

## **KLIMAGUTACHTEN RÖDERWEG ERFURT**

Gutachten zur Auswirkung auf das  
Lokal- und Bioklima für den  
Bebauungsplan BRV746  
„Neue Gartenstadt Röderweg“.

## Klimagutachten Röderweg, Erfurt

Auftraggeber: Deutsche Reihenhaus AG  
Chausseestraße 88  
10115 Berlin

Auftragnehmer: INKEK GmbH  
Institut für Klima- und Energiekonzepte  
Schillerstraße 50  
34253 Lohfelden

Bearbeitung: Dipl.-Ing. Sebastian Kupski, B.Sc. Ursula Rachor  
Qualitätssicherung: Prof. Dr. Lutz Katzschner

Lohfelden, 28. Januar 2021

  
Sebastian Kupski, Dipl.-Ing./ Stadtplaner-IngKH  
(Geschäftsführer)

*Bei allen Bezeichnungen, die auf Personen bezogen sind, meint die gewählte Formulierung beide Geschlechter, auch wenn aus Gründen der leichteren Lesbarkeit und Verständlichkeit die männliche Form gewählt wurde.*

*Die Erstellung des Gutachtens erfolgte nach Stand der Technik sowie nach bestem Wissen und Gewissen. Klimatische Analysen und Wetterbedingungen unterliegen einer entsprechenden Variabilität, das tatsächliche Eintreten kann naturgemäß nicht sicher prognostiziert werden.*

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b> .....	<b>4</b>
1.1	Lagebeschreibung .....	4
1.2	Methodik .....	5
<b>2</b>	<b>Klimatische Rahmenbedingungen in Erfurt</b> .....	<b>7</b>
2.1	Stadtklima Erfurts .....	7
2.2	Kaltluft.....	8
2.3	Bestehende Gutachten.....	8
<b>3</b>	<b>Kaltluftmodellierung</b> .....	<b>10</b>
3.1	Eingangsdaten .....	10
3.2	Modellbeschreibung .....	10
3.3	Ergebnisse.....	12
3.3.1	BESTAND .....	12
3.3.2	PLAN.....	15
3.3.3	DIFFERENZ.....	18
<b>4</b>	<b>Stadtklimatische Auswertung</b> .....	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>Fazit</b> .....	<b>23</b>
	<b>Quellenverzeichnis</b> .....	<b>24</b>
	<b>Anhang</b> .....	<b>25</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Plangebiet mit eingefügter Planung und Umgebung.....	5
Abbildung 2: Lage des Untersuchungsgebiets (schwarzer Rahmen) und des Plangebiets (rot markiert). ....	6
Abbildung 3: Ausschnitt der Klimafunktionskarte mit markiertem Untersuchungsraum der Kaltluftmodellierung....	8
Abbildung 4: Ausschnitt der Klimaschutzzonenkarte Ausschnitt der Klimaschutzzonenkarte mit markiertem Untersuchungsraum der Kaltluftmodellierung.....	9
Abbildung 5: KLAM_21-Eingangsdaten Ist-Zustand (Landnutzung und Gebäude).....	11
Abbildung 6: KLAM_21-Eingangsdaten Digitales Gelände-Modell. ....	11
Abbildung 7: Kaltfluthöhe und -fluss nach 2h in der BESTAND-Simulation. O. Maßstab, Original im Anhang. ....	12
Abbildung 8: Kaltfluthöhe und -fluss nach 4h in der BESTAND-Simulation. O. Maßstab, Original im Anhang. ....	12
Abbildung 9: Kaltluftvolumenstrom (Betrag und Richtung) nach zwei Stunden in der BESTAND-Simulation. Ohne Maßstab, Original im Anhang. ....	13
Abbildung 10: Kaltluftvolumenstrom (Betrag und Richtung) nach vier Stunden in der BESTAND-Simulation. Ohne Maßstab, Original im Anhang. ....	13
Abbildung 11: Kaltfluthöhe und -fluss nach 2h in der PLAN-Simulation. O. Maßstab, Original im Anhang.....	15
Abbildung 12: Kaltfluthöhe und -fluss nach 4h in der PLAN-Simulation. O. Maßstab, Original im Anhang.....	15
Abbildung 13: Kaltluftvolumenstrom (Betrag und Richtung) nach zwei Stunden in der PLAN-Simulation. O. Maßstab, Original im Anhang. ....	16
Abbildung 14: Kaltluftvolumenstrom (Betrag und Richtung) nach vier Stunden in der PLAN-Simulation. O. Maßstab, Original im Anhang. ....	16
Abbildung 15: Veränderung der Kaltfluthöhe BESTAND<>PLAN nach 2 h. O. Maßstab, Original im Anhang.....	18
Abbildung 16: Veränderung der Kaltfluthöhe BESTAND<>PLAN nach 4 h. O. Maßstab, Original im Anhang.....	18
Abbildung 17: Differenz Kaltluftvolumenstrom (Bestand-Plan) nach zwei Stunden. O. Maßstab, Original im Anhang.....	19
Abbildung 18: Differenz Kaltluftvolumenstrom (Bestand-Plan) nach vier Stunden. O. Maßstab, Original im Anhang. ....	19

## 1 Aufgabenstellung

Die Lage der Landeshauptstadt Erfurt in einem Talkessel führt zu einer Reduzierung der atmosphärischen Austauschprozesse. Die versiegelten und verdichteten Bereiche der Innenstadt neigen zur Überwärmung an heißen Sommertagen. Die kaltluftproduzierenden Freiflächen haben das Potenzial, kühlend auf die Belastungsbereiche wirken zu können. Dadurch wird neben der Kaltluftproduktion dem Kaltluftabfluss eine hohe klimaökologische Ausgleichswirkung zugemessen. Entwicklungen in diesen sensiblen Bereichen sollten demzufolge hinsichtlich der stadtklimatischen Wirkung untersucht werden.

Im Westen der Stadt Erfurt ist die Entwicklung des Baugebiets „Neue Gartenstadt Röderweg“ geplant. Dieses Gutachten untersucht die Auswirkungen der vorgesehenen Bebauung auf den lokalen Kaltluftabfluss und die bioklimatischen Verhältnisse und formuliert lokal abgestimmte Planungshinweise.

Solche umfangreichen Untersuchungen des Stadtklimas und vor allem der Kalt- und Frischluftversorgung sind bei Entwicklungen auf städtischer Ebene notwendig, um eine lebenswerte Stadt zu erhalten. Gesetzlich ist dies etwa im BauGB verankert (§ 1 Abs. 5). Auch laut der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS, Fortschrittsbericht 2020) nimmt die Stadt- und Raumplanung eine „Schlüsselrolle im Bereich der Klimaanpassung“ ein. Da sich die steigende Hitzebelastung negativ auf die menschliche Gesundheit auswirkt, ist im Themenbereich „Stadtklima und Luftqualität“ ein großer Handlungsbedarf gegeben. Eine klimasensible Entwicklung ist nur möglich, wenn die heutige Planung auf fundierten Kenntnissen der stadtklimatischen Gegebenheiten aufbaut.

### 1.1 Lagebeschreibung

Das zu begutachtende Plangebiet befindet sich im vorstädtischen Randbereich im Westen der Stadt, etwa 1,5 km östlich vom Flughafen Erfurt-Weimar. Das 12.360 m<sup>2</sup> große Baugrundstück liegt am namensgebenden Röderweg, im Norden gegenüber grenzt landwirtschaftliche Nutzung an. Im Osten und Süden befindet sich Wohnbebauung der Brühlervorstadt und im Westen Kleingärten. Das Plangebiet selbst besteht aktuell aus brachliegender Fläche und Kleingärten mit Baumbeständen.

Abbildung 1 zeigt das Baugebiet mit Umgebung, Abbildung 2 stellt das Plangebiet in größerem Kontext dar.



Abbildung 1: Plangebiet mit eingefügter Planung und Umgebung. Quelle Luftbild: Geoportal Thüringen

## 1.2 Methodik

Im Rahmen des Gutachtens sind folgende Fragestellungen zu beantworten:

- 1) Welche Auswirkungen hat die vorgesehene dichte Riegelbebauung/Flächennutzung auf den lokalen Kaltluftabfluss (Volumen und Geschwindigkeit) in Richtung Kernstadtgebiet?
- 2) Mit welchen Änderungen der bioklimatischen Verhältnisse ist zu rechnen (Aussagen sind aus der Kaltluftrechnung abzuleiten)?
- 3) Welche städtebaulichen/sonstigen Maßnahmen werden für die Planung empfohlen, um die ggf. ermittelten Beeinträchtigungen der bio- und stadtklimatischen Funktionalität bzw. der Kaltluftentstehung und des Transports auszugleichen?

Die Untersuchung ist mit einem mikro-/mesoskaligen Kaltluftmodell durchzuführen. Sie erfolgt in diesem Gutachten mit dem Modell KLAM-21 des Deutschen Wetterdienstes (DWD 2016), das bereits für die großräumige Untersuchung im Rahmen der Klimaanalyse „Klimagerechtes Flächenmanagement der Landeshauptstadt Erfurt“ eingesetzt wurde. Die gewählte Zellgröße beträgt 2 x 2 und ist damit feiner als die geforderte Mindestauflösung (5 x 5 m). Um den Kaltluftabfluss realistisch darzustellen, geht das im Modell berechnete Untersuchungsgebiet deutlich über das Plangebiet hinaus (s. Abbildung 2).

Analysiert werden die gegenwärtige Situation (Bestand), der Plan-Zustand und die Differenz zwischen beiden Situationen. Als Grundlage für die Analyse werden bereits bestehende Klimauntersuchungen, -gutachten und -daten (s. Kap. 2) herangezogen. Die Durchführung,

Auswertung und Darstellung erfolgt nach den umweltmeteorologischen Richtlinien des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI 3787 Blatt 5), Planungshinweise erfolgen nach den Richtlinien VDI 3787 Blatt 1 und Blatt 8.

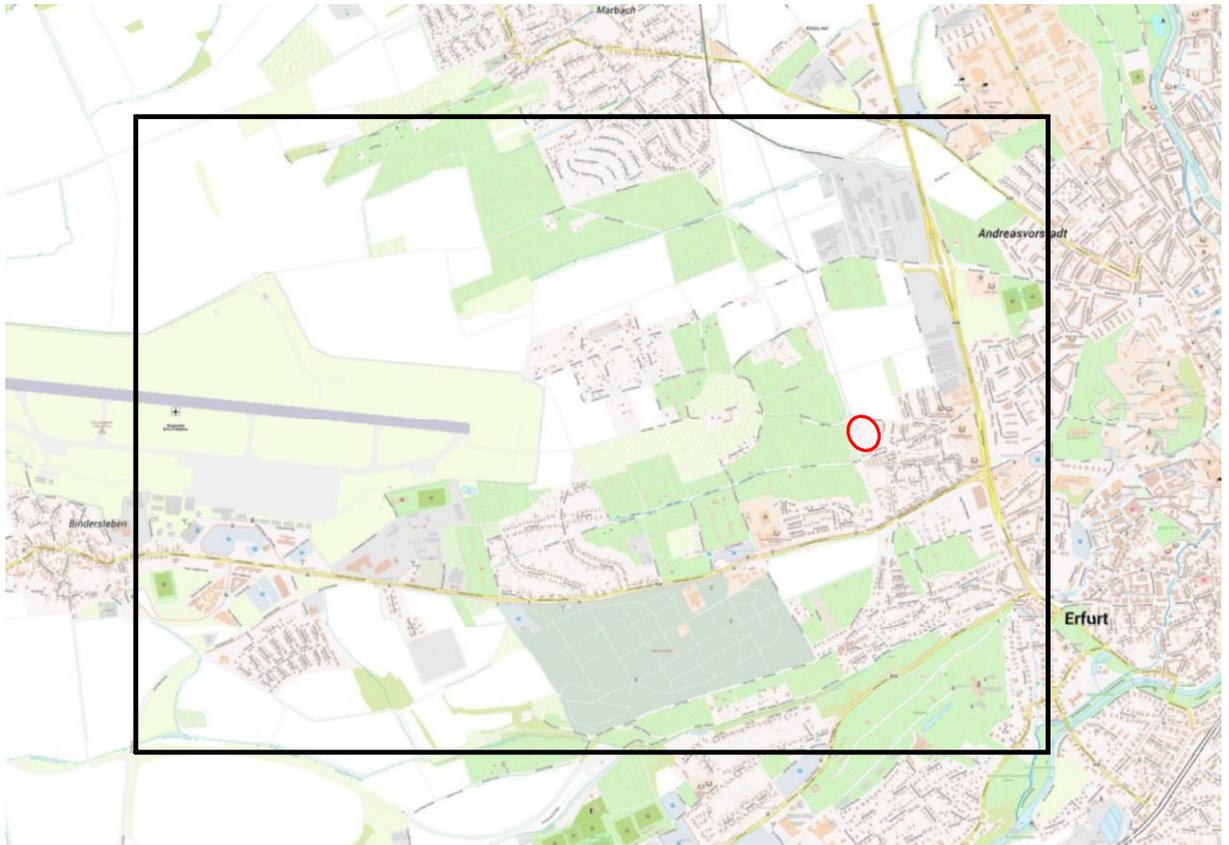


Abbildung 2: Lage des Untersuchungsgebiets (schwarzer Rahmen) und des Plangebiets (rot markiert).  
Quelle Hintergrundkarte: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2020)

## 2 Klimatische Rahmenbedingungen in Erfurt

### 2.1 Stadtklima Erfurts

Definition ‚Stadtklima‘ von der World Meteorological Organization (WMO):

*Das Stadtklima ist das durch die Wechselwirkung mit der Bebauung und deren Auswirkungen (einschließlich Abwärme und Emission von luftverunreinigenden Stoffen) modifizierte Klima.*

Städte sind in topographische und atmosphärische Hintergrundbedingungen eingebunden. Durch dreidimensionale Strukturen von Städten sowie Prozesse, die in ihnen ablaufen, werden die atmosphärischen Hintergrundbedingungen durch Städte lokal modifiziert, was zur Ausbildung eines spezifischen Stadtklimas bzw. urbaner Mikroklimata führt. Die wesentlichen Unterschiede zwischen den klimatischen Verhältnissen im städtischen Raum und im ländlichen Umland sind das Phänomen der Wärmeinsel (erhöhte Lufttemperatur, vor allem nachts), eine Herabsetzung der mittleren Windgeschwindigkeit (fehlende Belüftung), sowie die lufthygienische Situation (Anreicherung der Luft mit Schadstoffen).

In Erfurt ist durch die Talkesselage der Stadt der atmosphärische Austausch stark reduziert, zudem neigt die dicht bebaute und versiegelten Bereiche in der Kern- und Innenstadt zu einer starken Überwärmung. Der entstehende Temperaturunterschied zum Umland beträgt durchschnittlich +2,5 bis +3°C, kann aber unter entsprechenden Bedingungen auf bis zu 7°C steigen. In den letzten fünf Jahren traten im Stadtgebiet im Mittel 30 Hitzetage pro Jahr auf (Aufgabenstellung Immissionsschutzbehörde Erfurt).

Der Klimawandel (Trends von Klimavariablen, Extremwetter) wirkt sich primär auf die regionalen atmosphärischen Hintergrundbedingungen aus. Nach belastbaren Ergebnissen aus regionalen Klimasimulationen werden in Mitteleuropa zukünftig insbesondere Hitzeperioden auftreten, die intensiver sind, länger andauern und häufiger als bisher vorkommen. Die Intensivierung von extremer Hitze auf regionaler Ebene stellt für Städte in Mitteleuropa ein erhebliches Problem dar. In Erfurt muss bis zum Ende des Jahrhunderts mit einer Erwärmung um bis zu +5°C gerechnet werden (ebd.), die thermische Belastung im Stadtgebiet zusätzlich erhöht. Der entstehende Hitzestress beeinträchtigt das Wohlbefinden, die Leistungsfähigkeit und die Gesundheit von Stadtbewohnern erheblich.

Der durch den Klimawandel entstehende Hitzestress ist ein regionales Phänomen, das nicht ohne weiteres lokal reduziert werden kann. Der thermische Komfort kann durch die Stadtplanung dennoch beeinflusst werden, indem die Ausbildung der städtischen Wärmeinsel begrenzt wird. Dafür ist die Offenhaltung von Frisch- und Kaltluftschneisen und die Erhaltung von Kaltluftentstehungsflächen essenziell. Aus diesem Grund muss untersucht werden, ob eine Flächenumnutzung bei einer relevanten Wetterlage negative Auswirkungen auf die Stadt/Siedlungsräume hat.

## 2.2 Kaltluft

Die zur nächtlichen Abkühlung wichtige Kaltluft entsteht auf unversiegelten, naturnahen Flächen mit Vegetation. Diese kalte Luft sammelt sich wegen ihrer höheren Dichte über dem Boden und fließt dem Relief entsprechend hangabwärts. Die Ausprägung der vor allem nachts bodennah stattfindenden Kaltluftflüsse ist abhängig von der Größe der kaltluftproduzierenden Flächen sowie von der Hangneigung. (Städtebauliche Klimafibel 2012)

Anthropogene Überformungen der natürlichen Raumstruktur führen in aller Regel zu wesentlichen Einflussnahmen auf diese dynamischen Prozesse. Baukörper wirken als Barriere gegenüber Luftströmungen, sodass Kaltluftmassen ggf. nur sehr verzögert bzw. gar nicht mehr in die bebauten Bereiche fließen. Demnach sind es insbesondere die Übergangsbereiche von Freiland zu Bebauung, denen ein besonderes Augenmerk zu schenken ist (Katzschner und Kupsi 2019). Des Weiteren können auch Einzelstrukturen wie Straßen, Bahndämme oder dichte/hohe Vegetationsbestände die Funktionsfähigkeit von Luftleitbahnen oder das Volumen der abfließenden Luft erheblich beeinträchtigen und werden folglich bei den Erhebungen berücksichtigt.

Bestehende Gutachten haben das Plangebiet als Kaltluftentstehungsfläche mit Belüftungsfunktion in Richtung Kernstadtgebiet identifiziert (s.u.), weswegen die Auswirkungen der Planbebauung auf den Kaltluftabfluss in diesem Gutachten eingehend untersucht werden.

## 2.3 Bestehende Gutachten

### *Gesamtstädtisches Klimagutachten 2018*

Für die Einordnung des Untersuchungsgebietes in den gesamtstädtischen Kontext sind die Klimafunktionskarte (Abbildung 3) und die Klimaschutzzonenkarte (Abbildung 4) der Stadt (Klimagerechtes Flächenmanagement der Landeshauptstadt Erfurt, 2018) geeignete Grundlagen.

Abbildung 3 zeigt einen Ausschnitt der Klimafunktionskarte, in der die städtischen Klimatope (klimaökologische Potentialflächen bis hin zu Überwärmungsgebieten) und die Belüftungsverhältnisse im Talkessel verzeichnet sind.

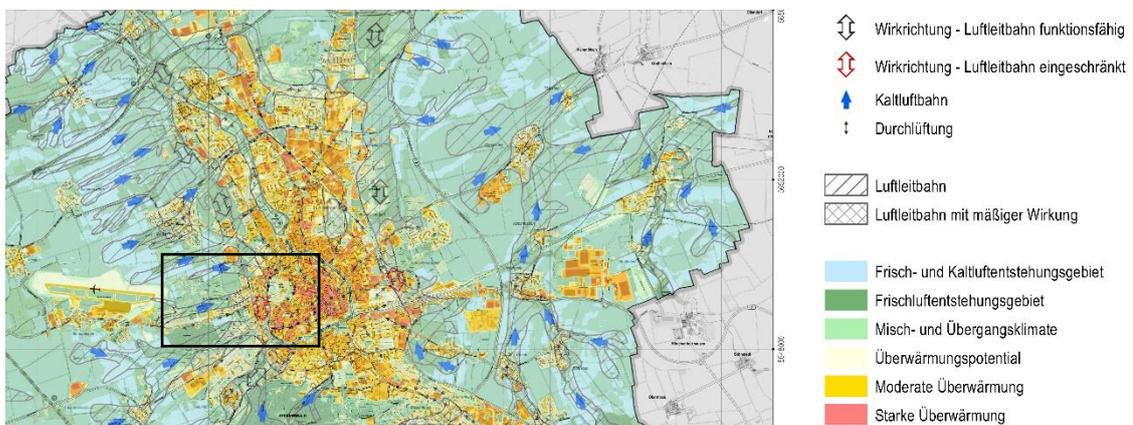


Abbildung 3: Ausschnitt der Klimafunktionskarte mit markiertem Untersuchungsraum der Kaltluftmodellierung.

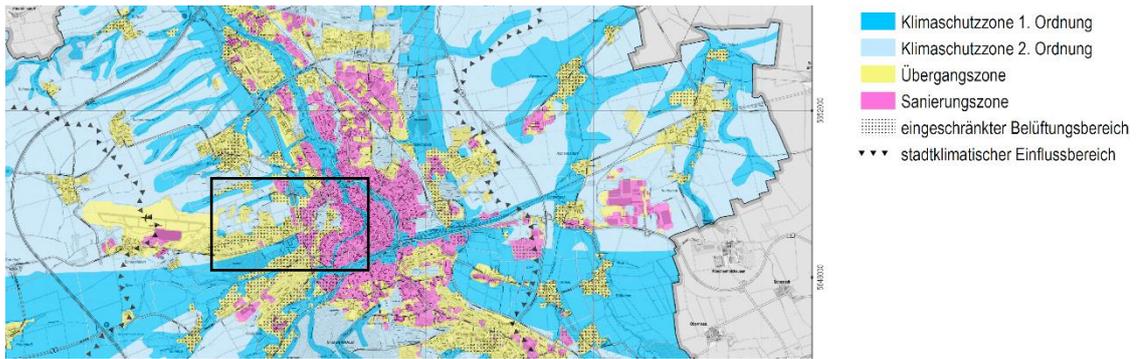


Abbildung 4: Ausschnitt der Klimaschutzzonenkarte mit markiertem Untersuchungsraum der Kaltluftmodellierung.

Laut Klimafunktionskarte ist das Untersuchungsgebiet als Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiet klassifiziert. Durch diese Gegebenheit und aufgrund der Lage ist ein ausgleichender Einfluss auf die Belastungsgebiete der Innenstadt zu verzeichnen. Das Plangebiet befindet sich in einer Luftleitbahn / Kaltluftbahn und besitzt demnach eine stadtklimatische Schlüsselrolle. Aufgrund dieser wertvollen Effekte wird die Fläche in der Klimaschutzzonenkarte (Abbildung 4) als Klimaschutzzone bzw. Übergangszone dargestellt. Bei Planungen in diesen Bereichen müssen die wichtigen Klimafunktionen ausreichend berücksichtigt werden.

Auf dieser Grundlage wurde die genaue Abgrenzung des Untersuchungsraums für die Modellierung in Kapitel 3 vorgenommen, um der stadtklimatischen Lage des Untersuchungsgebietes gerecht zu werden.

#### *Teilräumliches klima- und immissionsökologisches Gutachten für das vorhabenbezogene Bauverfahren „Beim Bunten Mantel“ BRV562*

Für ein etwa 400 Meter südlich des Plangebietes am Röderweg gelegenes Bauvorhaben wurde im Jahr 2013 ein Klimagutachten mit vergleichbarer Fragestellung angefertigt.

Die Berechnungen erfolgten mit dem Modell FITNAH, welches bei der Berechnung des nächtlichen Kaltluftströmungsfeldes auf die gleiche Grundgleichung zurückgreift wie KLAM\_21. Vergleiche der beiden Modelle in anderen Untersuchungsgebieten haben stets ähnliche Resultate der Kaltluftgeschehnisse geliefert, so dass eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse gegeben ist. Allerdings wurde eine deutlich gröbere Rastergröße von 20 m gewählt, in diesem Gutachten liegt ein 2 m\_Raster zugrunde. Zudem basiert die Berechnung beim Gutachten „Beim Bunten Mantel“ ausschließlich auf der Flächennutzung, während beim Gutachten „Röderweg“ explizit die Gebäude (Bestand und Planung) mit in das Modell aufgenommen wurden.

Das Klimagutachten „Beim Bunten Mantel“ beurteilt die Eingriffe als vertretbar, das Bioklima sowie die Versorgung mit Kaltluft werden sich „weder in der näheren Umgebung noch im Bereich der Erfurter Innenstadt nennenswert verschlechtern“.

Damit gibt das Gutachten „Beim bunten Mantel“ keinen Hinweis auf Auswirkungen auf das Plangebiet „Röderweg“, die Grundaussagen zur Belüftung der Innenstadt werden bei der Interpretation der Ergebnisse im vorliegenden Gutachten berücksichtigt.

### 3 Kaltluftmodellierung

#### 3.1 Eingangsdaten

Die digitalen Eingangsdaten für die Modellierung wurden vom Geodatenportal des Landes Thüringen heruntergeladen.

- Landnutzungsklassifizierung: Liegenschaftskataster ALKIS-Daten (an einigen Stellen händisch verfeinert)
- Digitales Höhenmodell: Höhenraster in 1 m horizontaler Auflösung (2010-2013)
- Gebäudedaten: 3d-Stadtmodell (LOD1), für den Plan-Zustand wurden die geplanten Gebäude manuell eingefügt

Das Untersuchungsgebiet hat eine Ausdehnung von 4000 x 2800 m, die Zellgröße beträgt 2 x 2 m. Damit ergibt sich eine Anzahl von 2.800.000 Rasterzellen.

#### 3.2 Modellbeschreibung

Für die Simulationen wurde das Kaltluftabflussmodell KLAM\_21 des Deutschen Wetterdienstes (DWD) eingesetzt. KLAM\_21 ist ein 2-dimensionales, mathematisch-physikalisches Simulationsmodell des Deutschen Wetterdienstes zur Berechnung von Kaltluftflüssen und -ansammlungen in orographisch gegliedertem Gelände. Als Ergebnis erhält man die flächenhafte Verteilung der Kaltluflhöhe und ihrer Fließgeschwindigkeit sowie der Volumenströme zu beliebig abgreifbaren Simulationszeitpunkten (DWD 2016).

Bearbeitung: Die Simulation startet kurz vor Sonnenuntergang. Zu diesem Zeitpunkt wird eine annähernd adiabatisch geschichtete Atmosphäre vorausgesetzt, in der keine horizontalen Gradienten der Lufttemperatur und der Luftdichte vorhanden sind. Es werden während der gesamten Nacht gleichbleibend gute Ausstrahlungsbedingungen, das heißt eine geringe Bewölkung, angenommen (DWD 2016).

Für die Analyse des Untersuchungsraums wurde eine feine horizontale Auflösung von zwei Meter je Gitterzelle gewählt, um möglichst genaue Aussagen zu den teilweise sehr kleinräumigen klimatischen Wechselwirkungen der kaltluftproduzierenden Flächen treffen zu können.

Berechnet wurden Bestand- sowie Plan-Zustand. Abbildung 5 zeigt die Landnutzungs- und Gebäude-Eingangsdaten der Bestand-Simulation. Für den Plan-Zustand wurden die geplanten Gebäude manuell eingefügt und die Landnutzung im Plangebiet von einer Freifläche zu einem Siedlungsgebiet mit lockerer Bebauung geändert. Das in beiden Simulationen identische Höhenmodell ist in Abbildung 6 dargestellt.



Abbildung 5: KLAM\_21-Eingangsdaten Ist-Zustand (Landnutzung und Gebäude).

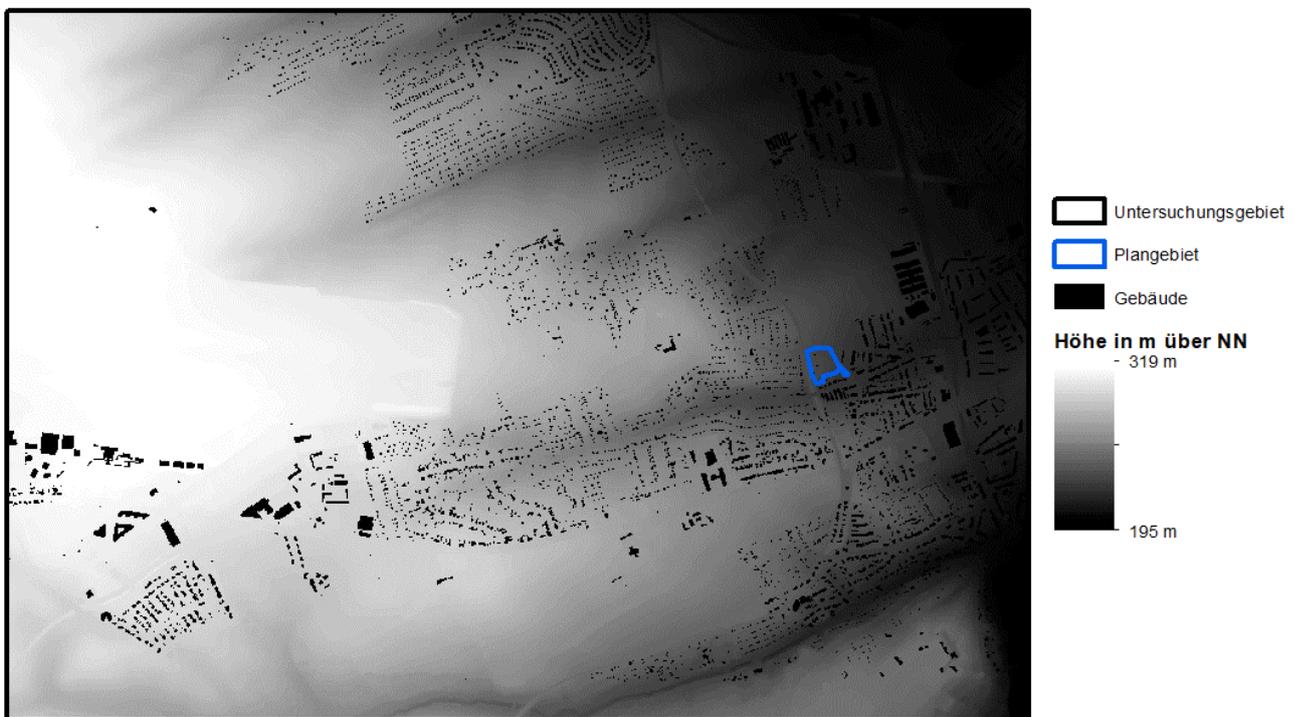


Abbildung 6: KLAM\_21-Eingangsdaten Digitales Gelände-Modell.

### 3.3 Ergebnisse

#### 3.3.1 BESTAND

##### Kaltlufthöhe und -fluss

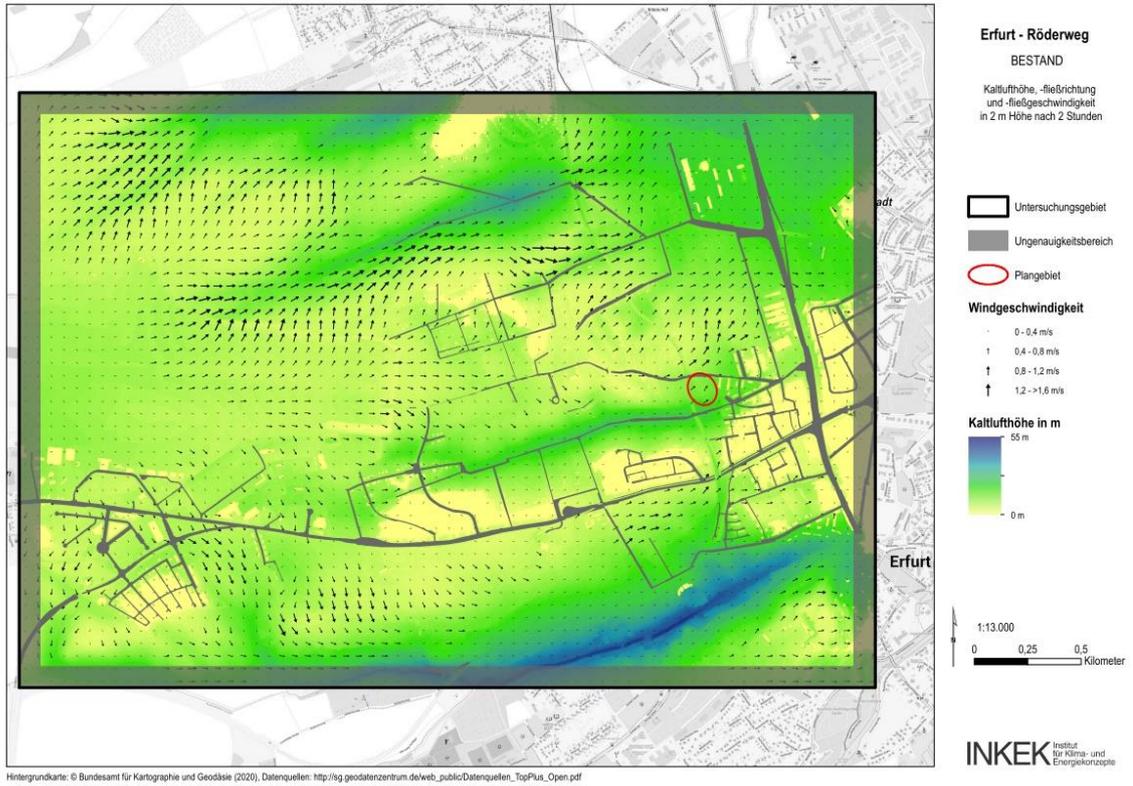


Abbildung 7: Kaltlufthöhe und -fluss nach 2h in der BESTAND-Simulation. O. Maßstab, Original im Anhang.

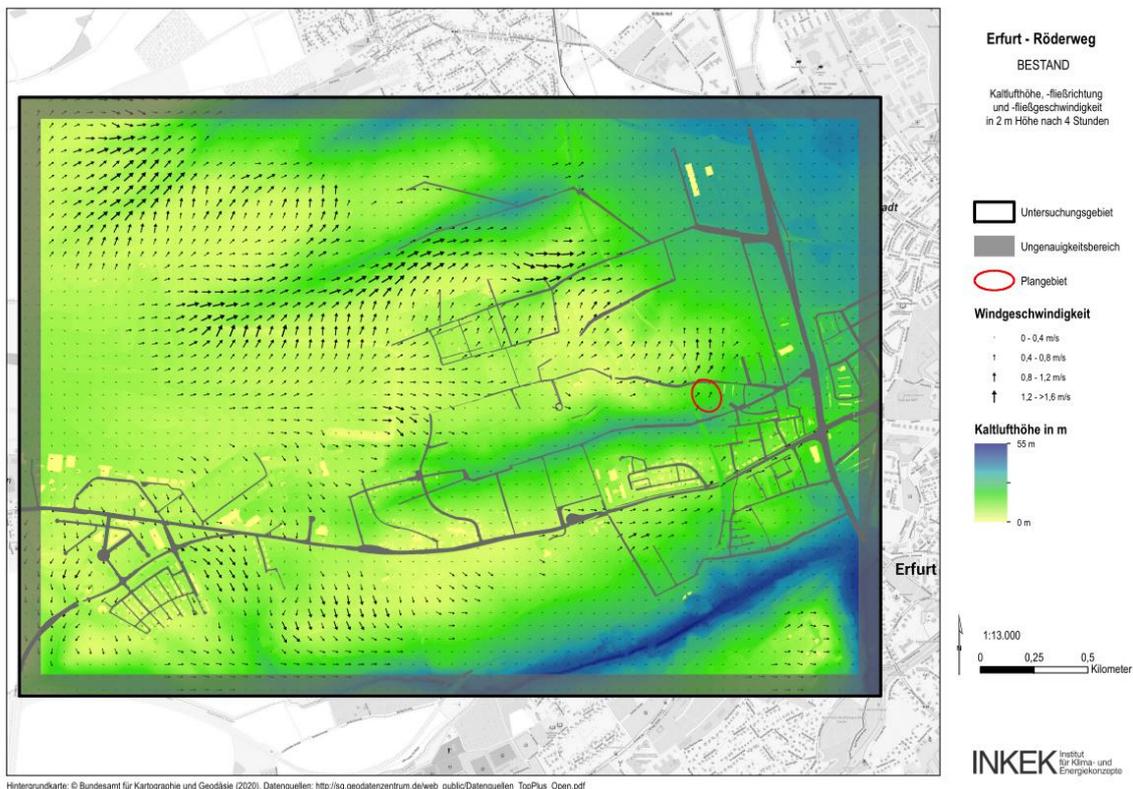


Abbildung 8: Kaltlufthöhe und -fluss nach 4h in der BESTAND-Simulation. O. Maßstab, Original im Anhang.

Kaltluftvolumenstrom

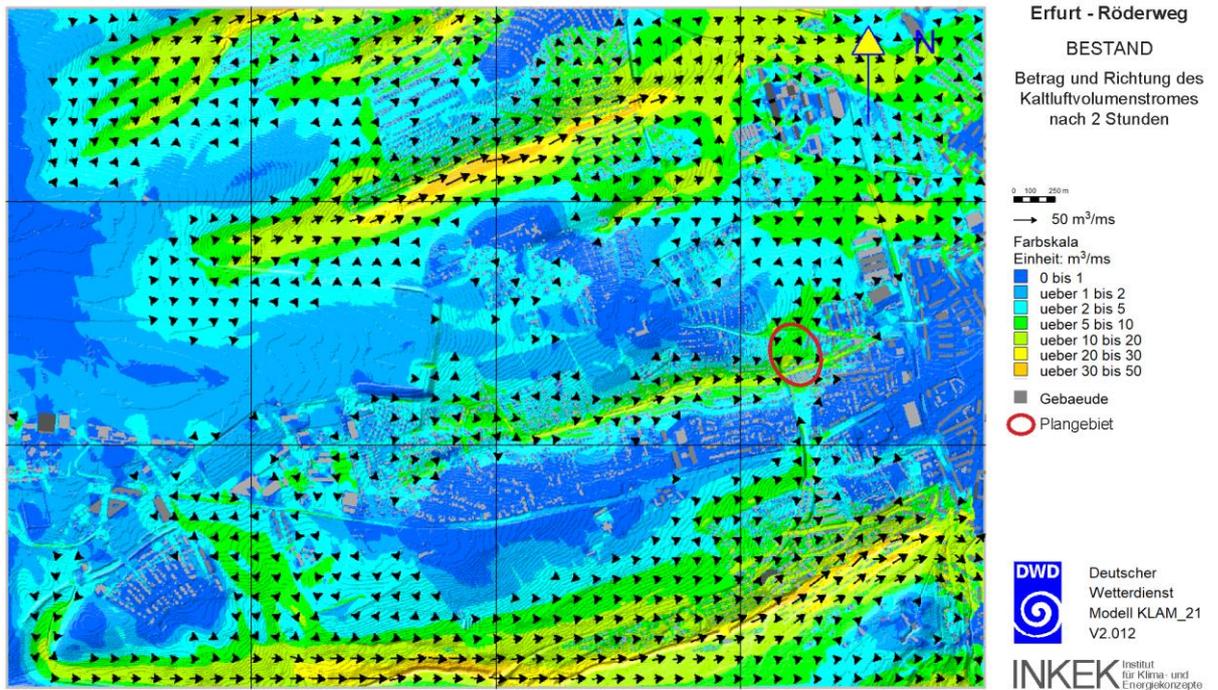


Abbildung 9: Kaltluftvolumenstrom (Betrag und Richtung) nach zwei Stunden in der BESTAND-Simulation. Ohne Maßstab, Original im Anhang.

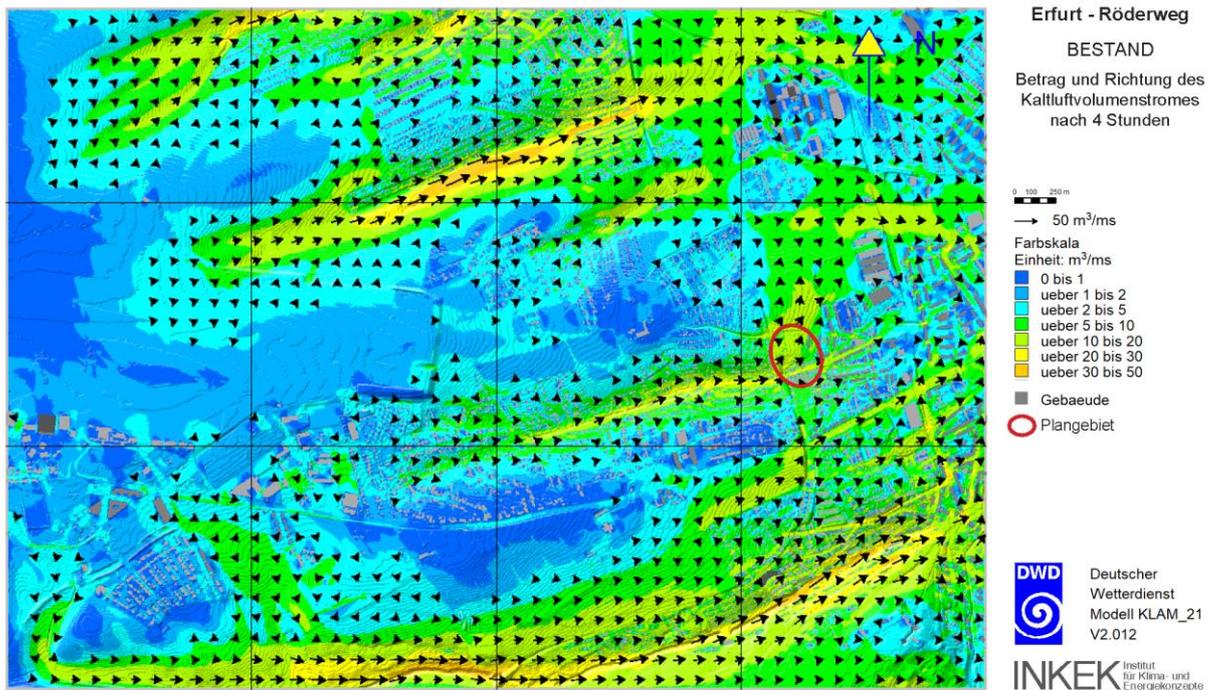


Abbildung 10: Kaltluftvolumenstrom (Betrag und Richtung) nach vier Stunden in der BESTAND-Simulation. Ohne Maßstab, Original im Anhang.

### *Beschreibung*

Die Abbildungen 7 bis 10 zeigen die Simulationsergebnisse „Kaltlufthöhe mit Strömungsrichtung in 2 m“ und „Kaltluftvolumenstrom mit Strömungsrichtung“ jeweils zwei und vier Stunden nach Einsetzen des Kaltluftgeschehens in der Bestand-Situation.

Die Kaltlufthöhe ist eine Bilanz der Kaltluftproduktion, der Kaltluftzufuhr und dem Kaltluftabfluss der Fläche. Sie lokalisiert Bereiche, in denen sich Kaltluft sammelt und aufgestaut wird.

Der Kaltluftvolumenstrom (Kaltluftvolumenstromdichte in  $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ) beschreibt, wieviel Luftvolumen in einer bestimmten Zeit durch einen Querschnitt fließen kann und dient somit als Bewertungskriterium eines Kaltluftabflusses / einer Kaltluftabflussbahn.

Im Untersuchungsraum bilden sich im Laufe der Nacht drei relevante Kaltluftabflussbahnen aus. Dieser Kaltluftabfluss folgt der Geländeneigung und fließt von den westlichen naturnahen / landwirtschaftlichen Flächen nach Osten in Richtung Innenstadt.

Entlang des Eselsgraben / Bühler Hohlweg bildet sich ein mächtiger Kaltluftabfluss, der bereits eine Stunde nachdem die Kaltluftbildung und der dazugehörige -abfluss eingesetzt hat, beachtliche Dimensionen erreicht und die Innenstadt mit Kaltluft versorgt (Karte für eine Stunde im Anhang).

Einordnung des Plangebiets:

Das Plangebiet liegt im Kaltluftabflusskorridor entlang der Straße „Langer Graben“, der eine lokale Wirkung hat, aber nicht die Mächtigkeit des südlichen Abflusses und des nördlichen Abflusses (Hungerbach) erreicht.

Die derzeitige Flächennutzung bildet lokal nach Sonnenuntergang Kaltluft und trägt demnach zur Kaltluftproduktion bei, die im weiteren Verlauf die kühlende Wirkung auf Belastungsbereiche entfalten kann. Die heranströmende Kaltluft (entlang der Straße „Langer Graben“) kann sehr gut über die Fläche geleitet werden, da keine nennenswerten Hindernisse vorhanden sind. Die Fläche hat demnach zwei positive Eigenschaften, Kaltluftproduktion und -abfluss.

In Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigt sich deutlich der Kaltluftvolumenstrom, der über das Plangebiet führt.

3.3.2 PLAN

Kaltlufthöhe und -fluss

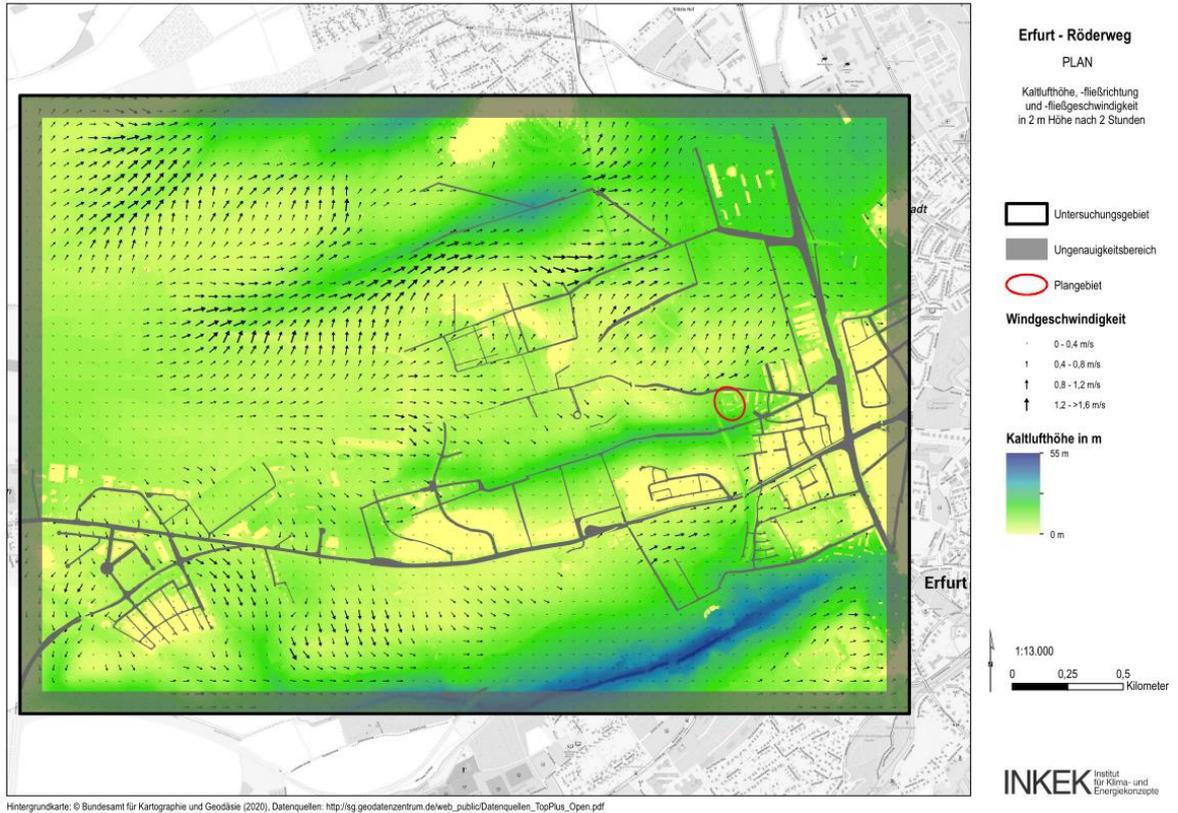


Abbildung 11: Kaltlufthöhe und -fluss nach 2h in der PLAN-Simulation. O. Maßstab, Original im Anhang.

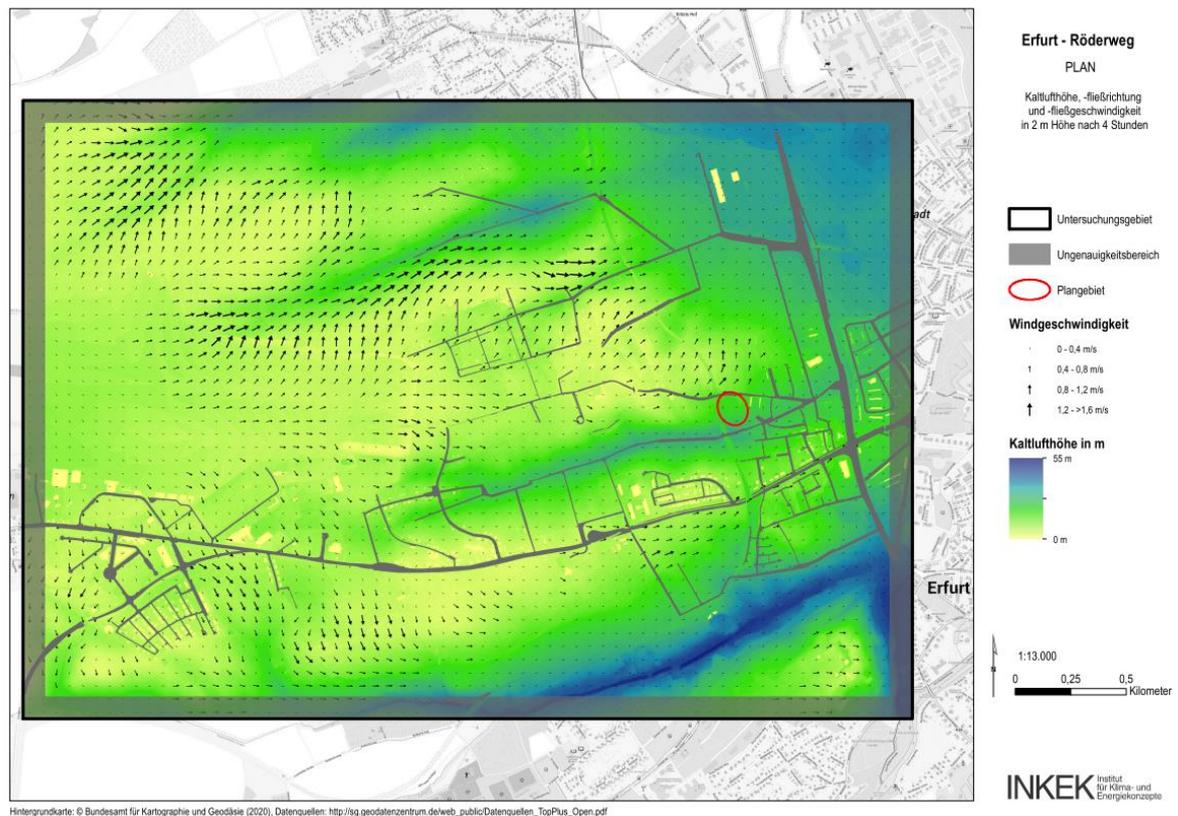


Abbildung 12: Kaltlufthöhe und -fluss nach 4h in der PLAN-Simulation. O. Maßstab, Original im Anhang.

Kaltluftvolumenstrom

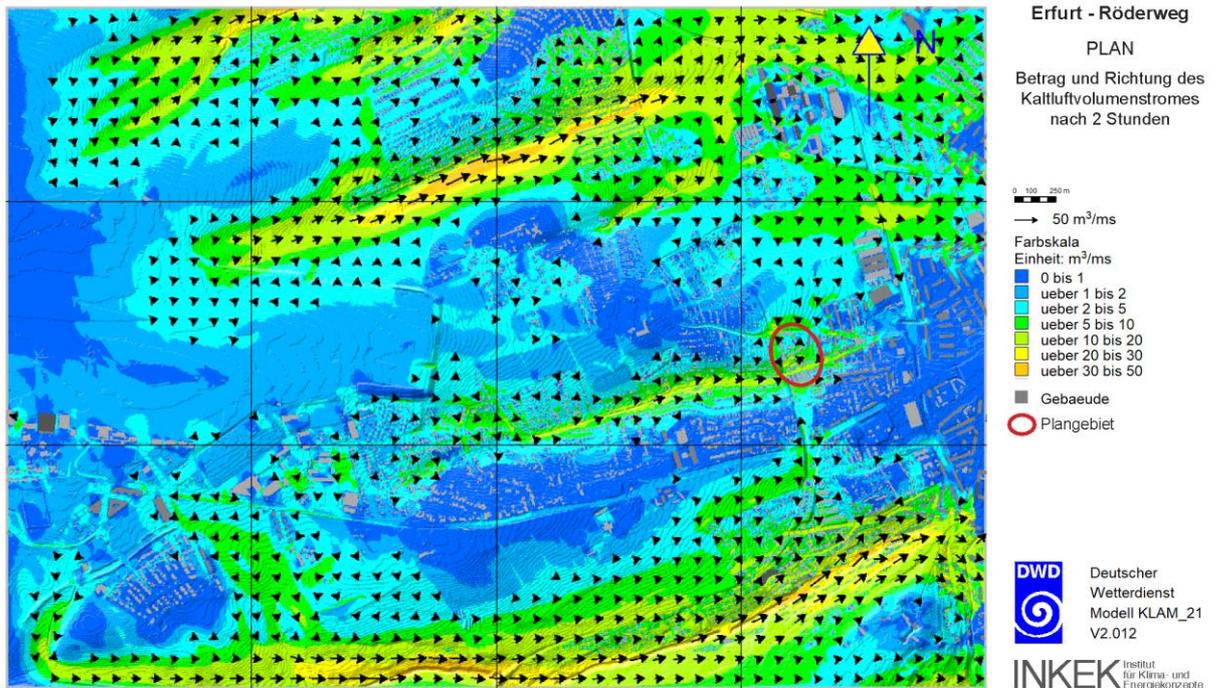


Abbildung 13: Kaltluftvolumenstrom (Betrag und Richtung) nach zwei Stunden in der PLAN-Simulation. O. Maßstab, Original im Anhang.

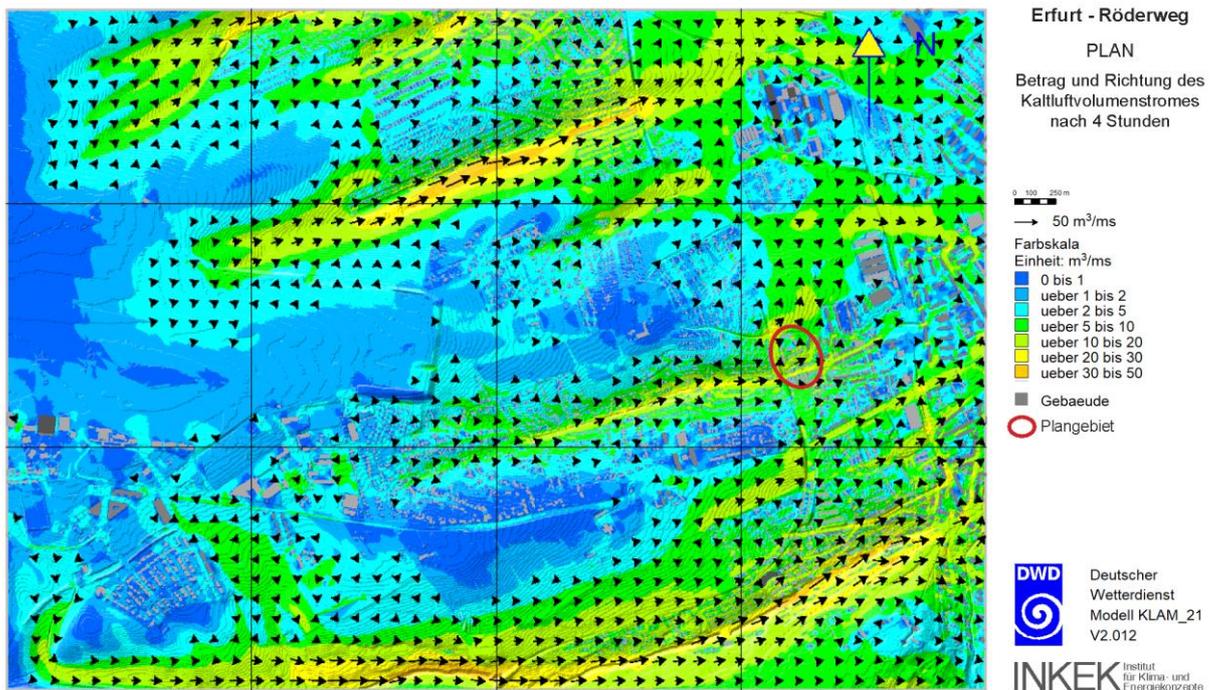


Abbildung 14: Kaltluftvolumenstrom (Betrag und Richtung) nach vier Stunden in der PLAN-Simulation. O. Maßstab, Original im Anhang.

### *Beschreibung*

Die Abbildungen 11 bis 14 zeigen die Simulationsergebnisse „Kaltlufthöhe mit Strömungsrichtung in 2 m“ und „Kaltluftvolumenstrom mit Strömungsrichtung“ jeweils zwei und vier Stunden nach Einsetzen des Kaltluftgeschehens in der Plan-Situation.

Die Kaltlufthöhe ist eine Bilanz der Kaltluftproduktion, der Kaltluftzufuhr und des Kaltluftabflusses der Fläche. Sie lokalisiert Bereiche, in denen sich Kaltluft sammelt, ansteigt und gestaut wird.

Der Kaltluftvolumenstrom (Kaltluftvolumenstromdichte in  $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ) beschreibt, wieviel Luftvolumen in einer bestimmten Zeit durch einen Querschnitt fließen kann und dient somit als Bewertungskriterium eines Kaltluftabflusses / einer Kaltluftabflussbahn.

Der schon im Bestand geschilderte und im gesamten Untersuchungsgebiet weiterhin einsetzenden Kaltluftabfluss entwickelt sich synchron zum Bestand. Die nördliche Abflussbahn (Hungerbach) und die südliche Bahn im Untersuchungsgebiet (Eselsgraben) werden von der Entwicklung auf dem Plangebiet nicht beeinflusst.

Einordnung des Plangebiets:

Die zukünftige Flächennutzung (s. Abbildung 1) nimmt Einfluss auf das Kaltluftgeschehen auf zwei Ebenen. Durch die neuen Gebäude und die versiegelten Flächen wird die nächtliche Abkühlung verlangsamt, eine Kaltluftproduktion findet nicht mehr statt. Es kann also kein Beitrag vom Plangebiet auf das Gesamtvolumen der Kaltluft für die Stadt Erfurt erfolgen.

Außerdem behindern die neuen Gebäude den Kaltluftabfluss entlang der Straße „Langer Graben“. Die Kaltluft aus Westen strömt entlang der Straße und wird durch die Neuentwicklung gebremst. In der Realität ist davon auszugehen, dass die Kaltluft verlangsamt und gestoppt wird, wenn die ersten Luftmassen die Barrieren erreichen. Es findet ein kurzzeitiger Stau statt, bis die Hindernisse umströmt und etwas später auch überströmt werden. Sobald diese Hindernisse überwunden sind, fließt die Kaltluft in der gewohnten Bahn weiter in Richtung der Innenstadtbereiche.

Das Phänomen der Hindernisse und des Kaltluftstaus, bzw. der zeitlichen Verzögerung bis die Kaltluft ihren Weg fortsetzt, findet überall dort statt, wo der Kaltluftabfluss auf Bebauung trifft.

In Abbildung 13 und Abbildung 14 zeigt sich deutlich der Kaltluftvolumenstrom, der über das Plangebiet führt.

### 3.3.3 DIFFERENZ

#### Kaltlufthöhe



Abbildung 15: Veränderung der Kaltlufthöhe BESTAND<->PLAN nach 2 h. O. Maßstab, Original im Anhang.



Abbildung 16: Veränderung der Kaltlufthöhe BESTAND<->PLAN nach 4 h. O. Maßstab, Original im Anhang.

Kaltluftvolumenstrom



Abbildung 17: Differenz Kaltluftvolumenstrom (Bestand-Plan) nach zwei Stunden. O. Maßstab, Original im Anhang.



Abbildung 18: Differenz Kaltluftvolumenstrom (Bestand-Plan) nach vier Stunden. O. Maßstab, Original im Anhang.

## Analyse

Die Analyse des Bestands hat den derzeitigen Kaltluftabfluss (Kaltlufthöhe und Kaltluftvolumenstrom, Kap. 3.3.1) sehr detailliert dargestellt. Dabei hat sich gezeigt, dass für das Plangebiet vor allem die Kaltluftabflussbahn entlang der Straße „Langer Graben“ relevant ist. Die westlich entstandene Kaltluft sammelt sich in dieser Bahn und fließt in östliche Richtungen ab, u.a. über das Plangebiet.

In Kapitel 3.3.2 ist beschrieben, wie sich die zukünftige Bebauungssituation auf das Kaltluftgeschehen auswirken wird. Hierzu wurden die Simulationen mit der zukünftigen Planung analysiert.

Zur fachlichen Einschätzung, welche Veränderungen durch die Neuplanung entstehen, wurde in einem weiteren Schritt (Abbildungen 15 bis 18) jeweils die Zeitpunkte zwei Stunden und vier Stunden der Kaltlufthöhe und des Kaltluftvolumenstroms in Form einer Differenzbetrachtung miteinander verglichen.

Veränderung der Kaltlufthöhe:

Die beschriebene Behinderung des Kaltluftabflusses durch die geplante Bebauung führt zu einer Aufstauung der Kaltluft im Luv (westlich) des Plangebiets. Dadurch kommt es in diesem Bereich zu einer Steigerung der Kaltlufthöhe, in Abbildung 15 und Abbildung 16 blau gekennzeichnet. Die Veränderungen sind nur lokal zu verorten und in einem sehr geringen Maße im Verhältnis der Werte der absoluten Kaltlufthöhe.

Im Lee des Plangebietes (östlich) kommt es durch die Barrieren entsprechend zu einer Reduzierung der Kaltlufthöhe. Dies kann als Verlangsamung des Kaltluftabflusses interpretiert werden. In den orangefarbenen Bereichen (Abb. 15 und 16) konnte die Kaltluft im direkten Vergleich zur Bestandssituation noch nicht die ursprüngliche Höhe erreichen, weil sie durch das Plangebiet abgebremst wurde. Auch diese Differenzwerte treten (analog zu den Werten im Lee) in einem äußerst geringen Maße auf: Eine Reduktion der Kaltlufthöhe nach vier Stunden um 0 – 1 m entspricht einer prozentualen Reduktion von etwa 2,5%. Als Referenz hierfür dient eine absolute Reduktion von 11,8 m auf 11,5 m, wie sie in einer ausgewählten Zelle auf den Freiflächen „Zur Schwedenschanze“ westlich der Heinrichstraße vorliegt.

## 4 Stadtklimatische Auswertung

### 1) Auswirkungen der Planung auf den lokalen Kaltluftabfluss

Die in Kapitel 3.3 dargestellten Ergebnisse werden im Anhang durch weitere Zeiträume ergänzt, um eine ausreichende Datenquelle zur Beurteilung des Kaltluftgeschehens bereitzustellen. Vor allem die Gegenüberstellung der Kaltluftverhältnisse Bestand <> Plan ist für die Bewertung hilfreich.

Die übergeordnete Klimafunktion des Untersuchungsraums, hier vor allem die Kaltluftbahn entlang der Straße „Langer Graben“, transportiert die Kaltluft der westlichen Gebiete in östliche Richtungen, dem Gefälle folgend in Richtung Kernstadtgebiet. Diese Funktion ist durch die Planung nicht gefährdet. Die beschriebene Barrierefunktion der Neuplanung staut den Kaltluftabfluss im geringen Umfang und führt zu einer leichten Verzögerung. Dies hat Auswirkungen sowohl im Luv, als auch im Lee des Plangebietes. Im Kontext ‚Stadtklima‘ und der Ausgleichsfunktion sind die Auswirkungen im Lee des Plangebietes (östlich in Richtung Kernstadtgebiet) besonders wichtig. Durch die Verzögerung im Kaltluftabfluss und der räumlichen Verteilung findet eine großflächige Reduzierung der Kaltluflhöhe statt. Allerdings geschieht dies in sehr geringem Maße von ca. 2,5%. Im Verhältnis zu den mächtigen nächtlichen Kaltluftabflüssen aus Westen führt diese Beeinträchtigung nicht zu einer relevanten Verschlechterung der Kaltluftsituation der Belastungsbereiche.

### 2) Zu erwartende bioklimatische Veränderungen durch die Planung

Diese Fragestellung bezieht sich auf die weiter entfernten Stadtbereiche, in denen durch die oben beschriebene geringe Reduzierung des Kaltluftabflusses keine Nachteile der bioklimatischen Verhältnisse zu erwarten sind. Vor allem in gewisser Entfernung zum Plangebiet werden keine Auswirkungen spürbar sein.

Bioklimatische Nachteile sind höchstens in der direkten Nachbarschaft zu erwarten. An das Plangebiet angrenzende Gebäude werden durch die Barriere der Neuplanung eine Veränderung der Kaltluftsituation erfahren. Dabei handelt es sich primär um eine Verzögerung des Kaltluftflusses, die sich v.a. zu den frühen Zeitpunkten von bis zu vier Stunden nach Sonnenuntergang bemerkbar machen wird. Die Mächtigkeit der Kaltluftbahn kann die bioklimatischen Verhältnisse überwiegend ausgleichen, so dass keine nachhaltigen Verschlechterungen zu erwarten sind.

### 3) Planungshinweise zum Ausgleich möglicher Beeinträchtigungen durch die Planung

Die Simulationen haben gezeigt, dass die Gebäudestruktur sehr schnell über- und umströmt wird, eine Optimierung der Gebäude (Höhe, Ausrichtung, Dimension) ist nicht erforderlich, da der Kaltluftabfluss nur marginal aufgehalten wird.

Dennoch muss im Rahmen einer Neuplanung dem Stadtklima eine Schlüsselrolle zukommen und in Bezug auf die Auswirkungen des projizierten Klimawandels stets das Klima/ Mikroklima Beachtung finden. Hierzu sind allgemeine Hinweise zu beachten und zu prüfen:

- Die Einbringung von Vegetation kann mehrere klimawandelbedingte Probleme gleichzeitig lindern: Durch die Wasserverdunstung an der Blattoberfläche entsteht ein Kühlungseffekt und je nach Pflanzenart (besonders bei großkronigen Bäumen) kann auch der Schattenwurf auf Freiflächen oder Gebäudefassaden eine große Erleichterung bringen. Zudem leistet die Kohlenstoffspeicherung in der Biomasse einen Beitrag zum Klimaschutz und die Filterleistung der Pflanzen verbessert die Luftqualität.

Eine solche Begrünung kann auf unterschiedlichste Weisen erfolgen: Durch das Anlegen von Grünflächen, Fassaden- oder Dachbegrünungen oder Baumpflanzungen. Bei der Auswahl der Pflanzenarten ist auf eine Angepasstheit an die regionalen Klimaprojektionen sowie die Sicherstellung ausreichender Bewässerung zu achten.

- Ein weiterer wichtiger Aspekt klimasensibler Bebauung ist die Vermeidung von Bodenversiegelung. Dies minimiert zum einen den Effekt der „Speicherheizung“ künstlicher Baumaterialien, die sich durch Absorption von Strahlung stark aufheizen und diese Hitze in den Nachtstunden wieder abgeben. Zum anderen kann durch Entsiegelung der Oberflächenabfluss verringert und die Wasserspeicherkapazität natürlicher Böden genutzt werden, was bei Starkregenereignissen für eine zeitliche Entspannung der Belastungsspitzen sorgen kann. Verdunstet das Wasser aus den natürlichen Böden später, ergibt sich ein zusätzlicher Kühlungseffekt.
- Sowohl die Begrünung als auch die Entsiegelung begünstigen neben Klimaanpassung und Klimaschutz auch die Biodiversität und sind deswegen Maßnahmen erster Wahl. Sollten sie aufgrund von Standortbedingungen nicht möglich sein, sollte eine künstliche Beschattung von Freiflächen und Fassaden, etwa durch Sonnensegel, in Betracht gezogen werden.

Weiterführende Informationen zu diesen Punkten können der Städtebaulichen Klimafibel (VM Baden-Württemberg 2012) entnommen werden.

## 5 Fazit

Bedingt durch die stadtklimatische Lage sind schützenswerte Areale gutachterlich zu untersuchen, wenn eine räumliche Entwicklung stattfinden soll. In der Klimaschutzzonenkarte der Landeshauptstadt Erfurt sind diese Areale entsprechend ausgewiesen. Deshalb wurde für den Bebauungsplan BRV746 „Neue Gartenstadt Röderweg“ dieses klimaökologische Gutachten zur Auswirkung auf das Lokal- und Bioklima erstellt.

Da sich das Plangebiet im Westen der Stadt befindet und im Bereich relevanter Kaltluftgeschehnisse liegt, wurde eine detaillierte Kaltluftmodellierung durchgeführt, in der sowohl der Bestand als auch die zukünftige Plan-Situation analysiert wurden. Eine Gegenüberstellung erlaubt es, die Auswirkungen quantitativ zu belegen und qualitative Ableitungen hinsichtlich des Bioklimas und der mikroklimatischen Bedingungen auf dem Plangebiet vorzunehmen.

Das Plangebiet liegt in der aktiven Kaltluftabflussbahn entlang der Straße „Langer Graben“. Derzeit leitet die Fläche die Kaltluft aufgrund der geringen Rauigkeit sehr schnell in Richtung Kernstadtgebiete weiter, die Kaltluftproduktion auf den Flächen im Plangebiet wird im Verhältnis der Kaltluftmächtigkeit als gering beschrieben.

Durch die geplante Bebauung und Änderung der Flächennutzung durch die Entwicklung am Röderweg gehen die kaltluftproduzierenden Flächen verloren und Barrieren in Form von Gebäuden werden errichtet. Das hat zur Folge, dass die anströmende Kaltluft aus Westen nicht mehr ungehindert über diese Fläche abfließen kann.

Die Analyse hat gezeigt, dass die Hindernisse und die davon verursachte Verzögerung des Kaltluftabflusses nur einen kurzzeitigen Effekt haben. Die geplanten Gebäude werden sehr schnell um- und überströmt, so dass für die anliegenden Flächen bis hin zur Heinrichstraße nur geringfügige Reduktionen der Kaltluftversorgung eintreten werden. Eine relevante Abnahme des Kaltluftabflusses ist nicht zu erwarten, die Mächtigkeit kompensiert den verhältnismäßig kleinen Eingriff sehr schnell, so dass für die Kernstadtgebiete keine Verschlechterungen zu erwarten sind. Dies betrifft neben der Kaltluftversorgung auch die Frischluftzufuhr aus westlicher Richtung.

Auch der Effekt in der direkten Nachbarschaft und im Plangebiet selbst wird sehr schnell in den frühen Nachtstunden ausgeglichen, Nachteile oder eine Verschlechterung der bioklimatischen Verhältnisse werden auf Grundlage der Ergebnisse nicht erwartet. Somit sind keine Optimierungsempfehlungen an den derzeitigen Planstand aus klimaökologischen Gesichtspunkten notwendig. Allgemein wird darauf hingewiesen, dass eine klimasensible Planung stets auf eine geringe Flächenversiegelung und klimaoptimierte Gebäude abzielt. Gerade im Hinblick auf die Auswirkungen des projizierten Klimawandels sollten Gründächer, Fassadenbegrünung und eine allgemein helle Farbgebung kritisch geprüft werden.

## Quellenverzeichnis

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2020):

TopPlusOpen. Datenquellen:

[http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open\\_15.12.2020.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open_15.12.2020.pdf)

Bundesregierung Deutschland (2020):

Zweiter Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS).

Online abrufbar: [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Klimaschutz/klimawandel\\_das\\_2\\_fortschrittsbericht\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_2_fortschrittsbericht_bf.pdf)

Geoportal Freistaat Thüringen (2020):

Download Offene Geodaten. <https://www.geoportal-th.de/de-de/Downloadbereiche/Download-Offene-Geodaten-Thüringen>, Zugriff am 02.12.2020.

Deutscher Wetterdienst (DWD, 2016):

Das Kaltluftabflussmodell KLAM\_21. Deutscher Wetterdienst, Klima- und Umweltberatung.

Katzschner, L., Horn, K. (2007):

Klimabewertungskarte als Grundlage für die Regionalplanung Hessen, in: Geographische Informationssysteme in Stadt- und Landschaftsplanung. Arbeitsberichte des Fachbereich 6. Universität Kassel, Heft 164.

Ministerium für Verkehr und Infrastruktur (VM) Baden-Württemberg (Hrsg., 2012):

Städtebauliche Klimafibel 2012. Stuttgart, S. 7-248. Online abrufbar:

<http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/>

Katzschner, L., Kupski, S. (2019):

Bedeutung der Kaltluft und Ventilation in Städten in: Warnsignal Klima: Die Städte.

Herausgeber: J. L. Lozán, S.-W. Breckle, H. Graßl, W. Kuttler & A. Matzarakis

Klimagerechtes Flächenmanagement der Landeshauptstadt Erfurt (2018):

Online abrufbar: <https://www.erfurt.de/ef/de/leben/oekoumwelt/stadtklima/130276.html>

VDI Richtlinie 3787 Blatt 5 (2003):

Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI Richtlinie 3787 Blatt 1 (2015):

Umweltmeteorologie – Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI Richtlinie 3787 Blatt 8 (2015):

Umweltmeteorologie – Stadtentwicklung im Klimawandel. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

## Anhang

- Kaltluflthöhe BESTAND 1 h
- Kaltluflthöhe BESTAND 2 h
- Kaltluflthöhe BESTAND 3 h
- Kaltluflthöhe BESTAND 4 h
- Kaltluflthöhe PLAN 1 h
- Kaltluflthöhe PLAN 2 h
- Kaltluflthöhe PLAN 3 h
- Kaltluflthöhe PLAN 4 h
- Kaltluflthöhe DIFFERENZ 1 h
- Kaltluflthöhe DIFFERENZ 2 h
- Kaltluflthöhe DIFFERENZ 3 h
- Kaltluflthöhe DIFFERENZ 4 h
- Kaltluftvolumenstrom BESTAND 1 h
- Kaltluftvolumenstrom BESTAND 2 h
- Kaltluftvolumenstrom BESTAND 3 h
- Kaltluftvolumenstrom BESTAND 4 h
- Kaltluftvolumenstrom PLAN 1 h
- Kaltluftvolumenstrom PLAN 2 h
- Kaltluftvolumenstrom PLAN 3 h
- Kaltluftvolumenstrom PLAN 4 h
- Kaltluftvolumenstrom DIFFERENZ 1 h
- Kaltluftvolumenstrom DIFFERENZ 2 h
- Kaltluftvolumenstrom DIFFERENZ 3 h
- Kaltluftvolumenstrom DIFFERENZ 4 h