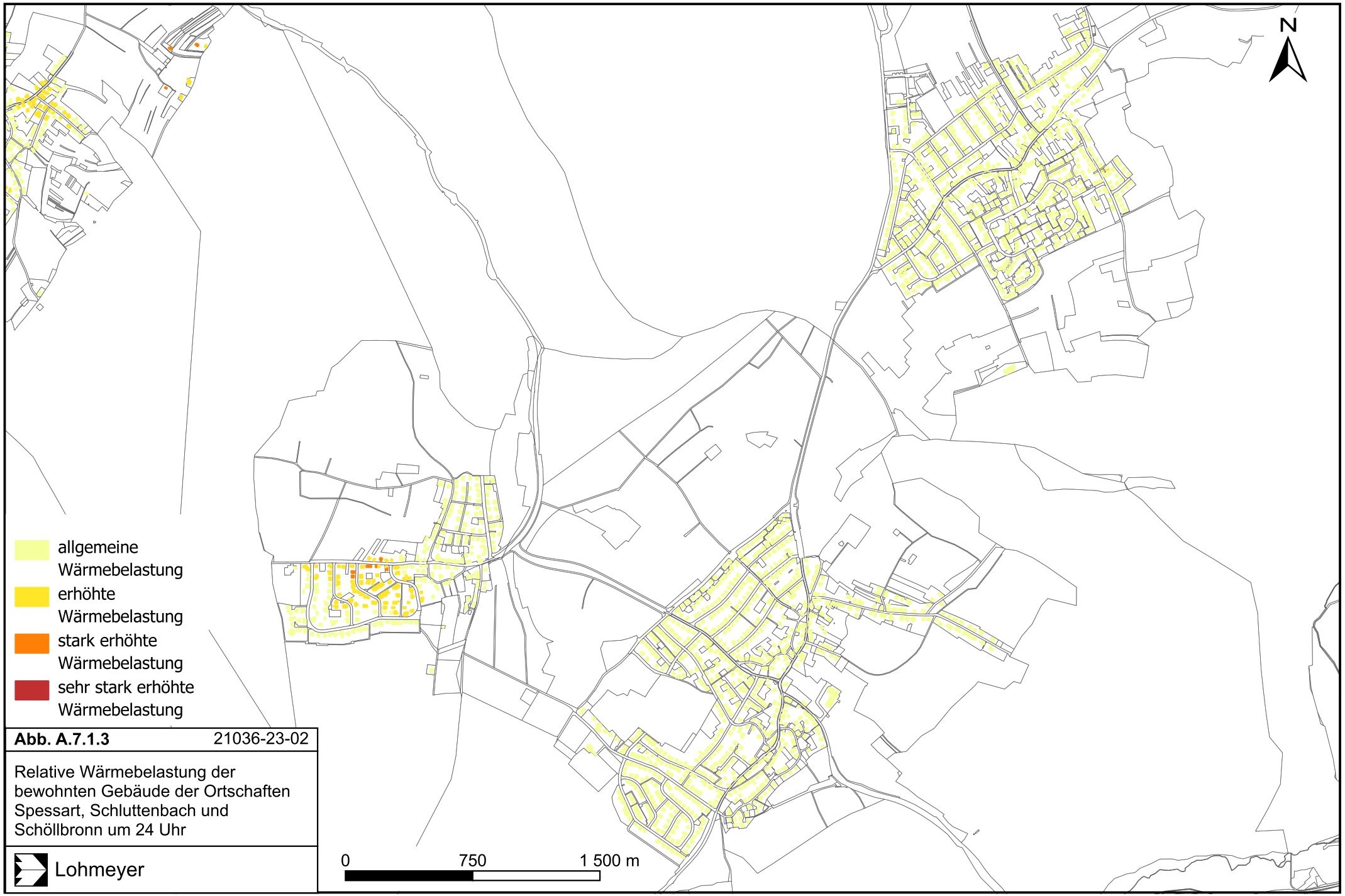


Abb. A.7.1.3 21036-23-02

Relative Wärmebelastung der bewohnten Gebäude der Ortschaften Spessart, Schluttenbach und Schöllbronn um 24 Uhr

Lohmeyer

7.2 Klimaprojektion RCP4.5

Das Szenario RCP8.5 beschreibt eine geringe Treibhausgaseinsparung mit kontinuierlichem Anstieg und einer Stabilisierung der Emissionen auf einem sehr hohen Niveau bis zum Ende des 21. Jahrhunderts. In der Veröffentlichung von Van Vuuren et al. (2026) zu den neuen Emissionsszenarien für das Coupled Model Intercomparison Project Phase 7 (GMIP7) wird darauf hingewiesen, dass das Hochemissionsszenario RCP8.5 sowie auch das nachfolgende Szenario SSP5-8.5, aufgrund der weltweit erfolgten Klimaschutzmaßnahmen, zu hoch und zu pessimistisch ist. Daher werden zwei zusätzliche Berechnungen mit PALM-4U unter Betrachtung des Szenarios RCP4.5 durchgeführt. Dafür wurde, entsprechend dem Szenario RCP8.5, die Veränderung der mittleren Temperatur an Heißen Tagen betrachtet und für den Zeitraum um 2050 eine Zunahme von 0.5 K und für 2071-2100 um 1.5 K gegenüber dem aktuellen Simulationszeitraum um 2018 abgeleitet und als Antrieb für die Simulation des Zukunftsszenarios verwendet.

Abb. **A.7.2.1** zeigt die relative Wärmebelastung der bewohnten Gebäude in Ettlingen um 15 Uhr für das Zukunftsszenario RCP4.5 für die nahe Zukunft. Für die Einteilung in die Wärmebelastungsklassen werden die gleichen Temperaturschwellen angewendet wie für die aktuelle Situation (vgl. **Abb. 5.4**), um die Veränderung in der Stadt Ettlingen darzustellen. Nach diesen Bewertungskriterien erfährt ca. die Hälfte der Gebäude eine sehr stark erhöhte Wärmebelastung. Diese befinden sich vorwiegend in der Innenstadt und eher dicht bebauten Bereichen. In weniger dicht bebauten Bereichen, wie z.B. dem Hangbereich und dem Bereich an der Albtalöffnung, ist erhöhte und stark erhöhte Wärmebelastung wirksam. In den Randbereichen im Norden und Nordwesten und Nordosten von Ettlingen herrscht allgemeine Wärmebelastung.

In **Abb. A.7.2.2** ist die relative Wärmebelastung der bewohnten Gebäude in Ettlingen um 24 Uhr für das Zukunftsszenario RCP4.5 für die nahe Zukunft aufgezeigt. Der Einfluss des Albtälers ist in der Wärmebelastung zu erkennen. Direkt an der Albtalöffnung bis zum westlichen Bereich der Altstadt sowie im nordöstlich davon gelegenen unteren Hangbereich besteht vorwiegend eine allgemeine Wärmebelastung. Nordwestlich der Altstadt, im westlichen Teil des Musikerviertels und in nordöstlichen Randbereichen von Ettlingen West ist eine erhöhte Wärmebelastung berechnet. Mit zusätzlicher Entfernung von der Albtalöffnung besteht eine stark erhöhte Wärmebelastung, 2.8. im Musikerviertel und den nördlichen Siedlungsbereich von Ettlingen. Ab Ettlingen West und den oberen Hangbereichen im Nordwesten geht es in eine vorwiegend sehr stark erhöhte Wärmebelastung über.

Die relative Wärmebelastung für die bewohnten Gebäude in Ettlingen um 15 Uhr für das Zukunftsszenario RCP4.5 für die ferne Zukunft ist in **Abb. A.7.2.3** dargestellt. Es ist keine räumliche Verteilung von Wärmebelastungsstufen zu sehen. Fast alle Gebäude bis auf einige wenige im Bereich der Albtalöffnung und im obersten Hangbereich liegen im Bereich sehr stark erhöhter Wärmebelastung nach der Einteilung der aktuellen Situation, das betrifft auch Freiraumstandorte sowie den Standort Rheinstetten.

In **Abb. A.7.2.4** ist die relative Wärmebelastung der bewohnten Gebäude in Ettlingen um 24 Uhr für das Zukunftsszenario RCP4.5 für die ferne Zukunft dargestellt. Der Einfluss des Albtälers ist zu erkennen. Gebäude direkt an der Albtalöffnung haben eine erhöhte Wärmebelastung. In der Alstadt sowie den südlich und nordöstlich davon gelegenen Bereichen besteht stark erhöhte Wärmebelastung. Westlich und nördlich der Altstadt geht es in eine sehr stark erhöhte Wärmebelastung über.

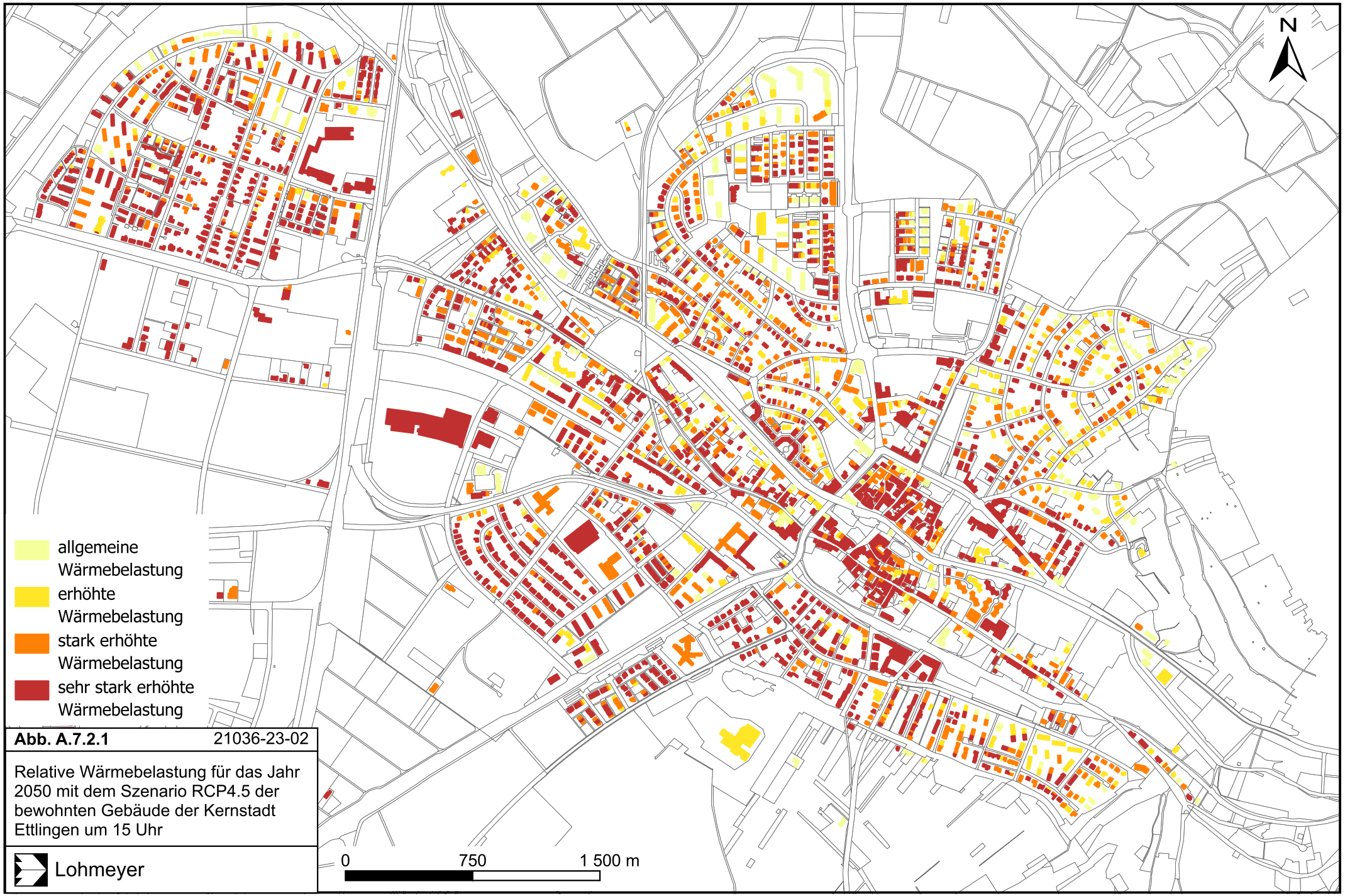


Abb. A.7.2.1 21036-23-02

Relative Wärmebelastung für das Jahr 2050 mit dem Szenario RCP4.5 der bewohnten Gebäude der Kernstadt Ettlingen um 15 Uhr

Lohmeyer

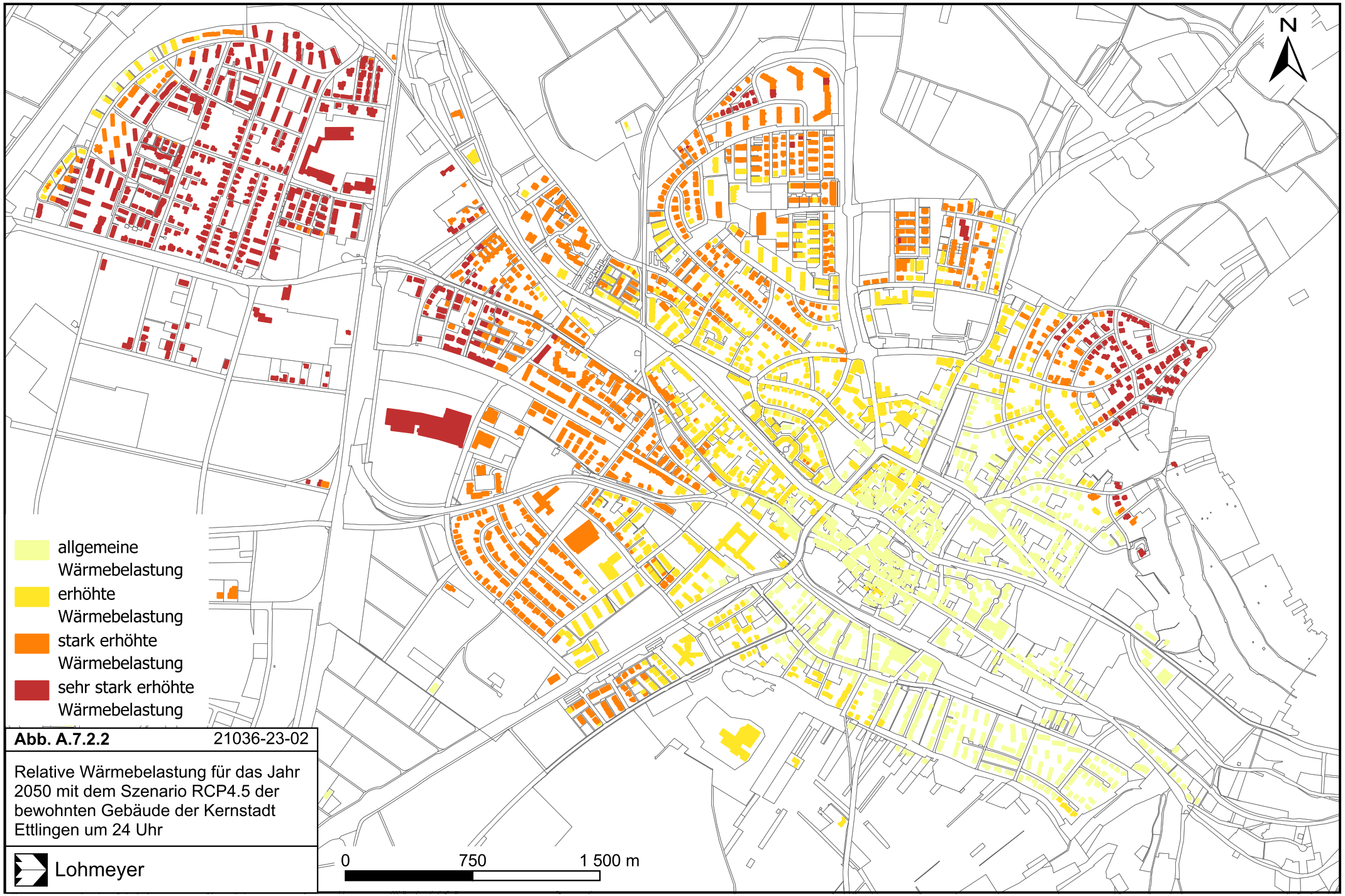


Abb. A.7.2.2 21036-23-02

Relative Wärmebelastung für das Jahr 2050 mit dem Szenario RCP4.5 der bewohnten Gebäude der Kernstadt Ettlingen um 24 Uhr

Lohmeyer

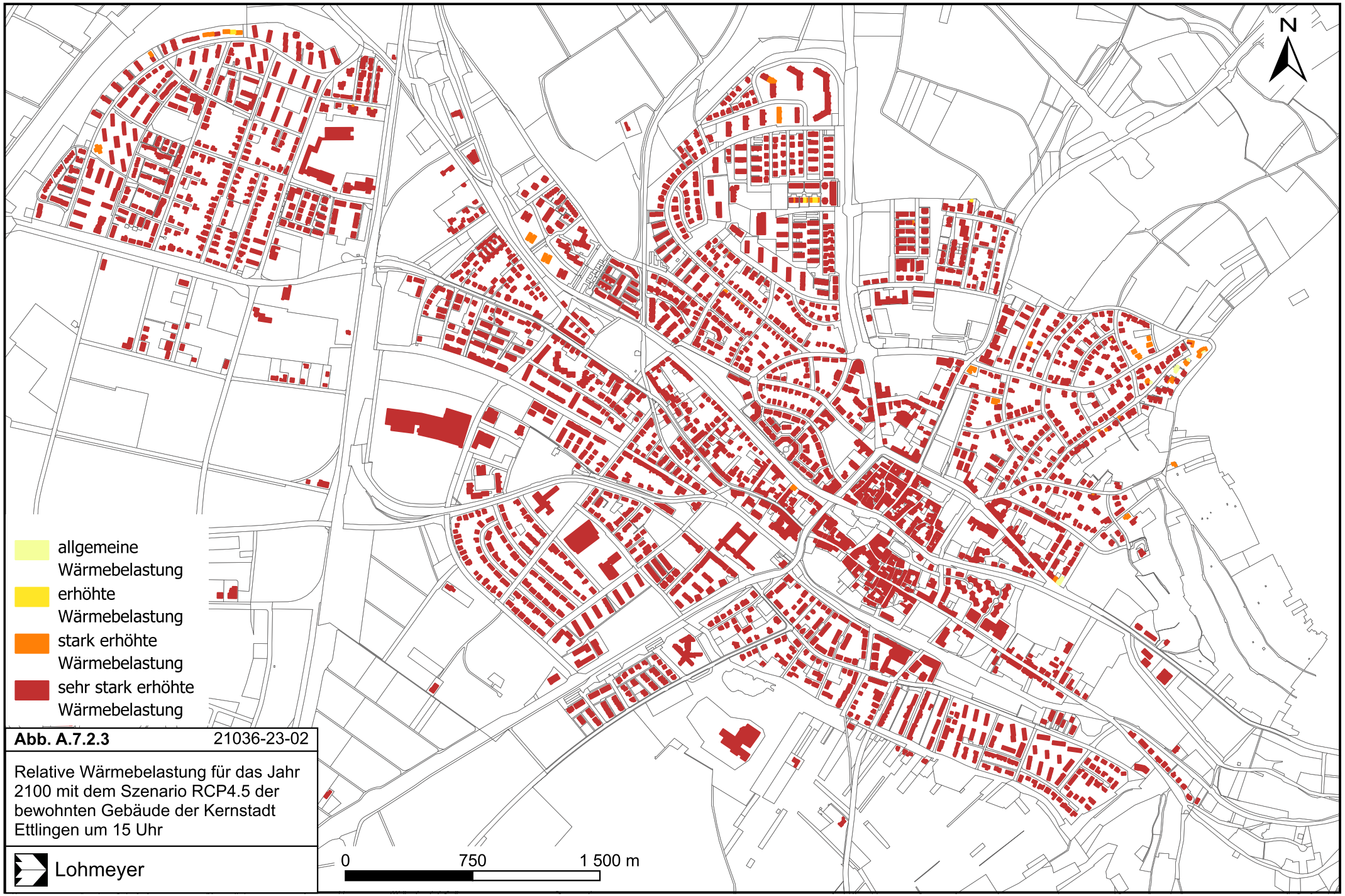


Abb. A.7.2.3 21036-23-02

Relative Wärmebelastung für das Jahr 2100 mit dem Szenario RCP4.5 der bewohnten Gebäude der Kernstadt Ettlingen um 15 Uhr

Lohmeyer

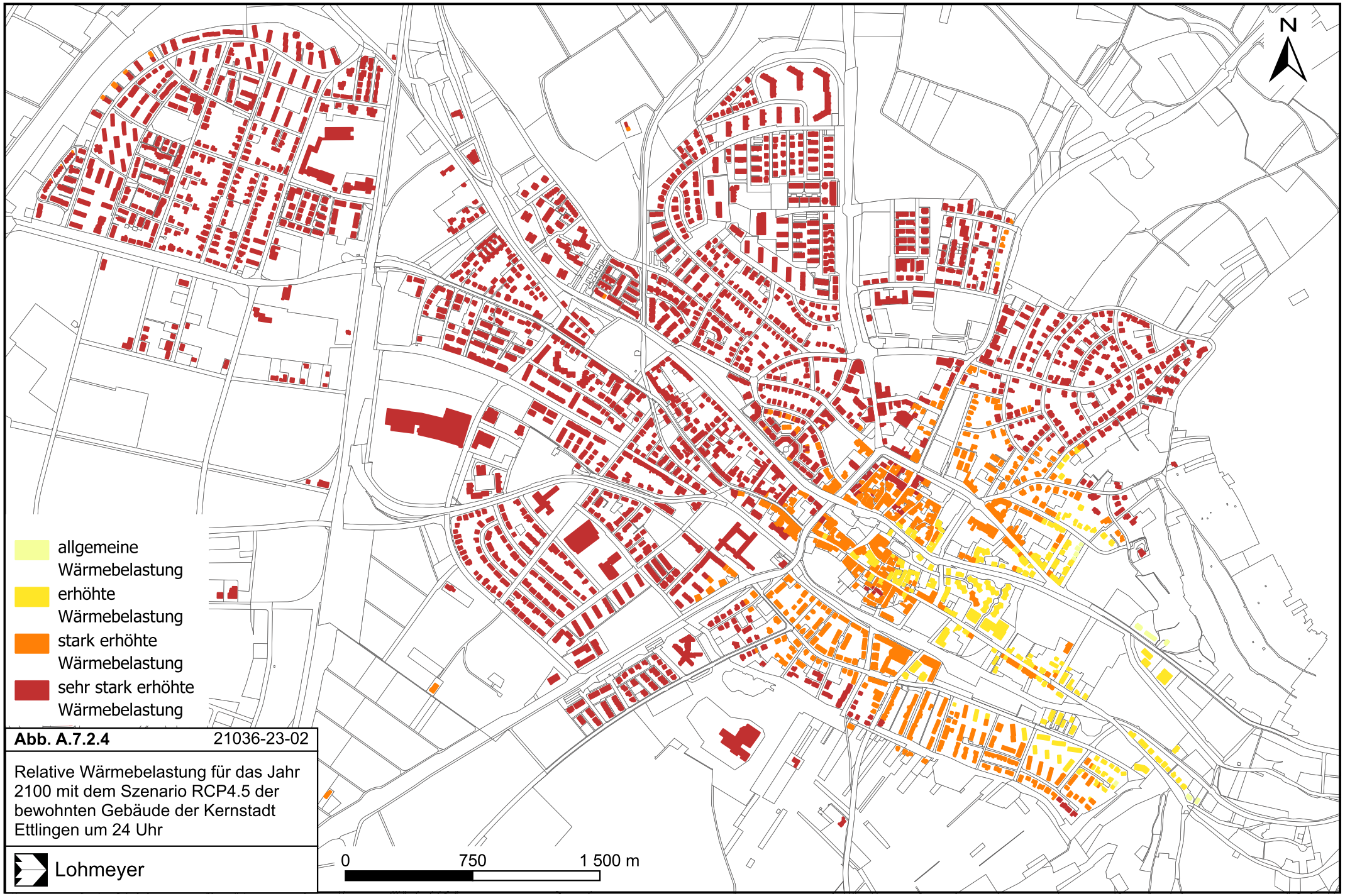


Abb. A.7.2.4 21036-23-02

Relative Wärmebelastung für das Jahr 2100 mit dem Szenario RCP4.5 der bewohnten Gebäude der Kernstadt Ettlingen um 24 Uhr

Lohmeyer

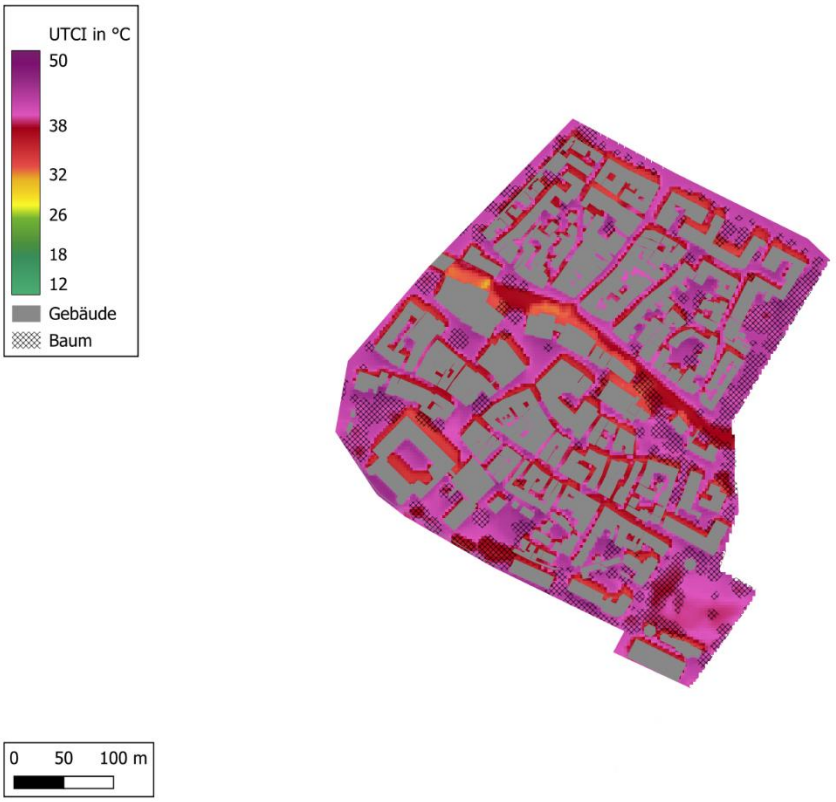
7.3 Steckbriefe

Altstadt

Situation:

- Zentrale Innenstadt, Fußgängerzone, dichte Bebauung
- Geringer Vegetationsflächenanteil, wenig Baumstandorte
- Zentraler Wirkbereich des „Albtälers“ mit guter nächtlicher Abkühlung
- Sehr stark erhöhte Wärmebelastung in Tagstunden
- Gute Erreichbarkeit natürlicher Kühlbereiche (öffentlich zugängliche Vegetationsflächen mit Baumstandorten oder offenen Wasserflächen)

Wärmebelastung an Heißen Sommertagen



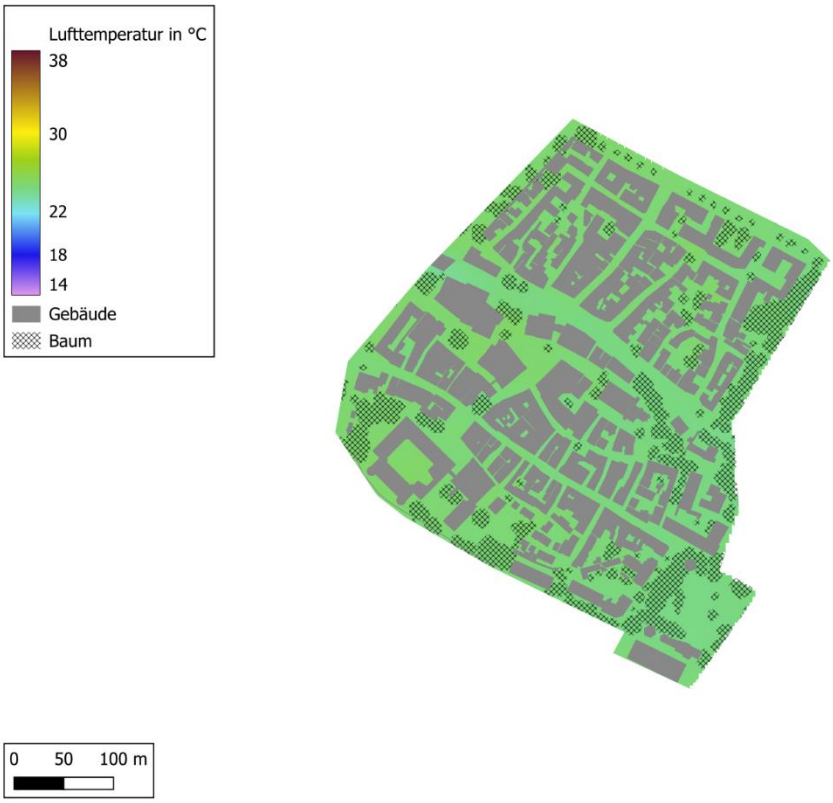
Verhaltensempfehlungen für Hitzeperioden:

Freiraumaufenthalte in Tagstunden:

- Aufsuchen verschatteter Bereiche (entlang der Alb, Stadtpark, Rosengarten, Gebäudeschatten, Baumschatten)
- Nutzung verfügbarer Trinkwasserzugänge (Schloss und Rathaus (während der Öffnungszeiten), Trinkwasserbrunnen Marktplatz)
- Nutzung verfügbarer Wasserkühlung: Alb, Stadtfontäne und Aquahüpferle (Stadtgarten); Klosterkelchbrunnen, Rosenwässerle (Rosengarten); Ettlinger

Kelch (Apothekergarten); Narrenbrunnen, Delphinbrunnen, Wandbrunnen Schlossgartenhalle (Schloss); Musikantenbrunnen, Marktfrauenbrunnen (Neuer Markt); Georgsbrunnen (Marktplatz); Pumpbrunnen, Römerbrunnen (Kirchplatz); Bachlauf Altstadtpromenade; Schildhalterin-Brunnen; Zwingerbrunnen, Mauerbrünnele, Junge Alb, perforierter Feuerwehrschlauch am Schlossplatz

Lufttemperatur in Sommernächten



Wohn- und Aufenthaltsbereiche:

- Raumkühlung durch geöffnete Fenster nach Sonnenuntergang
- in Tagstunden Sonnenschutz aller Fenster aktivieren (Rollladen, Jalousien, Gardinen)
- Öffentlicher Kühler Raum:
    - Stadtarchiv (Pforzheimer Str. 14)
        - Öffnungszeiten: Di 13:00 - 18:00 Uhr, Fr 9:00 - 12:00
    - Herz-Jesu-Kirche (Pforzheimer Str. 17)
        - Öffnungszeiten: Mo -So: 09:00 – 17:00
    - St. Martinskirche (Kirchenplatz 13)
        - Öffnungszeiten: Mo -So: 09:00 – 17:00

Maßnahmen für die Planung:

- Förderung der Balkon-, Fassaden- und Dachbegrünung
- Begrünung:
    - Beschattung durch Bäume für Nord-Süd ausgerichtete Straßen
    - zusätzliche Baumstandorte auf dem Marktplatz
- Angebotserweiterung öffentlicher „kühler“ Räume
- Schaffung von zusätzlicher öffentlicher Wasserversorgung (Wasserspiel, Verneblungsanlagen)
- Vernebelungsanlagen eventuell auch an Sitzplätzen von Restaurants, z. B. an Sonnenschirmen
- Zugang zur Alb

spezifische Hinweise für hier bestehende kritische Infrastruktur:

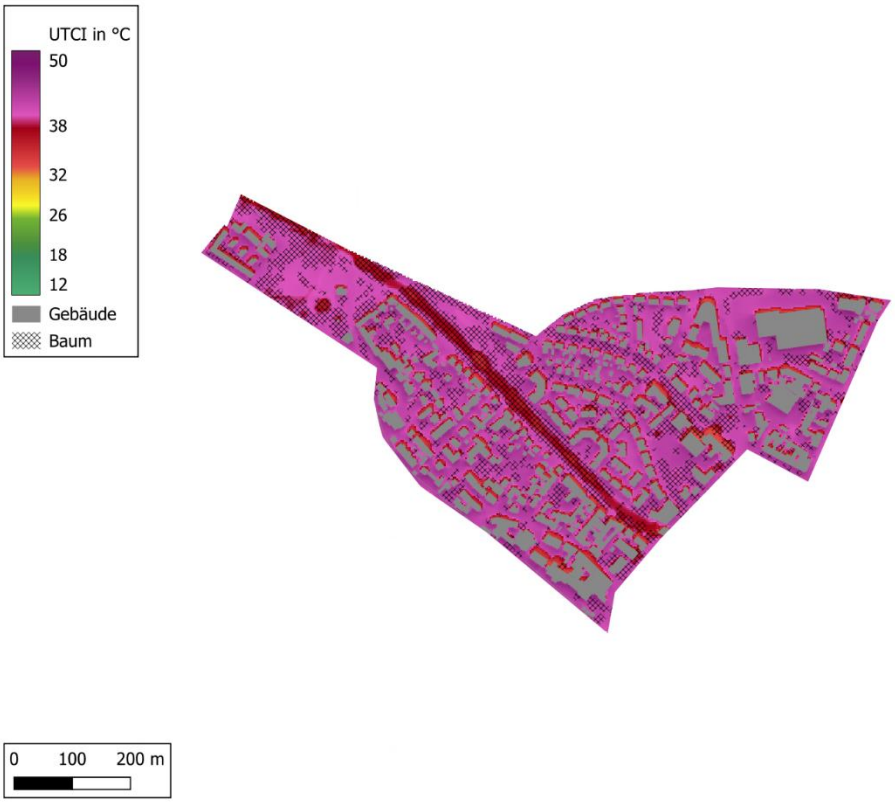
- Kindergarten: Gute natürliche Ausstattung; Aufenthalt draußen unter den vorhandenen Bäumen; frühmorgens querlüften, tagsüber Fenster geschlossen halten; episodisches Stoßlüften für kurze Zeit; Sonnenschutz aller Fenster aktivieren

Am Albgrün

Situation:

- Dichte Bebauung und Zeilenbebauung
- Private und öffentliche Vegetationsflächen und Baumstandorte
- Zentraler Wirkbereich des „Albtälers“ mit guter nächtlicher Abkühlung
- Allgemeine bis stark erhöhte Wärmebelastung in Tagstunden
- Gute Erreichbarkeit natürlicher Kühlbereiche (öffentlich zugängliche Vegetationsflächen mit Baumstandorten oder offenen Wasserflächen)

Wärmebelastung an Heißen Sommertagen

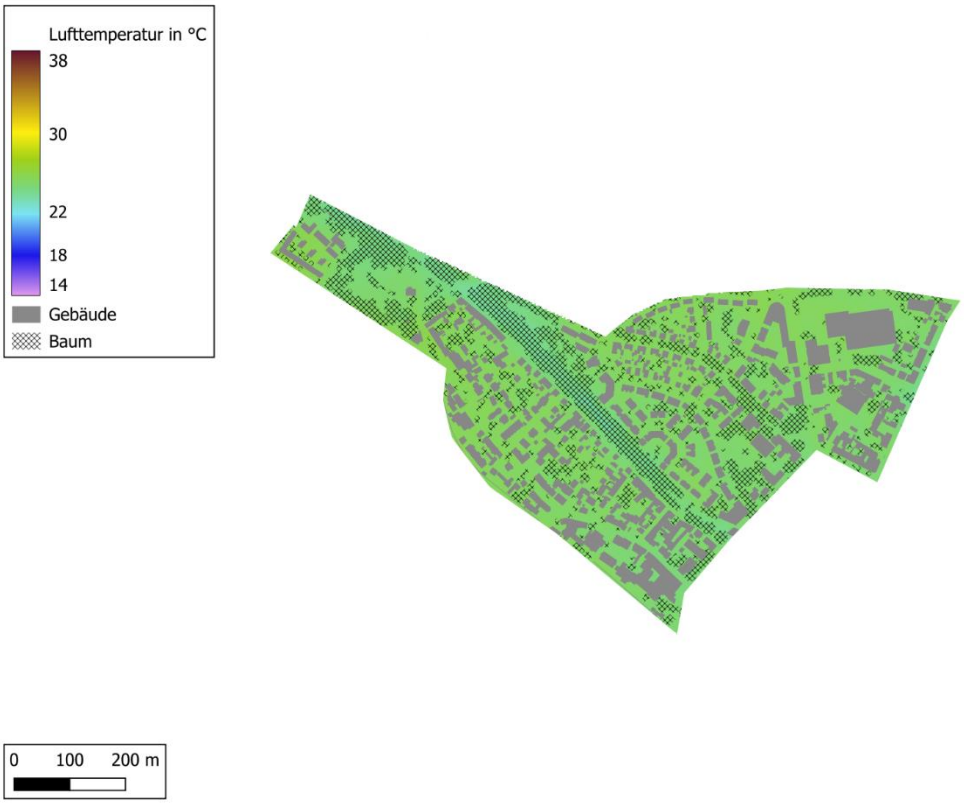


Verhaltensempfehlungen für Hitzeperioden:

Freiraumaufenthalte in Tagstunden:

- Aufsuchen verschatteter Bereiche (z. B. Wasenpark, entlang der Alb)
- Nutzung verfügbarer Wasserkühlung (Alb)
- Nutzung privater Vegetationsflächen mit Baumstandorten

Lufttemperatur in Sommernächten



Wohn- und Aufenthaltsbereiche:

- Raumkühlung durch geöffnete Fenster nach Sonnenuntergang

Maßnahmen für die Planung:

- Intensivierung der Vegetationsausstattung
- Schaffung zusätzlicher Baumstandorte
- Förderung der Balkon-, Fassaden- und Dachbegrünung
- Schaffung von öffentlicher Wasserversorgung (Wasserspiel, Brunnen)
- Freihalten bzw. Schaffen von Luftleitbahnen, Neubauten längs zum „Albtäler“

Spezifische Hinweise zur hier bestehenden kritischen Infrastruktur:

- Kindergarten: frühmorgens querlüften, tagsüber Fenster geschlossen halten; Sonnenschutz der besonnten Fenster aktivieren; episodisches Stoßlüften für kurze Zeit; Aufenthalt im Freien im Schattenbereich der Bäume oder Gebäude
- Schule: Aufenthalt in den Schattenbereichen der Bäume; frühmorgens querlüften, tagsüber Fenster geschlossen halten; episodisches Stoßlüften für kurze Zeit; wenn vorhanden, Sonnenschutz der besonnten Fenster aktivieren;

Südfassade des Altbaus teils verschattet; wenig Baumstandorte und Schatten auf Pausenhof

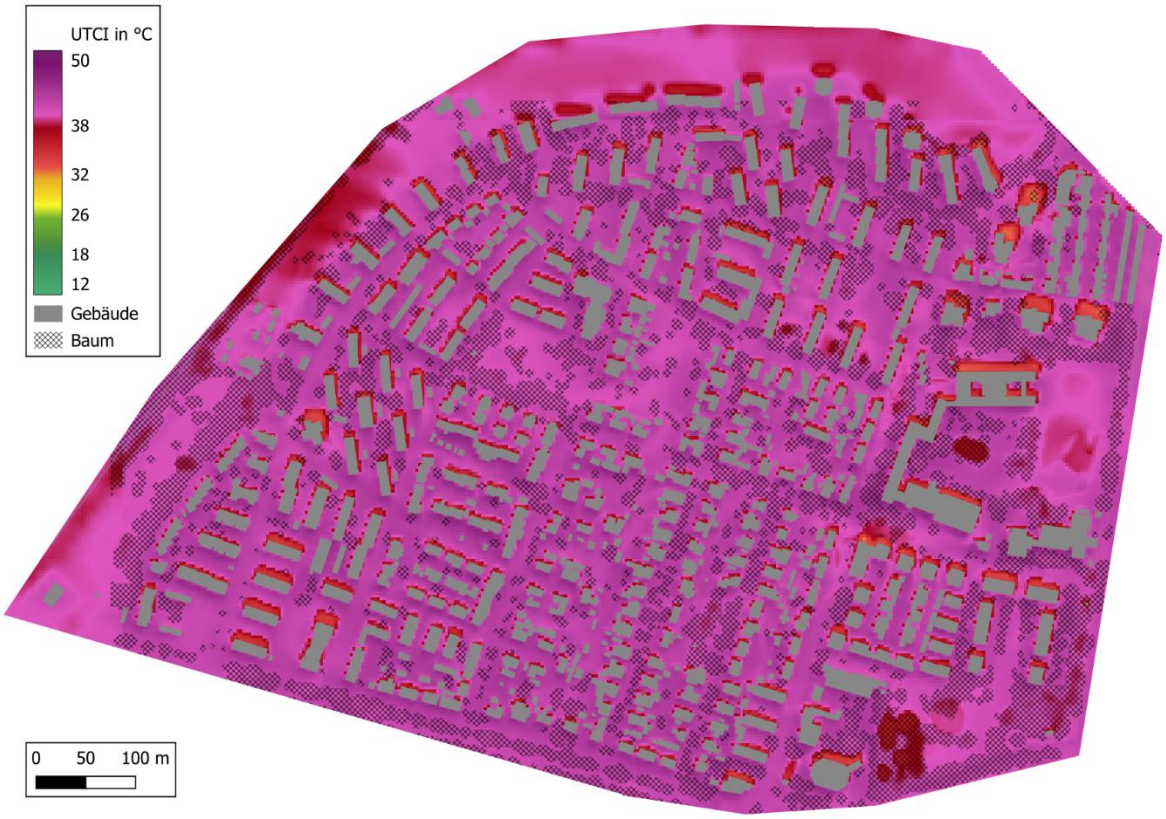
- Pflegeheim: kaum Aufenthalt im Freien möglich; extensive Dachbegrünung; Südfassade im Erdgeschoss durch Bäume/Vegetation verschattet; frühmorgens querlüften, tagsüber Fenster geschlossen halten; episodisches Stoßlüften für kurze Zeit; Sonnenschutz der besonnten Fenster aktivieren

Ettlingen West

Situation:

- Lockere Bebauung und Zeilenbebauung
- Private und öffentliche Vegetationsflächen und Baumstandorte
- Nicht im Wirkungsbereich des „Albtälers“ -> Kühlung nur durch benachbarte Vegetationsflächen
- Erhöhte bis teils sehr stark erhöhte Wärmebelastung in den Tag- und Nachtstunden
- nur teilweise gute Erreichbarkeit natürlicher Kühlbereiche (öffentlich zugängliche Vegetationsflächen mit Baumstandorten oder offenen Wasserflächen)

Wärmebelastung an Heißen Sommertagen

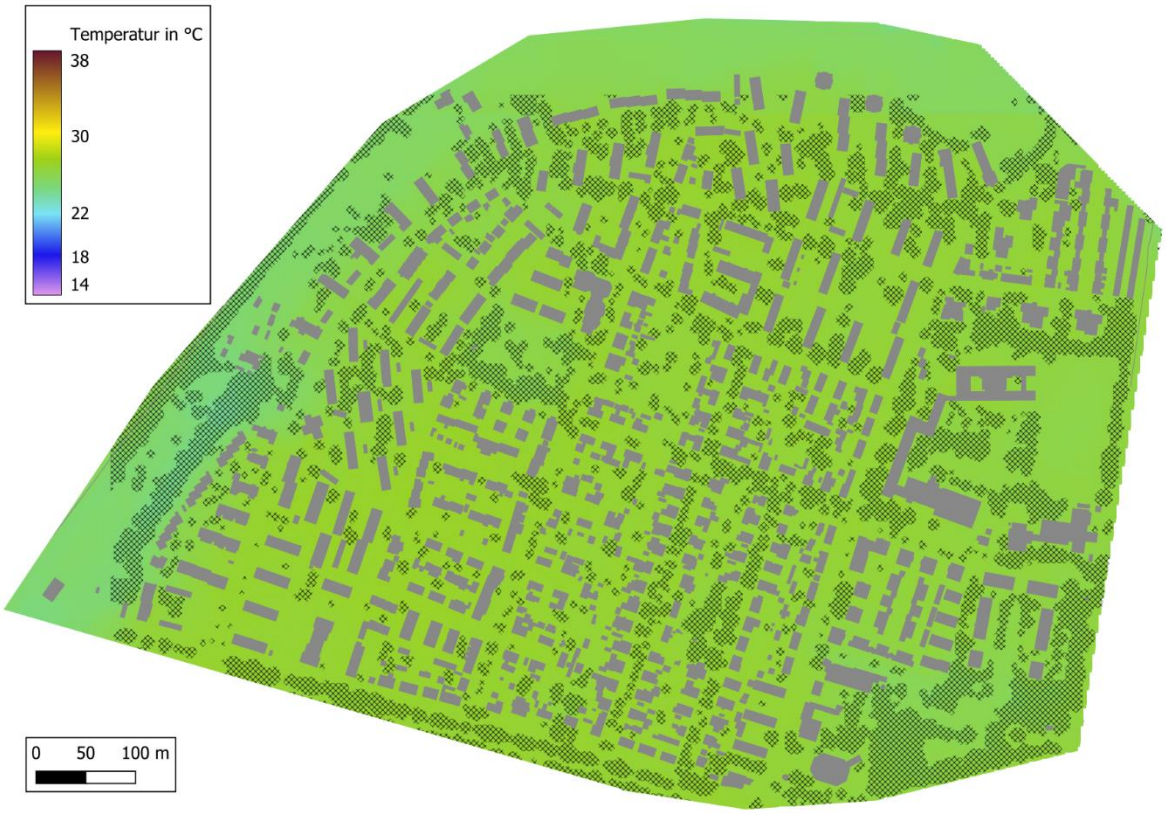


Verhaltensempfehlungen für Hitzeperioden:

Freiraumaufenthalte in Tagstunden:

- Aufsuchen verschatteter Bereiche (z. B. Entenpark, Park am Lausitzweg)
- Nutzung verfügbarer Wasserkühlung (Entenbrunnen)
- Nutzung privater Vegetationsflächen mit Baumstandorten

Lufttemperatur in Sommernächten



Wohn- und Aufenthaltsbereiche:

- Raumkühlung durch geöffnete Fenster in der zweiten Nachthälfte bzw. frühestmöglich am Morgen.

Maßnahmen für die Planung:

- Intensivierung der Vegetationsausstattung
- Schaffung zusätzlicher Baumstandorte
- Errichtung von „Pocket-Parks“
- Förderung der Fassaden- und Dachbegrünung
- Schaffung von zusätzlicher öffentlicher Wasserversorgung (Wasserspiel, Brunnen)

spezifische Hinweise für hier bestehende kritische Infrastruktur:

- Schule: Aufenthalt im Freien nur in verschatteten Bereichen: unter Bäumen, Gebäudeschatten der Entenseehalle, Entenseehallenvordach; frühmorgens querlüften, tagsüber Fenster geschlossen halten; episodisches Stoßlüften für

kurze Zeit; Sonnenschutz der besonnten Fenster aktivieren; keine Nutzung der Entenseehalle nach 12 Uhr

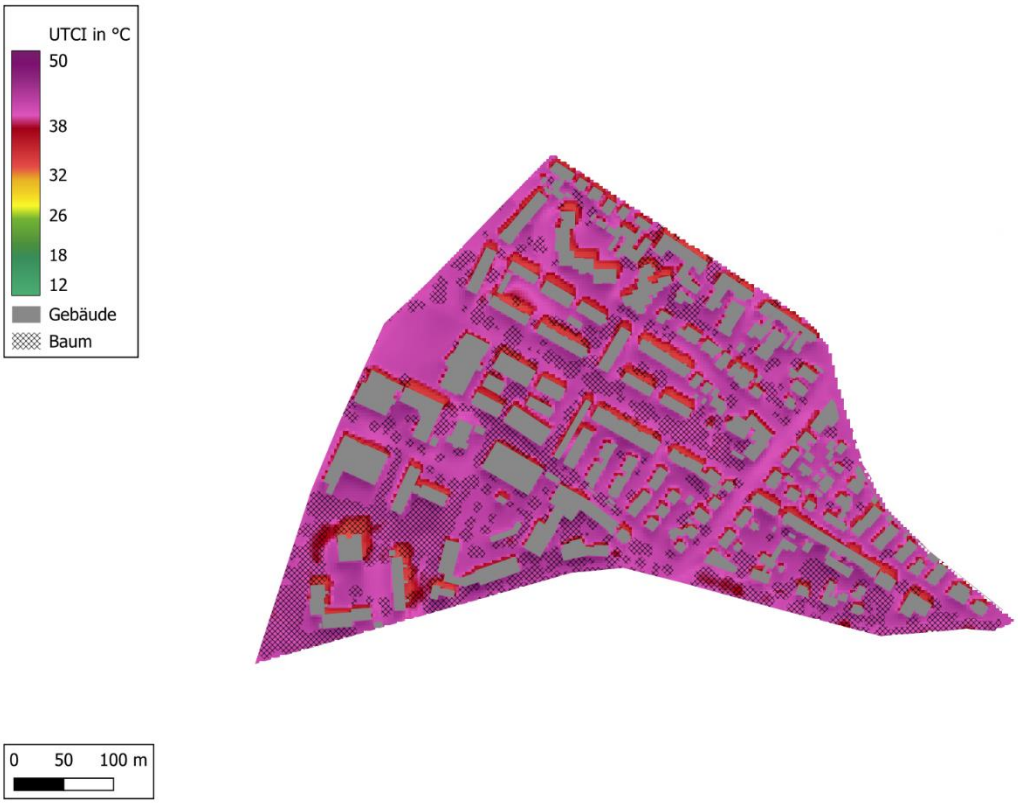
- Kindergarten: gute natürliche Ausstattung; Aufenthalt im Freien im Schatten der Bäume / Sonnensegel; frühmorgens querlüften, tagsüber Fenster geschlossen halten; episodisches Stoßlüften für kurze Zeit; Sonnenschutz der besonnten Fenster aktivieren; Südfassade teils durch Bäume verschattet

Innenstadt West

Situation:

- Zeilenbebauung, teils mit Gebäuden quer zum Albtäler
- Private und öffentliche Vegetationsflächen und Baumstandorte
- Randlicher Wirkbereich des „Albtälers“ mit nächtlicher Abkühlung
- Allgemeine bis stark erhöhte Wärmebelastung in Tagstunden und erhöhte Wärmebelastung in den Nachtstunden
- Teils gute Erreichbarkeit natürlicher Kühlbereiche (öffentlich zugängliche Vegetationsflächen mit Baumstandorten oder offenen Wasserflächen)

Wärmebelastung an Heißen Sommertagen

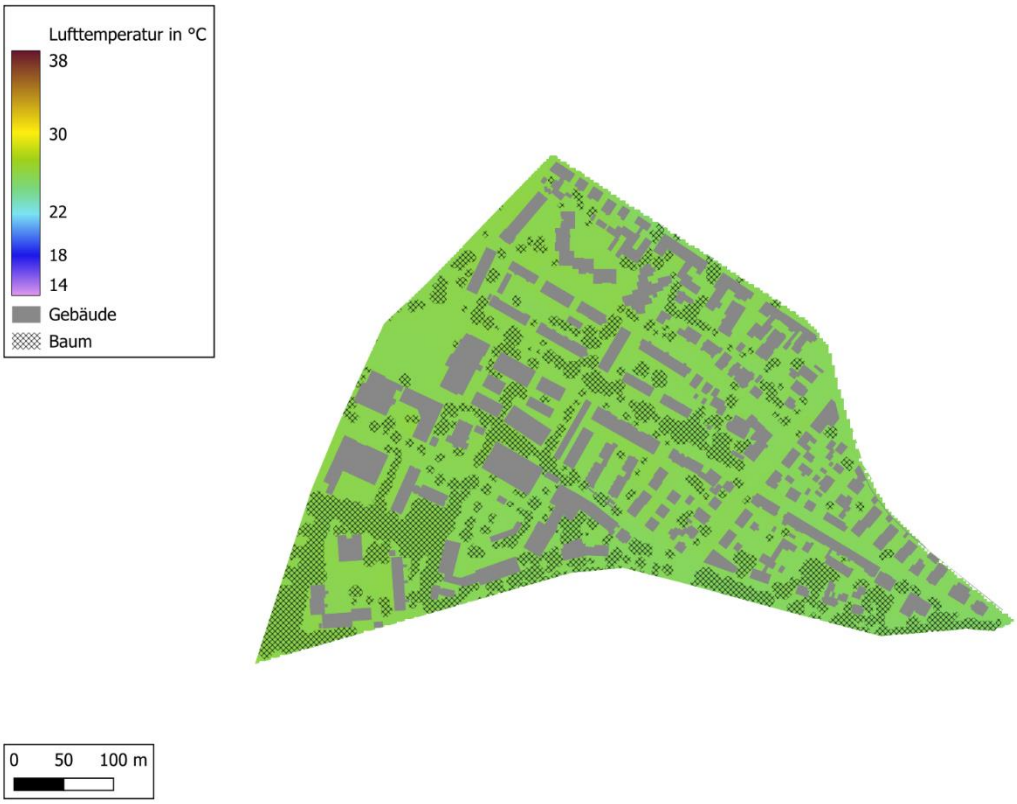


Verhaltensempfehlungen für Hitzeperioden:

Freiraumaufenthalte in Tagstunden:

- Aufsuchen verschatteter Bereiche (z. B. Wasenpark)
- Nutzung privater Vegetationsflächen mit Baumstandorten
- Nutzung verfügbarer Trinkwasserzugänge (Baubetriebshof, Ottostraße 5)

Lufttemperatur in Sommernächten



Wohn- und Aufenthaltsbereiche:

- Raumkühlung durch geöffnete Fenster in der zweiten Nachthälfte

Maßnahmen für die Planung:

- Intensivierung der Vegetationsausstattung
- Schaffung zusätzlicher Baumstandorte
- Errichtung von „Pocket-Parks“
- Förderung der Balkon-, Fassaden- und Dachbegrünung
- Schaffung von öffentlicher Wasserversorgung (Wasserspiel, Brunnen)
- Freihalten bzw. Schaffen von Luftleitbahnen, Neubauten längs zum „Albtäler“

Spezifische Hinweise für hier bestehende kritische Infrastruktur:

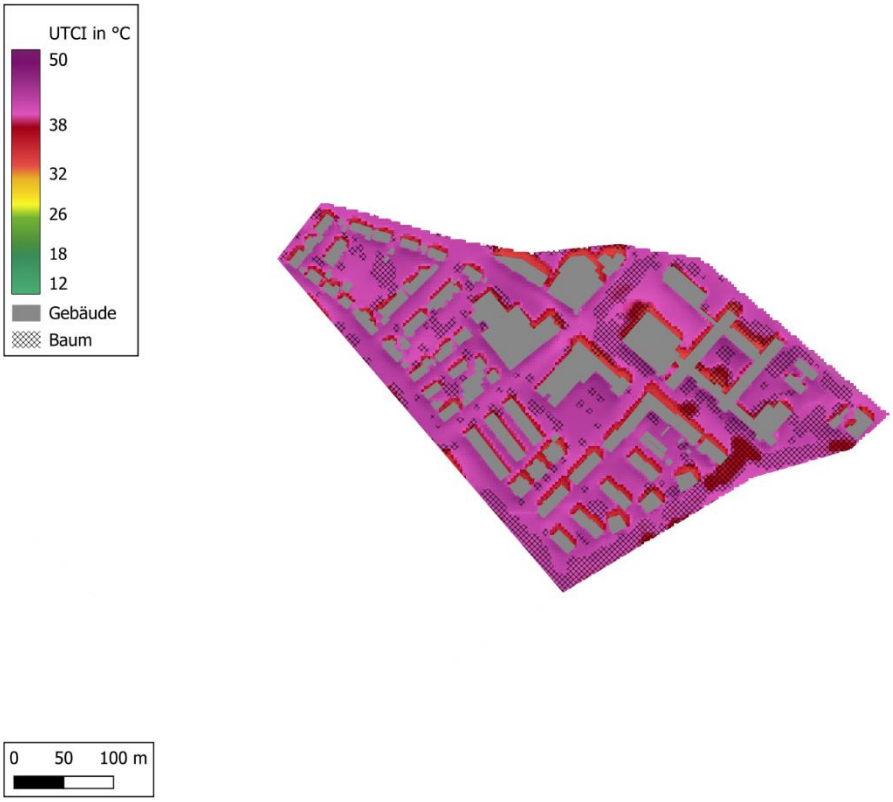
- Kindergarten: Gute natürliche Ausstattung; Aufenthalt in den Schattenbereichen der Bäume; Südfassade teils von Bäumen verschattet; Dachbegrünung; frühmorgens querlüften, tagsüber Fenster geschlossen halten; episodisches Stoßlüften für kurze Zeit; Sonnenschutz der besonnten Fenster aktivieren

Musikerviertel Ost

Situation:

- Lockere Bebauung und Zeilenbebauung
- Private Vegetationsflächen und private und öffentliche Baumstandorte
- Zentraler Wirkbereich des „Albtälers“ mit guter nächtlicher Abkühlung
- Allgemeine bis stark erhöhte Wärmebelastung in Tagstunden
- Gute Erreichbarkeit natürlicher Kühlbereiche (öffentlich zugängliche Vegetationsflächen mit Baumstandorten oder offenen Wasserflächen)

Wärmebelastung an Heißen Sommertagen

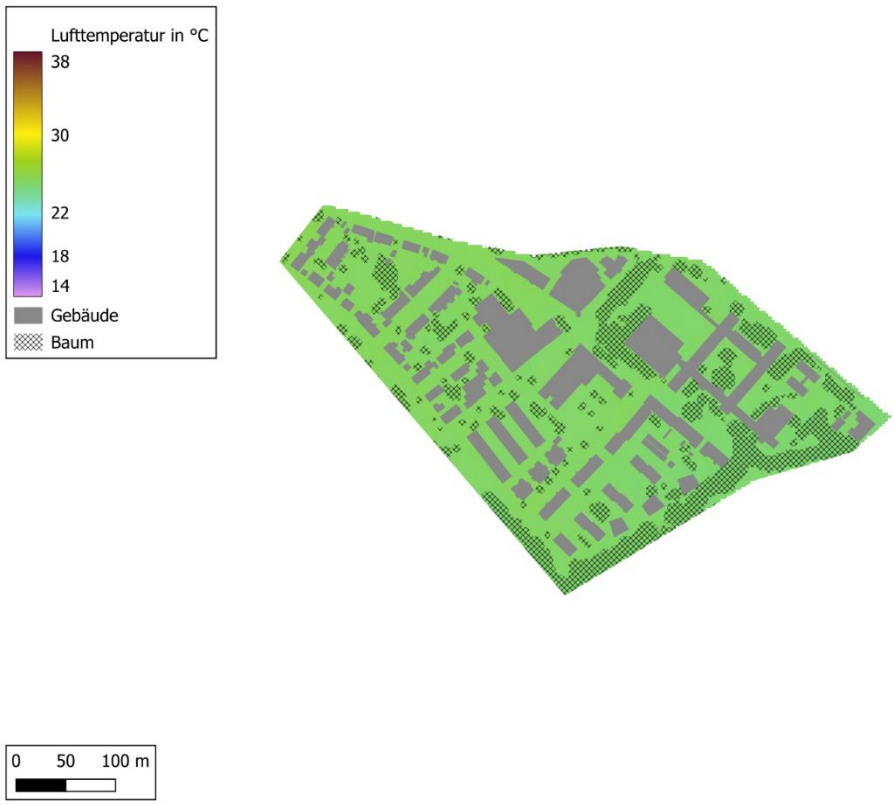


Verhaltensempfehlungen für Hitzeperioden:

Freiraumaufenthalte in Tagstunden:

- Aufsuchen verschatteter Bereiche (z. B. Gatschina Park)
- Nutzung privater Vegetationsflächen mit Baumstandorten

Lufttemperatur in Sommernächten



Wohn- und Aufenthaltsbereiche:

- Raumkühlung durch geöffnete Fenster nach Sonnenuntergang

Maßnahmen für die Planung:

- Intensivierung der Vegetationsausstattung
- Schaffung zusätzlicher Baumstandorte
- Errichtung von „Pocket-Parks“
- Förderung der Dachbegrünung, eventuell auch der Balkon- und Fassadenbegrünung
- Schaffung von öffentlicher Wasserversorgung (Wasserspiel, Brunnen)
- Freihalten bzw. Schaffen von Luftleitbahnen, Neubauten längs zum „Albtäler“

Spezifische Hinweise für hier bestehende kritische Infrastruktur:

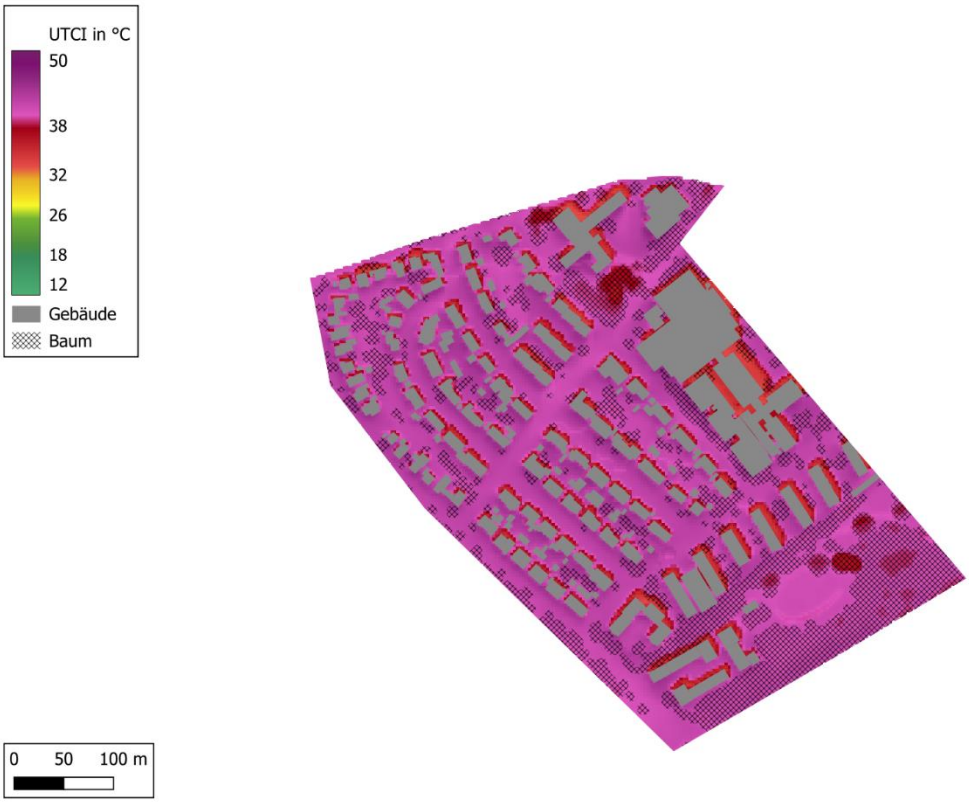
- Schule: Gute natürliche Ausstattung; Aufenthalt im Baum- und Gebäudeschatten; südliche Fassade teils durch Bäume verschattet; frühmorgens querlüften, tagsüber Fenster geschlossen halten; episodisches Stoßlüften für kurze Zeit; Sonnenschutz der Fenster aktivieren;

Musikerviertel West

Situation:

- Lockere Bebauung und Zeilenbebauung
- Private Vegetationsflächen und private und öffentliche Baumstandorte
- Randlicher Wirkbereich des „Albtälers“ mit nächtlicher Abkühlung
- Allgemeine bis teils stark erhöhte Wärmebelastung in Tagstunden und erhöhte Wärmebelastung in den Nachtstunden
- Nur teilweise gute Erreichbarkeit natürlicher Kühlbereiche (öffentlich zugängliche Vegetationsflächen mit Baumstandorten oder offenen Wasserflächen)

Wärmebelastung an Heißen Sommertagen

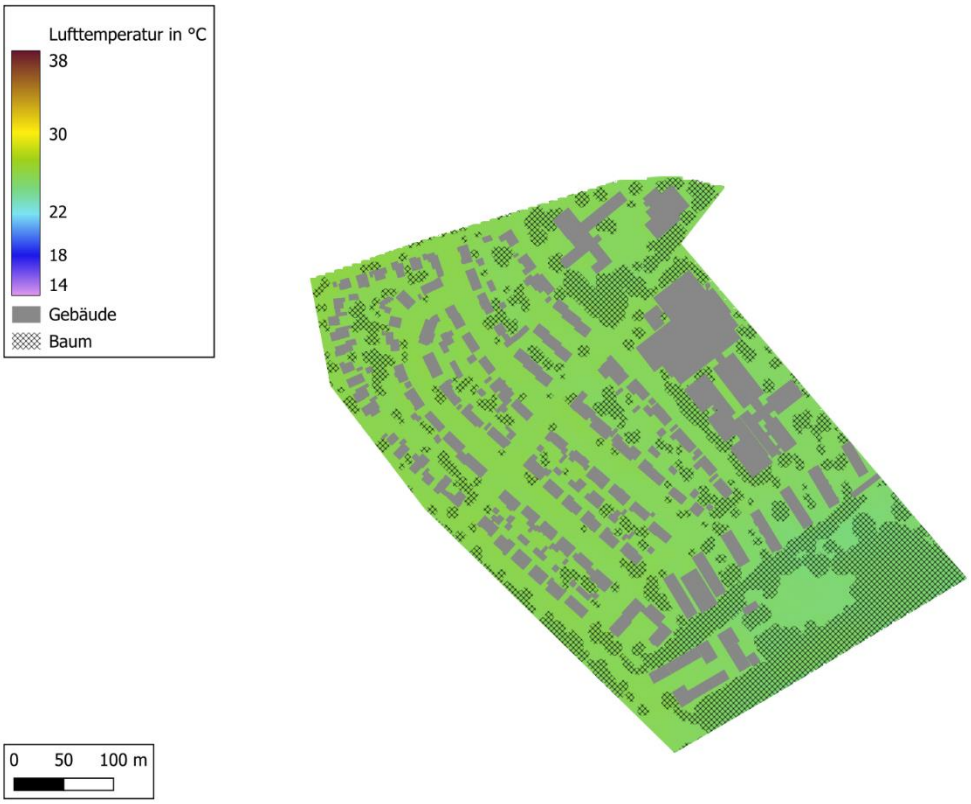


Verhaltensempfehlungen für Hitzeperioden:

Freiraumaufenthalte in Tagstunden:

- Aufsuchen verschatteter Bereiche (z. B. Gatschina Park)
- Nutzung verfügbarer Wasserkühlung (Wasserträgerin Brunnen)
- Nutzung privater Vegetationsflächen mit Baumstandorten

Lufttemperatur in Sommernächten



Wohn- und Aufenthaltsbereiche:

- Raumkühlung durch geöffnete Fenster nach Sonnenuntergang

Maßnahmen für die Planung:

- Intensivierung der Vegetationsausstattung
- Schaffung zusätzlicher Baumstandorte
- Errichtung von „Pocket-Parks“
- Förderung der Dachbegrünung, eventuell auch der Balkon- und Fassadenbegrünung
- Schaffung von öffentlicher Wasserversorgung (Wasserspiel, Brunnen)
- Freihalten bzw. Schaffen von Luftleitbahnen, Neubauten längs zum „Albtäler“

Spezifische Hinweise zur hier bestehenden kritischen Infrastruktur:

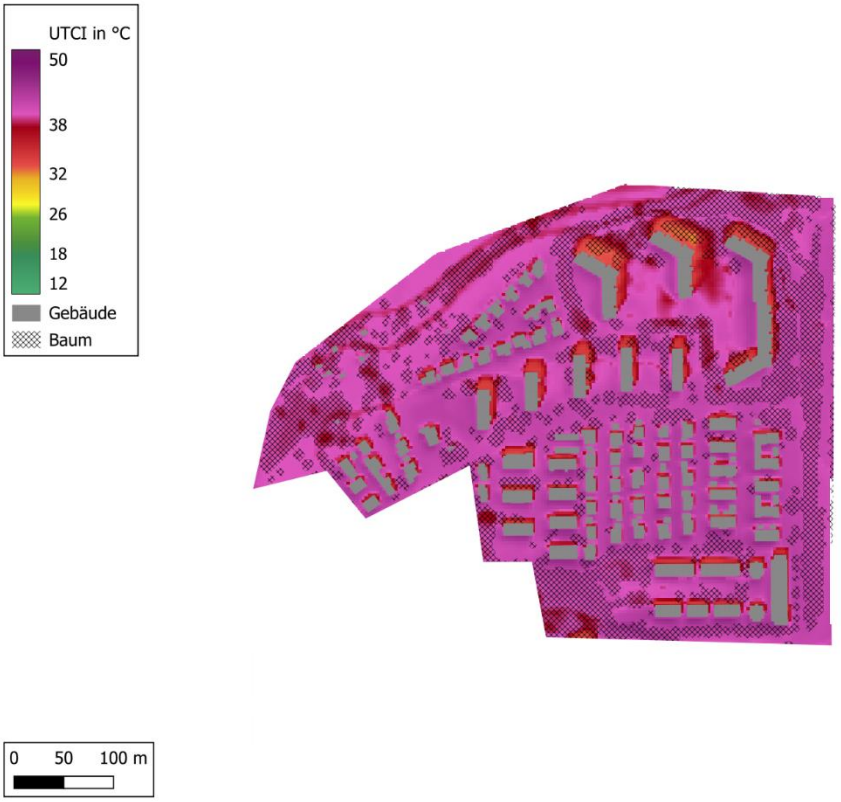
- Schule (Bertha-von-Suttner): keine gute natürliche Ausstattung; Südfassade durch Bäume verschattet (wachsen noch); kaum Aufenthaltsorte im Freien vorhanden; wenige schattenspendende Bäume; frühmorgens querlüften, tagsüber Fenster geschlossen halten; episodisches Stoßlüften für kurze Zeit; Sonnenschutz der besonnten Fenster aktivieren
- Schule (Wilhelm-Lorenz): gute natürliche Ausstattung; teils Gründach; Südfassade teils durch Bäume verschattet; Aufenthalt draußen unter den Bäumen, der Pergola; Gebäudeschatten; frühmorgens querlüften, tagsüber Fenster geschlossen halten; episodisches Stoßlüften für kurze Zeit; Sonnenschutz besonnten der Fenster aktivieren
- Schule (Albert-Einstein, Wilhelm-Röpke): frühmorgens querlüften
- Kindergarten: Aufenthalt im Gebäude- und Baumschatten; Gründach; Südwestfassade durch Bäume verschattet; frühmorgens querlüften, tagsüber Fenster geschlossen halten; episodisches Stoßlüften für kurze Zeit; Sonnenschutz der besonnten Fenster aktivieren

Neuwiesenreben Nord

Situation:

- Lockere Bebauung und Zeilenbebauung
- Private und öffentliche Vegetationsflächen und Baumstandorte
- Nicht im Wirkungsbereich des „Albtälers“. Kühlung nur durch nachbarschaftliche Vegetationsflächen
- Vorwiegend allgemeine Wärmebelastung in den Tagstunden und erhöhte bis stark erhöhte Wärmebelastung in den Nachtstunden
- Gute Erreichbarkeit natürlicher Kühlbereiche (öffentlich zugängliche Vegetationsflächen mit Baumstandorten oder offenen Wasserflächen)

Wärmebelastung an Heißen Sommertagen

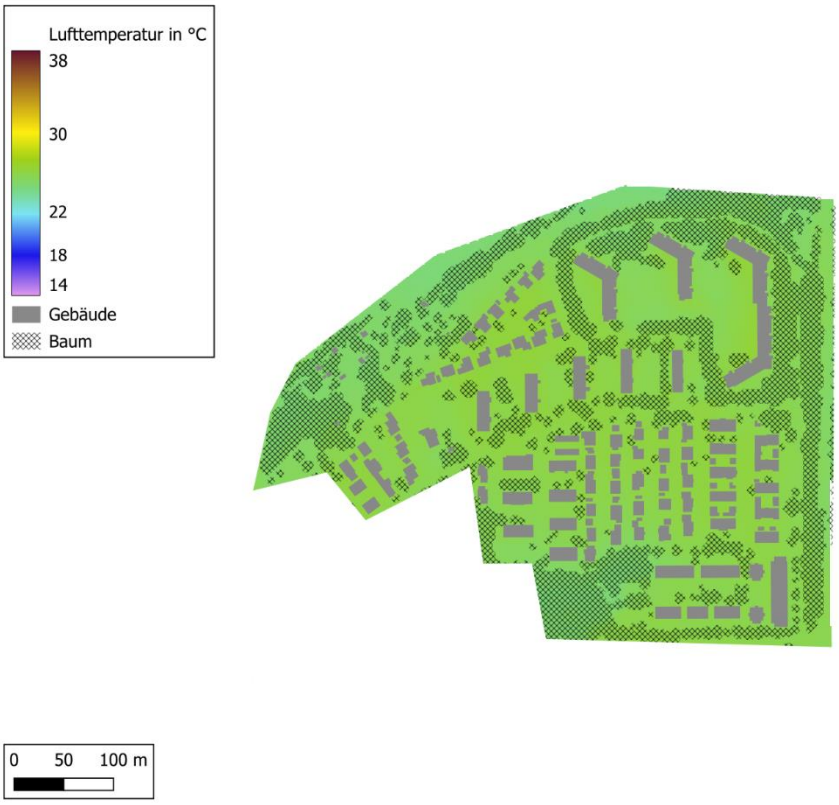


Verhaltensempfehlungen für Hitzeperioden:

Freiraumaufenthalte in Tagstunden:

- Aufsuchen verschatteter Bereiche (z. B. Grünanlage zwischen Brandströmstraße und Adenauerstraße)
- Nutzung privater Vegetationsflächen mit Baumstandorten

Lufttemperatur in Sommernächten



Wohn- und Aufenthaltsbereiche:

- Raumkühlung durch geöffnete Fenster in zweiter Nachthälfte bzw. frühestmöglich am Morgen.

Maßnahmen für die Planung:

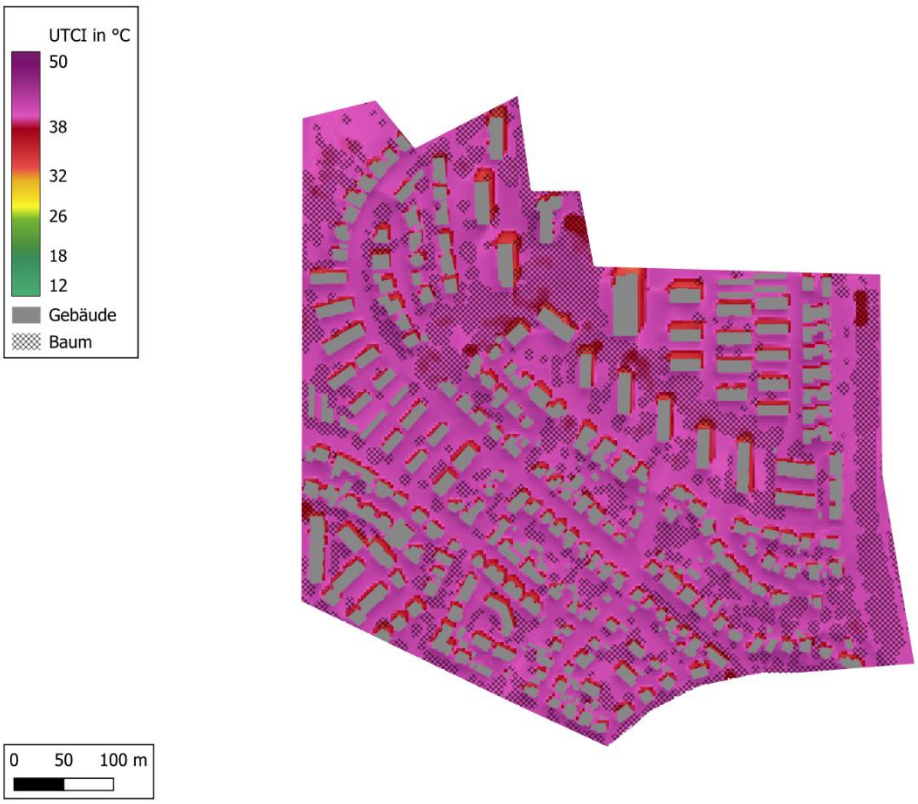
- Intensivierung der Vegetationsausstattung
- Schaffung zusätzlicher Baumstandorte
- Errichtung von „Pocket-Parks“
- Förderung der Fassaden- und Dachbegrünung
- Schaffung von öffentlicher Wasserversorgung (Wasserspiel, Brunnen)

Neuwiesenreben Süd

Situation:

- Lockere Bebauung und Zeilenbebauung
- Private und öffentliche Vegetationsflächen und Baumstandorte
- Randlicher Wirkbereich des „Albtälers“ mit nächtlicher Abkühlung
- Allgemeine bis teils stark erhöhte Wärmebelastung in Tagstunden und allgemeine bis erhöhte Wärmebelastung in den Nachtstunden
- Gute Erreichbarkeit natürlicher Kühlbereiche (öffentlich zugängliche Vegetationsflächen mit Baumstandorten / offenen Wasserflächen)

Wärmebelastung an Heißen Tagen

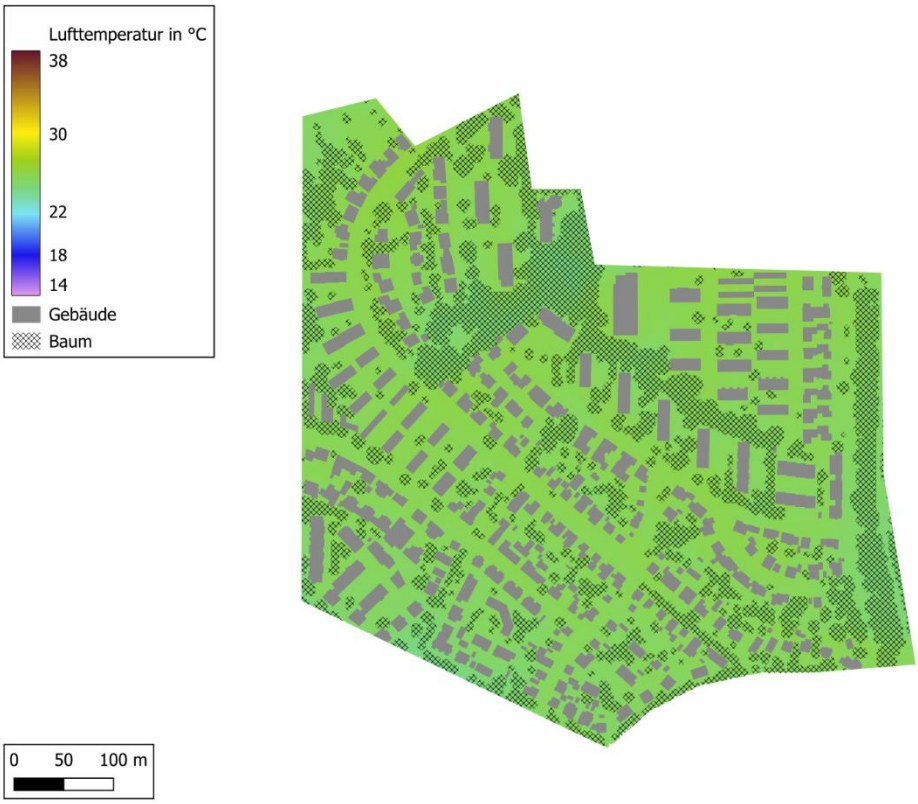


Verhaltensempfehlungen für Hitzeperioden:

Freiraumaufenthalte in Tagstunden:

- Aufsuchen verschatteter Bereiche (z. B. Grünanlage zwischen Brandströmstraße und Adenauerstraße)
- Nutzung privater Vegetationsflächen mit Baumstandorten

Lufttemperatur in Sommernächten



Wohn- und Aufenthaltsbereiche:

- Raumkühlung durch geöffnete Fenster in zweiter Nachthälfte bzw. frühestmöglich am Morgen.

Maßnahmen für die Planung:

- Intensivierung der Vegetationsausstattung
- Schaffung zusätzlicher Baumstandorte
- Errichtung von „Pocket-Parks“
- Förderung der Dachbegrünung, eventuell auch der Balkon- und Fassadenbegrünung
- Schaffung von öffentlicher Wasserversorgung (Wasserspiel, Brunnen)

Spezifische Hinweise für hier bestehende kritische Infrastruktur:

- Kindergarten: Gute natürliche Ausstattung; Aufenthalt in durch Bäume reichhaltig verschatteten Bereichen und auf überdachtem Balkon; Gebäude ist vor direkter Sonneneinstrahlung durch kurze Südfassade und umliegende Bäume geschützt; frühmorgens querlüften, tagsüber Fenster geschlossen

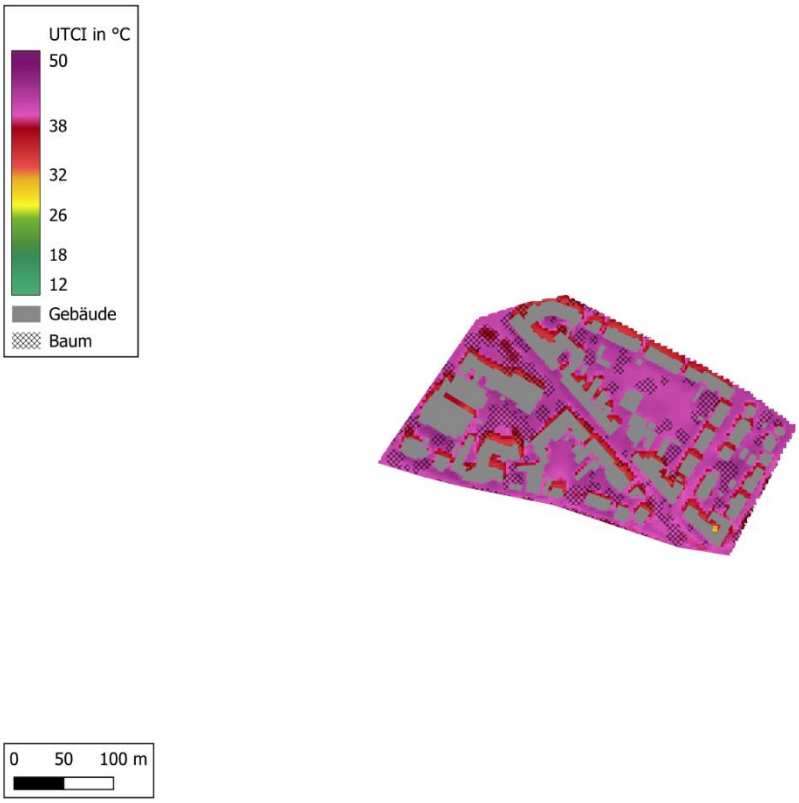
halten; episodisches Stoßlüften für kurze Zeit; Sonnenschutz der besonnten Fenster aktivieren

Watthaldenpark

Situation:

- Zeilenbebauung
- Private und öffentliche Vegetationsflächen und Baumstandorte
- Zentraler Wirkbereich des „Albtälers“ mit guter nächtlicher Abkühlung
- Allgemeine bis sehr stark erhöhte Wärmebelastung in Tagstunden
- Gute Erreichbarkeit natürlicher Kühlbereiche (öffentlich zugängliche Vegetationsflächen mit Baumstandorten oder offenen Wasserflächen)

Wärmebelastung an Heißen Sommertagen

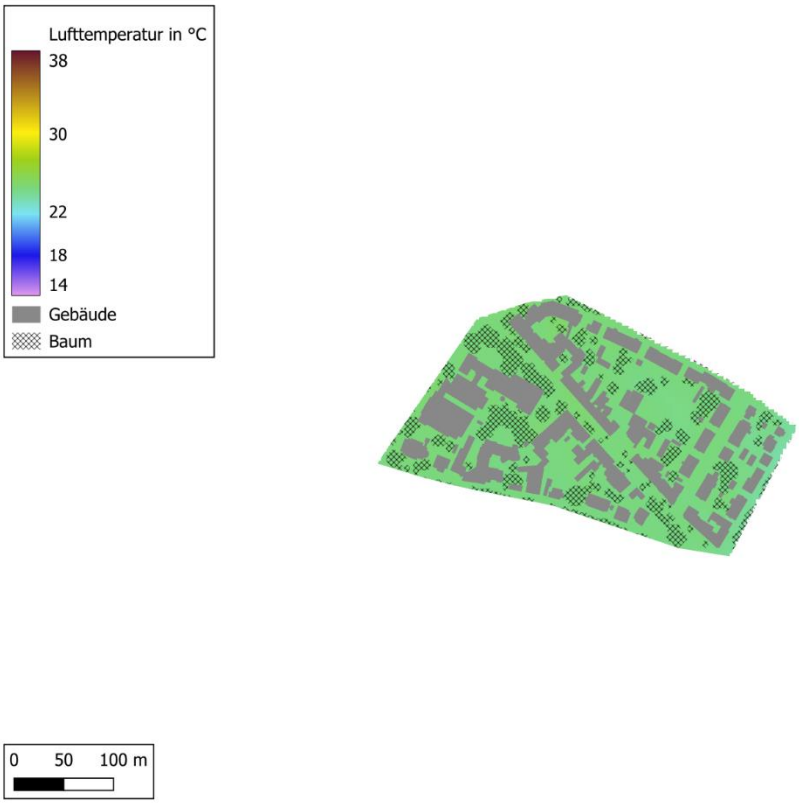


Verhaltensempfehlungen für Hitzeperioden:

Freiraumaufenthalte in Tagstunden:

- Aufsuchen verschatteter Bereiche (z. B. Watthaltendpark)
- Nutzung verfügbarer Wasserkühlung (Vikdore-Brunnen, Teich im Watthaldenpark)
- Nutzung privater Vegetationsflächen mit Baumstandorten

Lufttemperatur in Sommernächten



Wohn- und Aufenthaltsbereiche:

- Raumkühlung durch geöffnete Fenster nach Sonnenuntergang
- Öffentlicher Kühler Raum
    - Johanneskirche ((Friedrichstraße, 76275 Ettlingen)
        - Öffnungszeiten:
        - 01.05. – 30.09: 08:00 – 18.00
        - 01.10. – 30.04: 09:00 – 16:00

Maßnahmen für die Planung:

- Intensivierung der Vegetationsausstattung
- Schaffung zusätzlicher Baumstandorte
- Förderung der Dachbegrünung, eventuell auch der Balkon- und Fassadenbegrünung
- Schaffung von öffentlicher Wasserversorgung (Wasserspiel, Brunnen)
- Freihalten bzw. Schaffen von Luftleitbahnen, Neubauten längs zum „Albtäler“

Spezifische Hinweise zur hier bestehenden kritischen Infrastruktur:

- Schule: Aufenthalt nördlich des Schulgebäudes aufgrund der Gebäude- und Baumschatten oder unter Vordach südlich des Gebäudes; südliche Gebäudefassade ist nicht durch Bäume vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt; frühmorgens querlüften, tagsüber Fenster geschlossen halten; episodisches Stoßlüften für kurze Zeit; wenn vorhanden, Sonnenschutz der besonnten Fenster aktivieren
- Seniorenheim: Aufenthalt im Gebäudeschatten des Innenhofes; südliche Fassade teils durch Straßenbäume verschattet; frühmorgens querlüften, tagsüber Fenster geschlossen halten; episodisches Stoßlüften für kurze Zeit; Sonnenschutz der besonnten Fenster aktivieren; Glasdurchgänge ab morgens verschatten
- Kindergarten: Aufenthalt draußen unter den vorhandenen Bäumen; frühmorgens querlüften, tagsüber Fenster geschlossen halten; episodisches Stoßlüften für kurze Zeit; Sonnenschutz der besonnten Fenster aktivieren