

-Stadtclimatisches Gutachten-  
Vorhabenbezogener  
Bebauungsplan VBB-J 43  
„Neue Carl-Zeiss-  
Promenade“

ThINK –  
Thüringer Institut für Nachhaltigkeit  
und Klimaschutz GmbH





## Projektleitung:

Dipl.-Geogr. Jakob Maercker

Unter Mitarbeit von: Dr. Uwe Kurmutz, M.Sc. Biogeowissenschaften Daniel Knopf

Thüringer Institut für Nachhaltigkeit und Klimaschutz  
Leutragraben 1  
07743 Jena

## im Auftrag der:

Carl Zeiss Grundstücks GmbH & Co KG  
c/o Carl Zeiss AG  
SCA  
73446 Oberkochen

März 2019

## Inhalt

1. Einführung und Problemstellung .....	4
2. Einordnung und Bewertung des Planungsvorhabens unter stadtclimatischen Fragestellungen und Aspekten des Klimawandels .....	4
3. Modellierung und Bewertung der bioklimatischen Situation .....	6
3.1 Das Mikroklimamodell ENVI_MET .....	6
3.2 Eingangsdaten und Annahmen für Modellierung der bioklimatischen Situation .....	8
3.3 Ergebnis der mikroklimatischen Modellierung der bioklimatischen Situation.....	11
4. Betrachtung der Kaltluftdynamik.....	13
4.1 Kaltluftströmungen .....	14
4.2 Kaltluftentstehung .....	22
5. Empfehlungen zur stadtclimatischen Optimierung des Planungsvorhabens .....	23
Zusammenfassung.....	25
Literatur .....	26

## 1. Einführung und Problemstellung

Die geplante Zusammenlegung der Betriebsflächen der Carl Zeiss AG am Standort Jena ist aus Gründen des Klimaschutzes grundsätzlich zu begrüßen und eröffnet zudem die Möglichkeit, durch eine Neugestaltung des zu bebauenden Areals eine stadtclimatisch verträgliche Lösung zu erarbeiten.

Laut Jenaer Klimaanpassungsstrategie JenKAS (Stadt Jena 2012) liegt das geplante Bebauungsvorhaben in der Otto-Schott-Straße in einem bioklimatisch stark vorbelasteten Bereich des Stadtgebietes hinsichtlich Überwärmung und mangelnder Kalt- und Frischluftzufuhr. Durch den fortschreitenden Klimawandel ist mit einer Verstärkung der bioklimatischen Belastungssituation zu rechnen. Die stadtclimatischen Aspekte des Vorhabens stellen somit einen wichtigen Abwägungsbelang innerhalb des Planverfahrens dar.

Gegenstand des vorliegenden Fachgutachtens ist daher die Ermittlung, Darstellung und Bewertung der stadtclimatischen Auswirkungen des Planungsvorhabens „Neue Carl-Zeiss-Promenade“. Gleichzeitig sollte aus Gründen des Klimaschutzes und betriebswirtschaftlichen Gründen ein Minimum an Einsatz von Klimaanlagen angestrebt werden. Diese Prämissen stellen den Fokus des Gutachtens dar und sind damit deckungsgleich mit den umweltpolitischen Zielstellungen der Stadt Jena.

## 2. Einordnung und Bewertung des Planungsvorhabens unter stadtclimatischen Fragestellungen und Aspekten des Klimawandels

Im Jahr 2018 wurde mit 37 gemessenen heißen Tagen (Tage mit einer Höchsttemperatur über 30 °C) bzw. 102 Sommertagen (Tage mit einer Höchsttemperatur über 25 °C) in Jena (DWD-Klimastation Schillergäßchen) ein neuer Rekord aufgestellt. In der Regel treten an solchen Tagen durch die Überlagerung mit der städtischen Wärmeinsel erhebliche bioklimatische Belastungszustände für die Bevölkerung auf. Auf Grundlage aktueller belastbarer Klimaszenarien (z. B. RCP 8.5) werden derartige Hitzeperioden in ca. 30 bis 40 Jahren den stadtclimatischen Normalzustand abbilden.

Die Stadt Jena war von 2009 – 2012 Modellkommune innerhalb des Forschungsfeldes "Urbane Strategien zum Klimawandel – Kommunale Strategien und Potenziale" des Forschungsprogramms "Experimenteller Wohnungs- und Städtebau" (ExWoSt) des damaligen Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). In diesem Rahmen entstand das Handbuch zur klimawandelgerechten Stadtentwicklung für Jena (Stadt Jena 2012), zu dessen Inhalten, neben Aussagen zu den verschiedenen klimawandelbedingten Betroffenheiten und Anpassungsoptionen auf Ebene der Jenaer Ortsteile, auch eine Klimatopkarte (Stadt Jena 2012, S. 23) und die Modellrechnungen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) mit MUKLIMO\_3 zum Stadtklima und mit KLAM\_21 zur Kaltluftdynamik gehört, die eine relativ tiefgehende Einordnung und Bewertung der stadtclimatischen Ausgangssituation des Planvorhabens zulassen. Dennoch ist die räumliche Aussagetiefe der Klimatopkarten auf Maßstab eines Bebauungsplanes begrenzt, da die Grenzen zwischen den Klimatopen idealisiert dargestellt und in der Realität vielmehr durch Übergangsbereiche gekennzeichnet sind. Die Karten geben somit wichtige Hinweise zur

mikroklimatischen Situation eines Standorts, sollten jedoch nicht auf B-Plan-Ebene interpretiert werden. Auch sollte vermieden werden, einzelne Rasterzellen der MUKLIMO\_3 Modellierung der heißen Tage für Jena (Abbildung 1) zu interpretieren, die Modellierung eignet sich, ähnlich wie die Klimatopkarte, vielmehr zur Einordnung des Gebietes hinsichtlich der Überwärmung des Umfeldes.

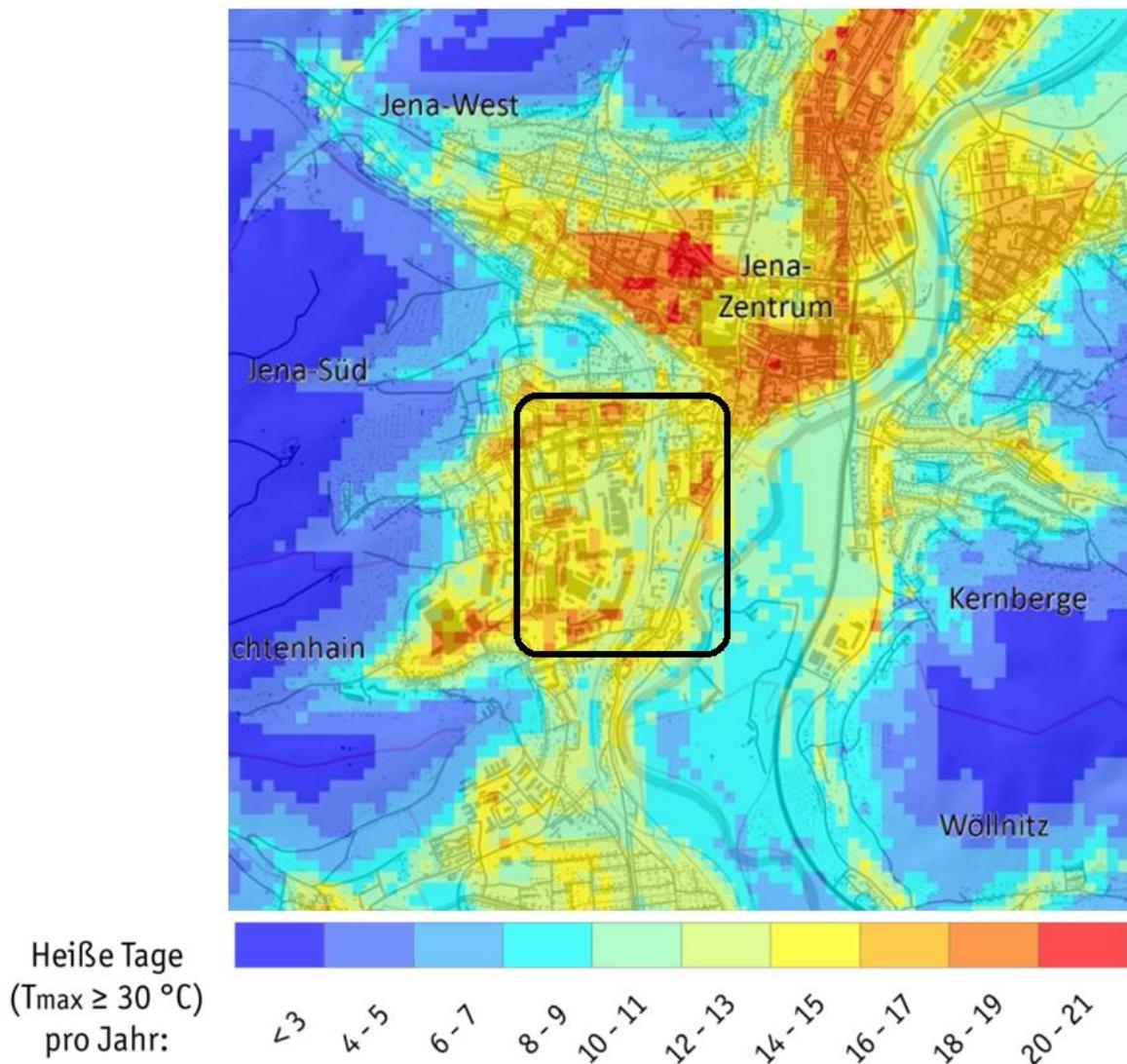


Abbildung 1: mittlere Anzahl heißer Tage in Jena 2021-2050 (Datengrundlage Modellierung MUKLIMO\_3 des DWD, 2012, eigene Darstellung 2018, schwarze Markierung: Umfeld Untersuchungsgebiet)

Das Untersuchungsgebiet befindet sich südwestlich des Jenaer Stadtzentrums in einem stark überwärmten Umfeld (Abbildung 1) und ist als Industrie-Klimatop mit intensivem eigenen Wärmeinseleffekt zu bewerten (Abbildung 2). Dieser historische Industriestandort ist in seinem Bestand schlecht durchlüftet und war in erster Linie historisch durch eine jahrzehntelange hohe Luftschadstoffbelastung durch die Glasherstellung gekennzeichnet.

## (12) Industrie-Klimatop



intensiver Wärmeinseleffekt, geringe Luftfeuchtigkeit, z.T. starke Windfeldstörung, problematischer Luftaustausch, teilweise hohe Luftsadstoffbelastung

Abbildung 2: Klimatopkarte JenKAS, 2012, weiße Markierung: Untersuchungsgebiet

Die Lage auf einer Anhöhe von ca. 30 m bis 40 m über dem Niveau der Saale und die westlich höher gelegenen dicht bebauten Gebiete (Strömungshindernisse) verhindern die Ausprägung einer Kalt- und Frischluftleitbahn in dem Untersuchungsgebiet. Geprägt wird das westlich des Westbahnhofs gelegene Untersuchungsgebiet durch eine hohe Flächenversiegelung, ein hohes Volumen an Baukörpern (Industriegebäude der *Schott AG*) und durch ein Defizit an Grünstrukturen (Abbildung 4).

Der hohe Versiegelungsgrad der aktuellen Bebauung führt bei Starkregenereignissen im Untersuchungsgebiet zu einem schnellen Oberflächenabfluss und die unmittelbare und nahezu vollständige Einleitung des Niederschlagswassers in die Kanalisation.

### 3. Modellierung und Bewertung der bioklimatischen Situation

#### 3.1 Das Mikroklimamodell ENVI\_MET

Zur Modellierung der mikroklimatischen Verhältnisse wird das dreidimensionale numerische Simulationsmodell ENVI\_MET 4.4 (aktuellste Version Stand Dezember 2018) verwendet. Die damit erzeugten Ergebnisdatensätze werden anschließend mit einem Geographischen Informationssystem (GIS) visualisiert und analysiert. Meteorologische Messdaten liegen für das Gebiet nicht vor und können somit auch nicht zur Validierung der Simulationsergebnisse genutzt werden. Die Modellwelt wird numerisch vom Wind durchströmt und von der Sonne beschienen. Durch die Wechselwirkungen von Sonne und Schatten und die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der Materialien entwickeln sich im Laufe eines simulierten Tages im Modell unterschiedliche Oberflächentemperaturen, die ihre Wärme in Abhängigkeit vom Strömungsfeld mehr oder minder stark an die Luft abgeben. Nicht berücksichtigt werden kann der Einfluss von Stoff- und Energieflüssen, die lateral auf das Gebiet wirken. Die Modellierung der mikroklimatischen Verhältnisse wurde für den 1.Juli 2018 durchgeführt. Diese Konstellation wurde gewählt, um einen wolkenlosen und niederschlagsfreien Tag mit hohen, strahlungsbedingten Temperaturdifferenzen zu simulieren. Die Vernachlässigung lateraler Einflüsse betrifft in diesem Fall lediglich die nächtlichen Kaltluftzuflüsse, welche für die Uhrzeit der Betrachtung (13:00 Uhr) keinen Einfluss haben.

PET	Thermisches Empfinden	Thermophysiologische Belastungsstufe	Physiologische Wirkung
4 °C	sehr kalt	extreme Belastung	
8 °C	kalt	starke Belastung	
13 °C	kühl	mäßige Belastung	Kältebelastung
18 °C	leicht kühl	schwache Belastung	
23 °C	behaglich	keine Belastung	
29 °C	leicht warm	schwache Belastung	
35 °C	warm	mäßige Belastung	
41 °C	heiß	starke Belastung	
	sehr heiß	extreme Belastung	Wärmebelastung

Abbildung 3: Belastungsstufen PET, Kuttler 2013

Im Ergebnis der ENVI\_MET Modellierung wird die Physiologische Äquivalenttemperatur (PET) berechnet, um das tatsächliche Temperaturempfinden im Freiraum wiedergeben zu können. Die physiologische Äquivalenttemperatur (PET) ist ein objektives thermisches Behaglichkeitsmaß, welches das subjektive thermische Empfinden in Abhängigkeit weiterer atmosphärischer Zustandsgrößen ausdrückt (VDI Richtlinie 3787, Blatt 2). Der PET-Wert gibt nur das mittlere Empfinden einer größeren Personengruppe an, das individuelle Empfinden kann davon stark abweichen.

Die entscheidenden, individuellen Parameter der Berechnung für die PET sind:

1. Lufttemperatur
2. Sonnenexposition
3. Luftfeuchtigkeit
4. Windgeschwindigkeit
5. Bekleidung
6. körperliche Aktivität

Der PET-Wert ist weit besser als Beurteilungsgrundlage für das Bioklima geeignet, als reine Temperaturwerte, da für das thermische Empfinden Luftfeuchte (partieller Wasserdampfdruck), Sonne/Schatten (mittlere Strahlungstemperatur), Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit sowie die körperliche Tätigkeit (metabolische Rate) und die Wahl der Kleidung für die empfundene Wärmebelastung entscheidend sind. Die PET wird in Grad Celsius (°C) ausgedrückt und umfasst eine Skala von 0 °C bis >40 °C (Abbildung 3).

### 3.2 Eingangsdaten und Annahmen für Modellierung der bioklimatischen Situation

#### Klimatische Randbedingungen

Um die klimatischen Randbedingungen für das Untersuchungsgebiet zu definieren, werden für die Modellläufe von Ist-Zustand und geplanter Bebauung eine Reihe zeitlich/räumlich konstanter Parameter festgelegt:

Zeitliche und räumliche Einordnung des Gebietes:

- Lage: 50,92° N / 11,58° E
- Startdatum: 1.7.2018; 6.00 Uhr

Klimatische Startbedingungen:

- Temperatur: 293 K (etwa 20°C)
- relative Luftfeuchtigkeit in 2 m Höhe: 70 %

klimatisch konstante Randbedingungen während der Simulation:

- vorherrschende Luftströmungsrichtung: 225° (aus Südwesten)
- Strömungsgeschwindigkeit in 10 m Höhe: 1,0 m/s

Die klimatischen Start- und Randbedingungen wurden anhand von Messdaten (DWD-Station Jena Schillergäßchen, Station FH Jena) für typische sommerliche autochthone Wetterlagen mit hoher Einstrahlung abgeleitet, welche im Jahr 2018 in den Sommermonaten gehäuft aufgetreten sind. Das Datum 1.7.2018 wurde gewählt, um die zeitlich nahe des Sonnenhöchststandes entsprechend hohen Einstrahlungswerte der Sonne zu berücksichtigen.

#### Bauliche Konfiguration des Gebietes

Das Modellgebiet hat eine Größe von 200 x 285 Zellen mit einer Auflösung von 2 m und entspricht damit einer realen Flächengröße von 400 m x 570 m (228.000 m<sup>2</sup>).

Das Relief erreicht Höhen ü. NN von 166 m bis 197 m. Das Gelände fällt stark in östlicher Richtung ab. Durch massive Abtragung des Geländes im Zuge der Neubebauung besitzt der gesamte neue Gebäudekomplex ein durchgängiges ebenerdiges Untergeschoss.

## Oberflächen, Gebäude, Relief und Grünbestand für den Ist-Zustand



Abbildung 4: Annahmen Ist-Zustand, Zugriff google maps Februar 2019

Als Grundlage für den Bestand des Modellgebietes wurden Daten eines LOD2 Gebäudemodells des Thüringer Landesamtes für Bodenmanagement und Geoinformation und Reliefdaten (SRTM) verwendet. Sämtliche Oberflächenmaterialien wurden aus dem Luftbild aus google maps abgeleitet (Abbildung 4). Bei der Attribuierung des Oberflächenmaterials wird vor allem zwischen unversiegelten und versiegelten Flächen unterschieden. Im unversiegelten Fall wurde die Bodenart sandiger Lehm zugewiesen, während im versiegelten Fall das verwendete Baumaterial (Asphalt, Granit, Kalkstein, Beton, Dachpappe usw.) angegeben wurde. Das Oberflächenmaterial ist von besonderer Bedeutung für das Rückstrahlvermögen (Albedo) und dem daraus abgeleiteten Potenzial zur Erwärmung der bodennahen Luftsicht, welches sich für den Bestand als äußerst ungünstig darstellt.

## Oberflächen, Gebäude, Relief und Grünbestand für den Plan-Zustand



Abbildung 5: Annahmen Plan-Zustand, geänderter Lageplan (Stand 15.2.2019), um Baumstandorte laut Lageplan vom 22.10.2018 ergänzt

Grundlage für die Modellierung der Gebäude (Höhen, Umrisse, Material Dachflächen) und der Oberflächen (Wege und Rasenflächen im Gebäudeumfeld) der geplanten Bebauung war der Lageplan mit Stand 15.2.2019 (Abbildung 5). Ergänzt wurde dieser um Baumstandorte, welche dem Lageplan vom 22.10.2018 entnommen wurden. Im Unterschied zum Bestand wurde den unversiegelten Bereichen (Rasenflächen) eine höhere Qualität im Bezug auf die Verdunstungsleistung zugewiesen. Es wird angenommen, dass die Rasenflächen intensiv gepflegt und auch in Trockenphasen bewässert werden und somit ihre Verdunstungsleistung auch an besonders heißen Tagen gegeben ist. Wie dem Lageplan (Abbildung 5) entnommen werden kann, wird eine Großfläche extensive Dach- und Terrassenbegrünung mit einer ca. 10 cm mächtigen Substratauffüllung geplant. Sämtliche Fassaden des neuen Gebäudekomplexes werden als Glasflächen geplant und wurden demenstrechend modelliert. Als Grundlage für das Umfeld der geplanten Bebauung des Modellgebietes wurden Daten eines LOD2 Gebäudemodells des Thüringer Landesamtes für Bodenmanagement und Geoinformation und Reliefdaten (SRTM) verwendet und wurden im Vergleich zum Ist-Zustand nicht verändert.

### 3.3 Ergebnis der mikroklimatischen Modellierung der bioklimatischen Situation

Für die Modellierung des Ist- und des Planzustandes ergeben sich ein stark erhöhtes Niveau der PET-Werte mit erheblichen Wärmebelastungen. Dieses ist in erster Linie auf die angenommenen Randbedingungen zurückzuführen, die einen sehr heißen Tag (Temperaturen bis 35°C, sonnig, schwach windig) annehmen, ein extremer Zustand, der nur an wenigen Tagen pro Jahr auftritt. Die Untersuchung zielte auf die Feststellung, wo im Untersuchungsgebiet bei starker Hitze lokale Wärmeinseleffekte aufgrund der Oberflächen und baulichen Konfiguration auftreten können. Die simulierten Ergebnisse stellen ausschließlich die mikroklimatischen Bedingungen für eine autochthone sommerliche Hochdruckwetterlage dar und lassen keine Rückschlüsse auf die mikroklimatischen Bedingungen für andere Wetterlagen zu.

ENVI\_MET wurde ausgewertet für die Darstellung der PET in ca. 1 m über Grund (außerhalb von Gebäuden), jene PET, die bei Aufenthalt im Freien auf den Körper einwirkt und empfunden wird. Bewusst wurde 13:00 Uhr als Bewertungszeitpunkt gewählt, um die Bedingungen während des höchsten Sonnenstandes und dementsprechend kleinsten Schattenflächen zu bewerten. Auch wird davon ausgegangen, dass 13:00 Uhr ein Teil der Mitarbeiter ihre Mittagspause in den Sommermonaten bevorzugt „an der frischen Luft“ im Gebäudeumfeld verbringt.

#### Ergebnis für den Ist-Zustand

In Abbildung 6 zeigen sich für die Zwischenräume der Bestandsgebäude deutlich erhöhte PET-Werte (bis zu 52°C), sämtliche unverschattete Bereiche, gerade im nördlichen Bereich, überwärmen besonders stark. Die Innenhöfe profitieren teilweise von Verschattungen der Gebäude, die unverschatteten Areale der Innenhöfe besitzen extrem hohe PET-Werte. Ursächlich dürften die durch Baukörper verminderte Durchströmung, der große Flächenanteil an dunklem Asphalt und ein fehlender schattenspendender Baumbestand sein. Auch sind die Böden der unversiegelten Bereiche teilweise nicht sehr tiefgründig und werden nicht bewässert, was ihre Verdunstungsleistung stark abmindert. Inwieweit sich die äußert ungünstige Albedo der dunklen Dachflächen (Abbildung 4) in 1 m über Grund auswirkt, kann nicht genau quantifiziert werden. Insgesamt ist der stark versiegelte und kaum Grünbestand aufweisende Ist-Zustand als fast flächendeckend bioklimatisch höchst problematisch einzuschätzen.

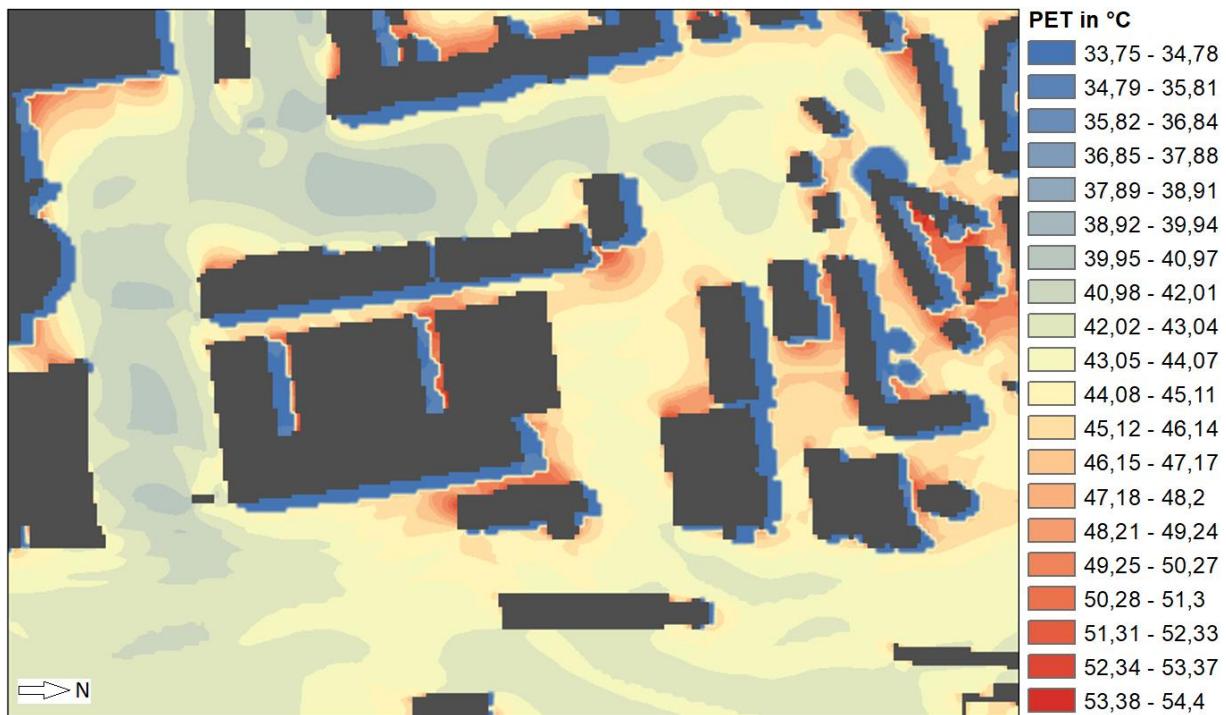


Abbildung 6: Ergebnis ENVI\_MET für PET 13:00 Uhr, 1.7.2018, Ist-Zustand

#### Ergebnis für den Plan-Zustand

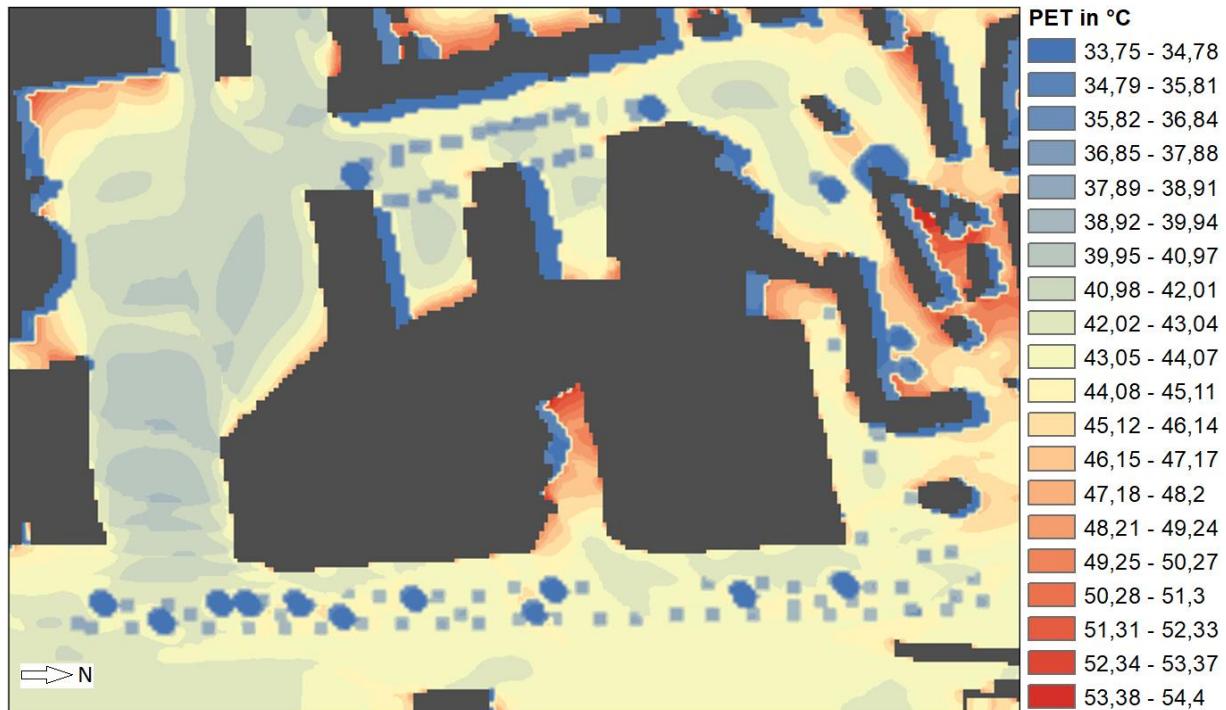


Abbildung 7: Ergebnis ENVI\_MET für PET 13:00 Uhr, 1.7.2018, Plan-Zustand

Es kann anhand der Modellierungsergebnisse festgehalten werden, dass die geplante bauliche Konfiguration keine negativen bioklimatischen Auswirkungen (während einer autochthonen sommerlichen Hochdruckwetterlage) auf die nördlich angrenzende Wohnbebauung oder andere angrenzende Gebiete hat. Durch die großzügige Begrünung des Gebäudeumfeldes mit Rasenflächen und zahlreichen Baumstandorten in Kombination mit der großflächigen Dach- und Terrassenbegrünung verbessert sich im Mittel die bioklimatische Situation des Untersuchungsgebietes. Die Freifläche südlich des Gebäudekomplexes und die nach Westen geöffneten Höfe weisen für den Betrachtungszeitpunkt (13:00 Uhr) die günstigsten PET-Werte auf. Anders stellt sich die Situation am östlich gelegenen Eingangsbereich des Forums dar: Sehr hohe PET-Werte von bis zu 52°C lassen laut Modellierung auf eine extreme Wärmebelastung für diese Lokalität schließen. Die expositionsbedingte hohe Einstrahlungssumme und fehlende Durchlüftung wirken sich an diesem Ort stark negativ aus. Der nördliche Bereich stellt die Verbindung zwischen Bestandsgebäuden und Neubau her und kann als mittelstark bioklimatisch belastet im Vergleich zu dem restlichen Gebäudeumfeld eingeschätzt werden. Positiv sind die zahlreichen verschatteten Aufenthaltsflächen zu erwähnen, die durch Gebäudeüberhänge geschaffen werden. Diese bieten auch an sehr heißen Tagen die Möglichkeit, sich geschützt von direkter Sonneneinstrahlung im Freien aufzuhalten. Die zwei nach Osten geöffneten Höfe auf den Terrassenflächen (Abbildung 5) sind 13:00 Uhr größtenteils der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt und weisen für diesen Zeitpunkt an sehr heißen Tagen eine starke Wärmebelastung auf. Die Auswertung der PET-Werte wurde für 1 m über Grund vorgenommen, daher kann kein quantitativer Wert der PET für die Terrassenflächen genannt werden.

#### 4. Betrachtung der Kaltluftdynamik

Ein wesentlicher Bestandteil des in Kapitel 2 genannten Handbuches zur klimawandelgerechten Stadtentwicklung für Jena (Stadt Jena 2013) sind die Ergebnisse der durch den Deutschen Wetterdienst (DWD) vorgenommenen Modellrechnungen und der Messkampagne zur Kaltluftdynamik im Stadtgebiet. Die Ergebnisse gelten für autochthone – durch fremdbürtige Luftmassen relativ unbeeinflusste – Wetterlagen in einer „Idealnacht“. Die räumliche Auflösung der Modellierungen mit einer Rastergröße von 50 x 50 m ist nicht geeignet, um konkrete räumliche Aussagen auf der Ebene des Bebauungsplanes zu treffen, eignet sich jedoch zur überblicksmäßigen Bewertung der möglichen Auswirkungen des vorliegenden Bauvorhabens.

## 4.1 Kaltluftströmungen

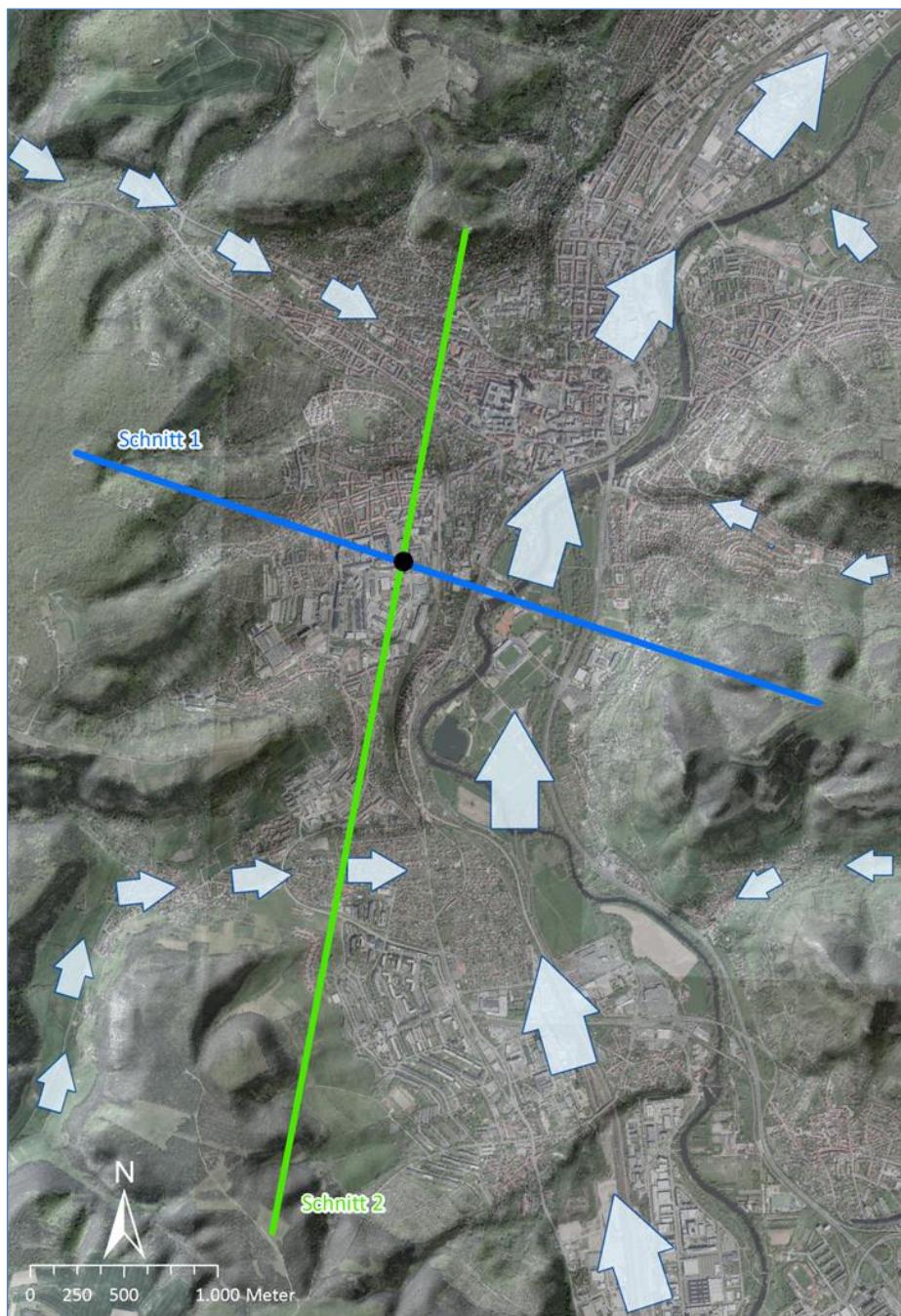


Abbildung 8: Lage des Untersuchungsgebietes (schwarzer Punkt), der Geländeschnitte und der relevanten Kaltluftströme (Daten: DWD 2012, TlVermGeo 2016)

Abbildung 8 gibt einen Überblick über die Lage des Untersuchungsgebietes im Verhältnis zu den relevanten Kaltluftströmen sowie die Lage der Vertikalschnitte der Detailbetrachtung. Zu erkennen ist der nördlich gerichtete Saaletalwind in der Mitte der Abbildung sowie kleinere Kaltluftströme in den Nebentälern des Saaletals. Dies sind, im Uhrzeigersinn rechts oben beginnend, Gembdental, Ziegenhainer Tal, Pennickental, Ammerbacher Tal und Mühlthal. Das Untersuchungsgebiet liegt westlich der Saale und ca. 40 Meter über dem Niveau der Saaleaue auf einer Anhöhe in einem dichtbebauten Industrie- und Gewerbegebiet.

Abbildung 9 zeigt die Kaltluftdynamik im Laufe einer windschwachen, wolkenarmen Strahlungsnacht, also ohne größeren Einfluss fremdbürtiger Luftmassen. Die Daten entstammen der Kaltluftsimulation des DWD mit dem Modell KLAM\_21 und liegen für die Stadt Jena mit einer Auflösung von  $50 \times 50$  m vor. Dargestellt sind vier Zeitschnitte im Abstand von zwei Stunden (Abbildung 2a bis d). Diese entsprechen jeweils der Zeit seit Beginn der Modellsimulation, die auf den Zeitpunkt des Sonnenuntergangs fällt; d. h., „2h nach Start“ entspricht dem Zustand zwei Stunden nach Sonnenuntergang. Die Messkampagne des DWD in Kombination mit der Kaltluftmodellierung ergeben für Jena folgendes Bild (Hoffmann et al. 2014, Kurmutz 2017): Die Kaltluftproduktion und Kaltluftflüsse setzen spätestens kurz nach Sonnenuntergang ein. In den Seitentälern des Saaletals strömt die Kaltluft von den Hängen zunächst senkrecht zur Talachse und füllt die Seitentäler langsam auf. Bereits nach kurzer Zeit haben sich hier Talabwinde in Richtung des Saaletals etabliert (Abbildung 9a). Das Untersuchungsgebiet befindet sich zu diesem Zeitpunkt im Bereich kleinerer Kaltluftabflüsse aus dem Mäderthal und Lichtenhainer Tal, die das B-Plangebiet – aufgrund der Lage auf einem kleinen Geländerücken – jedoch nur gering beeinflussen (Kaltluftvolumenstrom: ca. 2 bis  $20 \text{ m}^3/(\text{m}^* \text{s})$ ). Während der ersten Nachthälfte bestimmen die Kaltluftflüsse aus den Seitentälern des Saaletals sowie die in der Saaleaue gebildete Kaltluft das Geschehen im Stadtgebiet. Der Kaltluftzufluss führt zur Bildung einer Inversionslage im Saaletal, in Folge derer die Temperaturen auf den umliegenden Hochflächen mehrere Grad Celsius über den Temperaturen im Saaletal liegen können. Ab der Mitte der Strahlungsnacht entwickelt sich ein stabiler von Süden nach Norden ausgerichteter Kaltluftstrom als Talabwind im Saaletal, der das Geschehen gegenüber den Zuflüssen aus den Seitentälern dominiert (Abbildung 9b und c). Dieser Saaletalwind ist autochthon und losgelöst vom regionalen Höhenwind, der in Thüringen typischerweise südwestliche bis westliche Richtungen aufweist. Der Saaletalwind ist entlang der grünen Areale der Saaleaue wahrnehmbar (0,5 bis 1,0 m/s), dringt aber kaum in die bebauten Bereiche der Kernstadt ein. Ein Maximum der Strömungsgeschwindigkeit stellt sich erst über Dachniveau in Höhen von 30 bis 60 m ein (1,0 bis 2,5 m/s). Ab etwa vier Stunden nach Sonnenuntergang befindet sich das Untersuchungsgebiet unter Einfluss dieses kräftigeren Saaletalwindes (ca. 20 bis  $100 \text{ m}^3/(\text{m}^* \text{s})$ ). Zum Ende der Strahlungsnacht existiert mit dem Saaletalwind ein deutlich ausgeprägter Kaltluftstrom (Abbildung 9d). Einige Kaltluftflüsse aus den Seitentälern sind dann bereits zum Erliegen gekommen (Erschöpfung der Kaltluftbildung), u. a. im Gembden- und Pennickental, während andere Seitentäler, u. a. das Mühlthal, die ganze Nacht Kaltluft zuführen. Auch im Untersuchungsgebiet dominiert zu diesem Zeitpunkt der Saaletalwind das Geschehen mit einem Kaltluftvolumenstrom von 50 bis  $200 \text{ m}^3/(\text{m}^* \text{s})$ . Das Saaletal ist zum Ende der Nacht mit Kaltluft gefüllt, wobei die Randhöhen des Tals nicht erreicht werden.

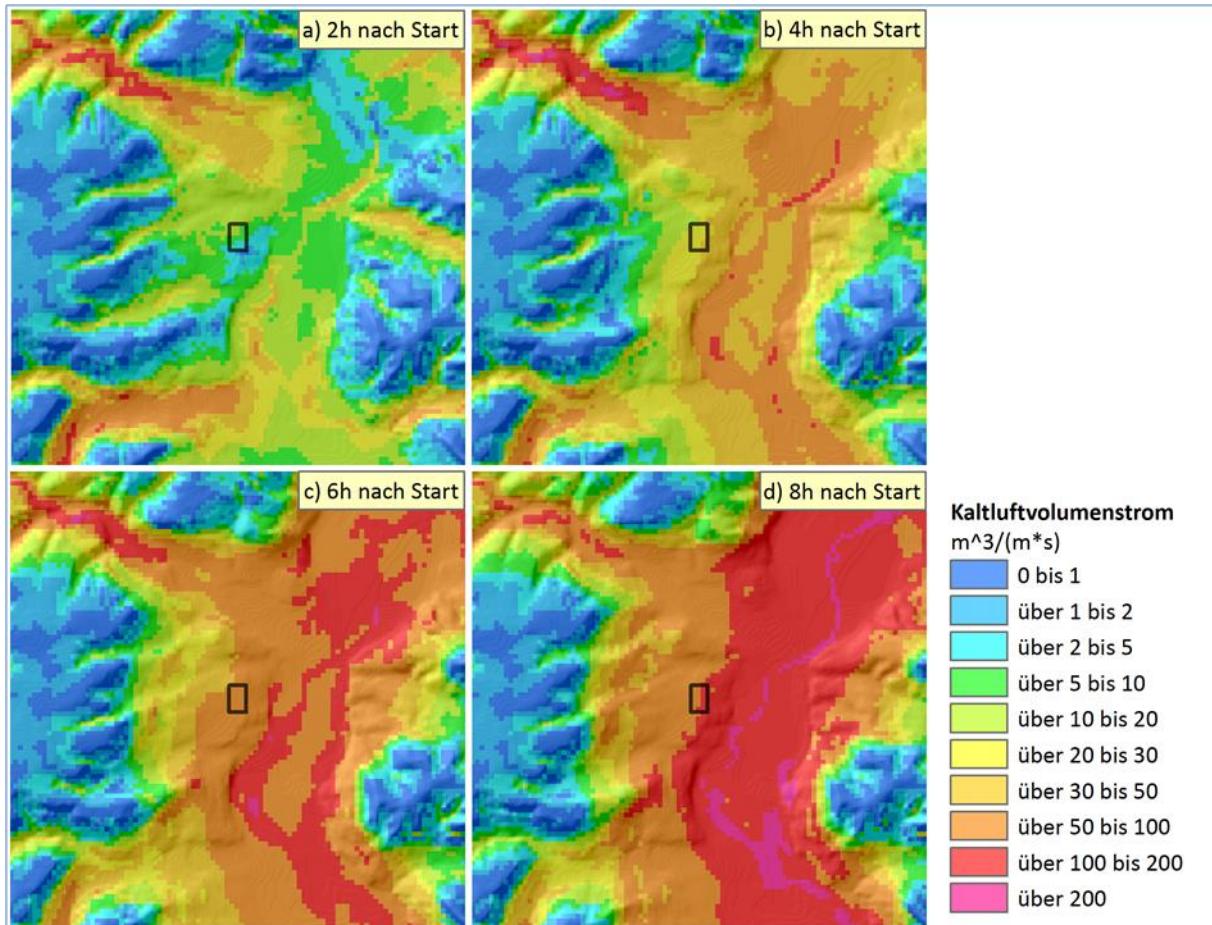


Abbildung 9: Kaltluftsituation bei autochthoner Wetterlage, a) 2 Stunden nach Start bzw. Sonnenuntergang, b) 4 Stunden nach Start bzw. Sonnenuntergang, c) 6 Stunden nach Start bzw. Sonnenuntergang, d) 8 Stunden nach Start bzw. Sonnenuntergang. Untersuchungsgebiet schwarz umrahmt. (Daten: DVWD 2012, TlVermGeo 2018)

Die Kaltluftdynamik im Talquer- und –längsschnitt zeigen die Abbildung 10 bis Abbildung 17. Die Lage der Schnitte ist Abbildung 8 zu entnehmen. Bereits zwei Stunden nach Sonnenuntergang zeigt sich im Talquerschnitt eine Kaltluftmächtigkeit von etwa 60 m über der Saaleaue und etwa 20 m im Untersuchungsgebiet, wobei sowohl nördlich als auch südlich gerichtete Strömungskomponenten sichtbar sind (Abbildung 9). Vier Stunden nach Sonnenuntergang wird der Hauptteil des Saaletales bereits von einem breiten Saaletalwind mit geringer Geschwindigkeit (0,1 bis 0,5 m/s) nach Norden durchströmt (Abbildung 11). Das Untersuchungsgebiet liegt zu diesem Zeitpunkt bereits unter einer gut 80 m mächtigen Kaltluftschicht. Nach sechs Stunden ist das gesamte Saaletal im betrachteten Querschnitt von einer, inzwischen mit bis zu 1,5 m/s auch schnelleren, Kaltluftströmung bis auf eine Geländehöhe von 300 m ausgefüllt (Abbildung 12). Die Kaltluftschichtdicke über dem Untersuchungsgebiet kann für diesen Zeitpunkt mit etwa 110 m beziffert werden. Am Ende einer Strahlungsnacht ist der großvolumige Kaltluftstrom im Saaletal auf eine Schichtdicke von rund 130 m über dem Untersuchungsgebiet angewachsen und füllt das Saaletal bis zu einer Geländehöhe von etwa 320 m aus (Abbildung 13).

Im Tallängsschnitt des Saaletales wird die Kaltluftdynamik der Seitentäler Ammerbacher Tal und Mühlthal deutlich. Zu Anfang der idealen Strahlungsnacht fließen von dort schnelle Kaltluftströme mit

bis zu 1,5 m/s in Richtung Saletal (Abbildung 14). Das Untersuchungsgebiet liegt auf einer Geländeanhöhe zwischen Ammerbacher Tal und Mühlthal und zeigt zwei Stunden nach Sonnenuntergang eine Kaltlufthöhe von rund 20 m. Nach vier Stunden zeigen sich geringere Kaltluftströmungsgeschwindigkeiten in den Seitentälern; über größere Bereiche des Längsschnittes stagniert die Kaltluft bereits (Abbildung 15). Über dem Untersuchungsgebiet erreicht die Kaltluftschicht inzwischen eine Mächtigkeit von etwa 80 m. Abbildung 16 zeigt nach sechs Stunden eine Stagnation der Strömung im Ammerbacher Tal sowie eine weiterhin funktionierende Strömung aus dem Mühlthal in das Saletal, wobei über dem Untersuchungsgebiet etwa 110 m Kaltluft steht. Am Ende der Strahlungsnacht finden sich um das Ammerbacher Tal talaufwärts drängende Luftmassen des Saletalwindes und im Mühlthal ein weiterhin aktiver Mühlthal-Kaltluftstrom (Abbildung 17). Das Untersuchungsgebiet liegt nach acht Stunden unter einer etwa 130 m mächtigen Kaltluftschicht.

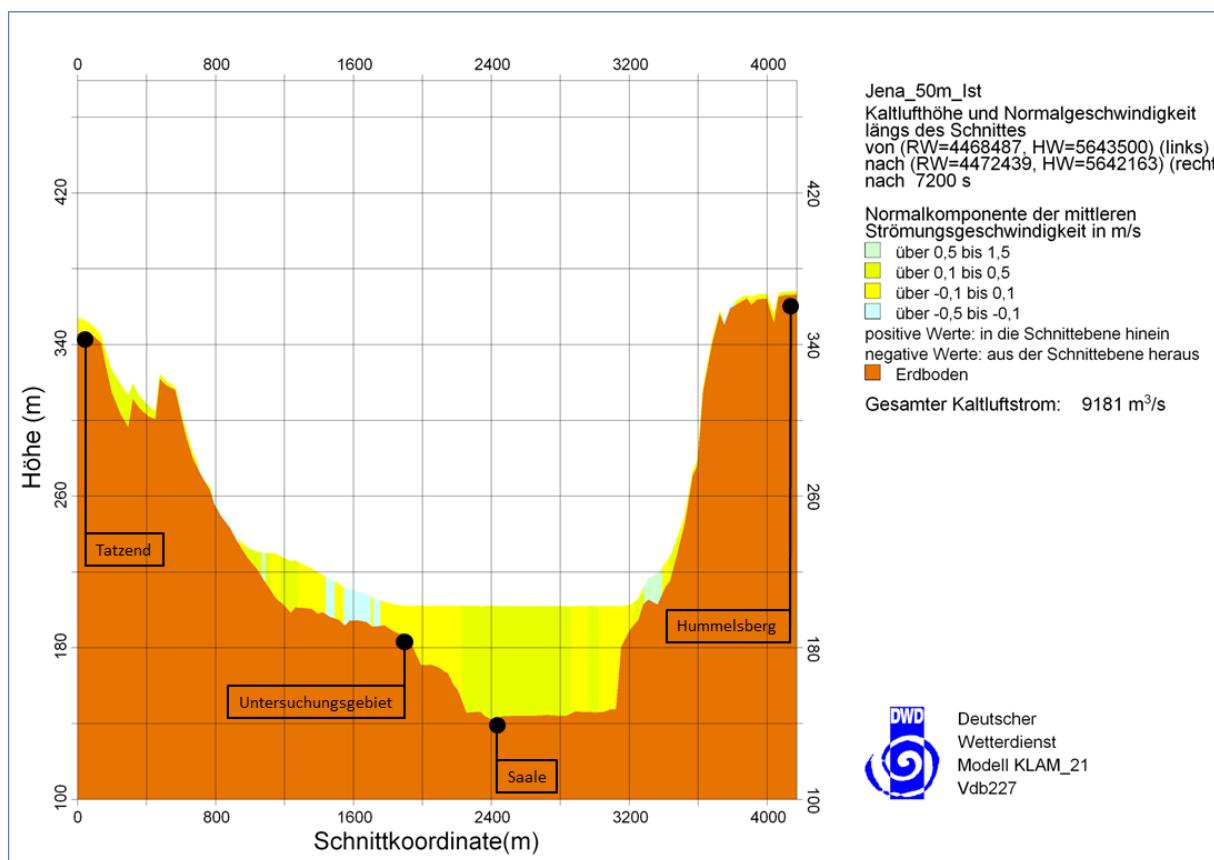


Abbildung 10: Schnitt 1 durch das Saletal von Westen (Tatzend/Ortsteil Jena-Süd) nach Osten (Hummelsberg/Ortsteil Kernbergel) zwei Stunden nach Simulationsbeginn bzw. Sonnenuntergang. (Daten: DWD 2012)

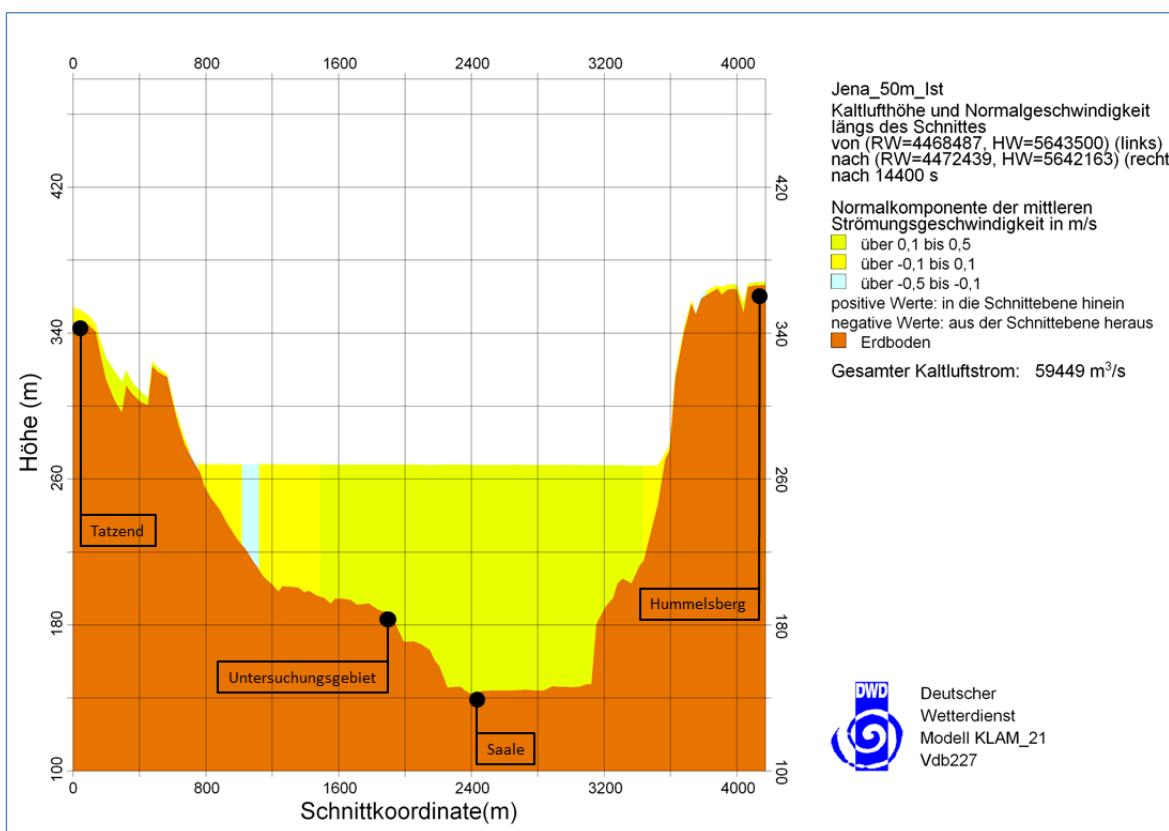


Abbildung 11: Schnitt 1 durch das Saaletal von Westen (Tatzend/Ortsteil Jena-Süd) nach Osten (Hummelsberg/Ortsteil Kernberge) vier Stunden nach Simulationsbeginn bzw. Sonnenuntergang. (Daten: DWD 2012)

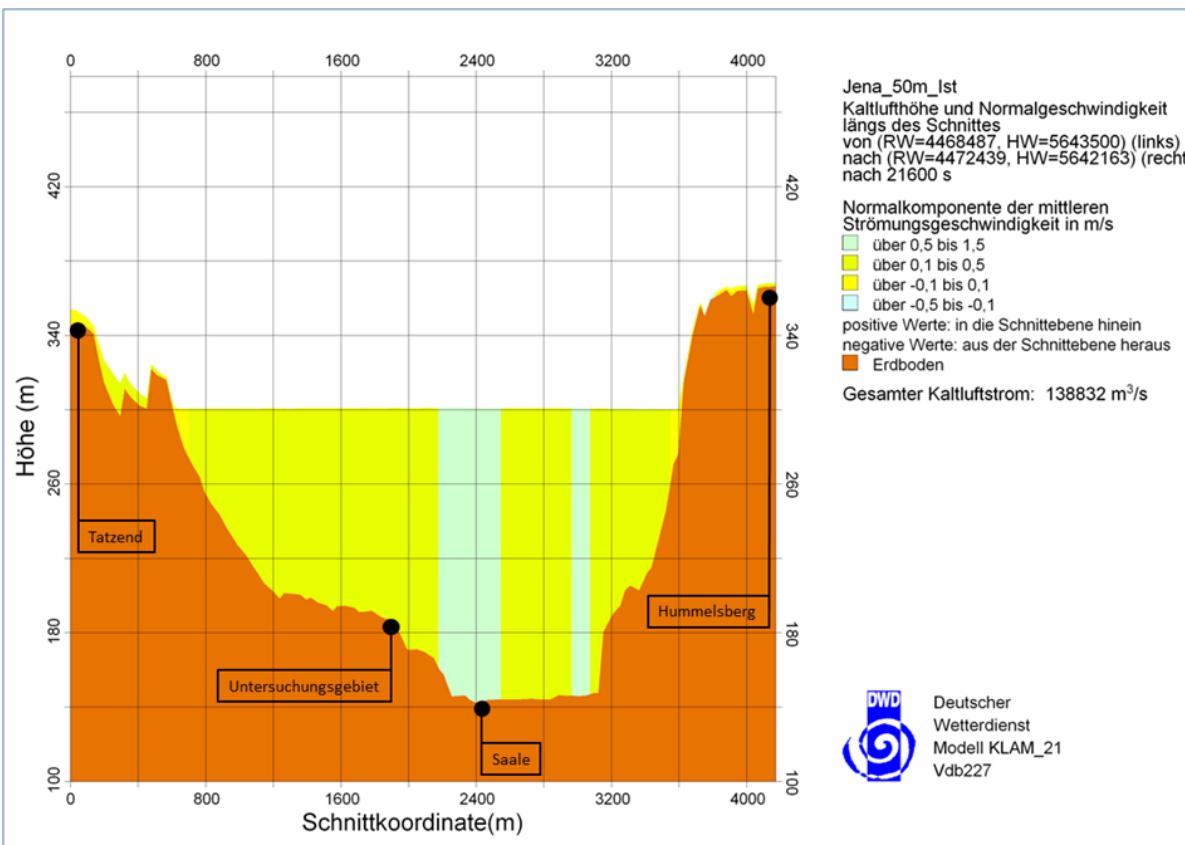


Abbildung 12: Schnitt 1 durch das Saaletal von Westen (Tatzend/Ortsteil Jena-Süd) nach Osten (Hummelsberg/Ortsteil Kernberge) sechs Stunden nach Simulationsbeginn bzw. Sonnenuntergang. (Daten: DWD 2012)

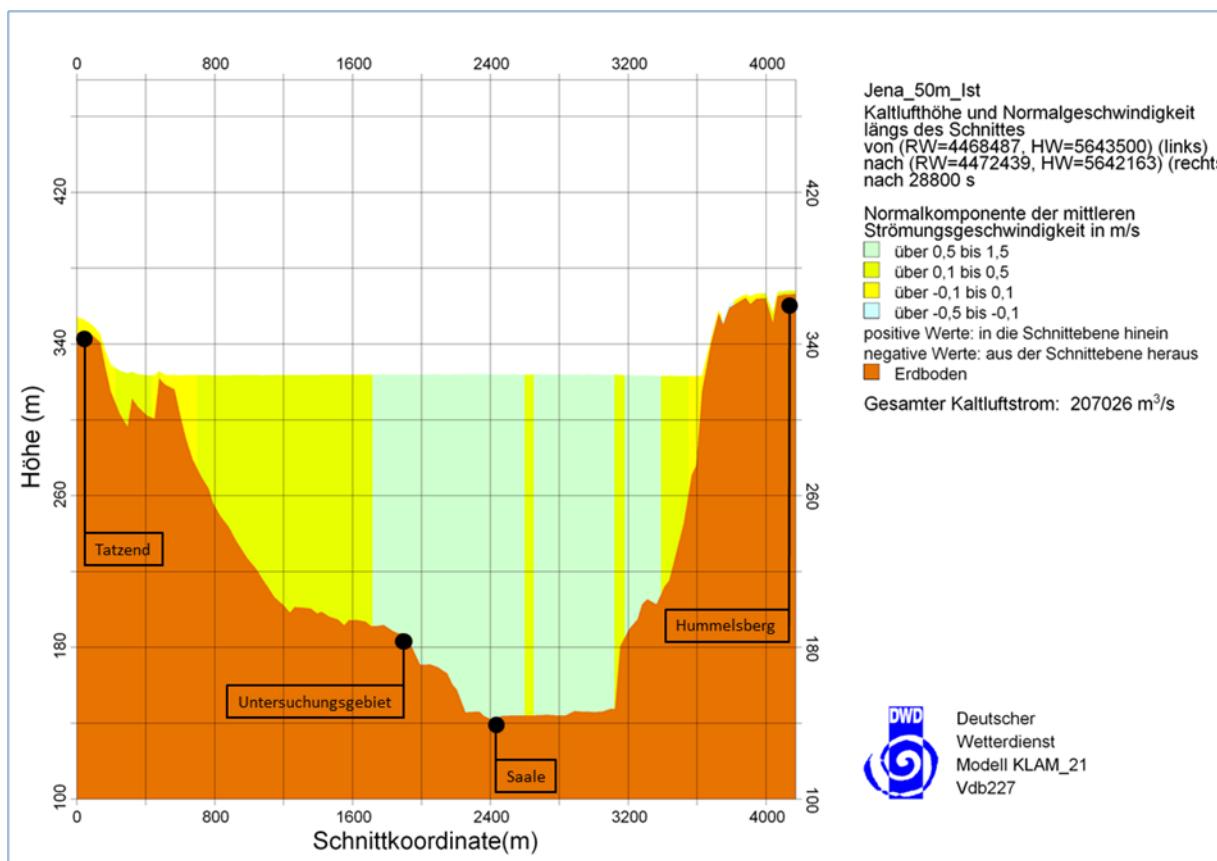


Abbildung 13: Schnitt 1 durch das Saaletal von Westen (Tatzend/Ortsteil Jena-Süd) nach Osten (Hummelsberg/Ortsteil Kernbergel) acht Stunden nach Simulationsbeginn bzw. Sonnenuntergang. (Daten: DWD 2012)

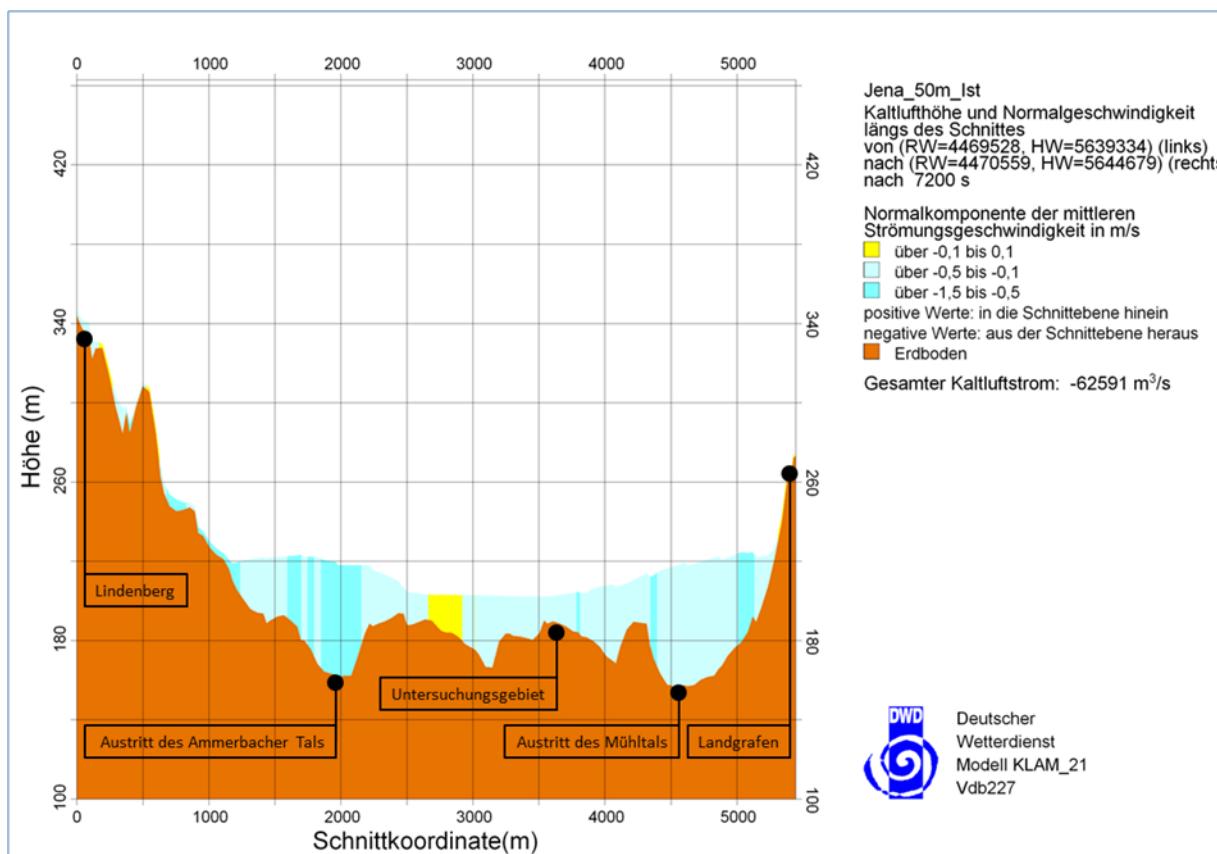


Abbildung 14: Schnitt 2 durch das Saaletal von Süden (Lindenberg/Ortsteil Winzerla) nach Norden (Landgrafen/Ortsteil Jena-West) zwei Stunden nach Simulationsbeginn bzw. Sonnenuntergang. (Daten: DWD 2012)

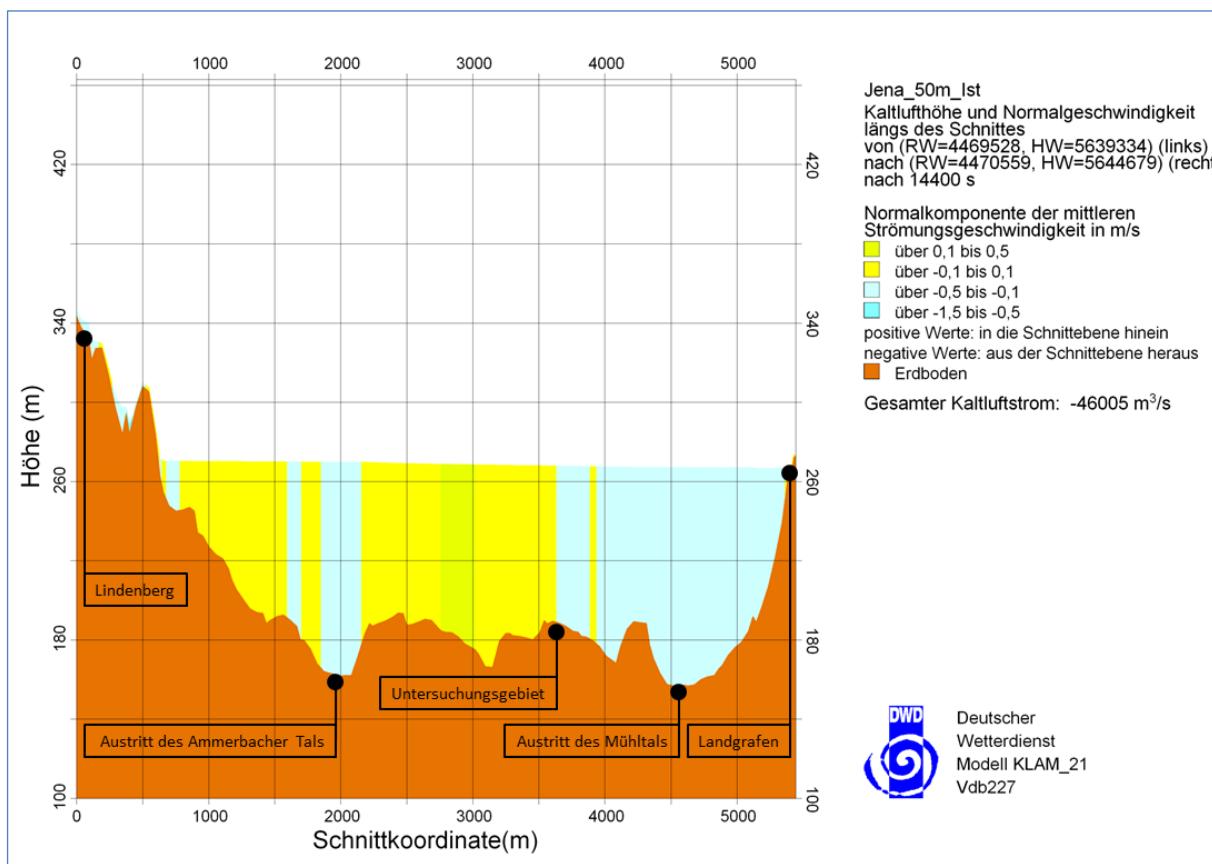


Abbildung 15: Schnitt 2 durch das Saaletal von Süden (Lindenberg/Ortsteil Winzerla) nach Norden (Landgrafen/Ortsteil Jena-West) vier Stunden nach Simulationsbeginn bzw. Sonnenuntergang. (Daten: DWD 2012)

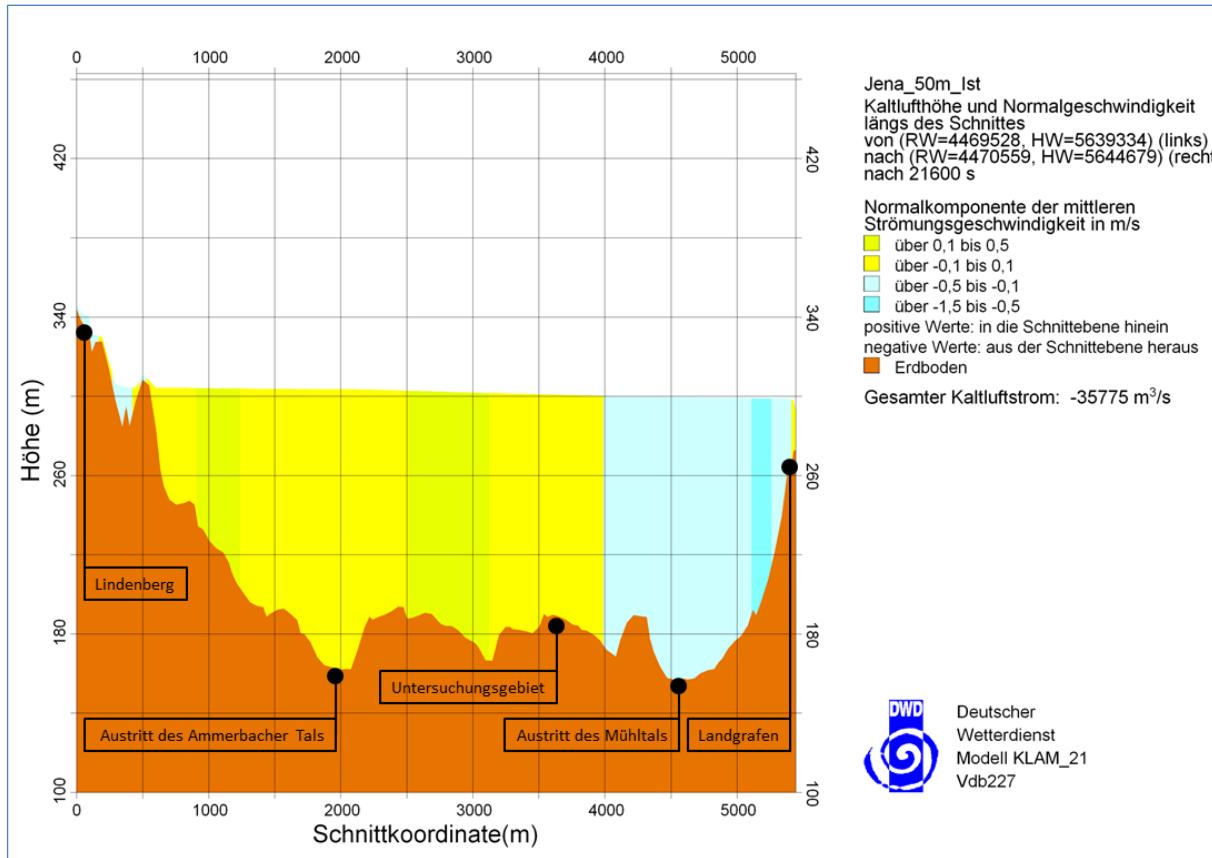


Abbildung 16: Schnitt 2 durch das Saaletal von Süden (Lindenberg/Ortsteil Winzerla) nach Norden (Landgrafen/Ortsteil Jena-West) sechs Stunden nach Simulationsbeginn bzw. Sonnenuntergang. (Daten: DWD 2012)

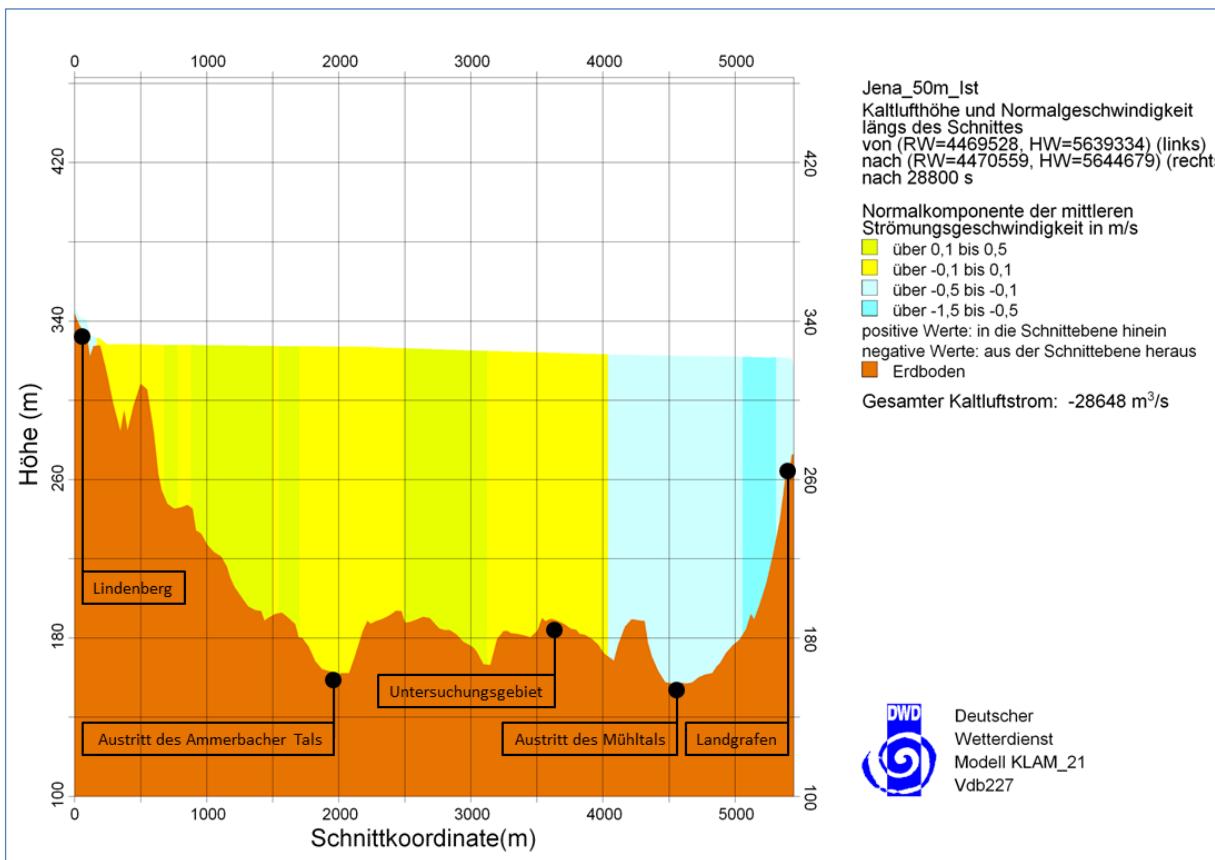


Abbildung 17: Schnitt 2 durch das Saaletal von Süden (Lindenberg/Ortsteil Winzerla) nach Norden (Landgrafen/Ortsteil Jena-West) acht Stunden nach Simulationsbeginn bzw. Sonnenuntergang. (Daten: DWD 2012)

Aus den vorausgegangen Beschreibungen lassen sich hinsichtlich der Kaltluftdynamik im Untersuchungsgebiet folgende Schlussfolgerungen ziehen: Die Bebauung stellt generell ein Strömungshindernis für Kaltluftabflüsse dar. Die Auswirkungen des untersuchten Gestaltungsplanes auf die Kaltluftdynamik lassen im Vergleich zum derzeitigen Bebauungszustand jedoch keine signifikanten Verschlechterungen erwarten. Die geplanten Gebäudehöhen bewegen sich im gleichen Bereich wie beim bestehenden Bebauungszustand. Damit ist eine größere Höhe der Strömungshindernisse nicht gegeben. Die Stellung der Baukörper im Gestaltungsplan sowie ihre Kubatur sind abweichend zum derzeitigen Bebauungszustand. Dies könnte geringe Auswirkungen auf die Kaltluftflüsse im Untersuchungsgebiet haben, deren Ausmaß aber auf Basis der vorliegenden, räumlich nur grob aufgelösten Kaltluftmodellierung nicht abgeschätzt werden kann. Weiterhin existieren nur kleinere lokale Kaltluftströme aus dem Mädertal und Lichtenhainer Tal in der näheren Umgebung des Untersuchungsgebietes, die sehr wahrscheinlich nicht mehr oder weniger stark behindert würden, als es durch die bestehende Bebauung bereits der Fall ist. Diese lokalen Kaltluftströme sind zugleich nur in den ersten Nachtstunden aktiv, bevor in der zweiten Nachthälfte der nördlich gerichtete Saaletalwind das Kaltluftgeschehen im Untersuchungsgebiet dominiert. Bereits etwa zwei Stunden nach Sonnenuntergang erreicht die Kaltluftschichtdicke in einer Idealnacht im Untersuchungsgebiet die Gebäudehöhe und liegt in der restlichen Nacht mit bis zu 130 m über Grund weit über der Bebauungshöhe. Die nächtliche Abkühlung im Bereich des B-Plangebietes sowie der umgebenden (Wohn-)Bebauung während sommerlicher Hitzeperioden kann somit heute wie künftig als gesichert angesehen werden. Jedoch ist aufgrund der relativ geringen Strömungsgeschwindigkeiten der Kaltluft im bebauten Bereich – im Bestand als auch bei der

geplanten Bebauung – der Luftaustausch eingeschränkt. Es besteht somit die Gefahr, dass sich Luftschadstoffe in der Kaltluftschicht anreichern und aufgrund der Inversionslage, z. B. im Winter und Spätherbst, ein Austausch der verunreinigten Luft bzw. eine Verdünnung dieser nur zeitlich verzögert erfolgt. Die lufthygienischen Auswirkungen von Emissionsquellen im B-Plangebiet (Verkehr, Abluft aus Produktion, etc.) sollten daher bei der Planung besondere Beachtung finden.

In der Regel treten solche idealisierten Kaltluftbedingungen bei denen das gesamte Saaletal mit Kaltluft gefüllt wird nur an wenigen Tagen pro Jahr auf. Typischerweise wird die Kaltluftbewegung überlagert durch die übergeordnete Luftströmung (Wind) und die Bewölkung. Gerade in den Sommermonaten hat aber auch die Ausprägung einer geringmächtigen Kaltluftschicht eine hohe bioklimatische Bedeutung, um die Stadt Jena nächtlich abzukühlen. Da jedes Gebäude ein Strömungshindernis darstellt, sollte dieses auch bei geringen Bauhöhen immer mit bedacht werden. Die getroffene Bewertung bezieht sich auf die in Abbildung 5 dargestellte Gestaltungsvariante. Tiefergehende Aussagen, auch quantitativer Natur, können nur mittels zusätzlicher, räumlich hoch aufgelöster Kaltluftsimulationen als Vergleich zwischen Ist- und Planzustand getroffen werden.

## 4.2 Kaltluftentstehung

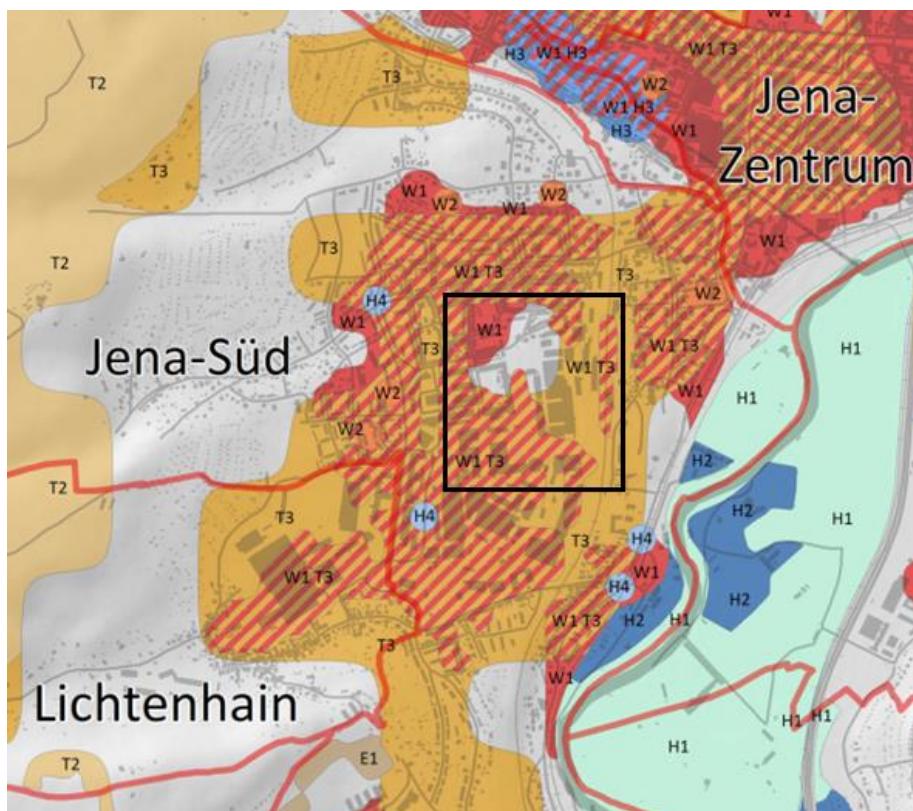
Neben dem Einfluss der geplanten Bebauung auf die Kaltluftabflüsse ist auch die Auswirkung auf die Kaltluftentstehung vor Ort zu berücksichtigen. Natürliche Flächen wie Wiesen, Äcker und Wälder stellen Kaltluftproduktionsflächen dar, über denen durch den abendlichen bzw. nächtlichen Abkühlungsprozess bodennahe Kaltluft entsteht und dem Gefälle folgend abfließt. Die Bebauung natürlicher Flächen verringert daher die lokale Kaltluftentstehung.

Die gegenwärtige Flächennutzung im Untersuchungsgebiet ist durch einen hohen Versiegelungsgrad und starke Überbauung gekennzeichnet. Zwischen den Gebäuden finden sich jedoch auch kleinere Grünflächen, für die eine Kaltluftentstehung – wenn auch in geringem Maße – angenommen werden kann. Für den Gestaltungsentwurf, der dieser Untersuchung zu Grunde liegt (Abbildung 5), kann von einer Begrünung um und zwischen den Gebäuden ausgegangen werden. Zugleich lassen die Entwurfsbilder auf eine Dachbegrünung und auf eine Begrünung der terrassierten Untergeschosse schließen. Die absolute Flächengröße der Grünflächen des Gestaltungsentwurfes übersteigt die des derzeitigen Bestandes bei Weitem. Abschließende Aussagen hierzu werden nach Vorlage des finalen Gestaltungsentwurfs möglich sein. Auch dürfte die Qualität der neuanzulegenden Grünflächen hinsichtlich Kaltluftproduktion höher sein als die des derzeitigen Bestandes.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bei Umsetzung des zugrundeliegenden Gestaltungsentwurfes von einer volumenmäßigen Erhöhung der Kaltluftproduktion im Untersuchungsgebiet auszugehen ist. Aufgrund der vergleichsweise kleinen Flächenkulisse kann es sich dabei allerdings nur um geringe Quantitäten handeln, die jedoch von Bedeutung hinsichtlich der nächtlichen Abkühlung der östlich gelegenen Quartiere im Sommer sein können.

## 5. Empfehlungen zur stadtökologischen Optimierung des Planungsvorhabens

Laut Planungshinweiskarte der Jenaer Klimaanpassungsstrategie (JenKAS) (Abbildung 18) werden für das Untersuchungsgebiet Maßnahmen gegen die steigende Wärmebelastung und die zunehmende Trockenheit empfohlen. Die komplette Neubebauung des ehemaligen Standortes der *Schott AG* bietet die Möglichkeit, diesen beiden Aspekten im Sinne der Anpassung an den Klimawandel Rechnung zu tragen. Die Modellierung der bioklimatischen Belastungssituation für die geplante Bebauung ergab, dass dies bereits größtenteils in der Planung berücksichtigt wurde. Entscheidend ist aber, ob zukünftig die Rasenflächen und die Bäume intensiv gepflegt und auch in Trockenphasen bewässert werden und somit ihre Verdunstungsleistung auch an besonders heißen Tagen gegeben ist. Wie dem Lageplan (Abbildung 5) entnommen werden kann, wird eine Großfläche extensive Dach- und Terrassenbegrünung geplant. Deren Verdunstungsleistung könnte durch eine Bewässerung in Trockenphasen gesteigert und die lokale Kaltluftbildung somit optimiert werden.



### Steigende Wärmebelastung

- Wärmebelastung senken und
- W1 Aufenthaltsqualität erhöhen

### Zunehmende Trockenheit

- T3 Bepflanzung prüfen, Wasserversorgung optimieren und Artenwahl anpassen

Abbildung 18: Planungshinweiskarte JenKAS, 2012, schwarze Markierung:  
Untersuchungsgebiet

Die laut Lageplan vom 22.10.2018 vorgesehene Anzahl an Bäumen sollte aus stadtclimatischer Sicht unbedingt beibehalten bzw. an geeigneten Stellen erhöht werden. Gerade der nordwestlich gelegene Vorplatz des Eingangsbereiches (Abbildung 19) weist laut Planung bisher kaum schattenspendenden Baumbestand auf. Weitere schattenspendende natürliche wie technische Gestaltungselemente, wie Sonnensegel, begrünte Pergola, sind für den Vorplatz des Eingangsbereiches zu empfehlen, um die Aufenthaltsqualität zu erhöhen. Auch „blaue“ Strukturen sind zur lokalen Verbesserung der bioklimatischen Situation denkbar. Gerade (kühles) fließendes Wasser welches eine möglichst große Fläche überströmt, besitzt das Potenzial für eine lokale Abkühlung der bodennahen Luftschicht.

Da sich die Planung für den Außenbereich noch in einem frühen Stadium befindet und bisher keine endgültige Festsetzung von z. B. Baumstandorten und Oberflächenmaterialien getroffen wurde, können an dieser Stelle nur sehr allgemeine Empfehlungen ausgesprochen werden.

Als Bereich mit möglicher kritischer Wärmebelastung an besonders heißen Tagen wird laut Modellierung der markierte Eingangsbereich des Forums angesehen (Abbildung 19). Das kann zu einer stark eingeschränkten Aufenthaltsqualität in den Mittagstunden in den Sommermonaten führen. Dem entgegenwirken könnte die Pflanzung eines wärmeliebenden schattenspendenden Baumes mit entsprechend hoher Strahlungstoleranz - aufgrund der umgebenden Glasfassaden – sowie Versiegelungstoleranz – aufgrund des vollversiegelten Eingangsbereichs – oder eine technische Lösung. Die Umsetzung dieses Maßnahmenvorschlags wird jedoch nur zu einer geringfügigen Verminderung der lokalen Überwärmung dieser Lokalität führen; die erhöhten Lufttemperaturen und die schwache Luftströmung würden auch im Schatten für einen nur eingeschränkten Klimakomfort sorgen.



Abbildung 19: Ergebnis ENVL\_MET für PET 13:00 Uhr, 1.7.2018, Plan-Zustand mit Markierung Bereich möglicher erhöhter Wärmebelastung

Im Zuge des Klimawandels werden häufigere und intensivere Starkregenereignisse erwartet, die Neubebauung bietet das Potenzial, vermehrt Regenwasser auf den geplanten Rasenflächen/Gründachflächen zurückzuhalten und durch Pufferung nur verzögert abzugeben. Damit kann auch bei zukünftig intensiveren Starkregenereignissen ungewollter starker Oberflächenabfluss (mit Erosionserscheinungen) im Untersuchungsgebiet vermieden werden und durch Pufferung die Kanalisation entlastet werden.

## Zusammenfassung

Der geplante Standort für die „Neue Carl-Zeiss-Promenade“ liegt in einem stadtclimatisch stark vorbelasteten Bereich und im Zuge des fortschreitenden Klimawandels muss mit einer deutlichen Zunahme an Tagen mit Wärmebelastung für die gesamte Stadt Jena gerechnet werden. Das Sommerhalbjahr 2018 hat bereits einen „Vorgeschmack“ darauf gegeben, was zukünftig hinsichtlich Hitze und Trockenheit als „normal“ bewertet wird. Auf diese geänderten klimatischen Bedingungen stellt sich die Stadt Jena mit der Jenaer Klimaanpassungsstrategie (JenKAS) bereits seit 2012 ein und gibt dem Belang einer klimawandelangepassten Bebauung ein besonderes Gewicht. Im diesem Gutachten wurde durch die Modellierung der bioklimatischen Belastungssituation während einer sommerlichen Hochdruckwetterlage für den Ist-Zustand und die geplante Bebauung festgestellt, dass keine Beeinflussung/Verschlechterung für angrenzende Siedlungsbereiche nachweislich ist. Grundsätzlich ist von einer Verbesserung der bioklimatischen Belastungssituation im Bereich der geplanten Bebauung auszugehen, deren Grad jedoch von der finalen Außenraumgestaltung (Ausstattung mit Bäumen, Verschattungselemente, Dach-/Fassadengrün) abhängig ist.

Zusammenfassend ergibt die Auswertung der Kaltluftmodellierung (im Vergleich zum Ist-Zustand) keine Beeinflussung bzw. Verminderung der Kaltluftzufuhr für angrenzende Siedlungsbereiche. Die geplanten Gebäudehöhen entsprechen in etwa denen des bestehenden Bebauungszustandes und stellen damit keine größeren Strömungshindernisse dar. Je nach Anteil an Grünflächen (Dach- und Terrassenbegrünung, Gestaltung der Freiflächen, Bewässerung) ist eine geringe Erhöhung der lokalen Kaltluftproduktion möglich.

## Literatur

- DWD (2012): Klimauntersuchungen in Jena: Ergebnisse statistischer Auswertungen langjähriger Mess-/Beobachtungsdaten sowie temporärer und mobiler Geländemessungen im Vergleich mit Resultaten aus Klima-Modellsimulationen für Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.
- Hoffmann, K., W. Bivour, B. Früh, M. Koßmann & P.-H. Voß (2014): Klimauntersuchungen in Jena für die Anpassung an den Klimawandel und seine erwarteten Folgen. Ein Ergebnisbericht. Offenbach am Main: Deutscher Wetterdienst, Deutsche Meteorologische Bibliothek (Berichte des Deutschen Wetterdienstes, 243).
- Kuttler, W. (2013): Handlungsleitfaden - Steuerungswerkzeuge zur städtebaulichen Anpassung an thermische Belastungen im Klimawandel. Dynaklim-Publikation Nr. 34.
- Kurmutz, U. (2017): Analyse der lokalen Auswirkungen des Klimawandels und Ableitung von Planungshinweisen für die Klimaanpassung am Beispiel der Stadt Jena. Dissertation. Jena.
- Stadt Jena (Hrsg.) (2012): Handbuch Klimawandelgerechte Stadtentwicklung für Jena, ExWoSt-Modellprojekt Jenaer Klimaanpassungsstrategie JenKAS. Schriften zur Stadtentwicklung Nr. 3. Jena.
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (2007): VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2: Umweltmeteorologie; Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung der thermischen Komponente des Klimas