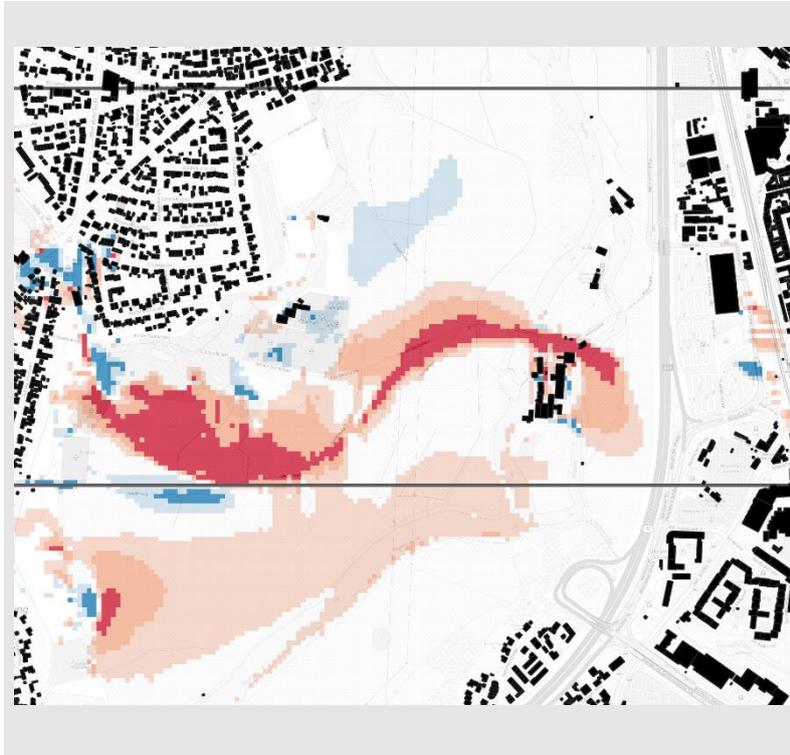


Stadtklimatische Expertise zur  
**Neubautrasse der Stadt-Umland-Bahn in der Regnitz-Aue  
Erlangen**



Auftraggeber:

**Zweckverband Stadt-Umland-Bahn  
Nürnberg – Erlangen –  
Herzogenaurach**  
Nürnberger Strasse 69  
91052 Erlangen



Auftragnehmer:

**GEO-NET Umweltconsulting GmbH**

Große Pfahlstraße 5a  
30161 Hannover

Tel. (0511) 3887200  
[www.geo-net.de](http://www.geo-net.de)

In Zusammenarbeit mit:

Prof. Dr. G. Gross

Anerkannt beratender Meteorologe (DMG),

Öffentlich bestellter Gutachter für Immissionsfragen und Kleinklima der IHK Hannover-Hildesheim

Hannover, September 2021



## Inhaltsverzeichnis

<i>Inhaltsverzeichnis</i> .....	<i>ii</i>
<b>1</b> <i>Einleitung</i> .....	<b>1</b>
1.1    Bebauungsvorschlag .....	2
1.2    Stadtklimatische Ausgangssituation .....	3
1.3    Grundlagen der Modellierung .....	3
<b>2</b> <i>Ergebnisse</i> .....	<b>4</b>
2.1    Lufttemperatur in der Nacht .....	4
2.2    Kaltluftprozessgeschehen in der Nacht .....	6
Bodennahes Kaltluftströmungsfeld .....	6
Kaltluftvolumenstrom .....	8
2.3    Wärmebelastung am Tage .....	9
<b>3</b> <i>Klimaökologische Bewertung und Empfehlungen</i> .....	<b>11</b>
<i>Literaturnachweis</i> .....	<i>12</i>
<i>Anhang</i> .....	<i>13</i>

# 1 Einleitung

Die vorliegende modellgestützte Klimaexpertise untersucht die klimaökologischen Auswirkungen der, im Rahmen des Nahverkehrsvorhabens „Stadt-Umland-Bahn“ (StUB), neugeplanten Brücke über den Regnitzgrund in Erlangen. Im Fokus dieser Untersuchung stand der Gewinnerentwurf des Realisierungswettbewerbes „Brücke über den Regnitzgrund in Erlangen“ des Ingenieurbüros Grassl GmbH aus München (Konzept siehe Abb. 1, rechts).

Die Brücke wird die Regnitz und das Regnitztal zwischen dem Südrand des heutigen Großparkplatzes westlich des Bahnhofs und des Zentrums der Stadt und dem Stadtteil Alterlangen mit Anschluss an den Kosbacher Damm queren. Um die landschaftlich sensiblen Elemente und Naherholungsgebiete so wenig wie möglich zu beeinträchtigen, ist ein liches Brückenbauwerk geplant (Abb. 1, links).

Für das betrachtete Untersuchungsgebiet können Hinweise aus der Stadtklimaanalyse 2019 abgeleitet werden (Stadt Erlangen, 2019). Um die klimaökologischen Auswirkungen der vorgesehenen Bebauung genauer abbilden und bewerten zu können, war jedoch eine Modellrechnung in höherer Auflösung und unter Berücksichtigung der seitdem erfolgten Bebauung erforderlich.



Abb. 1 Schematische Darstellung der geplanten Brücke im Kontext der Regnitz-Aue und der angrenzenden Bebauung (links); geplantes Rampenbauwerk am westlichen Rand der Aue mit erhöhtem Fahrradweg (rechts, Quelle: Ingenieurbüro Grassl GmbH, München).



## 1.1 BEBAUUNGSVORSCHLAG

Die geplante Brücke über den Regnitzgrund (schwarze Umrandungen in Abb. 2) folgt mit einem geschwungenen Verlauf den bereits vorhandenen Infrastrukturen der Aue (Radwege, Brücken). Die zu überbrückende Aue hat hier eine Breite von ca. 1,2 km.

Im Osten Erlangens wird die StUB an den Erlanger Arcaden vorbei und nach der Unterführung Güterhallenstraße zum Großparkplatz an der A 73 geleitet. Die Unterquerung der Autobahn mündet in der Regnitzaue. An dieser Stelle beginnt das Brückenbauwerk und leitet die StUB über die Regnitz und die Wöhrmühlinsel. Die ca. 11 m breite Brücke wird an diesem Punkt eine lichte Höhe von ca. 2,5 m haben, die sich im Verlauf auf bis zu 8,9 m erhöht. Als Brückenpfeiler sind paarweise angeordnete schlanke Betonsäulen geplant, die aufgrund ihres geringen Durchmessers (71 cm) in der Modellierung vernachlässigt werden können, da kein wesentlicher Einfluss auf das lokale Strömungsgeschehen zu erwarten ist. Im Westen werden die Schienen dann über ein Dammbauwerk auf die Kreuzung Möhrendorfer Straße / Kosbacher Damm geleitet. Dort wird die StUB entlang des Kosbacher Damms als besonderer Bahnkörper in Seitenlage geführt. Es erfolgt eine Überbauung der bestehenden zwei stadteinwärts nach Erlangen führenden Fahrstreifen.

Im Vergleich zum Status Quo werden im Siedlungsbereich überwiegend bereits versiegelte Flächen in Gleisflächen umgewandelt. Zentral für diese Untersuchung ist vor allem das neu entstehende Brückenbauwerk. Ergänzend wurden die Einflüsse der geänderten Versiegelung der Auenflächen durch einen 6,5 m breiten Radschnellweg unter der Brücke untersucht, der den bestehenden dafür ersetzt. Entlang des Radweges sind Verweilstationen mit Begleitgrün geplant, für die aber keine konkreten Planunterlagen vorlagen und die dadurch nicht in die Betrachtung mit einbezogen werden konnten (vgl. Planunterlagen Ingenieurbüro Grassl, 2021).

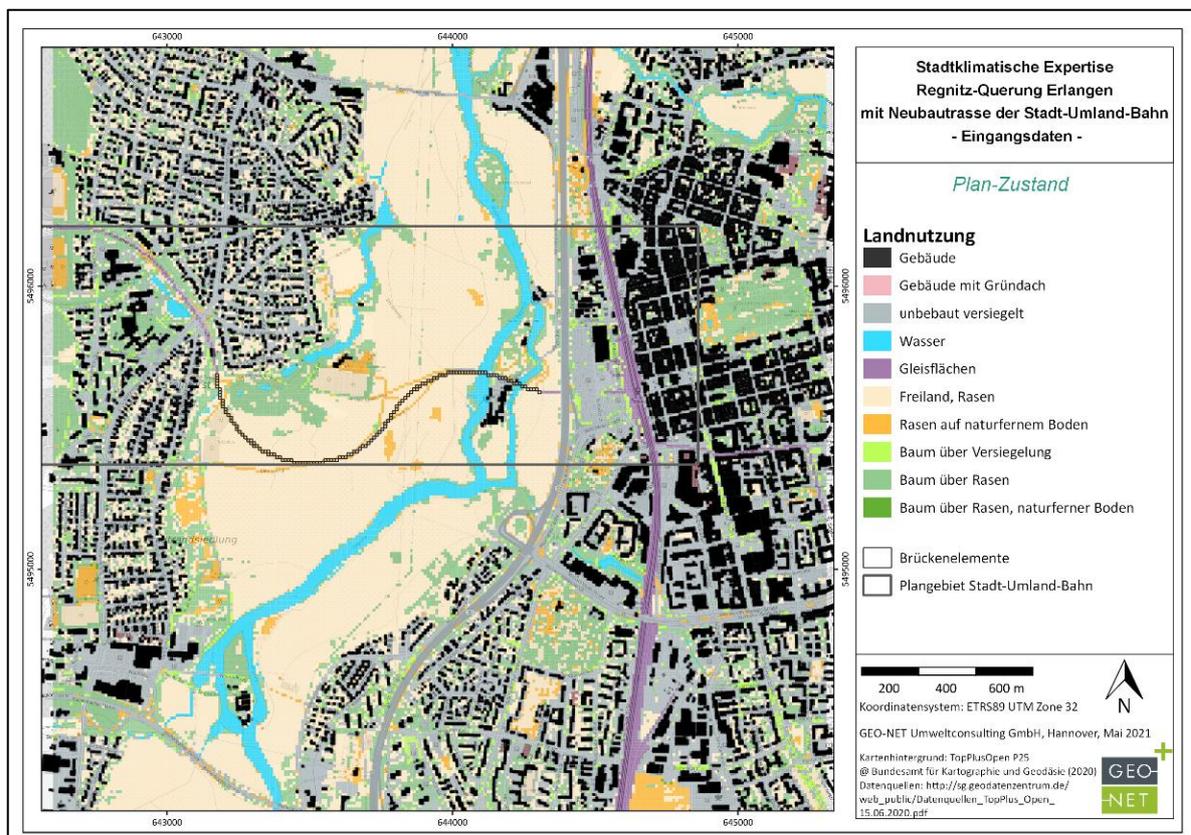


Abb. 2 Vereinfachte Darstellung der Landnutzung im Plan-Zustand (Modelleingangsdaten)



## 1.2 STADTKLIMATISCHE AUSGANGSSITUATION

Die Stadtklimaanalyse (SKA) 2019 bewertet die Regnitz-Aue als „Fläche hochempfindlicher thermischer Funktionalität“, da es sich um einen flächenhaft durchlüfteten Grünraum mit Siedlungsbezug handelt, der aus stadtklimatischer Sicht schützenswert ist (Stadt Erlangen, 2019; Abb. 3). Durch die Trennung der beiden Siedlungsbereiche Innenstadt und Büchenbach verhindert die Regnitz-Aue zudem die Ausbildung eines noch stärkeren Wärmeinseleffekts.

Die Regnitz-Aue wies in der SKA 2019 ein deutliches Temperaturgefälle zum Siedlungsraum auf (großflächig Werte unter 13 °C), was auf ihre weitläufigen Freiflächen und auf die Lage in einer leichten Senke zurückgeführt wurde.

Außerdem bilden sich im nördlichen Bereich der Regnitz-Aue Kaltluftströmungen, von denen Alterlangen profitiert und die, gleichwohl räumlich begrenzt, über die Autobahn den westlichen Rand des Zentrums erreichen. Die stadtweite Modellierung zeigte allerdings, dass der Kaltluftvolumenstrom aufgrund der Hinderniswirkung der Bebauung in Richtung Stadtkern (vor allem im Erlanger Süden) abnimmt.

Am Tage weist die Regnitz-Aue dagegen keine hohe stadtklimatische Bedeutung auf, da die fehlende Verschattung zu einer starken Wärmebelastung führt (Stadt Erlangen, 2019).



Abb. 3 Ausschnitt aus der Erlanger Planungshinweiskarte 2019 (Nachtsituation)

## 1.3 GRUNDLAGEN DER MODELLIERUNG

Genau wie bei der Stadtklimaanalyse 2019 liegt der Modellrechnung das Stadtklimamodell FITNAH 3D zugrunde. Während die horizontale Auflösung bei der gesamtstädtischen Klimaanalyse 2019 noch 25 m betrug, wurde nun eine höhere Auflösung von 10 m verwendet, um Gebäude zu erfassen, Grünstrukturen genauer abzubilden und das geplante Brückenbauwerk direkt betrachten zu können. Die für die Modellrechnung verwendeten Daten basieren auf der Stadtklimaanalyse 2019 und wurden um, vom Zweckverband Stadt-Umland-Bahn zur Verfügung gestellte, aktuelle Gebäudedaten sowie Baumkataster ergänzt (jeweils Stand 2020). Zur Validierung diente ein Infrarotluftbild (Stand 2019).



Um die Dynamik des stadtklimatischen Prozessgeschehens abbilden zu können, wurde das Untersuchungsgebiet über das direkte Plangebiet der Brücke hinaus ausgewiesen. Das gesamte Untersuchungsareal hat bei einer Abmessung von 2,7 km x 2,9 km eine Fläche von ca. 7,8 km<sup>2</sup>.

Es wurden zwei Modellläufe durchgeführt:

- ◆ Status quo = derzeitiger Zustand
- ◆ Plan-Zustand = Umsetzung der geplanten Bebauung

Beiden Modellrechnungen liegt eine sommerliche Strahlungswetterlage zugrunde, in der sich die lokalklimatischen Besonderheiten einer Stadt ausprägen (wolkenloser Himmel, keine übergeordnete Windströmung) und die in Erlangen an ca. 25 % der Sommertage auftritt (Stadt Erlangen, 2019). Aus der SKA 2019 ist bekannt, dass bei einer solchen Wetterlage eine nächtliche Durchströmung der Regnitz-Aue sowohl aus nördlicher als auch südlicher Richtung vorherrscht. Um dieses Phänomen in der vorliegenden Analyse abbilden zu können, wurde ein Ansatz verwendet, bei dem das Strömungsfeld der SKA 2019 direkten Einfluss auf das Strömungsfeld der neuen Modellierung hatte („Nesting“).

## 2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Klimasimulation repräsentieren die Nachtsituation um 04:00 Uhr morgens bzw. Tagsituation um 14:00 Uhr. Bei den modellierten Parametern handelt es sich um die bodennahe Lufttemperatur, das bodennahe Kaltluftströmungsfeld sowie den Kaltluftvolumenstrom (jeweils Nachtsituation) bzw. die PET als Maß für die Wärmebelastung am Tage.

### 2.1 LUFTTEMPERATUR IN DER NACHT

In der Nacht ist weniger der Aufenthalt im Freien Bewertungsgegenstand, sondern vielmehr die Möglichkeit eines erholsamen Schlafes im Innenraum. Die VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2 weist darauf hin, dass die „Lufttemperatur der Außenluft die entscheidende Größe“ für die Bewertung der Nachtsituation darstellt, da ein Zusammenhang zwischen Außen- und Innenraumluft unterstellt werden kann (VDI 2008b, S. 25). Daher sei in den Sommermonaten eine möglichst starke Abkühlung der Luft im Umfeld der Schlafräume (außen) anzustreben. Diesen Gedanken greift das Climate Service Center Germany mit dem „Schlecht-Schlaf-Index“ auf, der über Nächte, in denen die Temperatur im Außenraum 18 °C nicht unterschreitet, definiert ist (GERICS, 2019). Sinkt die nächtliche Temperatur nicht unter 20 °C wird von einer Tropennacht gesprochen, die gemeinhin als besonders belastend gilt.

Unter den angenommenen meteorologischen Rahmenbedingungen erreicht die **bodennahe nächtliche Lufttemperatur** (04:00 Uhr) im Untersuchungsgebiet Werte unter 16 °C über Teilen der Freiflächen im Süden (innerhalb der Aue) bis hin zu 20 - 21 °C in den dicht bebauten Bereichen der Erlanger Innenstadt bzw. über der Regnitz (Abb. 4). Im Status quo weist das Plangebiet „Brücke über den Regnitzgrund“ eine mittlere nächtliche Lufttemperatur von 17,1 °C und damit eine Temperaturdifferenz von ca. 1,4 °C zum gesamten Untersuchungsgebiet auf.

Mit Umsetzung der Bebauung steigt die nächtliche Lufttemperatur innerhalb des Plangebiets im Mittel um ca. 0,1 °C an, direkt unter der Brücke treten Zunahmen von 2,0 °C und mehr auf (Abb. A 2 im Anhang, Abb. 5). Die Änderung des Temperaturfeldes ist auf das direkte Umfeld der Brücke begrenzt, die Zunahme reicht nicht bis in den bestehenden Siedlungsraum hinein, sodass dort keine höhere nächtliche Belastung auftritt. Die Erwärmung unterhalb der Brücke ist auf die angenommene Versiegelung durch den geplanten



Fahrradschnellweg zurückzuführen. Darüber hinaus soll der bestehende Radweg teilweise zurückgebaut werden. Durch die Entsiegelung ist stellenweise mit einer Abkühlung zu rechnen.

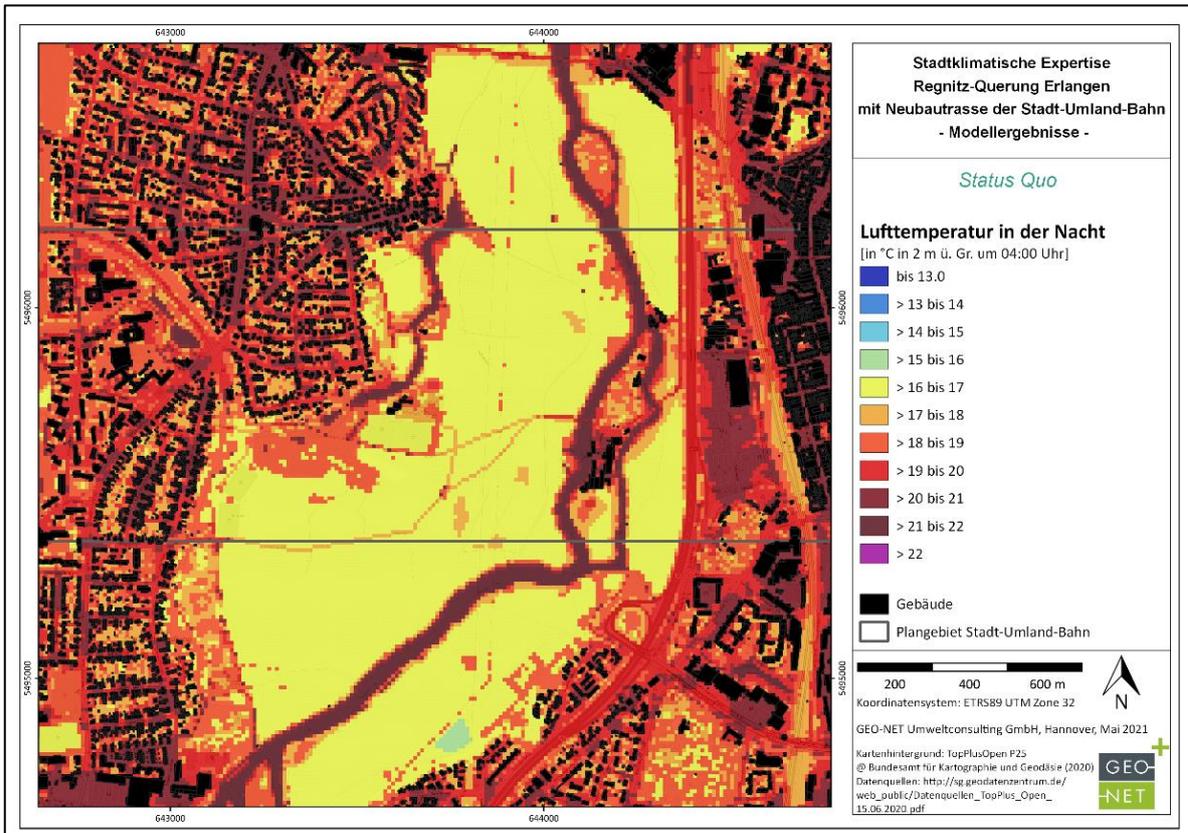


Abb. 4 Bodennahe nächtliche Lufttemperatur im Status quo

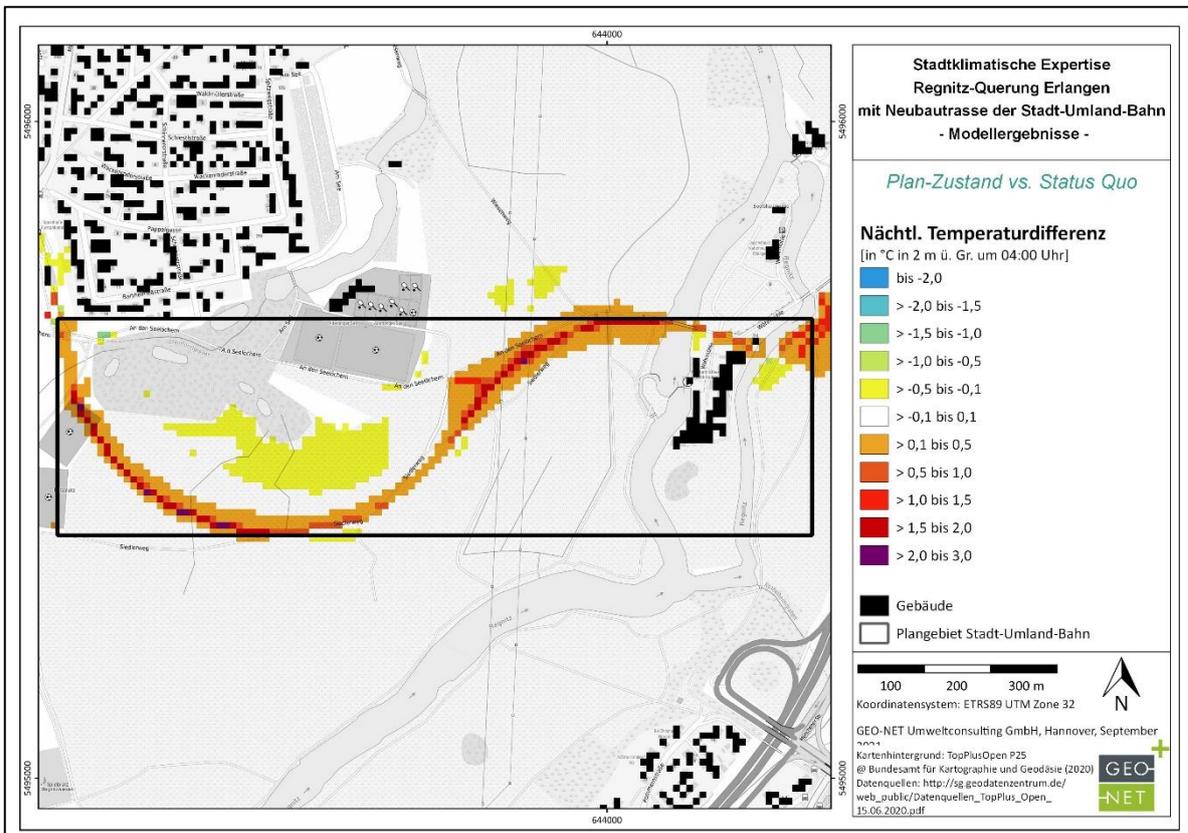


Abb. 5 Differenz der bodennahen nächtliche Lufttemperatur zwischen Plan-Zustand und Status quo



## 2.2 KALTLUFTPROZESSGESCHEHEN IN DER NACHT

Die variable bodennahe Lufttemperaturverteilung bedingt horizontale und vertikale Luftdruckunterschiede, die wiederum Auslöser für lokale thermische Windsysteme sind. Die wichtigsten nächtlichen Ausgleichsströmungen dieser Art sind Hangabwinde und Flurwinde. Mit ihrer (dichten) Bebauung stellen Stadtkörper ein Strömungshindernis dar, sodass deren Luftaustausch mit dem Umland eingeschränkt ist. Speziell bei austauschschwachen Wetterlagen wirken sich diese Faktoren bioklimatisch zumeist ungünstig aus, wenn der Siedlungsraum schwach bis gar nicht mehr durchlüftet wird. Daher können die genannten Strömungssysteme durch die Zufuhr kühlerer (und frischer) Luft eine bedeutende klimaökologische (und immissionsökologische) Ausgleichsleistung für Belastungsräume erbringen. Da die potentielle Ausgleichsleistung einer grünbestimmten Fläche nicht allein aus der Geschwindigkeit der Kaltluftströmung resultiert, sondern zu einem wesentlichen Teil durch ihre Mächtigkeit mitbestimmt wird (d.h. durch die Höhe der Kaltluftschicht), wird zur Bewertung der Grünflächen auch der sogenannte Kaltluftvolumenstrom herangezogen.

### **Bodennahe Kaltluftströmungsfeld**

Das nächtliche **bodennahe Strömungsfeld** wird durch das Nesting (siehe Seite 4) geprägt, das für eine Anströmung aus nördlicher bzw. südlicher Richtung sorgt (Abb. 6). Das Untersuchungsgebiet wird in erster Linie über die Regnitz-Aue mit Kaltluft durchströmt. Zusätzlich sorgen die Hauptverkehrsachsen (Gleisflächen und Straßenraum) für eine gewisse Durchlüftung. Die Innenstadt Erlangens profitiert dabei am wenigsten von diesen Strömungen. In den Baublöcken ist die Durchströmung reduziert bzw. ist in dicht bebauten Strukturen keine wirksame Durchlüftung mehr vorhanden (z.B. geschlossene Blockrandbebauung).

Das Plangebiet wird im Status Quo recht gut durchlüftet, nur beim Baumbestand an den Seelöchern nehmen die Geschwindigkeiten deutlich ab. Mit Umsetzung der neuen Brücke ist nur eine geringe Abbremsung der Strömung im westlichen Abschnitt des Bauwerkes und bei der Wöhrmühlinsel zu erwarten (Abb. A 2, Abb. 7). Auswirkungen auf den Siedlungsraum sind nicht erkennbar.

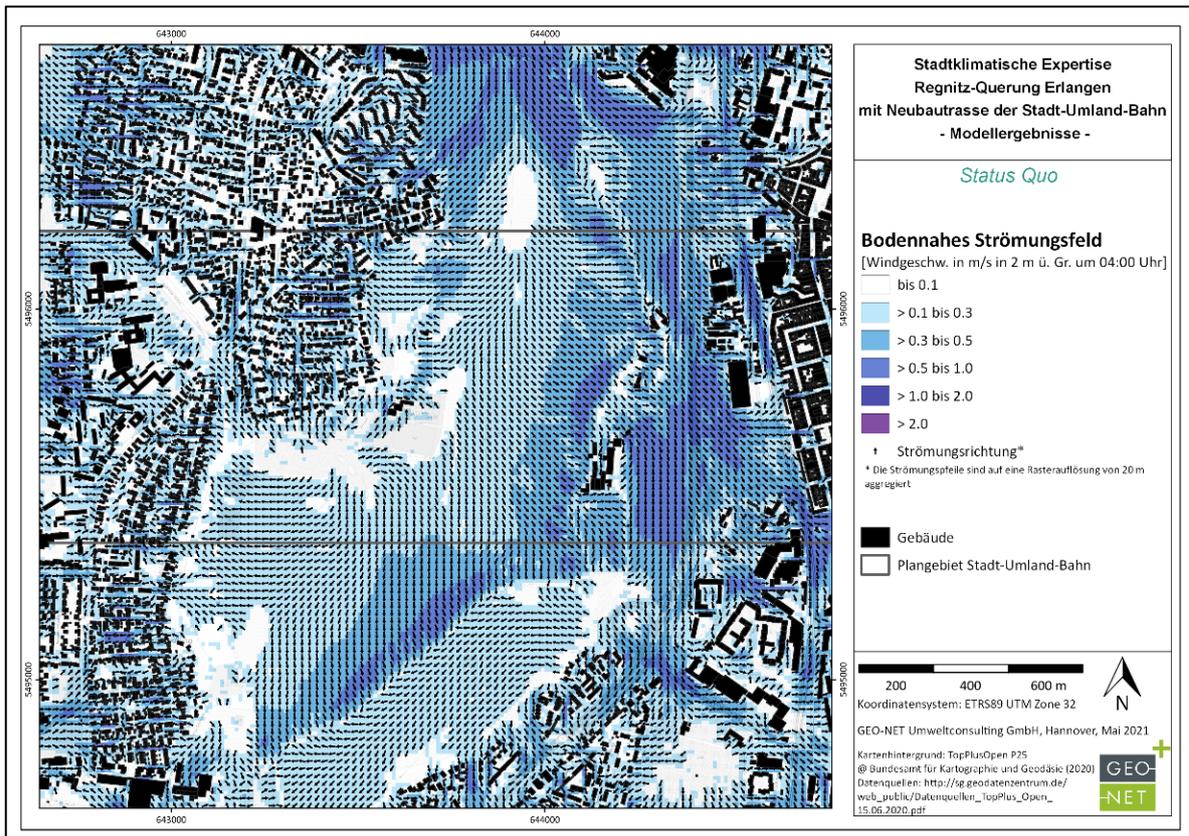


Abb. 6 Bodennahes nächtliches Strömungsfeld im Status quo

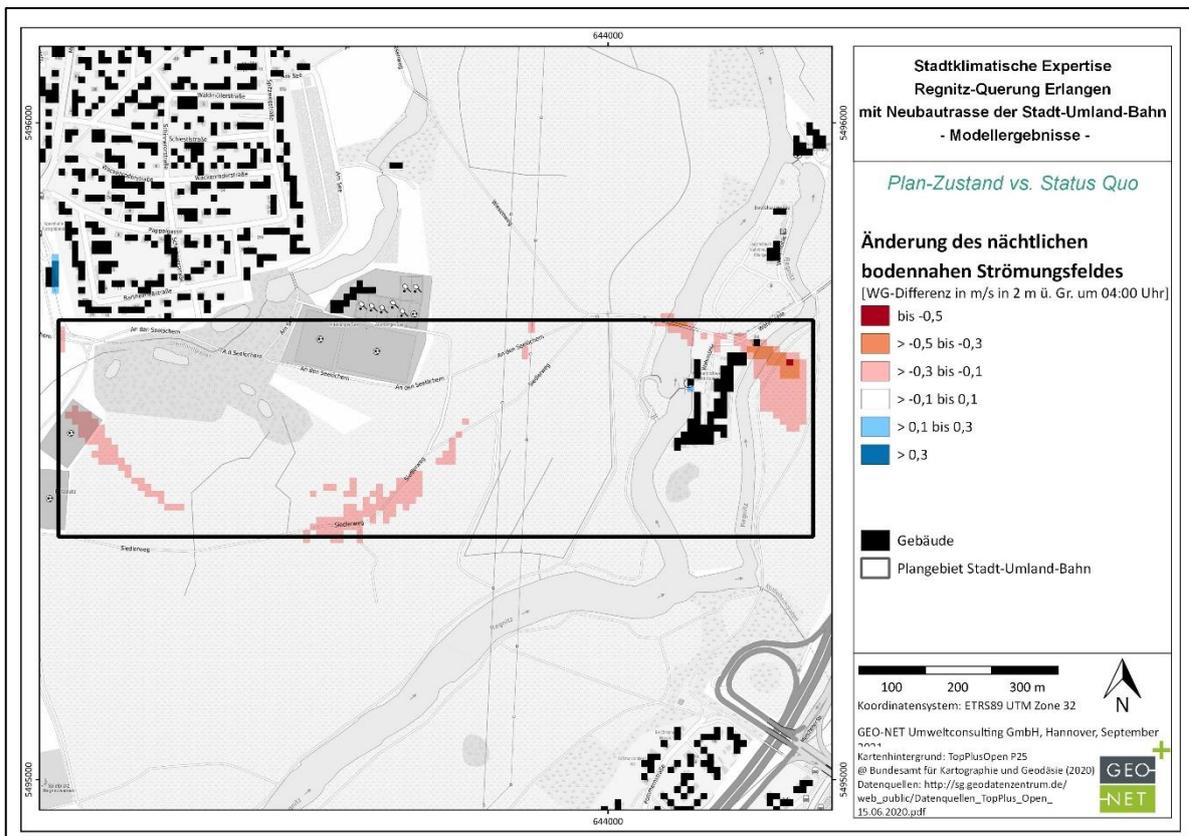


Abb. 7 Differenz der bodennahen nächtlichen Windgeschwindigkeit zwischen Plan-Zustand und Status quo



## Kaltluftvolumenstrom

In Bezug auf den **Kaltluftvolumenstrom** sind ähnliche Aussagen zu treffen. Die Regnitz-Aue ist für alle angrenzenden Gebiete ein wichtiger Kaltluftlieferant (Abb. A 4). Auch wenn die A 73 und die Bahngleise eher zu einem Transport in Nord-Süd-Richtung führen, sodass die Erlanger Innenstadt weniger durchlüftet ist. Durch die neue Brücke ist zwar im Umfeld des Plangebiets eine Abnahme des Kaltluftvolumenstroms festzustellen, doch sind an anderen Stellen auch Zunahmen zu verzeichnen und die Auswirkungen auf bestehende Siedlungsräume sind gering (Abb. 8, Abb. 9).

Anders als bei Belastungen durch Luftschadstoffe oder Verkehrslärm, für die in Verordnungen konkrete Grenz- oder Richtwerte genannt werden, gibt es für die Beeinflussung des Kaltlufthaushaltes keine allgemeingültigen Bewertungsmaßstäbe. In Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 wird ein quantitatives „Maß der Beeinflussung“ vorgeschlagen, das eine Reduktion der Abflussvolumina um mehr als 10 % als hohe vorhabenbedingte Auswirkung ausweist. Eine Verringerung um 5 - 10 % wird als mäßige, unterhalb von 5 % als geringfügige Auswirkung angesehen.

Entsprechend der Einteilung der VDI-Richtlinie sind im Umfeld des Plangebiets kleinräumig hohe Auswirkungen in Bezug des Kaltluftvolumenstroms möglich. Die im Kartenbild zu erkennende Abnahme des Kaltluftvolumenstroms ist zum Teil auf das geringe Ausgangsniveau zurückzuführen, aus der sich prozentual eine relativ starke Abweichung ergibt.

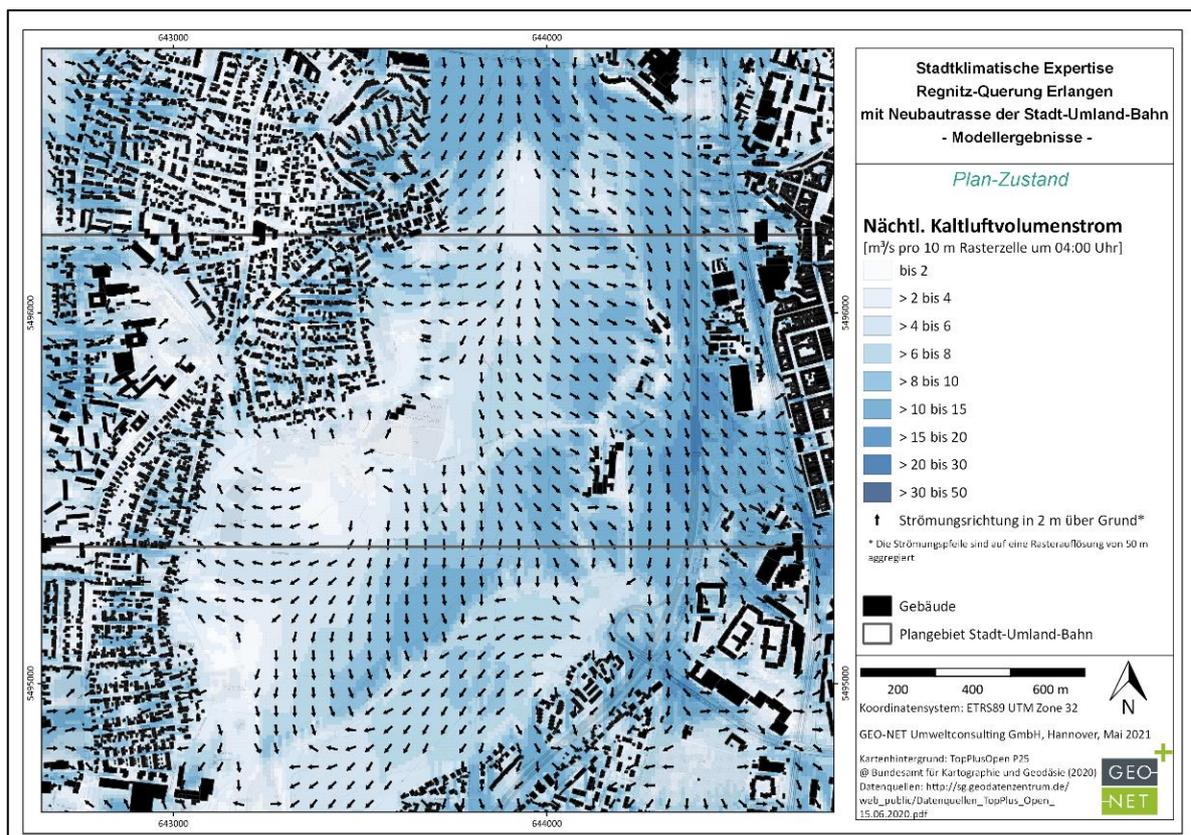


Abb. 8 Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom im Plan-Zustand

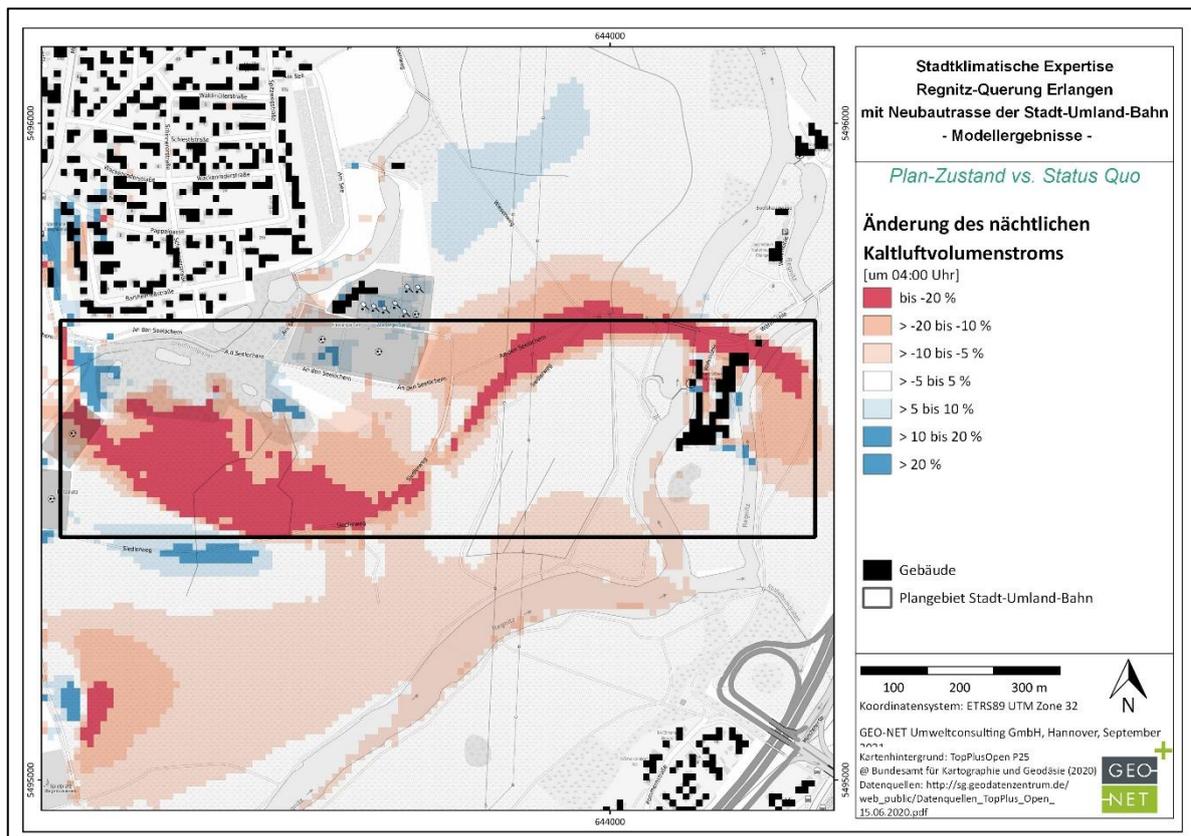


Abb. 9 Prozentuale Änderung des nächtlichen Kaltluftvolumenstroms zwischen Plan-Zustand und Status quo

### 2.3 WÄRMEBELASTUNG AM TAGE

Zur Bewertung der Wärmebelastung werden Indizes verwendet, die Aussagen zur Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie zu kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombinieren. In Modellen wird dazu der Wärmeaustausch einer „Norm-Person“ mit seiner Umgebung berechnet und die Wärmebelastung eines Menschen abgeschätzt. Zur Bewertung der Tagsituation wird hier der humanbioklimatische Index PET um 14:00 Uhr herangezogen (Physiologisch Äquivalente Temperatur; Matzarakis und Mayer 1996). Für die PET existiert in der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9 eine absolute Bewertungsskala, die das thermische Empfinden quantifiziert (z.B. starke Wärmebelastung ab PET 35 °C; VDI 2004).

Im Untersuchungsgebiet heben sich die Flächen entlang der Regnitz sowie weitere durch Bäume verschattete Bereiche mit den geringsten Wärmebelastungen im Aufenthaltsbereich des Menschen (d.h. unterhalb des Kronendachs) ab (Abb. 10). Unversiegelte Freiflächen ohne Verschattungselemente zeigen an einem autochthonen Sommertag (keine Bewölkung, d.h. ungehinderte Einstrahlung) dagegen eine starke Wärmebelastung.

Entsprechend ist das Plangebiet im Status quo aufgrund der vielen Freiflächen überwiegend von einer starken Wärmebelastung geprägt (im Flächenmittel liegt die PET bei 35,5 °C), wobei diese Flächen überwiegend landwirtschaftlich genutzt werden und keine relevanten Aufenthaltsräume darstellen. Die Auswirkungen der angedachten Bebauung beschränken sich auf das Plangebiet, darüber hinaus sind keine Effekte zu erwarten, da die PET maßgeblich vom Strahlungshaushalt bestimmt wird (Abb. A 5, Abb. 11). Das Brückenbauwerk führt durch den verschattenden Effekt kleinräumig zu einer geringeren Wärmebelastung (bis zu - 8 °C PET).

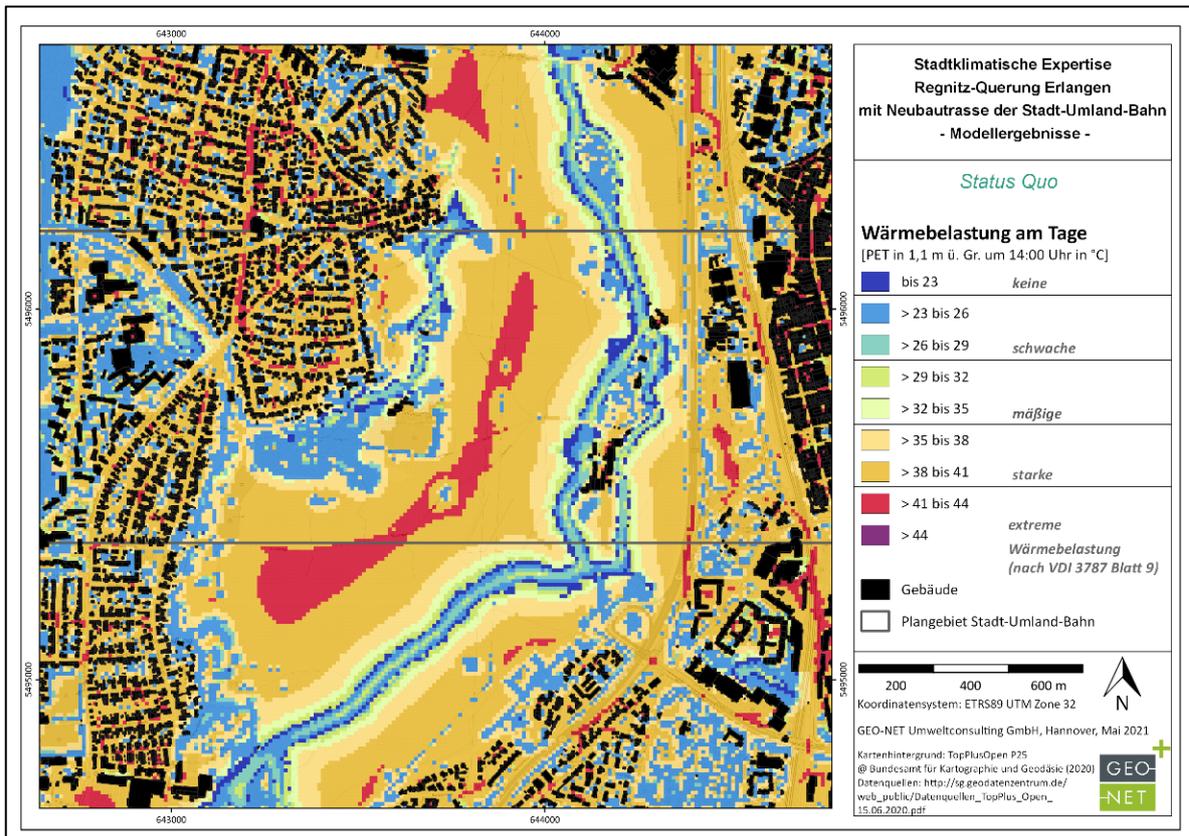


Abb. 10 Wärmebelastung am Tage (PET) im Status quo

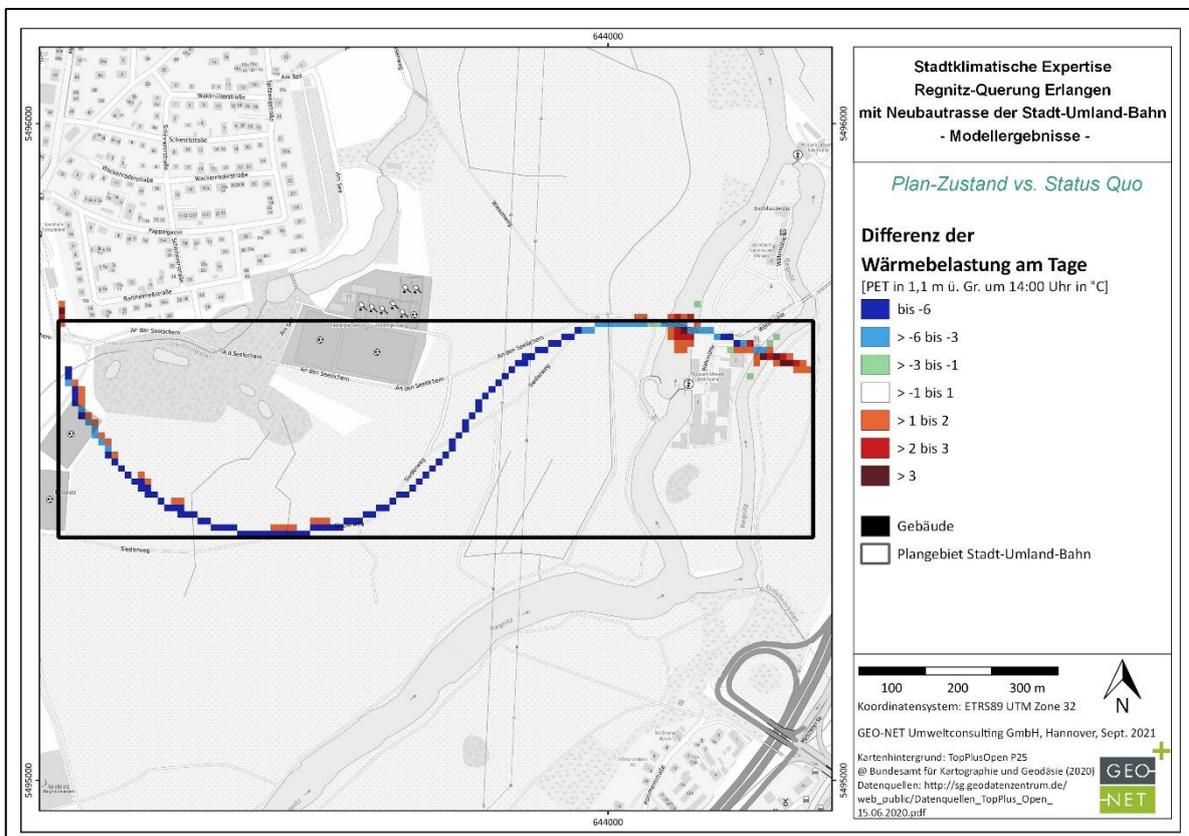


Abb. 11 Differenz der PET zwischen Plan-Zustand und Status quo



### 3 Klimaökologische Bewertung und Empfehlungen

Aus klimaökologischer Sicht lassen sich auf Grundlage der Modelluntersuchungen folgende zentralen Ergebnisse für das Plangebiet „Brücke über den Regnitzgrund“ festhalten:

Zwar handelt es sich bei der Regnitz-Aue um eine klimaökologisch bedeutende Fläche, die Funktionen für das nächtliche Kaltluftprozessgeschehen aufweist, doch hat die hochaufgelöste Modellrechnung gezeigt, dass sich die negativen Auswirkungen weitestgehend auf das Plangebiet selbst beschränken und nur in geringem Maße Effekte auf die angrenzenden Flächen nach sich ziehen, bei denen es sich überwiegend nicht um Siedlungsräume handelt. Ein Grund für die vergleichsweise geringen Auswirkungen auf den Kaltluftvolumenstrom ist in der lichten Bauweise der geplanten Brücke zu finden, die eine Durchströmung erlaubt.

Da sich das Brückenbauwerk nachts zudem kaum auf das bodennahe Strömungsfeld auswirkt und nur mit einer kleinräumigen höheren thermischen Belastung zu rechnen ist, wird die Änderung des Kaltluftvolumenstroms in diesem Bereich als geringfügig eingeschätzt.

Es gibt keine signifikanten Änderungen im Siedlungsraum, somit bleibt die Funktion der Regnitz-Aue als „Fläche hochempfindlicher thermischer Funktionalität“ erhalten.

Gleichzeitig verbessert sich die bioklimatische Situation am Tage und die geplanten Verweilstationen entlang des Radschnellweges können bei entsprechender Gestaltung zusätzliche Erholungsflächen darstellen (vgl. Planunterlagen Ingenieurbüro Grassl, 2021).

Insgesamt führt die vorgesehene Bebauung zu keinen relevanten Veränderungen der klimaökologischen Situation im Untersuchungsgebiet. Aus der Sicht der klimaökologischen Belange – unabhängig von den Belangen bzw. Erfordernissen anderer Fachplanungen – ist das geplante Bauvorhaben als vertretbar und unkritisch einzuschätzen.

#### ***Klimaökologische Empfehlungen für das Plangebiet***

Die in Abb. 1 dargestellte angedachte Bebauung des Plangebiets orientiert sich an den Anforderungen einer besseren Verknüpfung der Städte Herzogenaurach, Erlangen & Nürnberg und wird in seiner Grundstruktur (Trassenverlauf) als gegeben hingenommen.

Folgende geplante Aspekte sollten aus klimaökologischer Sicht umgesetzt werden:

- ↳ *Beibehaltung des schlanken Brückenpfeilerdesigns, sodass die Brücke unterströmt werden kann*
- ↳ *Umsetzung des Fahrradschnellweges unter der Brücke, da so das Pendeln zwischen den Stadtteilen attraktiver wird (Schutz vor Hitze und Regen)*
- ↳ *Rasengleise im angrenzenden Siedlungsbereich fördern eine nächtliche Abkühlung der Straßenraumes*

Abschließend ist zu empfehlen verschattete Bereiche an den Verweilstationen einzurichten (wenn möglich mit Bäumen), sodass eine öffentlich zugängliche Grünfläche mit Aufenthaltsqualität geschaffen wird.



## Literaturnachweis

- GERICS Climate Service Center Germany (2019): Schlecht-Schlaf-Index. Online (Abruf 09.07.2021): [https://gerics.de/products\\_and\\_publications/publications/IPCC/detail/078103/index.php.de](https://gerics.de/products_and_publications/publications/IPCC/detail/078103/index.php.de)
- Ingenieurbüro Grassl GmbH (2021): Unterlagen zum Realisierungswettbewerb für Objekt- und Tragwerksplanung mit freianlagenplanerischen Ideenteil: „Brücke über den Regnitzgrund in Erlangen“
- Matzarakis, A. und H. Mayer (1996): Another kind of environmental stress: Thermal stress. WHO Newsletter No. 18: 7-10.
- Stadt Erlangen (2019): Klimaanpassungskonzept der Stadt Erlangen. Teil B: Stadtklimaanalyse Erlangen – Methodik und Ergebnisse. GEO-NET Umweltconsulting GmbH und MUST Städtebau GmbH im Auftrag der Stadt Erlangen.
- UBA – Umweltbundesamt (2016): Heizen, Raumtemperatur. Online (Abruf 29.06.2021): [www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltbewusstleben/heizen-raumtemperatur](http://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltbewusstleben/heizen-raumtemperatur)
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure (2003): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5. Umweltmeteorologie. Lokale Kaltluft.
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure (2004): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 9. Umweltmeteorologie. Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene.
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure (2008): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2. Umweltmeteorologie. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil I: Klima.

**GEO-NET Umweltconsulting GmbH**

**Hannover, den 15.09.2021**

**Erstellt von:**

-----  
Janine Könitz (M.Sc. Umweltnaturwissenschaften)

**Geprüft von:**

-----  
Janko Löbig (M.Sc. Geoökologie)

Die Erstellung der Klimaexpertise erfolgte entsprechend dem Stand der Technik nach besten Wissen und Gewissen. Die Klimaexpertise bleibt bis zur Abnahme und Bezahlung alleiniges Eigentum des Auftragnehmers. Eigentum und Nutzungsrecht liegen bei der Auftraggeberin



# Anhang

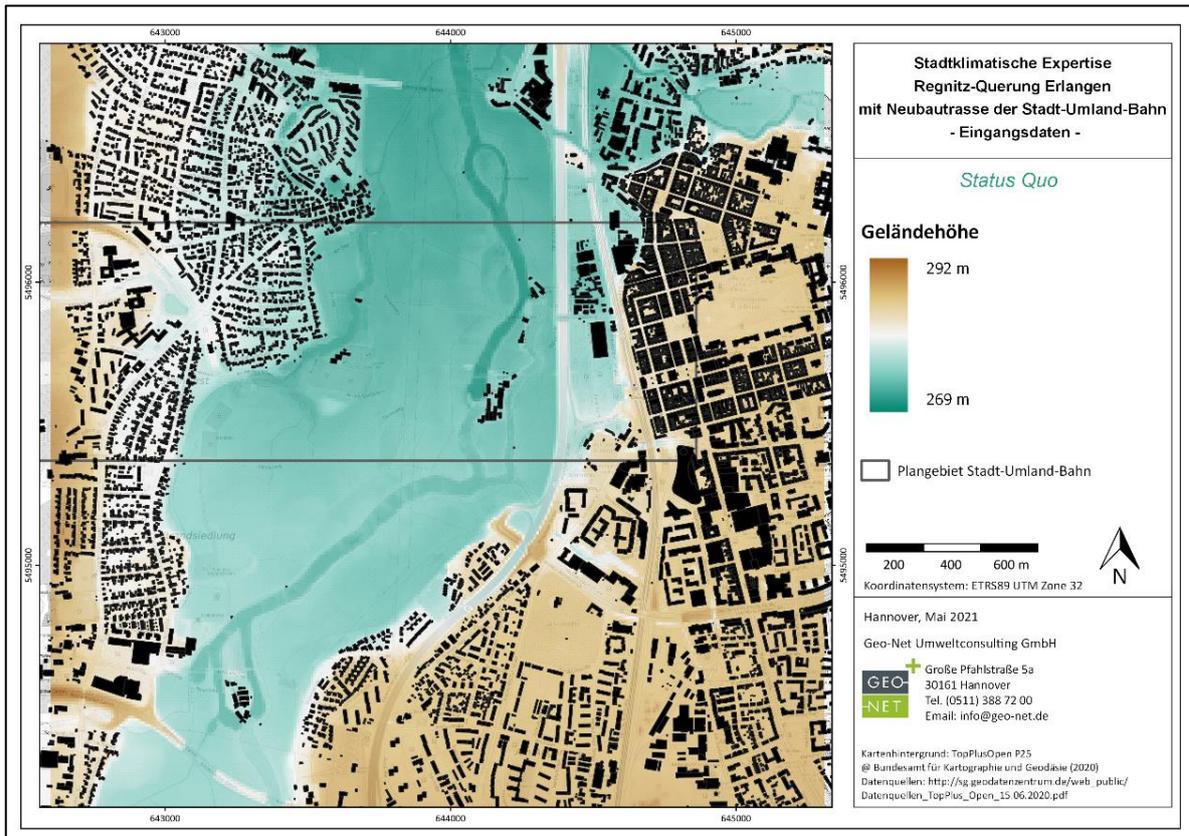


Abb. A 1 Geländehöhe im Untersuchungsgebiet

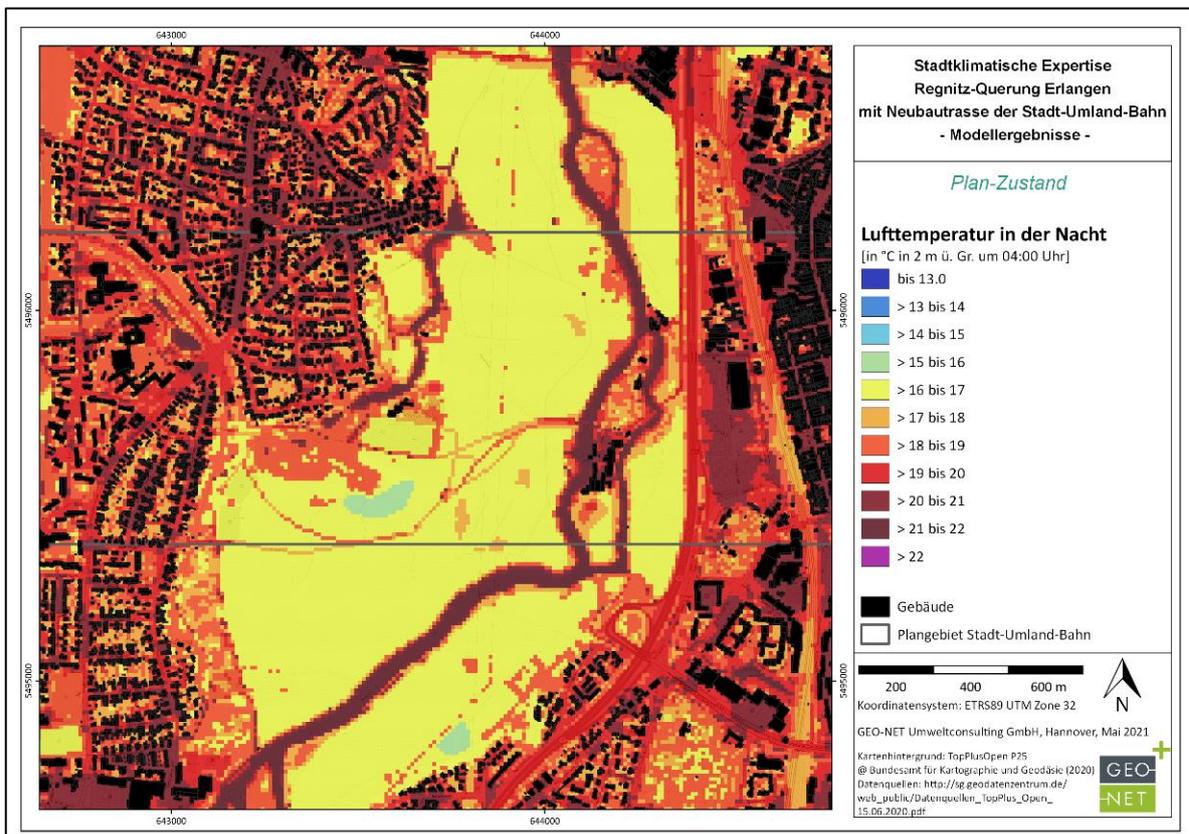


Abb. A 2 Bodennahe nächtliche Lufttemperatur im Plan-Zustand

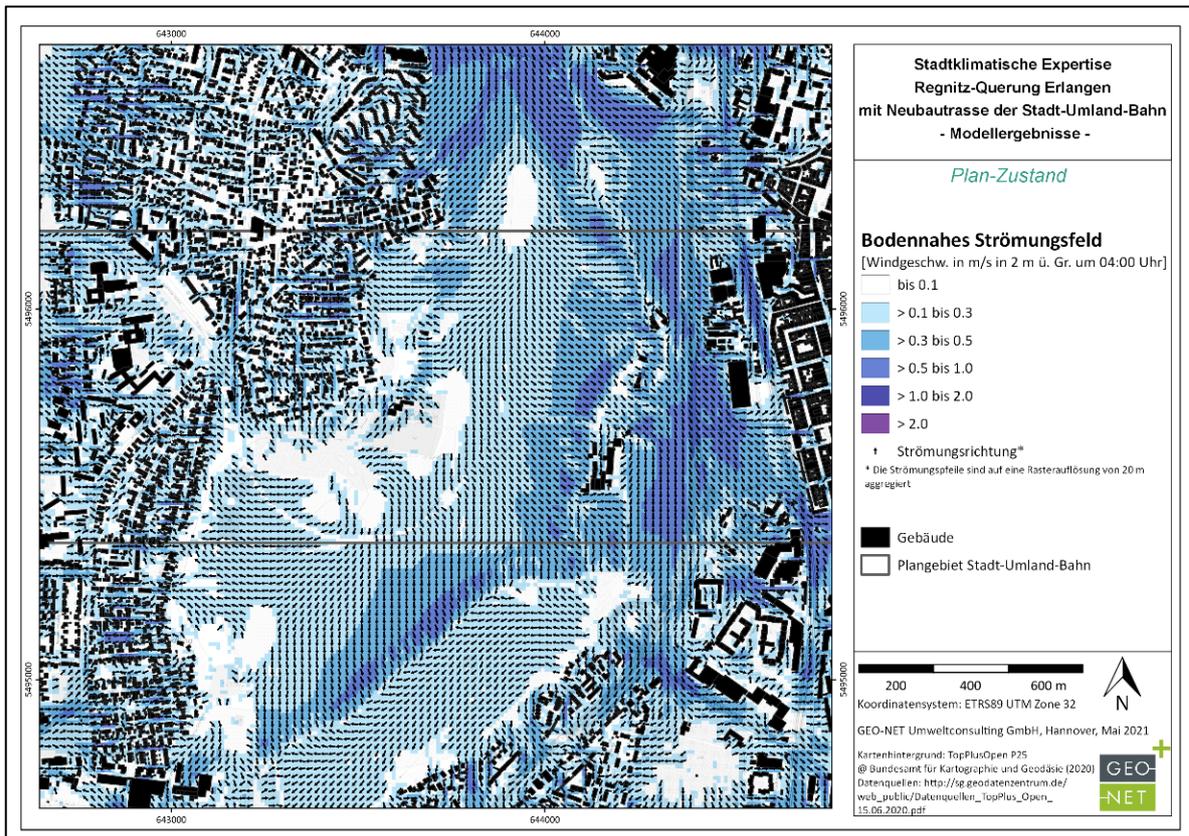


Abb. A 3 Bodennahes nächtliches Strömungsfeld im Plan-Zustand

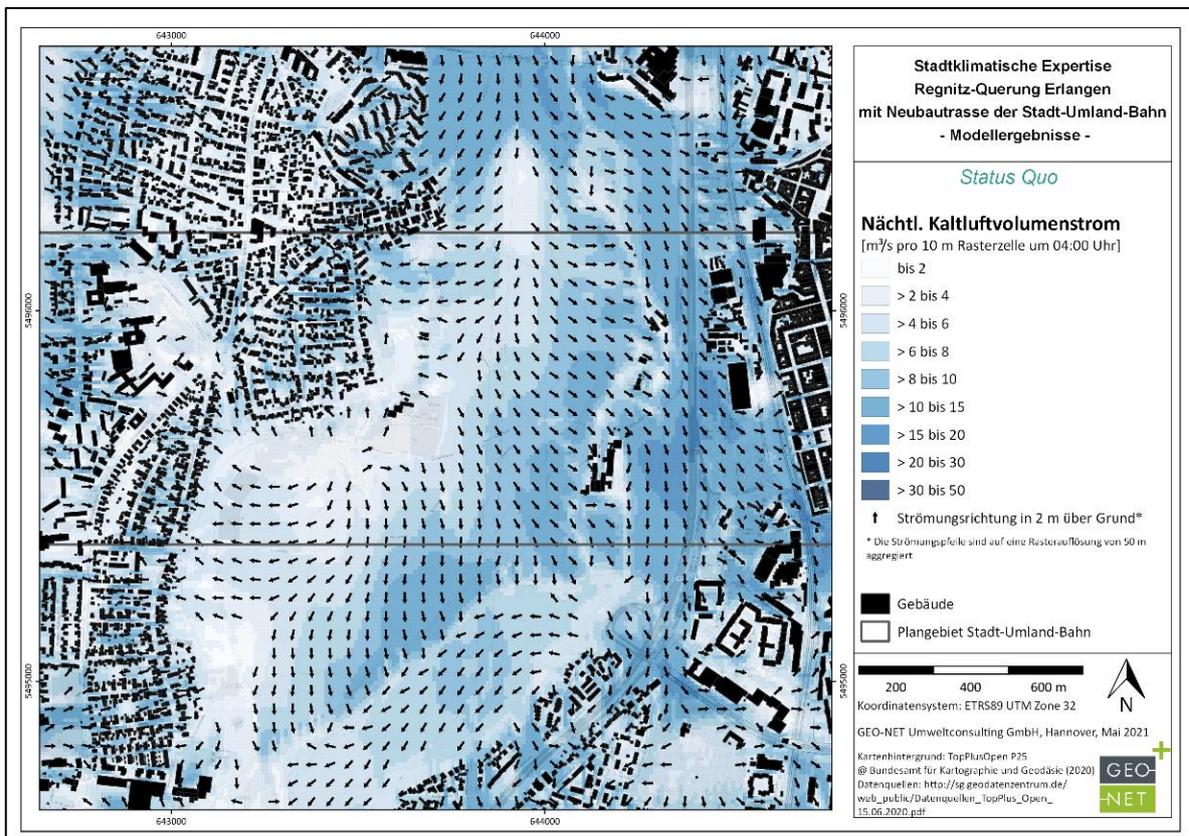


Abb. A 4 Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom im Status quo

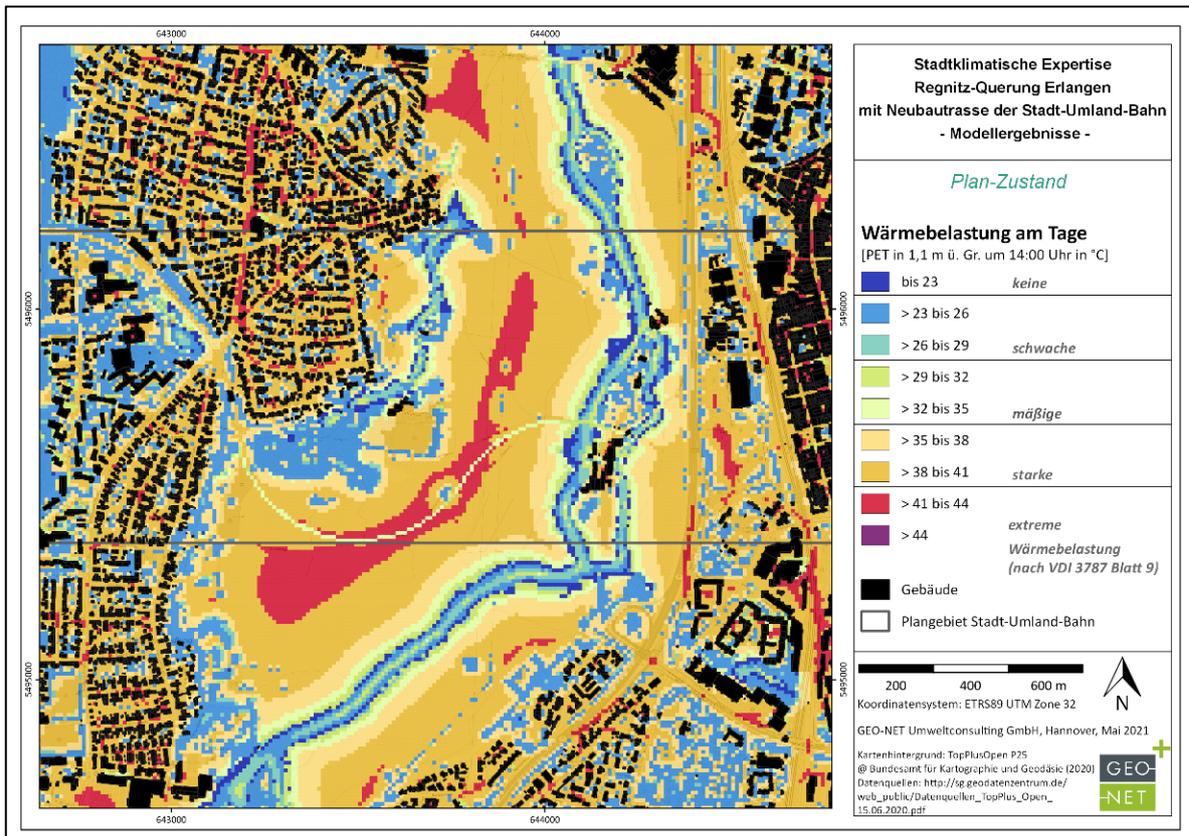


Abb. A 5 Wärmebelastung am Tage (PET) im Plan-Zustand