

Thema Klima - Hintergrund

Die zunehmende Temperaturverschiebung und insbesondere die Zunahme der Sommertage ($\geq 25^{\circ}\text{C}$) sowie Tropennächte ($\geq 20^{\circ}\text{C}$) rücken immer stärker in den Fokus der Stadtplanung. Insbesondere durch die Akkumulation der Wärme innerhalb des urbanen Umfelds kann es bereits in mittelgroßen Städten zur Ausprägung von städtischen Wärmeinseln kommen. Diese führen wiederum zur verstärkten thermischen Beeinflussung von Baustrukturen (und Infrastruktur) sowie zu der bioklimatischen Belastung für Menschen, Tiere und Pflanzen. In Anbetracht der weiter voranschreitenden Klimaveränderung ist es daher eine wichtige Aufgabe der Kommunen, klimatische Aspekte bei der Stadtentwicklung systematisch zu berücksichtigen. Belastungen müssen durch eine vorausschauende Stadtplanung und die Umsetzungen von individuellen Klimaanpassungsmaßnahmen gezielt für das Umfeld abgebaut werden, während positive Effekte gefördert und erhalten werden müssen.

Die angewandte Stadtklimatologie befasst sich seit geraumer Zeit mit Analysemethoden, die eine direkte Grundlage und einen Zugang für eine Vielzahl planerischer Fragestellungen bieten. Prinzipiell werden beim Stadtklima zwei Aspekte betrachtet, die Thermischen und die Dynamischen. Der Arbeitskreis der Umweltmeteorologen der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft (2018)¹ definiert das Stadtklima wie folgt:

„...Ein ideales Stadtklima zeichnet sich durch eine möglichst große Inhomogenität mit einer charakteristischen Weglänge von 150 m und einem thermisch und lufthygienisch belastungsfreien Raum aus. Es soll die planerischen Absichten im Außenraum unterstützen...“

Demzufolge bietet ein heterogenes Mikroklima mehr Freiraum für die individuelle Anpassung von Menschen, Tieren und Pflanzen an ihre städtische Umwelt, woraus sich die Notwendigkeit ergibt, stadtklimatische Belange mit planerischen Zielen in Einklang zu bringen.

Im stadtplanerischen Kontext wird zwischen mehreren Planungsebenen unterschieden. In Abhängigkeit der gewählten Planungsebene finden sich wiederum unterschiedliche klimatische Einordnungen (= klimatische Planungsebenen) (siehe Abbildung), die es zu beachten gilt. So bewegt sich ein Flächennutzungsplan im mesoklimatischen Bereich, wohingegen Einzelgebäude oder Gebäudegruppen sich auf der Ebene des Mikroklimas wiederfinden. Bebauungspläne liegen, je nach Flächenumgriff, zwischen diesen beiden Ebenen und werden dem Lokalklima zugeordnet.

Trotz der direkten und indirekten Wechselbeziehungen der einzelnen stadtklimatischen Ebenen muss dennoch eine strikte fachliche Trennung erfolgen. So kann z.B. eine gesamtstädtische mesoklimatische Analyse nicht auf einen Objektplan zoomt und angewendet werden. Dies ergibt sich zum einen aus den unterschiedlichen Auflösungen (Rastergrößen) und zum anderen aus den unterschiedlichen klimatischen Fragestellungen unter deren Aspekten die jeweiligen Klimaanalysen durchgeführt werden (siehe Abbildung 1). Ebenso kann die erforderliche Datenbasis in Abhängigkeit der klimatischen Planungsebene variieren.

Um ein Gesamtbild einer stadtklimatischen Situation darstellen zu können, ist eine mesoskalige Analyse notwendig. Die Ergebnisse der Analyse werden als Klimafunktionskarte

¹ Deutsche Meteorologische Gesellschaft e.V., Online-Quelle URL: www.dmg-ev.de/publikationen/stellungnahmen

dargestellt und geben Aufschluss über die Verteilung verschiedener Klimatope (Flächen, die sich durch bestimmte klimatische Eigenschaften charakterisieren lassen) sowie über den Einfluss der regionalen Belüftungssituation, auch können für die Stadtentwicklung wichtige Empfehlungen erarbeitet werden. Sollten sich hierbei bereits einzelne „Hotspots“ herauskristallisieren, so können diese nachfolgend, unter Zuhilfenahme mikroklimatischer, numerischer Simulationen, genauer untersucht werden, um detaillierte Maßnahmen zu erarbeiten.

Stadtklimatische Bewertungen, die den Außenraum und somit den direkten Lebens- und Aufenthaltsraum der Menschen betreffen, finden im Maßstab der Mikroklimata (< 1:1000) statt. Die Gestaltung der Umwelt hat direkten Einfluss auf die thermische Situation in diesem Bereich und beeinflusst dadurch auch indirekt das Wohlbefinden der Bewohner. In diesem Maßstab, in dem kleinräumige nachbarschaftliche Einflüsse eine größere Rolle spielen, zeigt sich, ob ein schattenspendender Baum am richtigen Ort gepflanzt wurde oder ob er durch die Baumkrone möglicherweise ein Belüftungshindernis darstellt. Auf den Menschen wirken permanent eine Vielzahl von unterschiedlichen Umwelteinflüssen ein, mit denen sich der Organismus auseinandersetzen muss. Um nun das subjektive Behaglichkeitsempfinden eines Individuums erfassen zu können, müssen alle relevanten Einflüsse, die wiederum in einem komplexen Zusammenspiel miteinander stehen, berücksichtigt werden (Frank 1975)². Durch die Komplexität und Dynamik der mikroskaligen Energieflüsse ist eine gesamtstädtische Darstellung (Simulation) des vorherrschenden Mikroklimas mit einer Auflösung von 1 m aus technischer Sicht heute noch nicht möglich

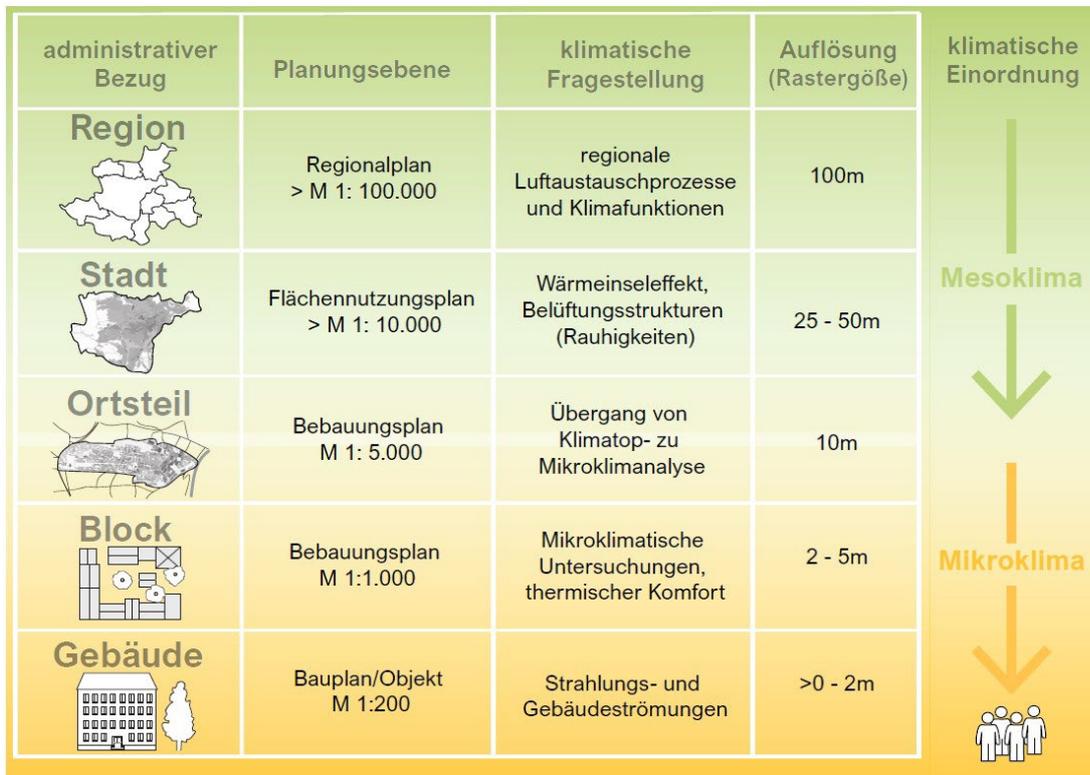


Abbildung 1: Unterschiedliche Planungsebenen mit den korrespondierenden Auflösungen und klimatischen Fragestellungen

² Frank W. (1975): Raumklima und thermische Behaglichkeit: Literaturlauswertung, In: Berichte aus der Bauforschung, Bd. 104, Berlin

Glossar

BEGRIFF	BEDEUTUNG
Absorption	wellenlängenabhängige Wechselwirkung zwischen Strahlung und Molekülen, bei welcher Strahlungsenergie in Wärmeenergie überführt wird. Die Absorption von Sonnenstrahlung an der Erdoberfläche ist Ursache für die unterste Heizzschicht der Atmosphäre als Energiequelle für alle atmosphärischen Bewegungsvorgänge.
Aerosole	Aerosole sind (meteorologisch gesehen) Bestandteile von Beimengungen der Atmosphäre. Sie beteiligen sich wesentlich am luftchemischen Wirkungskomplex und spielen bei Strahlungsprozessen (Absorption, Streuung, Extinktion) eine wichtige Rolle.
Albedo	Rückstrahlvermögen diffus reflektierender (aber nicht spiegelnder) Oberflächen, angegeben als Verhältnis von reflektierter zu einfallender kurzwelliger Strahlung. Eine Oberfläche mit einer Albedo von 0,3 z.B. reflektiert 30 % der einfallenden Strahlung und absorbiert 70 %. Je heller die Oberfläche, desto größer ist ihre Albedo.
Allochthone Witterung	"fremdbürtige", durch großräumige Luftströmungen bestimmte Witterung, die durch mehr oder weniger unperiodische Änderungen der Wetterelemente (kein ausgeprägter Tagesgang) gekennzeichnet ist.
Autochthone Witterung	"eigenbürtige", durch lokale und regionale Einflüsse bestimmte Witterung, die durch ausgeprägte Tagesgänge der Lufttemperatur, der Luftfeuchte und der Strahlung gekennzeichnet ist.
Bergwind	weht abends, nachts und in der Frühe. Nachts kühlt sich die Luft in den Höhenlagen stärker ab als über der Ebene. Die vergleichsweise schwere Kaltluft fließt die Berghänge hinunter und weht zum Teil sehr kräftig durch die Täler hindurch.
Bioklima	Gesamtheit aller atmosphärischen Einflussgrößen auf den menschlichen Organismus. Entsprechend ihrer Ausprägung und Wirkung werden sie als belastend, schonend oder als Reiz empfunden.
Emission*	die Abstrahlung oder Aussendung elektromagnetischer Wellen oder Teilchen als Strahlung, ebenso wie der Ausstoß fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe in die Außenluft sowie in Wasser oder andere Umweltbereiche
Flurwind*	eine thermisch bedingte kleinräumige Ausgleichsströmung zwischen einer Stadt und ihrer Umgebung
Globale Durchschnittstemperatur	die über die gesamte Erdoberfläche (Land/Wasser) gemittelte Temperatur in einem bestimmten Zeitraum.
Globalstrahlung	die gesamte am Erdboden ankommende Sonnenstrahlung, also die Summe aus direkter Strahlung und (diffuser) Himmelsstrahlung
Hangwind*	Wind, der unter dem Einfluss der Tageserwärmung an Berghängen entsteht und tagsüber bergaufwärts (Hangaufwind), nachts bergabwärts (Hangabwind) weht. Hangwinde sind in der Regel bei einer ruhigen Strahlungswetterlage besonders gut ausgebildet.
Heißer Tag	ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur ≥ 30 °C beträgt (früher auch Tropentag).
Hitzewelle	eine mehrtägige Periode mit ungewöhnlich hoher thermischer Belastung. Eine Hitzewelle ist ein Extremereignis, welches die menschliche Gesundheit, die Ökosysteme und die Infrastruktur schädigen kann.
Immission*	Einwirkung von unmittelbar oder mittelbar durch menschliche Tätigkeit verursachte Emissionen auf die Umwelt. Zu den Immissionen gehören vorwiegend Luftverunreinigungen, Geräusche, Gerüche, Erschütterungen, Licht, Strahlen und Wärme.
Klimafaktoren	(auch klimatologische Wirkungsfaktoren) sind Faktoren, welche die Klimaelemente (Temperatur, Luftfeuchte usw.) und damit das Klima eines Ortes beeinflussen.

Kaltluftabfluss	der nächtliche Abfluss von örtlich gebildeter Kaltluft, dabei wird genügend Gefälle vorausgesetzt - trifft insbesondere an unbewaldeten und unbebauten Hängen auf.
Kaltluftfluss	die in windschwachen, klaren Nächten hangabwärts strömende kalte Luft. Sie sammelt sich am Erdboden und ist dann schwerer als die wärmere Luft der Umgebung. Die Fließgeschwindigkeit der Kaltluft hängt von der Hangneigung, der Bodenrauigkeit und der Größe des Kaltlufteinzugsgebietes, das heißt, von der Größe des Gebietes, in dem Kaltluft produziert wird ab.
Kaltluftstau	die abriegelnde Wirkung eines Hindernisses auf einen Kaltluftfluss. Die Kaltluft kann sich sowohl vor orografischen Hindernissen (z.B. Hügelrücken) als auch vor künstlichen Hindernissen (z.B. Bauwerke, Dämme) stauen.
Klimamodell*	mathematisches Gleichungssystem welches das Klima bzw. dessen Änderungen simuliert. Als Variablen dienen physikalische und chemische Beziehungen.
Klimaprojektion	Analyse der Auswirkungen der menschlichen Aktivitäten auf das Klima der Erde unter Nutzung von Klimamodellen. Sind in der Lage alle wesentlichen Prozesse der Atmosphäre, Biosphäre, Hydrosphäre und Kryosphäre des Planeten, zu beschreiben. Mit ihnen können die beobachteten Änderungen des Klimas in der Erdgeschichte analysiert und nachvollzogen werden.
Kontinentalklima	Klima, welches charakteristisch für das Innere größerer Festlandsmassen ist. Im Allgemeinen ist das Kontinentalklima durch große jährliche und tägliche Schwankungsbereiche der Temperatur, eine geringe relative Feuchte sowie mäßigen oder geringen, unregelmäßig fallenden Niederschlag geprägt.
Lokalklima	Klima an einem konkreten Ort. Es ist eingebettet in das Regionalklima und wird zusätzlich durch Relief und Flächennutzung in der näheren Umgebung des Ortes bestimmt.
Makroklima	Klima, welches von großskaligen Prozessen geprägt ist
Mesoklima	Bereich, der zwischen dem Mikroklima und dem Makroklima liegt. Während das Makroklima hauptsächlich von großskaligen und das Mikroklima vor allem von kleinskaligen, lokalen Prozessen beeinflusst ist, ist es im Mesoklima eine Mischung von beiden. Damit umfassen die Skalen der mesoskaligen Phänomene etwa eine horizontale Ausdehnung von ca. 1 bis 2000 km und eine typische Lebensdauer von einer Stunde bis hin zu einer Woche. Geländeform, Hangneigung und Beschaffung der Erdoberfläche sind dabei wichtige Parameter.
Mikroklima	mittlere atmosphärische Zustände und wiederkehrende Phänomene im mikrometeorologischen Maßstabsbereich. Nach Orlanski (1975) werden atmosphärische Prozesse mit einer horizontalen Ausdehnung von wenigen Millimetern bis einigen hundert Metern der Mikroskala zugeordnet. Mit Mikroklima ist damit das spezielle Klima eines Areals gemeint, das sich in den bodennahen Luftschichten ausbildet und stark von den vorhandenen Oberflächen (Untergrund, Bewuchs, Bebauung), z.B. deren Rauigkeit und thermischen Eigenschaften, beeinflusst ist.
Regionalklima	eng verwandt mit der Begrifflichkeit Mesoklima. Dabei sind Phänomene mit sehr ähnlichen Raum- und Zeitskalen gemeint, die durch sowohl groß- als auch kleinskalige Prozesse beeinflusst werden, aber auch von regionalen Gegebenheiten wie der Geländeform und der Landnutzung abhängen. Beim Regionalklima, im Gegensatz zum Mesoklima, wird deutlicher der Bezug zu natur- oder kulturräumlichen Klimabesonderheiten hergestellt.
Resilienz**	Die Leistungsfähigkeit eines Systems Störungen zu absorbieren, und sich in Phasen der Veränderung so neu zu organisieren, dass wesentliche Strukturen und Funktionen erhalten bleiben.
Retention**	Rückhaltevermögen von unterschiedlichen Oberflächen für flüssiges Wasser.
Sommertag	ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur ≥ 25 °C beträgt

Städtische Wärmeinsel* ^L	ein typisches Merkmal des Stadtklimas welches durch die Wechselwirkung mehrerer unterschiedlicher Effekte hervorgerufen wird. Durch die starke Aufwärmung tagsüber und die eingeschränkte Abkühlung nachts werden die Städte im Vergleich zum Umland deutlich wärmer.
Strahlungswetterlage*	eine Form des Hochdruckwetters mit geringer Bewölkung und höchstens mäßigen Winden
Synoptik	ein Teilgebiet der Meteorologie, das in einer großräumigen Zusammenschau die Wetterzustände in ihrer räumlichen Verteilung und zeitlichen Änderung für einen gegebenen Zeitpunkt untersucht (Analyse oder Wetterlage).
Tropennacht	eine Nacht (18 bis 06 UTC), in der das Minimum der Lufttemperatur ≥ 20 °C beträgt
Überwärmungsakkumulationseffekt* ^L	während längeren Hitzeperioden kann die nächtliche Abkühlung die erhöhte tägliche Wärmeaufnahme von Atmosphäre und Gebäuden nicht mehr kompensieren, d.h. auch die Minima der nächtlichen Temperaturen steigen an
Vulnerabilität**	der IPCC definiert Vulnerabilität als das Maß, zu dem eine Person, Region oder ein System gegenüber nachteiligen Auswirkungen von Klimaänderungen anfällig ist und nicht damit umgehen kann. Dabei wird die Vulnerabilität bzw. Verwundbarkeit als eine Funktion von Exposition, Sensitivität und Anpassungsfähigkeit verstanden.
Windstärke	anhand der Auswirkungen des Windes auf die Wasseroberfläche oder auf Objekte an Land geschätzter Stärkewert. In der international vereinbarten 13-teiligen Beaufort-Skala (0 = Windstille bis 12 = Orkan) sind jedem Stärkewert Windgeschwindigkeitsbereiche zugeordnet.

Sofern nicht anders gekennzeichnet gilt als primäre Quelle das Wetterlexikon des Deutschen Wetterdienst (DWD) (www.dwd.de/lexikon oder www.wetterlexikon.eu).

* Wetter-Lexikon von wetter.net - Q.met GmbH
 (<https://www.wetter.net/wetterlexikon>)

** Lexikon der Nachhaltigkeit der Industrie- und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken (<https://www.nachhaltigkeit.info>)

*** Duden - Bibliographisches Institut GmbH (<https://www.duden.de>)

*^L Environmental Sciences Europe – Kuttler 2011 (<http://www.enveurope.com>)

*^S Spektrum – Lexikon der Geowissenschaften
 (www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften)

Fachlicher Hintergrund

Für die Darstellung der städtischen Durchgrünung wird die gesamte Vegetation des Untersuchungsgebiets erfasst. Die Vegetationsstrukturen werden auf Grundlage aktueller (2021) digitaler Orthophotos / Luftbilddaufnahmen mit integriertem Nahinfrarotkanal bei einer räumlichen Auflösung von 20 cm identifiziert und digital extrahiert.

Die hierbei angewendete Methodik macht sich dabei die Reflexionseigenschaften des grünen Blattfarbstoffs „Chlorophyll“ zu Nutzen. Im Gegensatz zu beispielsweise Wasser oder Boden reflektieren „vitale“ Grünstrukturen den Nahinfrarotbereich sehr stark. Die Reflexion rührt dabei von dem Molekülkomplex des Chlorophylls her und ist nicht an das Farbbild „Grün“ gebunden. Im Gegensatz zu einem vitalen Gründach mit ausreichend Pflanzenbestand reflektiert ein grün gestrichenes Dach im Nahinfrarotbereich nicht und wird damit auch nicht als „Vegetation“ detektiert.

Der Vorteil dieser Auswertungsmethode ist, dass neben öffentlichen Grünflächen auch privates Grün erfasst wird, welches i.d.R. einen großen Anteil des städtischen Gesamtgrüns bildet.

Wichtig bei der beschriebenen NDVI¹-Auswertung ist, dass die verwendeten Luftbilder aus einer Befliegung bei vollem Laubaustrieb stammen.

In Ergänzung zu dieser NDVI-Auswertung werden außerdem nativ vegetationsdominierte Landnutzungsklassen (z.B. Wald, Gehölz, Acker) aus dem Basis-DLM herangezogen.

Bereiche außerhalb des städtischen Siedlungsraums werden standardisiert mit 100 % Vegetationsabdeckung dargestellt, da es sich hier i.d.R. um Wald bzw. Offenland handelt.

Erläuterung zur Themenkarte

Da der Vegetationsanteil prozentual auf Flurstücksebene berechnet wird und direkt mit der Art der Flächennutzung und der Bau- und Raumgestaltung zusammenhängt, ergibt sich ein äußerst heterogenes Gesamtbild des Untersuchungsraums.

Die Wohnbebauung im Siedlungsrandgebiet weist aufgrund ihrer lockeren Bauweise und der zugehörigen privaten Gärten überwiegend eine hohe Flächendurchgrünungsrate (oft > 50%) auf.

In dichten bebauten Siedlungsgebieten wie bspw. dem Kernbereich von „Stierstadt“ ist die Flächendurchgrünungsrate besonders niedrig. Gleiches trifft auf den Innenstadtbereich („Altstadt“) Oberursels zu. Mit zunehmender Zentrumsnähe fällt die Bebauung dichter aus, was typischerweise mit einem abnehmenden Flächendurchgrünungsanteil von ca. 0% – 10% einhergeht.

Insbesondere die großflächig bebauten Industrie-/Gewerbeflächen bspw. „An den drei Hasen“ nördlich von „Bommersheim“ oder das Gewerbegebiet „Oberstedten“ weisen nur ein geringes Maß an Durchgrünung (0% – 10%) auf.

Auch zentrale Verkehrsachsen wie die „Hohemarkstraße“ oder die „Lahnstraße“ zeigen teilweise einen sehr heterogenen und niedrigen Durchgrünungsanteil (maximal bis 20%).

¹ NDVI = Normalized Difference Vegetation Index

Im Nordwesten des Altstadtbereiches ist westlich des Parkplatzes „Bleiche“ gut zu erkennen, dass die Vitalität der Vegetation bei dieser Analyse mitbeachtet wird. Der Bereich ist zwar baumbestanden und größtenteils mit Rasenflächen besetzt, trotzdem liegt die Durchgrünungsrate nur bei 41% - 50%. Das liegt primär daran, dass kurz geschnittener Rasen keine Eigenverschattung aufweist und im Sommer der Boden so schneller austrocknet, was wiederum zum Verbrennen des Rasens und zum Verlust der Vitalität führt.

Der Detailraum umfasst die „Altstadt“ und ihre unmittelbare Umgebung. Das obere Bild zeigt das Luftbild mit dem zugeschalteten Nahinfrarotkanal. Vitale Vegetation erscheint in diesem Fall leuchtend rot. Je schwächer das Rot wird, desto niedriger ist die Vitalität der Vegetation.

Das untere Bild zeigt die „Übersetzung“ des Durchgrünungsanteils auf die Flurstücksebene mit Zusatzinformationen aus dem städtischen Baumkataster.

Räumlich umfasst der Ausschnitt die Straßen der Altstadt von der „Füllerstraße“ im Süden über die „Obergasse“ im Westen bis hin zur „Neutorallee“ im Norden und der Straße „Vorstadt“ im Osten.

Die Altstadt ist durch eine hohe Bebauungsdichte und einen überwiegend geringen Vegetationsbestand gekennzeichnet. Auf den Grundstücken entlang der „Oberen Hainstraße“ und der „Ackergasse“ ist das Vegetationsdefizit besonders stark ausgeprägt (0 – 10% bis 11 – 20%). Im südlichen Altstadtbereich fällt die Durchgrünungsrate ebenfalls niedrig aus (21 – 30% bis 31 – 40%), jedoch ist die Bebauungsdichte hier geringer und somit auch die Vegetationsrate durch privates Grün höher. Der innerstädtische Baumbestand fällt insbesondere im Vergleich zu seinem weiteren Umfeld gering aus und kennzeichnet sich durch überwiegend kleinkronige Bäume, die im Sommer für eine geringere Verschattung des Freiraums sorgen.

Fachlicher Hintergrund

Ziel der Erstellung einer Klimafunktionskarte (KFK) ist es, Flächen und deren Verbindungen miteinander hinsichtlich ihrer Klimafunktionen zu bewerten und daraus planungsrelevante Empfehlungen für die Stadt- und Landschaftsplanung abzuleiten. Hierfür werden vier klimatische Aspekte unter Einbeziehung ihres Ursprungs und ihrer Abhängigkeiten zugrunde gelegt.

KLIMATISCHER ASPEKT	URSPRUNG UND ABHÄNGIGKEIT
Wärmebelastung	<ul style="list-style-type: none"> • solare Einstrahlung • umgebendes Gebäudevolumen • vorhandene Vegetation
Übergeordnetes Strömungsfeld (Luftleitbahnen)	<p>Für die Durchlüftung der Stadt sorgen häufig großräumige (synoptische) Winde. Die Winde in der Stadt hängen dabei von:</p> <ul style="list-style-type: none"> • der Anströmrichtung, • der baulichen und • der topographischen Struktur der Stadt ab. <p>Für die Durchlüftung der Stadt sind daher Luftleitbahnen (zusammenhängende, windoffene Flächen mit geringer Oberflächenrauigkeit) von entscheidender Bedeutung.</p>
Autochthones Windfeld (Flurwind)	<p>Als Ergänzung zu den großräumigen Winden bilden sich, vornehmlich während aus-tauscharmer Wetterlagen, auch lokale (autochthone, also eigenbürtige) Strömungen aus.</p> <p>Häufig werden diese durch lokale Temperaturdifferenzen angetrieben. Ihnen kommt in der stadtklimatischen Bewertung eine besondere Bedeutung zu, da sie an (windstillen) Hitzetagen / Tropennächten die einzigen, vornehmlich kühlenden Windströmungen darstellen.</p>
Nächtliche Kaltluftproduktion	<p>Beim Ausbleiben des externen Strahlungsantriebes der Sonne (nach Sonnenuntergang) findet die Aus- bzw. Abkühlung aller Flächen und Objekte auf der Erdoberfläche statt. Dabei kühlen insbesondere Acker- und Wiesenflächen besonders schnell und stark ab, wodurch die Temperatur der bodennahen Luftschichten sinkt, und so Kaltluft entsteht.</p>

Die Klimafunktionskarte stellt eine in Klimatope¹ unterteilte Ansicht des Untersuchungs- und Stadtraums dar.

Standardmäßig werden hierbei insgesamt sechs unterschiedliche Klimatope definiert, von denen drei typischerweise den unbebauten Raum charakterisieren und die übrigen drei im Bezug zum bebauten Siedlungsraum stehen.

Alle sechs Klimatope können folgenden Klimateigenschaften zugeordnet werden, die vom VDI² definiert wurden.

KLIMATOPE	VDI-KLIMAEIGENSCHAFT
Primäre Kaltluftentstehungsgebiete	Freilandklima Hoch aktive, vor allem kaltluftproduzierende Flächen im Außenbereich Größtenteils mit geringer Rauigkeit und entsprechender Hangneigung
Primäre Frischluftentstehungsgebiete	Waldklima Ohne Emissionsquellen Dichter Baumbestand und hohe Filterwirkung
Misch- und Übergangsklimate	Klima innerstädtischer Grünflächen Hoher Vegetationsanteil Geringe diskontinuierliche Emissionen Pufferbereiche zwischen Klimatopen
Geringes Überwärmungspotential	Vorstadtklima Baulich geprägt mit Versiegelung Viel Vegetation in den Freiräumen Ausreichende Belüftung
Moderate Überwärmung	Stadtklima Dichte Bebauung mit hoher Versiegelung Wenig Vegetation in den Freiräumen Belüftungsdefizite
Starke Überwärmung	Innenstadtklima Stark verdichtete Innenstadtbereiche Industrie- und Gewerbeflächen mit wenig Vegetation Fehlende Belüftung

¹ Fläche mit einheitlichen geländeklimatischen Eigenschaften

² Verein Deutscher Ingenieure e.V.

Erläuterung zur Klimafunktionskarte (KFK)

Die auf den gesammelten Inhalten der Themenkarten aufbauende Klimafunktionskarte unterteilt den Untersuchungsraum gemäß seiner unterschiedlichen klimatischen Funktionen in verschiedene Klimatope. Deren flächige Färbung wird durch die pfeilhafte Darstellung des bodennahen nächtlichen Strömungsfeldes ergänzt. Entsprechend seiner Intensität variieren die Pfeile in ihrer Farbe (blau = ab 0,1m/s | dunkelrot = 1,5m/s), während die Strömungsrichtung des bodennahen nächtlichen Strömungsfeldes durch die Ausrichtung und Anordnung der Pfeile verdeutlicht wird. Die Klimafunktionskarte stellt hierbei die Werte einer fiktiven Nachtsituation um 04:00 Uhr dar. Das bodennahe nächtliche Windfeld kann sich nur bei austauscharmen Wetterlagen, ohne vorherrschende regionale Anströmung, einstellen, da es sonst „verblasen“ wird. Im Zuge des voranschreitenden Klimawandels werden diese austauscharmen Wetterlagen, besonders in den Sommermonaten, vermehrt auftreten.

Gemäß der Ausrichtung des bodennahen nächtlichen Strömungsfeldes werden die Luftmassen im angegebenen Zeitraum mit einer niedrigen bis mittleren Geschwindigkeit primär von Richtung Westen nach Südosten transportiert. Zu diesem Zeitpunkt wird auch der Siedlungsraum überströmt, wobei die lokale Strömungsrichtung innerhalb des bebauten Raums von der des Außenraums abweichen kann.

Die insgesamt sechs Klimatope gehören zwei unterschiedlichen Kategorien an:

Die Klimatope „Primäre Kaltluftentstehung“, „Primäre Frischluftentstehung“ und „Misch- und Übergangsklimate“ beschreiben vorrangig unbebaute Flächen, während die Klimatope „Geringe Überwärmung“, „Moderate Überwärmung“ und „Starke Überwärmung“ im Kontext des bebauten Siedlungsraum Anwendung finden.

Der Außenbereich Oberursels wird entsprechend seiner Flächennutzung in die Klimatope „Primäre Kaltluftentstehung“ und „Primäre Frischluftentstehung“ unterteilt. Während die bewaldeten Flächen des westlichen Untersuchungsraums aufgrund der Abwesenheit von Emissionsquellen und ihrer hohen (Luftschadstoff-)Filterwirkung primär für die Produktion von Frischluft zuständig sind, wird der östliche, südliche und nördliche Bereich des Untersuchungsraums durch seine agrarökonomisch geprägten Flächen in großen Teilen dem Klimatop „Primäre Kaltluftentstehung“ zugeteilt. Durch dieses werden niedrig bewachsene Flächen mit einer nur geringen Oberflächenrauigkeit charakterisiert (z.B. Grünland, Brachen, landwirtschaftliche Flächen), die meist hoch aktiv Kaltluft produzieren.

Hierbei ist es wichtig den Unterschied zwischen Frisch- und Kaltluft hervorzuheben. Während Frischluft durch Vegetation (Photosynthese) ausschließlich am Tag produziert wird, kann Kaltluft nur während der Nacht auf vegetationslosen oder mit niedriger Vegetation bestandenen Flächen, generiert werden. Kaltluft beschreibt ausschließlich einen Temperaturzustand von Luftmassen und nimmt keinen Bezug auf lufthygienische Aspekte wie bspw. die Frischluft.

Entsprechend ihrer klimatischen Funktion als Pufferzonen zählen die Siedlungsrandgebiete sowie die Freiflächen innerhalb des Siedlungsraums zum Klimatop „Misch- und Übergangsklimate“. Hierbei handelt es sich um vegetationsgeprägte Gebiete ausreichender Größe, um ein lokales klimatisches Ausgleichspotential zu generieren. Da diese Flächen insbesondere in Nachbarschaft zu klimatisch belasteten Gebieten eine hohe klimaökologische Wertigkeit als

Ausgleichsflächen besitzen, dort Evapotranspirationsprozesse³ stattfinden sowie die lokale Belüftung gefördert wird, nehmen sie im gesamtstädtischen Kontext wichtige klimatisch regulierende Funktionen ein.

Nahe an diesen Flächen gelegene Stadträume sind regulär in nur geringem Maße überwärmt. Das Klimatop „Geringe Überwärmung“ beschreibt baulich geprägte Gebiete mit versiegelten Flächen, die dennoch durch einen hohen Vegetationsanteil gekennzeichnet sind und daher ein moderates nächtliches Abkühlungspotential besitzen. Die Belüftung kann in diesen Räumen allerdings durch die Bebauung eingeschränkt sein. Insbesondere die Stadträume, in denen lockere Bauweisen und z.B. viele integrierte private Gärten den Großteil der Baulandschaft kennzeichnen, werden somit diesem Klimatop zugeordnet. In Oberursel trifft dies auf einen Großteil der südlichen, westlichen Bereiche und Teile des Nordens und Ostens zu.

Entlang zentraler Verkehrsachsen (z.B. „Hauptstraße“ in Oberstedten, „Burgstraße“ in Bommersheim, „Hohemarkstraße“ in Oberursel) nimmt sowohl die Bebauungsdichte als auch die klimatische Belastung zu. Das Klimatop „Moderate Überwärmung“ kennzeichnet verdichtete Gebiete mit großen Baumassen, meist versiegelten Freiräumen und einem erhöhten Überwärmungsrisiko. Zusätzlich zu ähnlichen zentral gelegenen Stadträumen schließt dieses Klimatop auch die Gewerbegebiete Oberursels ein. Zwar werden diese auch durch gering überwärmte Flächen durchzogen, aufgrund ihrer überwiegend großen Baumassen und hohen Flächenversiegelungsrate sind weite Teile dieser Gebiete einem erhöhten bis hohen Erwärmungsrisiko ausgesetzt.

Dies trifft auch auf die Innenstadt zu: Große Bereiche der Innenstadt zählen zum Klimatop „Starke Überwärmung“. Hierbei handelt es sich um stark verdichtete Gebiete mit einem starken Vegetationsdefizit und einer teils stark eingeschränkten Belüftung.

Der Detailraum zeigt die Altstadt und ihre unmittelbare Umgebung. Der Bildausschnitt umfasst die Straßen der Altstadt von der „Füllerstraße“ im Süden über die „Obergasse“ im Westen bis hin zur „Neutorallee“ im Norden und der Straße „Vorstadt“ im Osten.

In diesem Bereich treffen zwei unterschiedliche Strömungsrichtungen des bodennahen nächtlichen Strömungsfelds aufeinander. Zum einen wird die Luft aus nordwestlicher und zum anderen aus südwestlicher Richtung in den Innenstadtbereich transportiert. Dennoch ist die Innenstadt aufgrund ihrer dichten Bebauung und der nur unzureichenden Vegetationsstrukturen vollständig einem erhöhten bzw. hohen Überwärmungsrisiko ausgesetzt. Punktuell nimmt das Überwärmungsrisiko dort ab, wo sich der Raum öffnet (z.B. am „Marktplatz; Platz an „St. Ursula-Kirche“) oder an Grünflächen angrenzt. Der Freiraum im Süden und Westen ist für die Frischluftproduktion zuständig, während der östlich an die Innenstadt angrenzende Siedlungsraum bis hin zur „Berliner Straße“ in ähnlichem Maße überwärmt ist wie die Innenstadt.

³ Gesamtverdunstung von einer natürlich bewachsenen Bodenoberfläche

Fachlicher Hintergrund

Die Planhinweiskarte (PHK) transformiert die wissenschaftlichen Erkenntnisse der Klimafunktionskarte sowie weiterer Analysen, Szenarien und Studien in planungsangepasste Aussagen hinsichtlich einer städtebaulichen und zukunftsorientierten (klimaangepassten) Stadtentwicklung des Planungsraums. Durch die integrierte Berücksichtigung vieler unterschiedlicher Thematiken können so synergetische, aber auch konkurrierende Effekte - und die damit verbundenen Maßnahmenempfehlungen - in Bezug auf die kommunale Planung herausgearbeitet werden.

Über die statistische Verteilung der stadtklimatisch relevanten Einflussgrößen (Themenkarten) lassen sich Stadtteilcharakteristika ablesen. Diese können für eine individuelle klimatische Beschreibung der einzelnen Stadtteile sowie der gesamten Stadt und für zukünftige Planungsentscheidungen z.B. in Hinblick auf eine optimierte städtische Belüftung oder den Abbau von Wärmeinseln herangezogen werden.

Die PHK kategorisiert den Untersuchungsraum in mehrere Unterkategorien (siehe nachfolgende Tabelle), die den zwei Planfeldern „Grün- und Freiflächen“ und „Siedlungsflächen“ zugeordnet sind.

Zu den „Grün- und Freiflächen“ zählt die Einteilung der Flächen in Ausgleichsräume unterschiedlicher Bedeutungsgrade (hoch / mittel / niedrig), während die Unterkategorien der „Siedlungsflächen“ den urbanen Raum gemäß seiner klimarelevanten Funktion (geringe klimarelevante Funktion / klimarelevante Funktion / bedeutende klimarelevante Funktion) unterteilt. Darüber hinaus werden zentrale Gebiete mit klimatisch-lufthygienischen Nachteilen definiert und ähnlich den vorgenannten Kategorien durch eine flächendeckende Einfärbung kartographisch dargestellt.

In direktem Zusammenhang stehen hierbei die Ausrichtung und Windgeschwindigkeit des bodennahen Strömungsfeldes, welches u.a. für den Austausch der nächtlichen Luftmassen verantwortlich ist und dementsprechend durch verschiedenfarbige Pfeile symbolisiert wird.

KLASSIFIZIERUNG	KURZBESCHREIBUNG
Bebautes Gebiet mit geringer Belastung und geringer klimarelevanter Funktion	Dies sind bereits bebaute Gebiete mit geringer klimatischer Funktion, die aufgrund ihrer Lage keine hohen thermisch-lufthygienischen Belastungen aufweisen und benachbarte Siedlungsbereiche nicht wesentlich beeinträchtigen. Ihnen ist keine nennenswerte klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen und Bebauungsverdichtung zuzuschreiben.
Bebautes Gebiet mit klimarelevanter Funktion	Hierbei handelt es sich um bebaute Gebiete, die aufgrund ihrer Lage und ihrer Bebauungsart klimarelevante Funktionen übernehmen. Darunter fallen z.B. locker bebaute und durchgrünte Siedlungen oder Siedlungsränder, die nachts entsprechend abkühlen und relativ windoffen sind oder gut durchlüftete verdichtete Siedlungsbereiche.

<p>Bebautes Gebiet mit bedeutender klimarelevanter Funktion</p>	<p>Diese ausgewiesenen bebauten Bereiche übernehmen für sich und angrenzende Siedlungen bedeutende klimarelevante Funktionen, wobei Art und Dimension der vorhandenen Bebauung sehr unterschiedlich sein können.</p> <p>Locker bebaute, gut durchlüftete Gebiete mit geringen Gebäudehöhen ermöglichen am Siedlungsrand einen nahezu ungestörten Luftaustausch, der auch lokale Windsysteme beinhaltet.</p> <p>Das trifft insbesondere auf Hanglagen zu, an deren Fuß sich bebaute Gebiete befinden, wobei diese Hanglagen auch zur Kaltluftbildung und dem Kaltluftabfluss beitragen.</p>
<p>Bebautes Gebiet mit klimatisch-lufthygienischen Nachteilen</p>	<p>Diese Ausweisung umfasst vornehmlich verdichtete Siedlungsräume, die klimatisch-lufthygienisch stark belastet sind. Zudem zählen dazu auch diejenigen bebauten Bereiche, in denen der Luftaustausch maßgeblich durch Bauwerke behindert ist.</p> <p>Diese Gebiete sind unter stadtklimatischen Gesichtspunkten sanierungsbedürftig.</p> <p>Als Aufwertungs- oder Sanierungsmaßnahmen kommen Erhöhungen des Vegetationsanteils, Verringerung des Versiegelungsgrads und das Verringern des Emissionsaufkommens, insbesondere der Verkehrsemission, in Frage.</p>
<p>Ausgleichsraum geringer Bedeutung</p>	<p>Diese Flächen haben klimatisch betrachtet nur einen geringen Einfluss auf Siedlungsgebiete, da sie aufgrund ihrer Lage und Exposition von Siedlungen abgewandt oder für die Kaltluft- und Frischluftproduktion relativ unbedeutend sind.</p> <p>Aus klimatischer Sicht sind in diesen ausgewiesenen Flächen selbst größere Bauwerke wie Hochhäuser oder Gewerbebetriebe möglich.</p> <p>Dabei sollte darauf geachtet werden, dass eine Durchlüftung entsprechend der Hauptwindrichtung erhalten wird.</p>
<p>Ausgleichsraum mittlerer Bedeutung</p>	<p>Die auf diesen Flächen entstehende Kalt- und Frischluft fließt entweder nicht direkt in Richtung bebauter Gebiete oder es liegt nur eine geringe Kaltluftproduktion aufgrund der Ausstattung vor.</p> <p>Sie sind mit geringerer Empfindlichkeit gegenüber nutzungsändernden Eingriffen bewertet.</p> <p>Auf derartigen Flächen ist aus klimatischer Sicht eine maßvolle Bebauung, die den regionalen Luftaustausch nicht wesentlich beeinträchtigt, möglich.</p> <p>Bei Planungen von Baumaßnahmen in diesen ausgewiesenen Flächen ist eine Beurteilung eines klimatisch-lufthygienischen Sachverständigen bezüglich der Dimensionierung und Anordnung von Bauwerken sowie der Schaffung von Grün- und Ventilationsschneiden von Vorteil.</p>
<p>Ausgleichsraum hoher Bedeutung</p>	<p>Dies sind vor allem klimaaktive Freiflächen mit direktem Bezug zum Siedlungsraum, wie innerstädtische und siedlungsnahen Grünflächen oder solche, die im Einzugsgebiet eines Berg-/Talwindsystems liegen.</p> <p>Sollten trotz klimatischer Bedenken in solchen Gebieten Planungen in Erwägung gezogen werden, sind dafür klimatisch-lufthygienische Sondergutachten notwendig.</p>

Erläuterung zur Planungshinweiskarte (PHK)

Die Planungshinweiskarte zoniert den Siedlungs- und Freiraum entsprechend seiner klimatischen Funktionen und Herausforderungen in unterschiedliche Bereiche, innerhalb welcher die Planung mit ähnlichen klimatischen Fragestellungen konfrontiert wird. Als Hilfsmittel für politische Entscheidungsträger sowie die Freiraum-, Stadt- und Raumplanung dient die Planungshinweiskarte der Verortung der Planungshinweise nach VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1¹, welche die Stadt bei der klimatischen Optimierung und der Reduktion negativer klimatischer Auswirkungen im Stadtraum unterstützen.

Dem Außerstädtischen Freiraum werden unterschiedliche klimatische Bedeutung zugesprochen, die jeweils den Kategorien „Ausgleichsraum hoher Bedeutung“, „Ausgleichsraum mittlerer Bedeutung“ sowie „Ausgleichsraum geringer Bedeutung“ zugeordnet sind.

Hinsichtlich der nachfolgenden Beschreibungen ist wichtig anzumerken, dass der Untersuchungsraum bzw. das Untersuchungsgebiet den gesamten administrativen Bereich der Stadt Oberursel abdeckt, also auch die im Nordwesten gelegenen Waldbereiche. Alle Analysen und Berechnungen im Kontext des Klimaanpassungskonzepts wurden mit einem zusätzlichen Umgriff über diesen administrativen Bereich hinaus durchgeführt. Die Hauptkarte der PHK zeigt den Siedlungsraum und die nähere Umgebung, der gesamte administrative Bereich wird in der kleineren Übersichtskarte abgebildet.

Bei großen Teilen (Ausnahmen stellen die nordwestlichen Waldbereiche dar) des an den Grenzen des Untersuchungsgebiets gelegenen Freiraums handelt es sich um „Ausgleichsräume geringer Bedeutung“. Als solche haben die Flächen klimatisch betrachtet nur einen geringen Einfluss auf Siedlungsgebiete, da sie aufgrund ihrer Lage und Exposition von Siedlungen abgewandt, oder für die Kalt- und Frischluftproduktion relativ unbedeutend sind. In diesem Falle handelt es sich bei den entsprechenden Freiflächen, primär aus Gründen der Verlaufsrichtung des bodennahen nächtlichen Strömungsfelds, um Ausgleichsräume geringer Bedeutung. Als solche ist hier aus klimatischer Sicht die Errichtung größerer Bauwerke wie z.B. Hochhäuser oder Gewerbegebiete möglich, wobei darauf geachtet werden sollte, dass die Durchlüftung entsprechend der Hauptwindrichtung erhalten bleibt.

Der Großteil des nordwestlichen Untersuchungsgebiets zählt zu den Ausgleichsräumen mittlerer Bedeutung. Die auf diesen Freiflächen entstehende Kalt- bzw. Frischluft fließt entweder nicht direkt in Richtung bebauter Gebiete, oder es erfolgt nur eine Kaltluftproduktion im geringen Maße. Gegenüber nutzungsändernden Eingriffen werden diese Flächen mit einer nur geringen Empfindlichkeit bewertet, weshalb auf derartigen Flächen aus klimatischer Sicht eine maßvolle Bebauung, die den regionalen Luftaustausch nicht wesentlich beeinträchtigt, möglich ist. Bei Planungen von Baumaßnahmen in diesen ausgewiesenen Flächen ist eine Beurteilung eines klimatisch-lufthygienischen Sachverständigen bezüglich der Dimensionierung und Anordnung von Bauwerken sowie der Schaffung von Grün- und Ventilationsschneisen von Vorteil.

Unmittelbar an den Siedlungsraum angrenzend und diesen teilweise durchziehend (z.B. entlang des „Urselbachs“ oder des „Maasgrundbachs“) befinden sich „Ausgleichsräume hoher Bedeutung“. Hierbei handelt es sich vor allem um klimaaktive Freiflächen mit direktem Bezug zum Siedlungsraum, wie z.B. innerstädtische und siedlungsnahe Grünflächen, oder solche,

¹ <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-3787-blatt-1-umweltmeteorologie-klima-und-lufthygienekarten-fuer-staedte-und-regionen>

die im Einzugsgebiet eines Berg-/Talwindsystems liegen. Sollten trotz klimatischer Bedenken in solchen Gebieten Planungen in Erwägung gezogen werden, sind dafür klimatisch-lufthygienische Sondergutachten notwendig.

Auch für den bebauten Raum Oberursels werden je nach dessen lokalen Bedingungen unterschiedliche Planungshinweise ausgesprochen. Ein Großteil der Siedlungsflächen in „Stierstadt“ und „Weisskirchen“ im Süden der Stadt, „Bommersheim“ im Osten, „Oberstedten“ im Norden sowie direkt nördlich an die „Berliner Straße“ und den östlichen Abschnitt der „Hohe-markstraße“ angrenzende Quartiere zählen zu den „Bebauten Gebieten mit geringer Belastung und geringer klimarelevanter Funktion“. Diese beschreiben bereits bebaute Gebiete mit geringen klimatischen Funktionen, die aufgrund ihrer Lage keine hohen thermischen lufthygienischen Belastungen aufweisen und benachbarte Siedlungsbereiche nicht wesentlich beeinträchtigen. Ihnen ist keine nennenswerte klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen und Bebauungsverdichtung zuzuschreiben.

„Bebaute Gebiete mit klimarelevanten Funktionen“ wie z.B. gut durchlüftete und verdichtete Siedlungsbereiche, locker bebaute und durchgrünte Siedlungen oder Siedlungsränder, die nachts entsprechend abkühlen und relativ windoffen sind, übernehmen aufgrund ihrer Lage und ihrer Bauart klimarelevante Funktionen für den weiteren Siedlungsbereich. Entwicklungen dieser Bereiche sind mit entsprechender klimatischer Prüfung durchzuführen, so dass die klimarelevante Funktion weiterhin bestehen bleibt.

Siedlungsbereiche die entweder an den Außenraum angrenzen oder randständig zu größeren unbebauten Schneisen (z.B. Bahngleise) liegen und gleichzeitig das anströmende bodennahe Windfeld aufnehmen und weiterverteilen fallen in die Kategorie „Bebaute Gebiete mit bedeutender klimarelevanter Funktion“. Beispiele hierfür sind der Siedlungsraum westlich der „Altstadt“ entlang des „Maasgrundbachs“, die Siedlungsbereiche entlang des Gleisköpers am Bahnhof Oberursel oder die Areale entlang der „Bleibiskopfstraße“ in Bommersheim. Eine Entwicklung dieser Gebiete sollte aus klimatischer Sicht vorausschauend durchgeführt werden, so dass die klimatische Funktionalität für den Bereich sowie die Umgebung erhalten bleibt.

Ein Großteil der „Altstadt“, Bereiche südlich des „Zimmerrmühlenwegs“ im Süden von Oberursel sowie der Kernbereich von „Oberstedten“ zählen zu den „Bebauten Gebieten mit klimatisch-lufthygienischen Nachteilen“. Diese Gebiete sind unter stadtklimatischen Gesichtspunkten sanierungsbedürftig. Als Aufwertungs- oder Sanierungsmaßnahmen kommen bspw. eine Erhöhung des Vegetationsanteils, eine Verringerung des Versiegelungsgrads und eine Verringerung des Emissionaufkommens in Betracht.