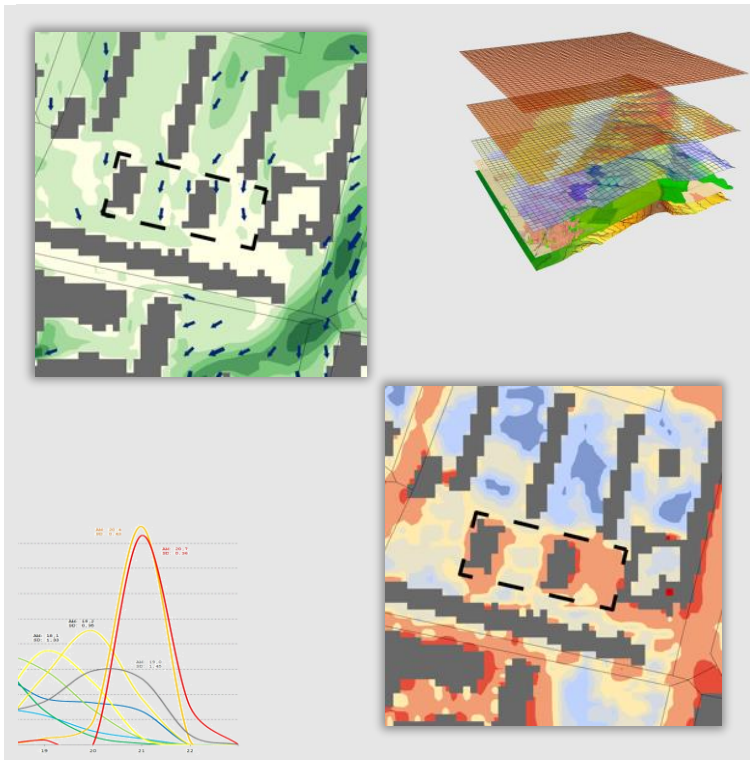


Klimaökologische Begleitung für das Projekt „Lange Straße/Andreasstraße“ in Berlin-Friedrichshain



Auftraggeberin:

WBM Wohnungsbaugesellschaft Berlin-Mitte mbH

Dircksenstraße 38

10178 Berlin



GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Große Pfahlstraße 5a

30161 Hannover

Tel. (0511) 3887200

FAX (0511) 3887201

www.geo-net.de

Inhaltsverzeichnis

Seite:

Inhaltsverzeichnis	1
1. Aufgabenstellung und Einleitung	3
1.1 Das Plangebiet Lange Straße/Andreasstraße in Berlin-Friedrichshain	5
1.2 Planungshinweiskarte Stadtklima	5
2. Methode.....	7
2.1 Datengrundlage und Modellrechnung	7
2.2 Synoptische Rahmenbedingungen	8
3. Ergebnisse	9
3.1 Ergebnisse Kaltlufthaushalt	9
3.1.1 Lufttemperatur	9
3.1.2 Kaltluftströmungsfeld	11
3.1.3 Kaltluftvolumenstrom	13
3.2 Physiologisch Äquivalente Temperatur	15
4 Fazit	17
5 Literatur	19

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1: Prozessorientierte Analyse bei einer austauscharmen Hochdruckwetterlage	4
Abb. 1.2: Entwurf der Planung für das Gebiet Lange Straße/Andreasstraße	5
Abb. 1.3: Ausschnitt der Planungshinweiskarte Berlin (GEO-NET, 2015).....	6
Abb. 2.1: Nutzungsstruktur im Untersuchungsgebiet für den Ist- und den Planzustand.....	7
Abb. 3.1: Lufttemperatur in 2 m über Grund (°C) um 4:00 Uhr in der Ist- und der Plan-Situation sowie deren Differenz	11
Abb. 3.2: Prinzipskizze Flurwind	12
Abb. 3.3: Windfeld in 2 m über Grund in der Ist- und in der Plan-Situation, sowie Differenz der Windgeschwindigkeiten	13
Abb. 3.4: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom.....	14
Abb. 3.5: Kaltluftvolumenstromdichte um 4:00 Uhr in der Ist- und der Plan-Situation, sowie deren Differenz	15
Abb. 3.6: Physiologisch äquivalente Temperatur (PET) in 1,1 m über Grund in der Ist- und der Plan-Situation, sowie deren Differenz.....	17

Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1: Zuordnung von Schwellenwerten für den Bewertungsindex PET während der Tagesstunden	16
---	----

1. Aufgabenstellung und Einleitung

Das Wohlbefinden und die Gesundheit der Menschen sind nicht zuletzt abhängig von den meteorologischen Verhältnissen in ihrem Lebensumfeld. Dabei wirkt sich die Gestaltung dieses Lebensumfeldes, also vornehmlich die des Siedlungsraumes, direkt auf die in ihm auftretenden Wärme- und Luftbelastungen aus. Klimatische und lufthygienische Aspekte sind somit durch den Menschen beeinflussbar und daher feste Bestandteile der räumlichen Planung. Das Schutzgut „Klima“ ist ein wichtiger Aspekt der räumlichen Planung und vor dem Hintergrund konkurrierender Planungsziele sind flächenbezogene Fachinformationen ein wichtiges Hilfsmittel zu dessen sachgerechter Beurteilung. Aus der Kenntnis des in einer Stadt vorherrschenden Lokalklimas, der dadurch mitbestimmten lufthygienischen Situation und den klimatischen Funktionszusammenhängen lassen sich Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen ableiten, die der Erhaltung günstiger bioklimatischer Verhältnisse dienen bzw. auf eine Verbesserung des Stadtklimas in ungünstig bewerteten Teilräumen abzielen. Um diesen Leitgedanken langfristig verfolgen zu können, ist es zudem erforderlich, die Auswirkungen des Klimawandels zu berücksichtigen.

Mit dem *Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes bei der Entwicklung in den Städten und Gemeinden* im Jahr 2011 sind die Belange von Klimaschutz und Klimaanpassung in der Bauleitplanung gestärkt (Novellierung des Baugesetzbuchs (BauGB)) und nun ausdrücklich zu einer Aufgabe der Bauleitplanung nach § 1 (5) BauGB erklärt worden: „Die Bauleitpläne sollen [...] dazu beitragen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln sowie den **Klimaschutz und die Klimaanpassung**, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, zu fördern [...].“ Zusätzlich heißt es in § 1a (5) BauGB: „Den Erfordernissen des Klimaschutzes soll sowohl durch Maßnahmen, die dem **Klimawandel** entgegenwirken, als auch durch solche, die der **Anpassung an den Klimawandel** dienen, Rechnung getragen werden.“

Im Auftrag der WBM Wohnungsbaugesellschaft Berlin-Mitte mbH wurde vom Büro GEO-NET Umweltconsulting GmbH eine modellgestützte Analyse zur klimaökologischen Situation im Zusammenhang mit der Planung des Gebiets „Lange Straße/Andreasstraße“ in Berlin-Friedrichshain angefertigt. Für die planerische Berücksichtigung der Schutzgüter Klima und Luft ist es bedeutsam, sich auf eine differenzierte Bewertung der kleinräumig variablen klimatischen Bedingungen einschließlich ihrer komplexen Wechselwirkungen stützen zu können. Die zu klärenden Fragen, die im Mittelpunkt der Untersuchung stehen, beziehen sich auf das nähere Umfeld des Bebauungsplans:

- Welche Belüftungssituation liegt in der Umgebung der Vorhabenfläche vor?
- Wie ist die bioklimatische Situation zu beurteilen?
- Welche Veränderungen ergeben sich durch die vorgesehene Neuplanung in unterschiedlichen Planungsvarianten?
- Welche Empfehlungen können für eine zukünftige Bebauung auf der Fläche gegeben werden?

Diese Studie liefert klimaökologische Rahmendaten in einer hohen räumlichen Auflösung, um eine sachgerechte Beurteilung der Schutzgüter Klima/Luft innerhalb des Planungsprozesses zu gewährleisten. Dabei werden sowohl der Kaltlufthaushalt in der Nacht als auch die thermische Situation des untersuchten Plangebiets und dessen Umgebung überprüft. Ausgangspunkt für die Ermittlung dieser Zusammenhänge ist eine aus-

tauscharme, sommerliche Hochdruckwetterlage, die häufig mit einer überdurchschnittlich hohen Wärmebelastung in den Siedlungsräumen sowie lufthygienischen Belastungen einhergeht. Während bei einer windstarken „Normallage“ der Siedlungsraum gut durchlüftet wird und eine Überwärmung kaum gegeben ist, stellt die windschwache Hochdruckwetterlage mit wolkenlosem Himmel im Sommer eine „Worst Case“-Betrachtung dar (**Abb. 1.1**).

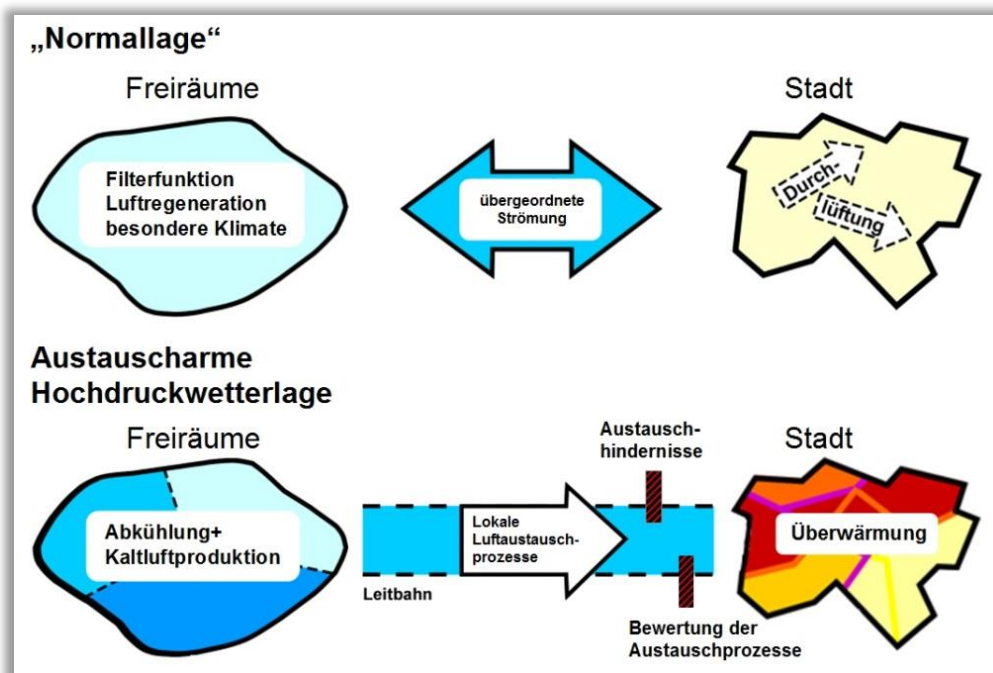


Abb. 1.1: Prozessorientierte Analyse bei einer austauscharmen Hochdruckwetterlage

Diese Wetterlage wird wegen der belastenden Wirkung auf die Gesundheit des Menschen unter besonderer Beachtung von Älteren, Kranken und Kindern zur Beurteilung der bioklimatischen Situation gemäß VDI-RL 3785 Blatt 1 herangezogen. Die Nachtsituation ist dahingehend von Relevanz, da nur dann unter den windschwachen Bedingungen eine im Vergleich zu Siedlungsflächen intensivere Abkühlung auf Freiflächen mit Vegetation erfolgt. Dabei entstehen je nach Größe unterschiedliche Mengen an Kaltluft, welche als lokale Strömungssysteme Kalt-/Frischlufte für den Siedlungsbereich liefern und dort die Wärmebelastung während sommerlicher Hitzeperioden abmildern können. Dargestellt wird eine windschwache, austauscharme sommerliche Wettersituation für die Monate Juli / August. Bei der im Rahmen dieser Untersuchung zu prüfende Planung handelt es sich um die Verdichtung der Wohnbebauung in Baulücken im Stadtbezirk Friedrichshain-Kreuzberg. Die Relevanz der klimaökologischen Untersuchung leitet sich aus der dichten Bebauung im Umfeld des Plangebiets mit überwiegender Wohnnutzung.

Die Relevanz der Berücksichtigung der klimatischen Situation und des Bioklimas bei der Umsetzung von Planvorhaben leitet sich darüber hinaus aus dem Klimawandel ab, der zukünftig zu häufigeren und länger andauernden Hitzeperioden führen wird. Mit dem Wissen der klimatischen Situation vor Ort kann eine möglichst optimale Anpassung an die zu erwartende Änderung des Klimas erfolgen.

1.1 Das Plangebiet Lange Straße/Andreasstraße in Berlin-Friedrichshain

Die Wohnungsbaugesellschaft Berlin-Mitte (WBM) plant die Überbauung einer im aktuellen Zustand als Parkplatz genutzten Fläche an der Lange Straße in Berlin-Friedrichshain (**Abb. 1.2**). Im unmittelbaren Umfeld zum Plangebiet besteht überwiegend eine Wohnblockbebauung. Nördlich des Plangebiets befinden sich drei Gebäuderiegel in NNO/SSW-Ausrichtung mit fünf Etagen, die jeweils einen Abstand von etwa 35 m zueinander haben. In den Zwischenräumen befinden sich Grünflächen. Südlich des Plangebiets liegt ein in WNW/OSO-ausgerichteter Gebäuderiegel mit etwa elf Etagen. Östlich des Plangebiets besteht eine Blockrandbebauung mit sechs Etagen. Westlich an das Plangebiet schließt sich eine teilversiegelte Spielplatzfläche an. Die vorliegende, vorläufige Planung sieht eine Bebauung des Plangebiets mit zwei Gebäuden mit jeweils sieben Vollgeschossen und einem Staffelgeschoss vor. Hierbei würden Teilflächen des Parkplatzes entsiegelt und Stellplatzflächen neu verteilt, wobei ein Teil des vorhandenen Baumbestands entnommen werden müsste.

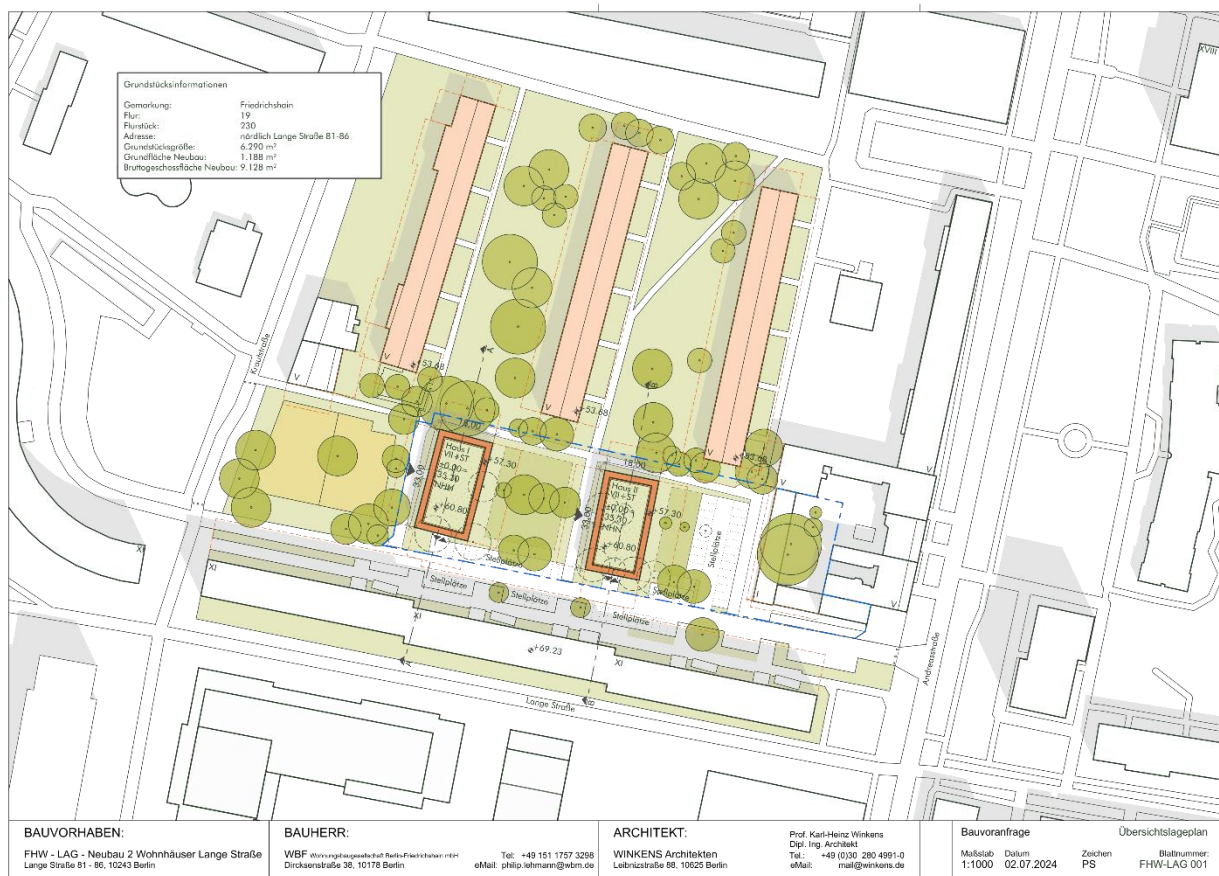


Abb. 1.2: Entwurf der Planung für das Gebiet Lange Straße/Andreasstraße

1.2 Planungshinweiskarte Stadtklima

Die im Zusammenhang der regionalen Klimaanalyse Berlin erstellte Planungshinweiskarte (GEO-NET, 2015) kategorisiert die thermische Situation von Siedlungsgebieten auf Basis von Blockflächen in die vier Klassen von „sehr günstig“ bis „ungünstig“ (**Abb. 1.3**). Das Plangebiet wurde demnach zusammen mit der umliegen-

den Bebauung als Teil des Siedlungsraums bewertet. Die thermische Situation der Blockfläche wurde als thermisch „weniger günstig“ bewertet. In der Beschreibung dieser Kategorie wird aufgeführt: „Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind notwendig. [...] Bei Nachverdichtungsvorhaben ist darauf hinzuwirken, dass sie nicht zu einer Verschlechterung auf der Fläche selbst sowie auf angrenzenden Flächen führen“.

Es ist anzumerken, dass die Planungshinweiskarte den Stand von 2015 repräsentiert, sodass neuere Bebauung oder Umgestaltungsmaßnahmen des Außenraums noch nicht berücksichtigt sind. Solche Maßnahmen können eine Veränderung der bioklimatischen Situation zur Folge haben, die in der vorliegenden Planungshinweiskarte nicht berücksichtigt sind.



Abb. 1.3: Ausschnitt der Planungshinweiskarte Berlin (GEO-NET, 2015).

2. Methode

2.1 Datengrundlage und Modellrechnung

Die Modellrechnungen wurden mit dem Strömungs- und Klimamodell FITNAH-3D durchgeführt. Bei einem numerischen Modell wie FITNAH muss zur Festlegung und Bearbeitung einer Aufgabenstellung eine Reihe von Eingangsdaten zur Verfügung stehen. Nutzungsstruktur und Geländehöhe sind wichtige Eingangsdaten für die Windfeldmodellierung, da über die Oberflächengestalt, die Höhe der jeweiligen Nutzungsstrukturen sowie deren Versiegelungsgrad das Strömungs- und Temperaturfeld entscheidend beeinflusst wird. Eine wichtige Modelleingangsgröße stellt zudem die Höhe der Baustrukturen dar, welche einen maßgeblichen Einfluss auf das lokale Windfeld ausübt. Zur Aufbereitung der Eingangsdaten wurden Gebäudegeometrien, RGBI-Luftbilder und ALKIS-Flächennutzungen von Berlin genutzt. Die geplante Bebauung des Planareals wurde auf Basis von Plänen, die von den Kunden zur Verfügung gestellt wurden, in die Plan-Situation integriert. Auf Grundlage dieser Informationen wurde ein für das Modell geeigneter Nutzungsdatensatz erstellt. Mit der hohen räumlichen Auflösung von 5 m x 5 m war es möglich, die Gebäudestrukturen realitätsnah zu erfassen und ihren Einfluss auf den nächtlichen Luftaustausch abzubilden. In **Abb. 2.1** sind die dem Modell zugrunde liegenden Eingangsdaten der Flächennutzungen für den Ist-Situation und die vorliegende Planvariante dargestellt.

Die Modellrechnung des Untersuchungsgebiets wurde im sogenannten „Nesting“ in die Ergebnisse einer großräumigen Rechnung eingebettet (Rechnung von Berlin in 10 m Auflösung von 2022), um den Beitrag der wenn auch geringfügig ausgeprägten, übergeordneten Luftströmungen zu berücksichtigen (siehe Kap. 2.2).

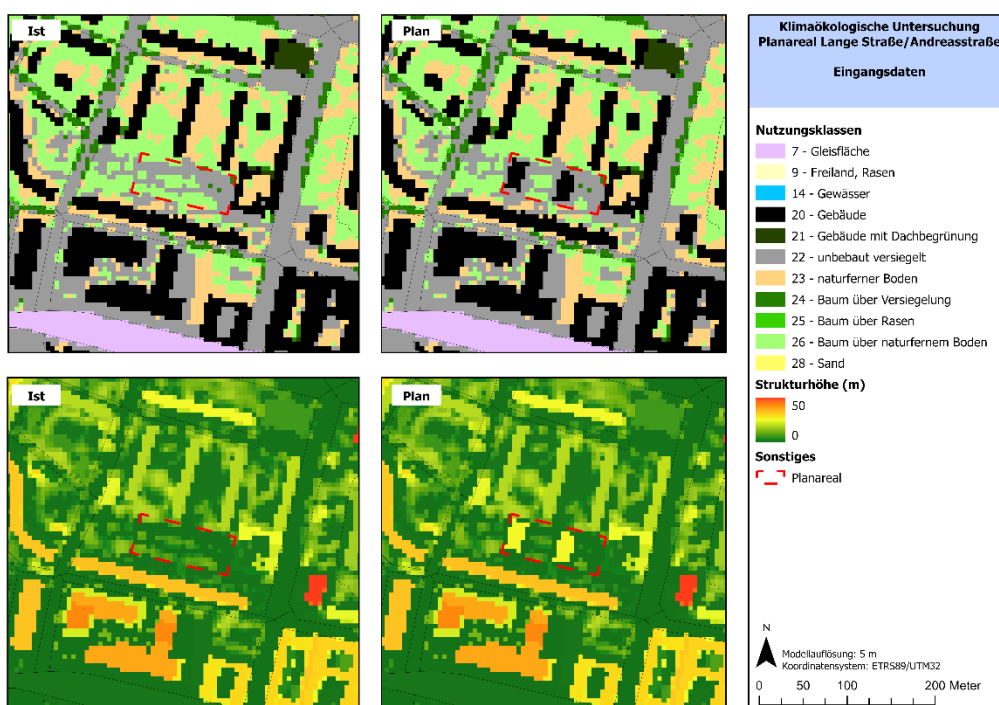


Abb. 2.1: Nutzungsstruktur im Untersuchungsgebiet für den Ist- und den Planzustand

2.2 Synoptische Rahmenbedingungen

Während sogenannter autochthoner („eigenbürtiger“) Wetterlagen können sich die lokalklimatischen Besonderheiten in einer Stadt besonders gut ausprägen, da es nur eine geringe „übergeordnete“ Windströmung gibt. Eine solche Wetterlage wird durch wolkenlosen Himmel und einen nur sehr schwachen überlagernden synoptischen Wind (also durch die Großwetterlage dominierten Regionalwind) gekennzeichnet. Bei den hier durchgeführten numerischen Simulationen werden die großräumigen Rahmenbedingungen entsprechend festgelegt:

- Bedeckungsgrad 0/8 (entspricht einem wolkenlosen Himmel)
- Kein überlagernder geostrophischer Wind (d.h. Wind, der aus großräumigen Luftdruckunterschieden und der Erdrotation resultiert)
- Relative Feuchte der Luftmasse 50%

Die vergleichsweise geringen Windgeschwindigkeiten bei einer austauscharmen Wetterlage bedingen einen herabgesetzten Luftaustausch in der bodennahen Luftschicht. Bei gleichzeitiger Wärmebelastung in den Siedlungsflächen können sich lokal bioklimatische und lufthygienische Belastungsräume ausbilden. Diese Wetter-situation stellt damit ein „Worst-Case“-Szenario dar. Charakteristisch für diese (Hochdruck-) Wetterlage ist die Entstehung eigenbürtiger Kaltluftströmungen (Flurwinde), die durch den Temperaturgradienten zwischen kühlen Freiflächen und wärmeren Siedlungsräumen angetrieben werden und zu einem Abbau der Belastungen beitragen.

3. Ergebnisse

Im Folgenden werden zuerst die Ergebnisse der FITNAH-Modellierung zu den meteorologischen Parametern Lufttemperatur, Kaltluftströmungsgeschwindigkeit und Kaltluftvolumenstrom erläutert (Kap. 3.1). Hierbei handelt es sich um die Modellergebnisse für die zweite Nachthälfte (Kaltluftaushalt um 4 Uhr morgens). Der 4 Uhr MEZ Zeitpunkt wurde gewählt, da sich die Luftaustauschprozesse zwischen dem Umland und den Siedlungsflächen zu diesem Zeitpunkt vollständig ausgebildet haben. Im darauffolgenden Kapitel (Kap. 3.2) wird die sommerliche Wärmebelastung während der Tagesstunden über die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) um 14 Uhr dargestellt. In Abgrenzung zur Lufttemperatur handelt es sich hierbei um eine Größe zur Darstellung der „gefühlten Temperatur“. Ihre Ausprägung wird vor allem über die Intensität der Sonneneinstrahlung bestimmt.

3.1 Ergebnisse Kaltluftaushalt

3.1.1 Lufttemperatur

Der Tagesgang der Lufttemperatur ist direkt an die Strahlungsbilanz eines Standortes gekoppelt und zeigt daher in der Regel einen ausgeprägten Abfall während der Abend- und Nachtstunden. Dieser erreicht kurz vor Sonnenaufgang des nächsten Tages sein Maximum. Das Ausmaß der Abkühlung kann dabei – je nach den meteorologischen Verhältnissen, der Lage des Standorts und den landnutzungsabhängigen physikalischen Boden- und Oberflächeneigenschaften – große Unterschiede aufweisen. Die Beschreibung von Temperaturdifferenzen in der Wissenschaft erfolgt üblicherweise in der Einheit Kelvin (K). Im Sinne eines guten Verständnisses der Karten werden die Differenzen in °C angesprochen, welche mit Kelvin gleichgesetzt werden können. Bereits auf kleinem Raum kann sich ein differenziertes Temperaturfeld mit mehr als 8 °C Temperaturabweichung zwischen den abgekühlten Grün- und Freiflächen sowie den wärmeren Siedlungsflächen einstellen. Besonders auffällig dabei ist das thermische Sonderklima der Siedlungsräume. Die in Städten gegenüber dem Umland modifizierten klimatischen Verhältnisse lassen sich auf einige wesentliche Faktoren zurückführen. Hierzu gehören:

- die erhöhte Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit der Boden- und Oberflächeneigenschaften
- die durch die Geometrie der städtischen Baukörper vergrößerte strahlungsabsorbierende Oberfläche
- die herabgesetzte Verdunstung durch die direkte Einleitung des Niederschlagswassers in die Kanalisation oder die Vorflut
- die über die vermehrte Emission von Gasen und Aerosolen zugunsten eines langwelligeren Strahlungsgewinns veränderte Strahlungsbilanz (lokaler Treibhauseffekt)
- die Wirkung der Stadt als Strömungshindernis mit hoher aerodynamischer Rauigkeit und die damit verbundene Behinderung der Durchlüftung und des Luftaustausches mit dem Umland
- die erhöhte anthropogen bedingte Wärmeproduktion.

Damit ist das Ausmaß der Temperaturabweichung im Siedlungsbereich vor allem abhängig von der Größe der Stadt und der Dichte der Überbauung. Doch auch die Luftvolumina über grüneprägten Flächen weisen untereinander keinen einheitlichen Wärmezustand auf.

Die Abkühlungsrate von natürlichen Oberflächen wird insbesondere von ihren thermischen Bodeneigenschaften (u.a. ihrer Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität) sowie von eventuell vorhandenen Oberflächenbedeckungen (Bewuchs, Laubstreu usw.) bestimmt.

Das Relief (Exposition, Geländeneigung) und die Lage im Mosaik der Nutzungen und ihrer dynamischen Luftaustauschprozesse üben einen weiteren Einfluss aus. Eine Sonderstellung nehmen Wald-, Gehölz- und Gewässerflächen ein. Der abgedämpfte Tagesgang der Temperatur im Wald beruht zu einem großen Teil auf dem zweischichtigen Strahlungsumsatz zwischen Atmosphäre und Kronendach sowie zwischen Kronendach und Stammraum. Größere Waldgebiete haben eine klimatische Ausgleichsfunktion und filtern zudem Luftschadstoffe. Während tagsüber durch Verschattung und Verdunstung relativ niedrige Temperaturen bei hoher Luftfeuchtigkeit im Stammraum vorherrschen, treten nachts in 2 m Höhe, im Vergleich zu nicht mit Gehölz bestandenen Grünflächen, eher milde Temperaturen auf. Stadtnahe Wälder können daher auch am Tage kühlere Luft zugunsten des Siedlungsraumes erzeugen.

Die Ermittlung des bodennahen Temperaturfeldes ermöglicht es, überwärmte Bereiche mit potenziellen bioklimatischen Belastungen abzugrenzen, Aussagen zum Auftreten von Ausgleichsströmungen zu treffen und die räumliche Ausprägung und Wirksamkeit von Kalt- bzw. Frischluftströmungen abzuschätzen. Ein erholsamer Schlaf ist nur bei günstigen thermischen Bedingungen möglich, weshalb der Entlastungssituation in den Nachtstunden eine besondere Bedeutung zukommt. Da die klimatischen Verhältnisse der Wohnungen in der Nacht im Wesentlichen nur durch den Luftwechsel modifiziert werden können, ist die Temperatur der Außenluft der entscheidende Faktor bei der Bewertung der thermophysiologicalen Belastung. Als optimale Schlaftemperaturen werden gemeinhin 16 - 18 °C angegeben (UBA 2016), während Tropennächte mit einer Minimumtemperatur ≥ 20 °C als besonders belastend gelten. Entsprechend spiegelt die Beurteilung des Bioklimas in den Nachtstunden weniger die thermische Beanspruchung des Menschen im Freien wider als vielmehr die positive Beeinflussbarkeit des nächtlichen Innenraumklimas.

Ist-Situation

Das mit dem Klimamodell FITNAH simulierte Lufttemperaturfeld in 2 m über Grund zum Zeitpunkt 4 Uhr morgens umfasst unter den angenommenen meteorologischen Rahmenbedingungen eine Spannweite von etwa 16,8 bis 19,6 °C in der näheren Umgebung des Plangebiets (**Abb. 3.1**). Vergleichsweise kühl sind hierbei die Grünflächen nördlich des Plangebiets zwischen den Gebäuderiegeln. Durch Bäume wird die nächtliche Abkühlung hingegen eingeschränkt, sodass sich unter den Baumkronen Temperaturen von etwa 18,0-18,8 °C einstellen. Besonders warm hingegen sind großflächig zusammenhängende, versiegelte Flächen. Deutlich wird dies beispielsweise an der Andreasstraße östlich des Plangebiets, wo Temperaturen von etwa 19,5 °C vorliegen. Durch Wärmeabstrahlung von Hausfassaden sind in unmittelbarem Umfeld der Gebäude leicht höhere Temperaturen möglich. Dies wird vor allem in versiegelten Innenhöfen deutlich, wo punktuell auch Temperaturen von über 20 °C unter den modellierten Bedingungen möglich sind.

Plan-Situation

In der Plan-Situation ergibt sich durch die geplante Bebauung eine punktuelle Temperaturzunahme von maximal 1,7 °C unmittelbar an den südlichen Fassaden der geplanten Bebauung. Entlang des Zufahrtswegs am südlichen Gebäuderiegel liegt die Temperaturerhöhung zwischen 0,2 und 1,0 °C. Vorhabenbedingte Temperaturveränderungen von mehr als 0,1 °C beschränken sich räumlich überwiegend auf das nahe Umfeld des

Plangebiets in bis zu 35 m Abstand zum Plangebiet. Entsprechend verändert sich die grundsätzliche Spannweite der Temperaturwerte im Umfeld des Plangebiets in der Plan-Situation im Vergleich zur Ist-Situation kaum.

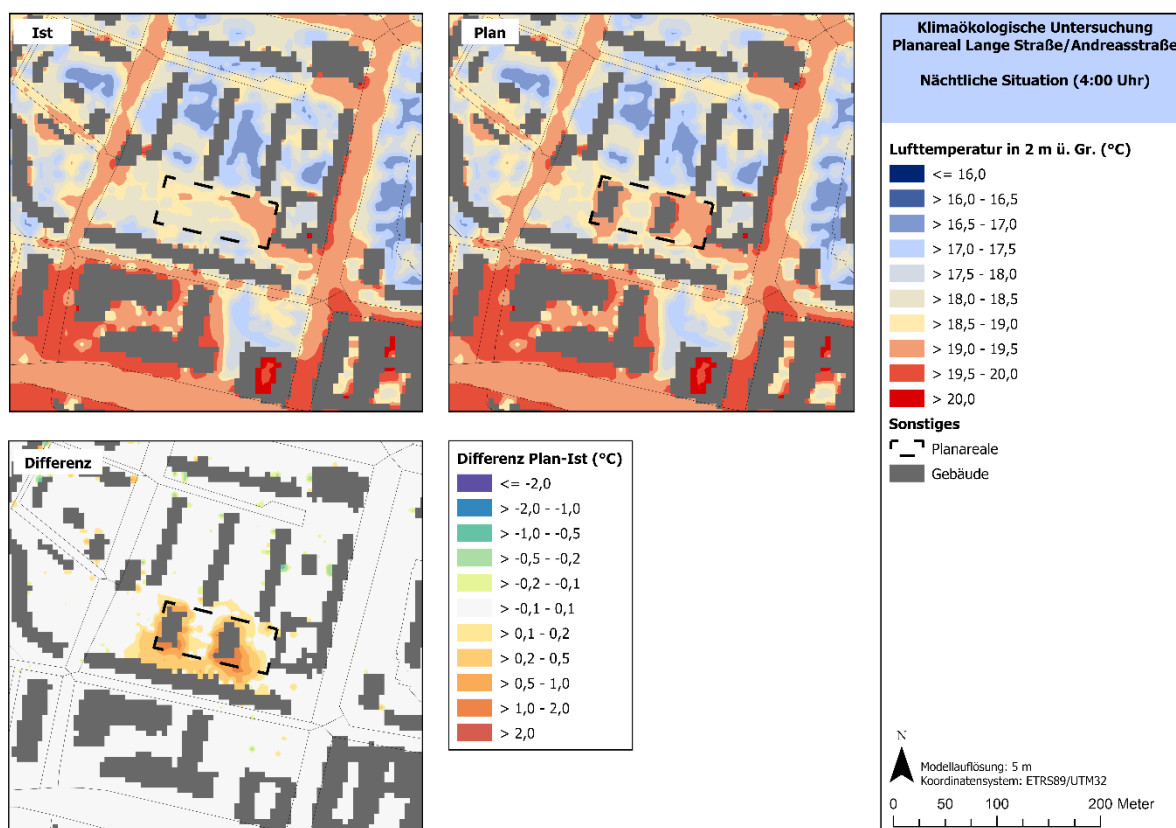


Abb. 3.1: Lufttemperatur in 2 m über Grund (°C) um 4:00 Uhr in der Ist- und der Plan-Situation sowie deren Differenz

3.1.2 Kaltluftströmungsfeld

Die bodennahe Temperaturverteilung bedingt horizontale Luftdruckunterschiede, die wiederum Auslöser für lokale thermische Windsysteme sind. Ausgangspunkt dieser Prozesse sind die nächtlichen Temperaturunterschiede, die sich zwischen Siedlungsräumen und vegetationsgeprägten Freiflächen bzw. dem Umland einstellen (**Abb. 3.2**). An den geeigneten Flächen setzt sich außerdem abgekühlte und damit schwerere Luft in Richtung zur tiefsten Stelle des Geländes in Bewegung. So können z.B. an Hängen nächtliche Kaltluftabflüsse entstehen (u.a. MOSIMANN et al. 1999).

Die Windgeschwindigkeit dieses kleinräumigen Phänomens wird in erster Linie durch das Temperaturdefizit zur umgebenden Luft bestimmt und durch eine vorhandene Neigung des Geländes $> 1^\circ$ verstärkt. Neben den durch die Geländeform bedingten Strömungen mit Kaltluftabflüssen bilden sich auch so genannte Flur-/Strukturwinde, d.h. eine direkte Ausgleichsströmung vom hohen zum tiefen Luftdruck, aus. Sie entstehen, wenn sich stark überbaute oder versiegelte Gebiete stärker erwärmen als umliegende Freiflächen, und dadurch ein thermisches Tief über den urbanen Gebieten entsteht (u.a. KIESE et al. 1992).

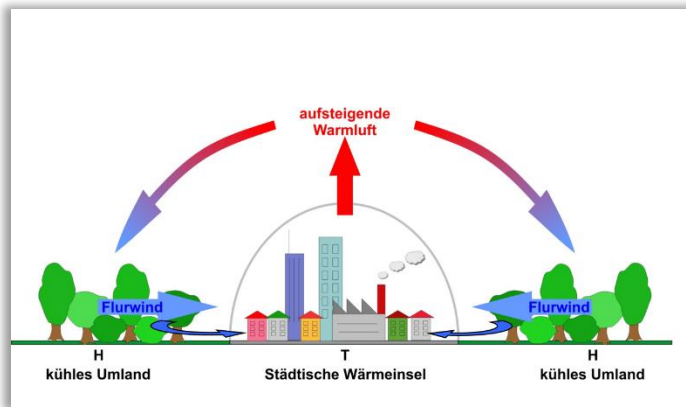


Abb. 3.2: Prinzipskizze Flurwind

Für die Ausprägung dieser Strömungen ist es wichtig, dass die Luft über eine gewisse Strecke beschleunigt werden kann und nicht durch vorhandene Hindernisse wie dichte Baumbestände und Bauten abgebremst wird. Die Flur-/Strukturwinde sind eng begrenzte, oftmals nur schwach ausgeprägte Strömungsphänomene, die bereits durch einen schwachen überlagernden Wind (d.h. die großräumige Windströmung in der Höhe) überdeckt werden können. Die landnutzungstypischen Temperaturunterschiede beginnen sich schon kurz

nach Sonnenuntergang herauszubilden und können die ganze Nacht über andauern. Dabei erweisen sich insbesondere Wiesen- und Ackerflächen als kaltluftproduktiv. Abhängig von den Oberflächeneigenschaften und Abkühlungsraten geht damit die rasche Entwicklung von Kaltluftströmungen einher, die zunächst vertikal nur von geringer Mächtigkeit (5-10 m Schichthöhe) sind und sich zwischen der Vielzahl der unterschiedlich temperierten Flächen ausbilden. Diese kleinskaligen Windsysteme werden, je nach lokalen Bedingungen, im Laufe der Nacht von horizontal und vertikal etwas mächtigeren Flur- und Hangwinden (mehrere Dekameter Mächtigkeit) überdeckt, die zwischen den großen Freiflächen und überbauten Arealen entstehen.

Die Ergebniskarten stellen das zum nächtlichen Analysezeitpunkt 04:00 Uhr ausgeprägte Kaltluftströmungsfeld in zwei Ebenen dar. Die Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit wird über die Pfeilrichtung und Pfeillänge in Form von Vektoren abgebildet, wobei die Pfeile der Karte für eine übersichtlichere Darstellung auf 30 m aggregiert worden sind. Die unterlegten Rasterzellen stellen zudem die Windgeschwindigkeit flächenhaft in Farbstufung dar. Die Werte beziehen sich auf eine Analysehöhe von 2 m über Grund. Abgebildet sind alle Zellen des ursprünglichen Rasters, für die aufgrund einer modellierten Mindestwindgeschwindigkeit von $\geq 0,1$ m/s und unter Berücksichtigung der gebietstypischen Ausprägung eine potenzielle klimaökologische Wirksamkeit angenommen werden kann.

Ist-Situation

Abb. 3.3 zeigt die Strömungsgeschwindigkeit des modellierten Windfeldes in 2 m über Grund, das sich während einer sommerlichen, windstillen Strahlungswetternacht eigenbürtig ausbildet. Im Gegensatz zu einer austauschstarken „mittleren“ Wettersituation, bei der der Wind Blätter und Äste in den Bäumen bewegt, sind diese Windströmung von mehr als 0,1 m/s gerade noch als kühler Luftzug auf der Haut wahrnehmbar.

Über den Freiflächen innerhalb und im Umfeld des Plangebietes entsteht durch deren Abkühlung Kaltluft (vgl. Kap. 3.1). Deren Strömungsrichtung wird im Wesentlichen durch den Temperaturgradienten hin zu den wärmeren Siedlungsflächen bestimmt. Bei dem untersuchten Plangebiet ergibt sich eine Windströmung aus Richtung der nördlich gelegenen Grünflächen in Richtung Südwesten. Die Windgeschwindigkeit beträgt innerhalb des Plangebiets dabei maximal 0,22 m/s und ist im Osten leicht höher als im Westen. Es handelt sich hierbei um eine kleinräumige Ausgleichsströmung, die südöstlich des Plangebiets weitestgehend zum Erliegen kommt.

Plan-Situation

Durch die Bebauung kommt es zur leichten Umlenkung der Windströmung, wodurch das Plangebiet eher aus Richtung Norden kommend in Richtung Süden durchströmt wird. Hierdurch ergibt sich ein geringfügiger Kanalisierungseffekt zwischen den geplanten Gebäuden, wo in der Plan-Situation eine maximale Windgeschwindigkeit von 0,25 m/s auftritt. Südwestlich des Plangebiets am Fahrweg zum südlich gelegenen Gebäuderiegels hingegen verringert sich die Windgeschwindigkeit und liegt dort teilweise unter 0,1 m/s. Die Veränderungen des Windfelds sind allerdings räumlich stark begrenzt, sodass z.B. die Windströmung an der Andreasstraße nicht beeinträchtigt wird.

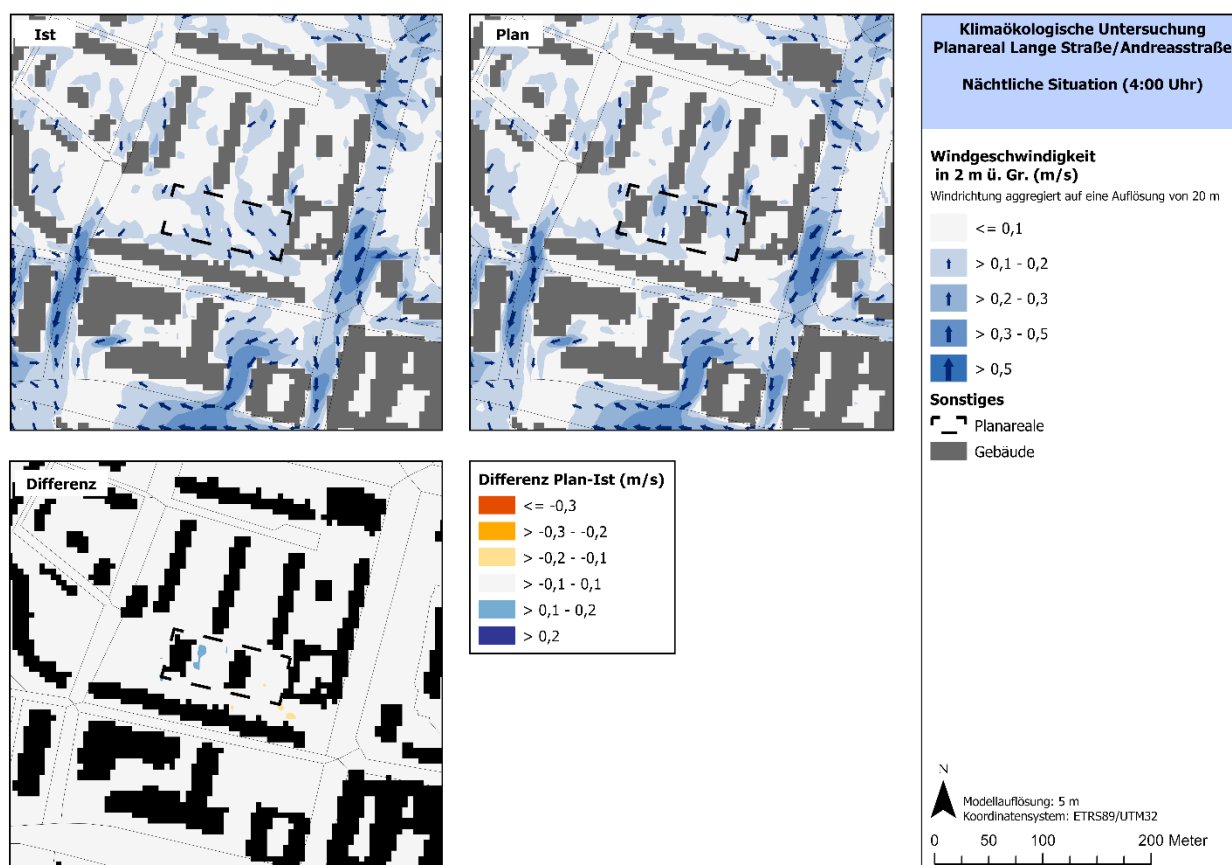


Abb. 3.3: Windfeld in 2 m über Grund in der Ist- und in der Plan-Situation, sowie Differenz der Windgeschwindigkeiten

3.1.3 Kaltluftvolumenstrom

Wie bereits in Kapitel 2.2 zum autochthonen Windfeld eingehender erläutert, kommt den lokalen thermischen Windsystemen eine besondere Bedeutung beim Abbau von Wärme- und Schadstoffbelastungen größerer Siedlungsräume zu. Weil die potenzielle Ausgleichsleistung einer grünbestimmten Fläche nicht allein aus der Geschwindigkeit der Kaltluftströmung resultiert, sondern zu einem wesentlichen Teil durch ihre Mächtigkeit (d.h. durch die *Höhe* der Kaltluftschicht) mitbestimmt wird, wird zur Bewertung der Grünflächen ein weiterer Klimaparameter herangezogen: der sogenannte Kaltluftvolumenstrom.

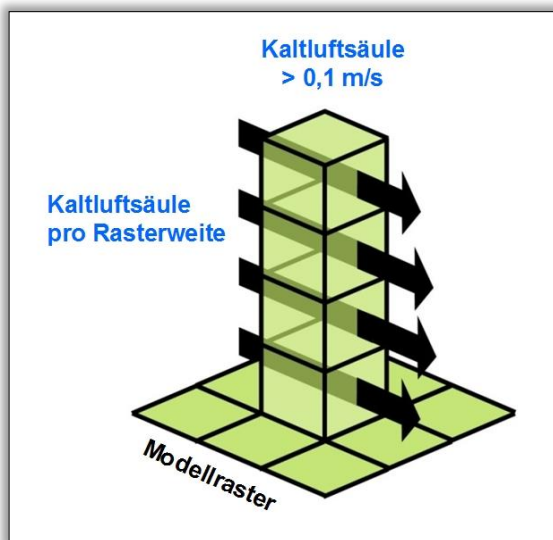


Abb. 3.4: Prinzipische Skizze Kaltluftvolumenstrom

Unter dem Begriff Kaltluftvolumenstrom versteht man, vereinfacht ausgedrückt, das Produkt aus der Fließgeschwindigkeit der Kaltluft, ihrer vertikalen Ausdehnung (Schichthöhe) und der horizontalen Ausdehnung des durchflossenen Querschnitts (Durchflussbreite). Er beschreibt somit diejenige Menge an Kaltluft in der Einheit m^3 , die in jeder Sekunde durch den Querschnitt beispielsweise eines Hanges oder einer Leitbahn fließt. Für die dargestellten Ergebnisse bedeutet dies folgendes: Da die Modellergebnisse nicht die Durchströmung eines natürlichen Querschnitts widerspiegeln, sondern den Strömungsdurchgang der gleichbleibenden Rasterzellenbreite (hier 5 m), ist der resultierende Parameter streng genommen nicht als Volumenstrom, sondern als rasterbasierte Volumenstromdichte aufzufassen. Diesen Wert kann man sich veranschaulichen, indem man sich ein 5 m breites, quer zur

Luftströmung hängendes Netz vorstellt, das ausgehend von der Obergrenze der Kaltluftschicht bis hinab auf die Erdoberfläche reicht. Bestimmt man nun die Menge der pro Sekunde durch das Netz strömenden Luft, erhält man die rasterbasierte Volumenstromdichte (**Abb. 3.4**). Der Volumenstrom ist damit ein Maß für den *Zustrom von Kaltluft* und bestimmt somit, neben der Strömungsgeschwindigkeit, die Größenordnung des Durchlüftungspotenzials.

Ist-Szenario

Das Plangebiet selbst wird in der Ist-Situation im Vergleich zur näheren Umgebung mit einer geringen Kaltluftvolumenstromdichte von $1,0$ bis $3,0 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ überströmt (**Abb. 3.5**). Dies ist weniger im Vergleich zum Volumenstrom an den Grünflächen nördlich des Plangebiets (dort bis zu $6,2 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$) oder an der Andreasstraße (bis zu $12,3 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$). Entsprechend ist weder von einem starken Beitrag auf den Kaltlufttransport in der weiteren Umgebung des Plangebiets, noch von einem deutlichen Kaltluftzustrom auszugehen.

Plan-Situation

In der Plan-Situation wird die Kaltluftströmung durch die Gebäude abgelenkt. In den unbebauten Bereichen verändert sich die Spannweite der Werte des Kaltluftvolumenstroms nicht. Punktuell erhöht sich die Volumenstromdichte zwischen der geplanten und der Bestandsbebauung am Nordrand des Plangebiets (um bis zu $1,3 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$), sowie zwischen den Gebäuderiegeln nördlich des Plangebiets (um bis zu $0,8 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$). Südöstlich des Plangebiets verringert sich hingegen die Volumenstromdichte um bis zu $1,3 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$. Während in der Ist-Situation in diesem Bereich die Kaltluftvolumenstromdichte zwischen $2,0$ und $3,0 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ beträgt, liegt sie in der Plan-Situation zwischen $1,2$ und $1,8 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$. Abnahmen der Volumenstromdichte um mehr als $0,5 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ können in einem maximalen Abstand von 50 m zum Plangebiet nachvollzogen werden.

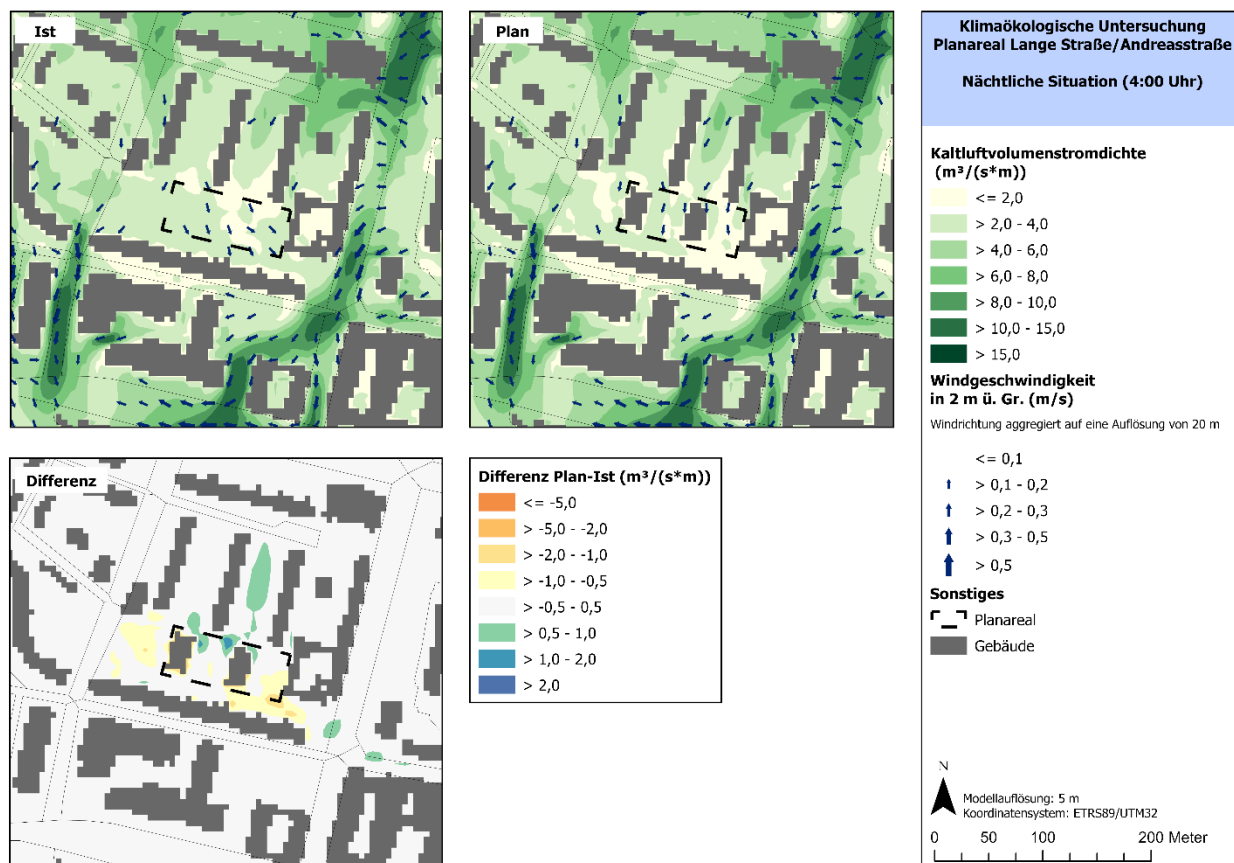


Abb. 3.5: Kaltluftvolumenstromdichte um 4:00 Uhr in der Ist- und der Plan-Situation, sowie deren Differenz

3.2 Physiologisch Äquivalente Temperatur

Meteorologische Parameter wirken nicht unabhängig voneinander, sondern in biometeorologischen Wirkungskomplexen auf das Wohlbefinden des Menschen ein. Zur Bewertung werden Indizes verwendet (Kenngrößen), die Aussagen zur Lufttemperatur und Luftfeuchte, zur Windgeschwindigkeit sowie zu kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombinieren. Wärmehaushaltsmodelle berechnen den Wärmeaustausch einer „Norm-Person“ mit seiner Umgebung und können so die Wärmebelastung eines Menschen abschätzen¹. Beispiele für solche Kenngrößen sind die PET (Physiologisch Äquivalente Temperatur), der PMV-Wert (Predicted Mean Vote) und der UTCI (Universal Thermal Climate Index).

In der vorliegenden Arbeit wird zur Bewertung der Tagsituation der humanbioklimatische Index PET um 14:00 Uhr MEZ an einem wolkenlosen Sommertag herangezogen (vgl. HÖPPE und MAYER 1987). Gegenüber vergleichbaren Indizes hat dieser den Vorteil, aufgrund der °C-Einheit auch von Nichtfachleuten besser nachvollzogen werden zu können. Darüber hinaus handelt es sich bei der PET um eine Größe, die sich in der Fachwelt zu einer Art „Quasi-Standard“ entwickelt hat, sodass sich die Ergebnisse mit denen anderer Städte in Deutschland vergleichen lassen. Wie die übrigen humanbiometeorologischen Indizes bezieht sich die PET auf

¹ Energiebilanzmodelle für den menschlichen Wärmehaushalt bezogen auf das Temperaturempfinden einer Durchschnittsperson („Klima-Michel“ mit folgenden Annahmen: 1,75 m, 75 kg, 1,9 m² Körperoberfläche, männlich, etwa 35 Jahre; vgl. JENDRITZKY et al. 1990).

außenklimatische Bedingungen und zeigt eine starke Abhängigkeit von der Strahlungstemperatur (KUTTLER 1999). Mit Blick auf die Wärmebelastung ist sie damit vor allem für die Bewertung des Aufenthalts im Freien am Tage sinnvoll einsetzbar und kann als die gefühlte Temperatur angesehen werden.

Für die PET existiert in der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9 eine absolute Bewertungsskala, die das thermische Empfinden und die physiologischen Belastungsstufen quantifizieren (z.B. Starke Wärmebelastung ab PET 35 °C; Tab. 3.1; VDI 2004).

PET	Thermisches Empfinden	Physiologische Belastungsstufe
4 °C	Sehr kalt	Extreme Kältebelastung
8 °C	Kalt	Starke Kältebelastung
13 °C	Kühl	Mäßige Kältebelastung
18 °C	Leicht kühl	Schwäche Kältebelastung
20 °C	Behaglich	Keine Wärmebelastung
23 °C	Leicht warm	Schwache Wärmebelastung
29 °C	Warm	Mäßige Wärmebelastung
35 °C	Heiß	Starke Wärmebelastung
41 °C	Sehr heiß	Extreme Wärmebelastung

Tab. 3.1: Zuordnung von Schwellenwerten für den Bewertungsindex PET während der Tagesstunden (nach VDI-RL 3787)

Ist-Situation

Zum Zeitpunkt 14 Uhr zeigt sich, dass die auftretende Wärmebelastung am Tage besonders stark durch die Verschattung beeinflusst wird (**Abb. 3.6**). Vor allem Grünflächen mit einem dichten Baumbestand führen zu einer flächendeckenden Verschattung, sodass die PET minimal bei 24,8 °C liegt, während am Rand der Verschattung die PET bei etwa 30 °C liegt (entspricht einer schwachen bis mäßigen Wärmebelastung). Darüber hinaus ergibt sich ein Schatten durch Gebäude. Entlang der Andreasstraße beispielsweise ergibt sich hierdurch ein Bereich mit PET-Werten zwischen 32 und 35 °C (entspricht einer mäßigen Wärmebelastung). Im Gegensatz dazu ergibt sich über sonnenbeschienenen Flächen verhältnismäßig hohe PET-Werte. Über den unverschatteten Grünflächen bilden sich etwa PET-Werte von 39-43 °C (entspricht einer starken bis extremen Wärmebelastung) aus. Eine ähnliche Wertespanne kann sich auch über unverschatteten, versiegelten Flächen ergeben, wobei insbesondere über großen, zusammenhängenden, versiegelten Flächen (z.B. großen Straßenkreuzungen) und an besonnten Hausfassaden auch PET-Werte von mehr als 43 °C auftreten können. Besonders stark ist die Wärmebelastung in unverschatteten, versiegelten Innenhöfen. Im Innenhof östlich des Plangebiets werden zum Beispiel PET-Werte von bis zu 45 °C erreicht.

Das Plangebiet selbst ist teilweise durch Bäume verschattet, teilweise aber auch unverschattet und versiegelt. Entsprechend reichen die hier auftretenden PET-Werte von 26 bis 40 °C.

Plan-Situation

Die Veränderung der PET in der Plan-Situation ist eng mit der Veränderung der Verschattung verknüpft. Hierdurch ergeben sich unmittelbar südlich der geplanten Bebauung Bereiche, wo die PET um 10-14 °C zunimmt, da hier der Baumbestand reduziert wird. Gleichzeitig erfolgt unmittelbar nordöstlich der geplanten Gebäude durch den Schattenwurf eine Reduktion der PET um 3-8 °C.

Neben der unmittelbaren Beeinflussung der PET durch den Schattenwurf führen vor allem sonnenbeschienene Fassaden der geplanten Bebauung zu einer Wärmerückstrahlung, wodurch die PET auch im weiteren Umfeld um wenige Grad erhöht wird. Darüber hinaus kann die geplante Bebauung das Windfeld am Tag beeinflussen, was eine Veränderung der PET zur Folge hat. Im Umfeld des Plangebiets bedeutet dies, dass sich vor allem entlang des südlich gelegenen Fahrwegs die PET um bis zu 5 °C am südlichen Rand des Plangebiets und um mindestens 1 °C in etwa 100 m Abstand zum Plangebiet in Richtung der Andreasstraße erhöht.

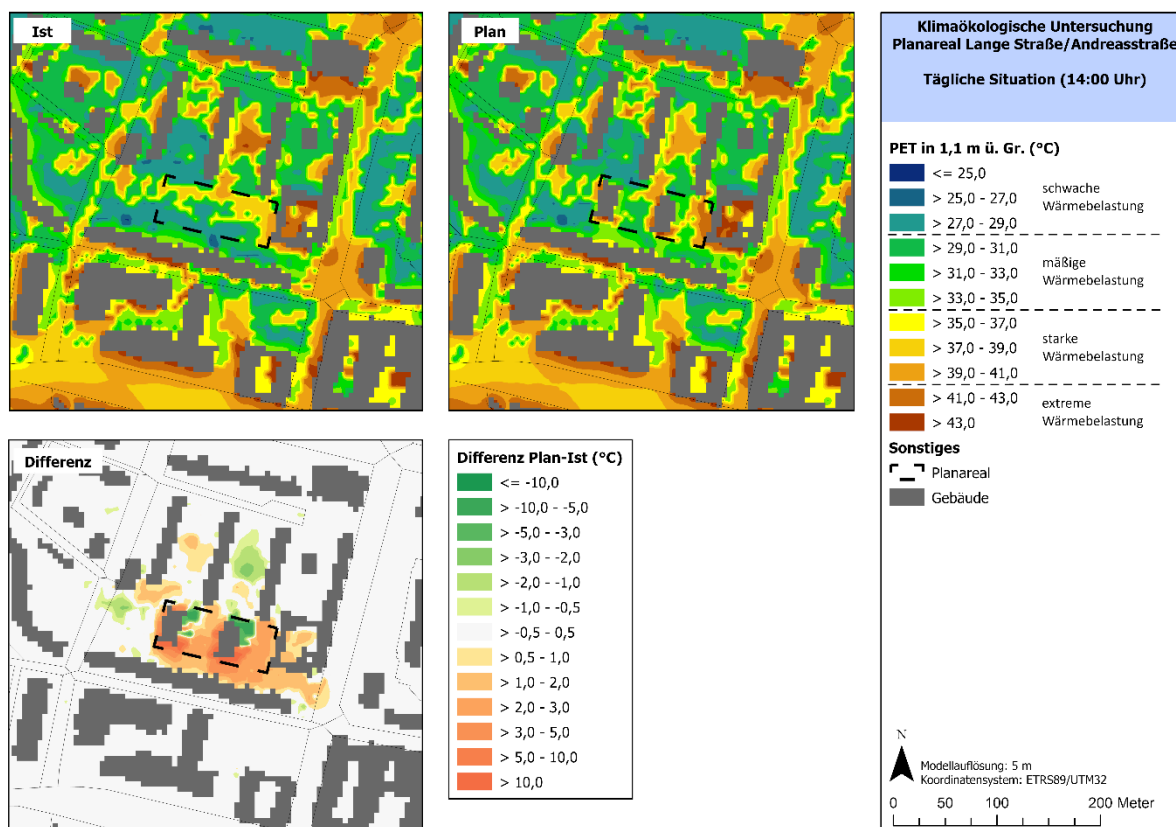


Abb. 3.6: Physiologisch äquivalente Temperatur (PET) in 1,1 m über Grund in der Ist- und der Plan-Situation, sowie deren Differenz

4 Fazit

Durch die modellgestützte Analyse wurden die vorhabenbedingten Auswirkungen auf das Bioklima anhand einer Gegenüberstellung der Ist- und der Plan-Situation für das Plangebiet Lange Straße/Andreasstraße in Berlin-Friedrichshain untersucht. Bei dem Plangebiet handelt es sich im aktuellen Zustand eine Parkplatzfläche innerhalb einer Blockfläche mit mehreren fünf- bis elfgeschossigen Gebäuderiegeln, zwischen denen sich teils Grünflächen befinden. Im aktuellen Zustand wird die Fläche teilweise durch Bäume verschattet.

Insgesamt sind die vorhabenbedingten Auswirkungen auf die Umgebung räumlich stark begrenzt. Bezogen auf den Kaltlufttransport handelt es sich bei dem Plangebiet bereits im Ist-Zustand um eine Fläche mit einer geringen Transportdynamik. Zwar ergibt sich eine Modifikation des Strömungsfelds in der Plan-Situation, die absoluten Veränderungen sind allerdings gering und beschränken sich auf das nahe Umfeld des Plangebiets (max. 100 m Abstand zum Plangebiet). Durch die zusätzlichen Fassaden der geplanten Bebauung ergeben

sich zusätzliche Flächen, an denen eine Abstrahlung von Wärme möglich ist. Entsprechend ist eine lokale Zunahme sowohl der nächtlichen Lufttemperatur als auch der PET zu erwarten. Auch in diesem Fall sind die Auswirkungen kleinräumig begrenzt.

Aus den Ergebnissen der Untersuchung des vorliegenden Planungsentwurfs lassen sich für das Plangebiet folgende Maßnahmen und Planungshinweise ableiten, die insbesondere die vorhabenbedingten Auswirkungen im unmittelbaren Umfeld des Plangebiets abmildern können:

- **Begrünung der Süd- und Westfassaden der geplanten Bebauung:** Durch die Begrünung wird die Erwärmung der Fassaden durch Verdunstung reduziert. Entsprechend ist vor allem ein positiver Effekt auf das Innenraumklima der geplanten Bebauung, aber auch auf die PET zu erwarten.
- **(Teil-)Entsiegelung von Stellplatzflächen:** Im Rahmen der Planung werden die Stellplatzflächen neu strukturiert. Anstatt einer vollständigen Versiegelung dieser Flächen sollten hier Materialien eingesetzt werden, die eine Versickerung von Niederschlag ermöglichen (z.B. Rasengittersteine). Auf teilversiegelten Flächen ist eine Verdunstung noch zum Teil gegeben, sodass sich solche Flächen weniger stark aufheizen als vollversiegelte Flächen. Hierdurch ist eine kleinräumige Verbesserung des Kaltlufthaushalts möglich.
- **Verschattung sonnenbeschienener Teilbereiche:** Das Pflanzen von großkronigen Laubbäume in den Bereichen, die in der Plansituation durch hohe PET-Werte am Tag gekennzeichnet sind, führt zu einer Abmilderung der Wärmebelastung in diesen Bereichen. Insbesondere Aufenthaltsbereiche im Freien (Bsp.: Spielplätze, Freisitze) sollten durch Schatten und Verdunstung „gekühlt“ werden. Als temporäre Zwischenlösung können dazu zunächst auch begrünte Pergolen und/oder Sonnensegel zum Einsatz kommen.
- **Schaffung von Wasserspielfläche:** Offene Wasserflächen können durch Verdunstung insbesondere am Tag die Wärmebelastung lokal vermindern und tragen zu einer Schaffung einer mikroklimatischen Vielfalt bei.

Im weiteren Umfeld des Quartiers werden zudem folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- **Erhalt der umliegenden Grünflächen:** Im Umfeld des Plangebiets befinden sich zwischen den bestehenden Wohnblöcken Grünflächen, die als lokale Entlastungsräume dienen können, da hier im Allgemeinen nur eine schwache Wärmebelastung besteht. In Anbetracht der vorhergesagten Temperaturentwicklung in Folge des Klimawandels erhöht sich deren Bedeutung als vergleichsweise kühle Aufenthaltsräume im Außenbereich. Entsprechend besteht eine Relevanz, die bestehenden Grünflächen zu erhalten bzw. sie als Aufenthaltsräume aufzuwerten, um eine mikroklimatische Vielfalt im städtischen Umfeld zu erhalten.
- **Flächenentsiegelung (Parkraum- und Mobilitätskonzept):** Im Quartiersumfeld existieren größere, zusammenhängende Stellplatzflächen. Typischerweise handelt es sich hierbei um versiegelte Flächen, die mikroklimatisch ungünstig sind, da auf versiegelten Flächen tagsüber größtenteils keine Verdunstung möglich ist, die zu einer Verminderung der Lufttemperatur beitragen könnte und die nächtliche Abkühlung über versiegelten Flächen im Vergleich zu unversiegelten Flächen geringer ist. Entsprechend würde sich eine Entsiegelung der Stellplatzflächen mikroklimatisch günstig auswirken (z.B. durch Reduzierung der notwendigen Stellplatzanzahl auf Plangebiet oder Verringerung der Stellplätze am Zufahrtsweg Lange Straße).

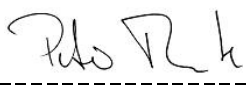
5 Literatur

- DEUTSCHE GARTENAMTSLEITERKONFERENZ (GALK) E.V. (2023): Zukunftsbäume für die Stadt – Auswahl aus der GALK-Straßenbaumliste.
- GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH (2015): GIS-GESTÜTZTE MODELLIERUNG VON STADTKLIMATISCH RELEVANTEN KENNGRÖßEN AUF GRUNDLAGE HOCHAUFGELÖSTER GEBÄUDE- UND VEGETATIONS DATEN; EFRE-PROJEKT 027 STADTKLIMA BERLIN.
- HÖPPE, P. & H. MAYER (1987): Planungsrelevante Bewertung der thermischen Komponente des Stadtklimas. *Landschaft und Stadt* 19 (1), S. 22-29.
- JENDRITZKY, G. ET AL. (1990): Methodik zur raumbezogenen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen (Fortgeschriebenenes KlimaMichel-Modell). *Beitr. Akad. Raumforsch. Landesplan.* Nr. 114.
- KUTTLER, W. (1999): Human-biometeorologische Bewertung stadtklimatologischer Erkenntnisse für die Planungspraxis. In: *Wiss. Mitt. aus dem Institut für Meteorologie der Universität Leipzig und dem Institut für Troposphärenforschung e.V. Leipzig.* Band 13.
- MOSIMANN, TH., P. TRUTE & TH. FREY (1999): Schutzgut Klima/Luft in der Landschaftsplanung. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen. Heft 4/99, S. 202-275.
- UBA (2016): Heizen, Raumtemperatur, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltbewusstleben/heizen-raumtemperatur (11.01.2020).
- VDI (2003): Richtlinie VDI 3787 Blatt 5 Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI (2004): VDI-Richtlinie 3787 Blatt 9. Umweltmeteorologie. Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene in räumlichen Planungen. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI (2008): VDI-Richtlinie 3785 Blatt 1. Umweltmeteorologie. Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima.

GEO-NET Umweltconsulting GmbH
Hannover, den 18. September 2024

Erstellt von: 

Dr. Lars Gerling (M. Sc. Geoökologie)

Gepüft von: 

Peter Trute (Diplom-Geograph)

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