

04.11 Klimamodell Berlin - Bewertungskarten (Ausgabe 2009)

Problemstellung

Die im Rahmen der Anwendung des Klimamodells FITNAH in der Phase I gewonnenen Ergebnisse haben zu einer umfassenden aktuellen Bestandsaufnahme der klimatischen Situation im Stadtgebiet und im näheren Umland geführt (vgl. Karte 04.10 Klimamodell Berlin - Analysekarten (Ausgabe 2009)). Die nachfolgenden Erläuterungen beziehen sich nun auf die Ergebnisse der Phase II zum Klimamodell. Ziel der vorliegenden Karten ist es, die Bereiche der Stadt nach ihrer unterschiedlichen klimatischen Funktion, d.h. ihrer Wirkung auf andere Räume abzugrenzen und die Empfindlichkeit dieser Funktion gegenüber strukturellen Veränderungen zu bewerten. Auf dieser Grundlage ergeben sich Maßnahmen zum Erhalt bzw. zur Verbesserung der klimatischen Situation. Die Aktualisierung des Kenntnisstandes auf den Stand Ende 2005 erlaubt auch die Berücksichtigung der klimatischen Folgen der baulichen Entwicklung seit Beginn der 90er Jahre.

Auf Grund der in großen Teilen engen inhaltlichen Bezüge weisen die Erläuterungstexte zu den Karten 04.11.1 und 04.11.2 eine gemeinsame Darstellung in den Kapiteln Problemstellung, Datengrundlage und Methode auf. Im Kapitel Kartenbeschreibung folgt dann eine Unterteilung in die einzelnen **Auswertungen**:

- Karte 04.11.1 Klimafunktionen und
- Karte 04.11.2 Planungshinweise Stadtklima.

Die Kenntnis über das in einer Stadt vorherrschende Lokalklima, die hierdurch mitbestimmte lufthygienische Situation sowie die klimatischen Funktionszusammenhänge sind bedeutende Aspekte der Umweltvorsorge und Stadtentwicklung. Das Schutzgut Klima/Luft ist als wichtiges Element der räumlichen Planung Bestandteil der Abwägung bei der Bauleitplanung, Umweltverträglichkeitsprüfung und Standortuntersuchung. Vor dem Hintergrund konkurrierender Planungsziele ist das Vorliegen flächenbezogener Fachinformationen ein grundlegendes Hilfsmittel zur sachgerechten Beurteilung dieses Schutzgutes.

Über diesen fachlichen Rahmen hinaus sind zunehmend die aus den **Folgen des weltweiten Klimawandels erwachsenden Anforderungen an eine regionale Strategie für Klimavorsorge und -anpassung** von Bedeutung.

Die hier vorgelegten Bewertungskarten können auch für diese Aufgabe eine wichtige Grundlage darstellen, da sie die raumbedeutsamen Status-Quo-Anforderungen und -empfehlungen aus der fachbezogenen Sicht „(Stadt-) Klima“ beschreiben. Weitere Aktivitäten und Prozesse sind allerdings von Nöten, um den erforderlichen Handlungsrahmen für die Zukunft erfolversprechend zu definieren (vgl. DWD / SenStadt 2008)

Der Leitgedanke klima- und immissionsökologischer Qualitätsziele gilt der Sicherung, Entwicklung und Wiederherstellung klima- und immissionsökologisch wichtiger Oberflächenstrukturen und zielt somit ab auf die Verbesserung bzw. Erhaltung günstiger bioklimatischer Verhältnisse, die Unterstützung gesundheitlich unbedenklicher Luftqualität und das Angebot besonderer Lokalklimate.

Die Klimaökologie analysiert dabei "den Einfluss von Klimaelementen und des Klimas auf das Landschaftsökosystem und seinen Haushalt, einschließlich von Pflanzen, Tieren und Menschen und ihren Lebensgemeinschaften. Untersucht wird weiterhin die Steuerung der bedeutsamen, bodennahen atmosphärischen Prozesse durch die allgemeinen landschaftlichen Strukturgrößen (Relief, Überbauung...)" (Mosimann et al. 1999).

Ausgangspunkt der Klimaanalyse ist die Gliederung des Untersuchungsraumes in bioklimatisch und/oder lufthygienisch belastete Siedlungsräume (**Wirkungsraum**) einerseits und kaltluftproduzierende, unbebaute und vegetationsgeprägte Flächen andererseits (**Ausgleichsräume**). Sofern diese Räume nicht unmittelbar aneinander grenzen und die Luftaustauschprozesse stark genug ausgeprägt sind, können linear ausgerichtete, gering überbaute Freiflächen (**Luftleitbahnen**) beide miteinander verbinden.

Aus der gegenseitigen Abgrenzung von Gunst- und Ungunsträumen sowie den verbindenden Strukturen ergibt sich somit ein komplexes Bild vom Prozesssystem der Luftaustauschströmungen des **Ausgleichsraum-Wirkungsraum-Gefüges**.

Nachdem in Phase I mit der Anwendung des Klimamodells FINTAH die notwendigen Analysekarten erstellt wurden Klimamodell Berlin (Karte 04.10, Ausgabe 2009), ist das Ziel dieser Untersuchung die Abgrenzung der Stadtgebiete hinsichtlich ihrer klimatischen Funktionen und die Bereitstellung einer aktuellen, komplexen und hochauflösenden Klimafunktionskarte. Darüber hinaus werden in einem weiteren Schritt die Empfindlichkeiten dieser Funktionen gegenüber strukturellen Veränderungen bewertet und in Form einer digitalen Planungshinweiskarte dargestellt.

Die Umsetzung in raumspezifische klima- und immissionsökologische Qualitätsziele mündet in die Forderung nach Handlungsempfehlungen. Mit der konkreten Zuordnung planungsrelevanter Aussagen zu den wichtigen, das klimaökologische Prozessgeschehen steuernden Strukturelementen wie z.B. Kaltluftentstehungsflächen, Luftleitbahnen und Komforträume, können einerseits diese in ihrem Bestand gesichert und vor negativen Einflüssen geschützt werden. Andererseits werden Belastungsräume mit einem Mangel an Durchlüftung und/oder lufthygienischer Belastung identifiziert (vgl. Planungshinweiskarte).

Das methodische Vorgehen erlaubt dabei fundierte Aussagen für den Maßstabsbereich 1 : 100.000 bis 1 : 20.000. Eine erste abschätzende Beurteilung der Auswirkungen von Planungsmaßnahmen ist aber auch bis zur Ebene der Bebauungspläne gegeben.

Datengrundlage

Grundlage für die Beurteilung und Abgrenzung der Räume nach ihren klimatischen Funktionen und die daraus abzuleitenden Planungshinweise sind die Simulationsergebnisse für eine austauscharme Strahlungswetterlage, wie sie durch die Ergebnisse der Analysephase des Klimamodells Berlin vorgelegt und ausführlich beschrieben wurden. Die mit dem regionalen Klimamodell FITNAH gewonnenen Erkenntnisse bilden die Basis für die Analyse des klimatischen Ist-Zustandes, aus denen die Funktionszusammenhänge abgeleitet werden.

Entgegen der früher verbreiteten - und sich im wesentlichen auf die VDI Richtlinie 3787 Blatt 1 stützenden - statischen Betrachtung auf der Basis von Klimatopen, in welchen ein den unterschiedlichen Nutzungen entsprechendes, einheitliches Mikroklima unabhängig von der Lage des Klimatops angenommen wird, liegen mit dem modellgestützten Ansatz flächendeckend Quantitäten verschiedener Parameter zum Kaltlufthaushalt in Berlin bereit, die den dynamischen Aspekt im Klimahaushalt ausreichend berücksichtigen. Die detaillierte Berechnung der Wind- und Temperaturverhältnisse in Berlin wurde mit dem Modell FITNAH (Flow over Irregular Terrain with Natural and Anthropogenic Heat Sources) durchgeführt. Genauere mathematische und physikalische Beschreibungen des Modells sind im digitalen Umweltatlas und bei Groß (1993) zu finden.

Während sommerlicher Hochdruckwetterlagen mit geringen Windgeschwindigkeiten können sich die lokalklimatischen Besonderheiten einer Landschaft besonders gut ausprägen. Eine solche Wetterlage wird durch wolkenlosen Himmel und einen nur schwachen überlagernden synoptischen Wind von weniger als 4 m/s gekennzeichnet. Bei den hier durchgeführten numerischen Simulationen werden die großräumigen synoptischen Rahmenbedingungen entsprechend festgelegt:

- Bedeckungsgrad 0/8,
- geostrophische Windgeschwindigkeit 0 m/s,
- relative Feuchte der Luftmasse 50 %.

Neben dem Aufzeigen der Wirkungszusammenhänge und Nachbarschaftsbeziehungen zwischen kaltluftproduzierenden Grünflächen und Siedlungsräumen findet eine quantitative und qualitative Beurteilung sowie die Darstellung des klimatischen Belastungs- und Ausgleichspotentiales der Teilflächen im Stadtraum statt. Auch die Auswirkungen von Freiflächen des Umlandes auf das Stadtgebiet werden beurteilt. Dafür wurden den Blockflächen der digitalen Grundkarte Berlin 1 : 5.000 (ISU5) sämtliche Parameter wie z.B. Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur in 2 m Höhe oder Kaltluftmassenstrom zugeordnet. Umfasst ein Baublock mehrere Rasterzellen eines Parameters, wird aus den Zelleneinzelwerten ein Mittelwert gebildet. Somit stehen für jeden Baublock eine Reihe von Klimaparametern bereit. Darauf basierend werden den Teilflächen Bewertungsindices zugewiesen, auf die im Kapitel Methode näher eingegangen wird.

Um die Areale mit **Hangneigungen** $> 1^\circ$ zu kennzeichnen, auf denen ein flächenhafter Kaltluftabfluss stattfindet, wurde mit dem in FITNAH eingesetzten Geländehöhenmodell eine Reliefanalyse durchgeführt. Zur Ermittlung der **verkehrsbedingten Luftbelastung** während austauscharmer Wetterlagen wurde das Immissionsfeld für den verkehrstypischen Luftschadstoff Stickstoffdioxid (NO₂) flächendeckend mit FITNAH berechnet und potenziell belastete Bereiche innerhalb von Grünflächen ausgewiesen. Die FITNAH-Ergebnisse wurden hinsichtlich der potenziell verkehrsbedingten Luftbelastung im Straßenraum um die mit dem Programmsystem IMMIS berechnete Stickstoffdioxid-Konzentration des Jahresmittelwertes für den Straßenverkehr im Jahr 2005 ergänzt (für eine ausführliche Beschreibung siehe SenGesUmV 2008).

Methode

Die abzugrenzenden klimatischen Funktionsräume sollen Aussagen darüber liefern, in welchen Gebieten

- einerseits ein Potential zur Entlastung anderer (angrenzender und auch weiter entfernter) Räume vorhanden ist,
- andererseits über den großräumigen Einfluss hinaus die stärksten Zusatzbelastungen zu erwarten sind,
- bevorzugt Luftaustauschbereiche anzunehmen sind, d.h. eine wichtige Rolle für den bodennahen Frischlufttransport übernommen wird.

Die Ausprägungen der verschiedenen klimaökologischen Größen werden zur besseren planerischen Einordnung in ein bewertendes Klassifikationsschema überführt. Diese Einstufungen erfolgen nach fachlichen Vorgaben und orientieren sich hinsichtlich der Klassenbreiten an dem im Untersuchungsraum vorliegenden Wertespektrum. Im Folgenden wird die qualitative Abstufung der ermittelten Parameter, untergliedert nach den thematischen Einheiten, erläutert. Daran anschließend wird auf die planerische Einordnung der Strukturelemente eingegangen.

Grün- und Freiflächenbestand

Als kaltluftproduzierende Bereiche gelten vegetationsgeprägte Freiflächen wie Wälder, Park- und Friedhofanlagen, aber auch grünbestimmte Siedlungen mit einem geringem Versiegelungsgrad (in der Regel unter 30 %). Zur besseren Handhabung wurden die ca. 13 500 relevanten Einzelflächen des Informationssystems Stadt und Umwelt (ISU) zu ca. 700 miteinander funktional verbundenen Grünflächeneinheiten aggregiert, wobei die Zusammenfassung vorrangig nach dem Aspekt der räumlichen Nähe erfolgte. Somit bilden mehrere (Teil-) Grünflächen eine zusammengehörige Einheit mit einer Mindestgröße von 0,5 Hektar (vgl. Abbildung 1).

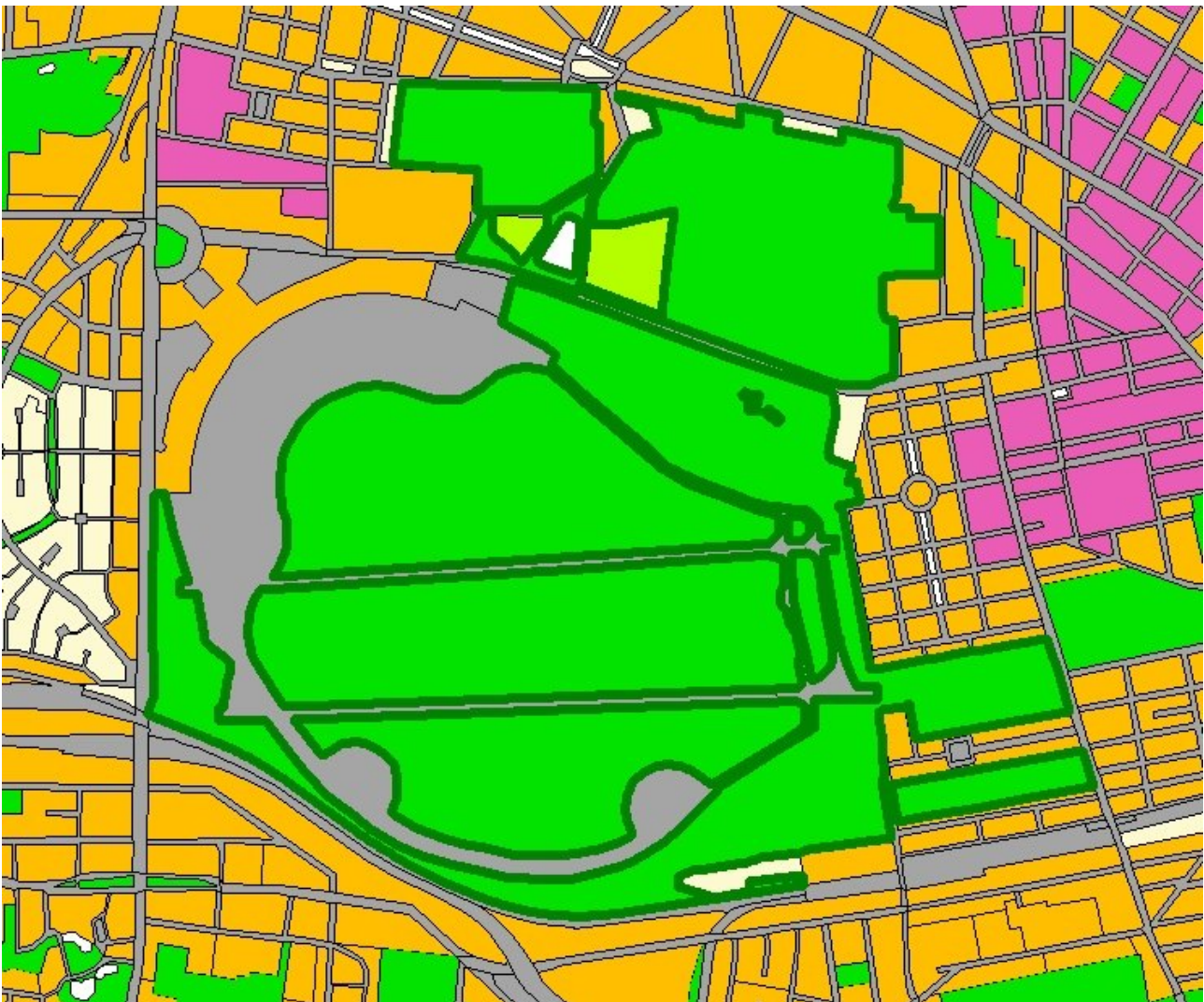


Abb. 1: Grünflächenaggregation am Beispiel des ehemaligen Flughafens Tempelhof und mit ihm funktional verbundener Bereiche. Die dunkelgrüne Linie zeichnet den Umriss der einzelnen Bestandteile Grünflächeneinheit nach.

Für die Charakterisierung der Ausgleichsleistung von Grünflächen im Stadtgebiet sowie der Kaltluftentstehungsgebiete des Umlandes wird in der Klimafunktionskarte der Kaltluftmassenstrom herangezogen. Er drückt den Zustrom von Kaltluft aus den benachbarten Rasterzellen in m^3/s pro 50 m Rasterzelle aus, wie er im Rahmen der Analysephase der Modellanwendung ermittelt wurde (vgl. dazu Karte 04.10 Klimamodell Berlin, Ausgabe 2009).

Am Beispiel des ehemaligen Flughafens Tempelhof wird in Abbildung 2 das bodennahe Strömungsbild, wie es zur Abgrenzung der Kaltlufteinwirkbereiche herangezogen wurde, illustriert.

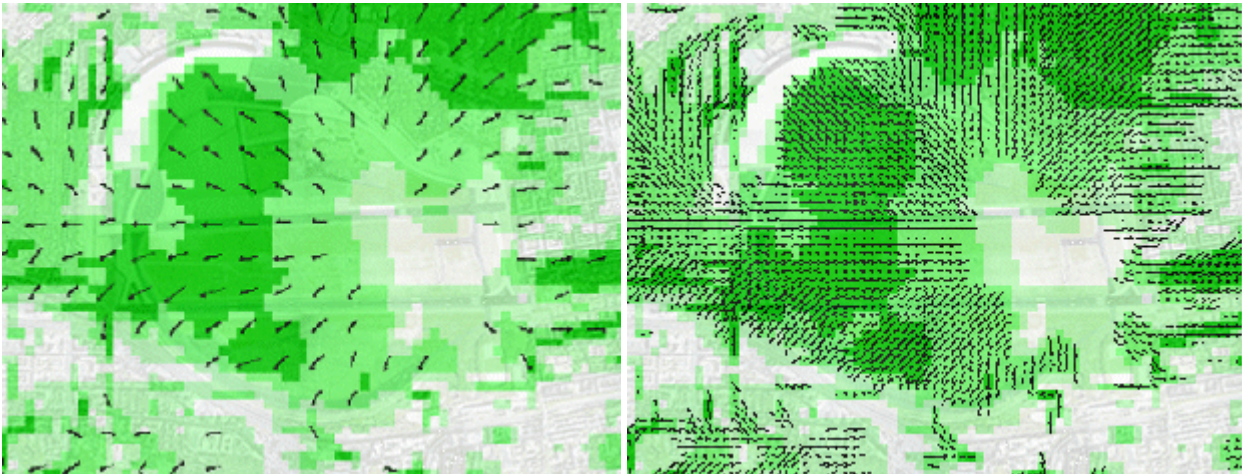


Abb. 2: Bodennahe Strömungsfeld und Kaltlufteinwirkbereich des ehemaligen Flughafens Tempelhof

Die Einstufung des innerhalb von Grünflächen auftretenden Kaltluftvolumenstrom orientiert sich an dem in der VDI-Richtlinie 3785 Blatt 1 (VDI 2008) beschriebenen Verfahren zur Z-Transformation. Dieses Vorgehen legt allgemein das lokale/regionale Wertenniveau einer Analyse zugrunde und bewertet die Abweichung eines Parameters von den mittleren Verhältnissen in einem Untersuchungsraum. Als Resultat ergeben sich mit dieser Methode vier Bewertungskategorien (sehr günstig / günstig / weniger günstig / ungünstig), welche durch den Mittelwert sowie die obere und untere S_1 -Schranke (Standardabweichung) nach der Z-Transformation abgegrenzt werden. Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt in der Standardisierung eines Klimaparameters und die daraus resultierende Vergleichbarkeit der Variablen untereinander oder mit anderen Untersuchungen.

Die qualitative Einordnung des Kaltluftvolumenstroms zeigt Tabelle 1, wobei für einen klimaökologisch wirksamen Massenstrom mindestens der Wertebereich von 0 bis -1 erreicht werden muss.

Entsprechend den Einstufungen in Tabelle wurde jeder Blockfläche der Grundkarte ISU5 ein mittlerer Z-Wert zugewiesen.

Mittlerer Z-Wert pro ISU5-Bezugsfläche	Bewertung
< -1 (untere S_1 -Schranke)	sehr gering
0 bis -1	gering
1 bis > 0	mittel
> 1 (obere S_1 -Schranke)	hoch

Tab. 1: Kaltluftlieferung der Kaltluftentstehungsflächen (Volumenstrom)

Die Reichweiten der Entlastungswirkungen werden in der Klimafunktionskarte als **Einwirkbereiche der Kaltluftentstehungsgebiete** bezeichnet und unter der Rubrik Siedlungsräume beschrieben.

Die Darstellung für die Kaltluftproduktionsflächen erfolgt in der Klimafunktionskarte als Flächenfarbe, zur Kennzeichnung der nach Berlin reichenden Kaltluftliefermengen der Freiflächen des Umlandes wird zusätzlich eine Pfeilsignatur verwendet. Über die Größe der Pfeile wird das Liefervermögen ausgedrückt, wohingegen die Pfeilrichtung die Hauptströmungsrichtung innerhalb eines Kaltlufteinzugsgebietes widerspiegelt. Im Kartenbild kommt der Einflussbereich der umlandbürtigen Kaltluftentstehungsgebiete auf

das Stadtgebiet Berlins als Umrisslinien zur Darstellung. Sie sind nach dem Kaltluftströmungsfeld des 6.00 Uhr-Berechnungszeitpunktes abgegrenzt worden, so dass sie das am Ende der Nacht voll ausgeprägte Einzugsgebiet widerspiegeln. Im Gegensatz zu den Grünflächen auf Berliner Stadtgebiet erhalten die Kaltluftentstehungsgebiete des Umlandes keine Planungshinweise.

Die **planerische Einordnung** einer kaltluftproduzierenden Grünfläche in der Planungshinweiskarte wird in erster Linie durch ihre Lage im Raum und ihrer Nähe zu Belastungsbereichen bestimmt. Die Empfindlichkeit gegenüber einer Nutzungsintensivierung geht mit der klimatischen Bedeutung für die zugeordneten Siedlungsräume einher (vgl. Tabelle 2).

Für die Flächen mit der stadtklimatischen Bedeutung "sehr hoch" gilt die höchste Empfindlichkeit gegenüber Bebauung, Parzellierung und Versiegelung; sie sind im Gegenteil in ihrer Funktion nachhaltig zu unterstützen, d.h. vor allem durch Vermeidung von Schadstoffemissionen innerhalb dieser Flächen oder mit Wirkung auf diese Flächen.

Zur weiteren Verdeutlichung des lufthygienischen Belastungspotenziales für Grünflächen wurden Areale innerhalb von Grünflächen abgegrenzt, in welchen NO_2 -Konzentrationen von mehr als $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ während austauscharmer Wetterlagen auftreten können (vgl. Kartenbeschreibung Karte 04.11.2 Grün- und Freiflächenbestand).

Stadtklimatische Bedeutung	Lage im Raum
sehr hoch	Zuordnung zu belasteten Siedlungsräumen
hoch	Zuordnung zu Siedlungsräumen mit günstigem Kleinklima
gering	Geringer Einfluss auf Siedlungsräume und/oder unbedeutende Kaltluftproduktion

Tab. 2: Planerische Einordnung der kaltluftproduzierenden Freiflächen

Freiflächen mit einer sehr geringen Kaltluftproduktion innerhalb von Belastungsbereichen wird nur eine geringe stadtklimatische Bedeutung angesprochen. Meist handelt es sich um Flächen, die aufgrund ihrer isolierten Lage in der Bebauung keine Anbindung an vorhandene Leitbahnen aufweisen und wegen der geringen Größe keine ausgleichende Strömung entstehen lassen. Sie können aber durchaus noch eine Funktion als klimaökologische Komfortinsel erfüllen.

Siedlungsräume

Die Siedlungsräume lassen sich in ausreichend durchlüftete Areale bzw. klimatisch günstige Siedlungsstrukturen einerseits sowie Belastungsbereiche andererseits untergliedern. Der **Einwirkungsbereich** der Kaltluftentstehungsgebiete kennzeichnet das maximale Ausströmen der Kaltluft aus den Freiflächen in die Umgebungsbebauung während einer sommerlichen Strahlungswetternacht zwischen 22.00 und 06.00 Uhr. Dabei ist als Abgrenzungskriterium des Einwirkungsbereiches eine Strömungsgeschwindigkeit von mindestens $0,2 \text{ m/s}$ zu erreichen, um sie noch als klimaökologisch relevant ansprechen zu können. Daraus folgt, dass die im Einwirkungsbereich befindliche Wohnbebauung eine überwiegend geringe bioklimatische Belastung aufweist. Im stärker verdichteten Innenstadtbereich kann das Belastungsniveau lokal jedoch so hoch ausfallen, dass es nicht immer durch eine auftretende Kaltluftströmung nennenswert abgesenkt werden kann.

Grundlage für die Ermittlung der **bioklimatischen Belastung** eines Baublockes ist der Bewertungsindex PMV (Predicted Mean Vote) als dimensionsloses Maß für die nächtliche Wärmebelastung. Analog zur Einordnung der Kaltluftlieferung von Grünflächen (vgl. Erläuterungen zu Tabelle 1) wurde eine Z-Transformation des PMV-Ergebnisrasters durchgeführt. Dafür wurde der PMV zum Zeitpunkt 04.00 Uhr herangezogen, welcher sich als am besten geeignet für die Ermittlung der bioklimatischen Belastung im Siedlungsraum herausstellte. Aufgrund der Heterogenität des Modellgebietes stellt dieser Zeitpunkt einen Kompromiss dar zwischen der Situation im innerstädtischen Raum einerseits und den peripheren Stadtteilen andererseits.

Die Belastungsklassen entsprechen den vier Kategorien gem. VDI-Richtlinie 3785 (ungünstig / weniger günstig / günstig / sehr günstig). Ausschlaggebend ist die jeweilige mittlere Ausprägung des Z-Wertes innerhalb einer Blockfläche, aus der sich die Zuordnung zu den Bewertungskategorien ergibt (vgl. Tabelle 3).

Belastungsklasse	Mittlerer Z-Wert pro ISU5-Bezugsfläche
4 ungünstig	> 1 (obere S1-Schranke)
3 weniger günstig	1 bis 0
2 günstig	> 0 bis -1
1 sehr günstig	< -1 (untere S1-Schranke)

Tab. 3: Bioklimatische Belastung der Siedlungsräume

Bei der Belastungsklasse 4 "ungünstig" liegt eine überdurchschnittliche Wärmebelastung mit einem Z-Wert von mehr als 1 vor. Eine gewisse bioklimatische Belastung ist auch noch bei der Belastungsklasse 3 „Weniger günstig“ gegeben. Günstige Verhältnisse liegen hingegen bei den Klassen 2 und 1 vor und können aus bioklimatischer Sicht als positiv beurteilt werden.

Letztere Kategorie ist vor allem durch eine offene Siedlungsstruktur und einen hohen Durchgrünungsgrad gekennzeichnet und weist von allen Funktionsräumen am ehesten ein Potenzial zur baulichen Verdichtung auf. Nach derzeitigen Erkenntnissen wird eine behutsame Verdichtung dieser Flächen keine Neueinstufung in einen klimatisch ungünstigeren Bereich zur Folge haben. In welchen Größenordnungen im Einzelnen die Grenzen für eine bauliche Verdichtung liegen, kann pauschal nicht angegeben werden; in jedem Falle sind am Ort selbst die Möglichkeiten zu überprüfen, mit Maßnahmen wie Dach- oder Fassadenbegrünung sowie Begrenzung der Baumassen negative klimatische Effekte zu kompensieren.

Mit der humanbioklimatischen Belastung gehen auch die **Empfindlichkeiten gegenüber einer Nutzungsintensivierung** einher. Sie sind im Bereich der Belastungsklassen 3 und 4 als "sehr hoch", in den übrigen Klassen als "hoch" anzusehen. Im wesentlichen handelt es sich um Gebiete hohen Versiegelungs- (> 60 %) und Überbauungsgrades (zumeist > 50 %).

Unter Nutzungsintensivierung wird eine Erhöhung des bebauten gegenüber dem unbebauten Flächenanteil verstanden. "Hierzu zählen die Umwandlung der natürlichen Bodenoberfläche in einen überwiegend aus künstlichen Materialien bestehenden und dreidimensional gestalteten Raum, die Reduzierung der mit Vegetation bedeckten Oberfläche sowie die Beeinflussung durch technische Einrichtungen, die Abwärme und Schadstoffemissionen verursachen" (Kuttler 1993).

Aufgrund der begrenzten Reichweite von Freiflächen sind für die Entlastung dieser Gebiete auch Maßnahmen im bebauten und verdichteten Gebiet selbst erforderlich. Von großer Bedeutung in diesem Zusammenhang ist die Begrünung von Stadtplätzen, Straßen, Gebäuden und Innenhöfen. Die Überwärmung kann so vermindert, der Feuchtigkeitsgehalt der Luft erhöht und Staub gebunden werden.

Die Erwärmung von Dächern hängt sehr stark von ihrer Farbe und ihrem Material ab (vgl. Karte 04.06). Am günstigsten verhalten sich begrünte Dächer, wobei die Art der Pflanzen eine große Rolle spielt. Jedoch muss die positive Auswirkung von hoch gelegenen Dächern auf den stärker belasteten Straßenraum als begrenzt angesehen werden. Insgesamt dürfte die Begrünung von Fassaden klimatisch wirksamer ausfallen. Umfangreiche Untersuchungen zur Bedeutung von Fassaden- und Dachbegrünungen für das Mikroklima wurden von Bartfelder und Köhler (1987) in Berlin durchgeführt.

Zur klimatisch-lufthygienischen Verbesserung des Wohnumfeldes gehört auch die Gestaltung bzw. die Vegetationsausstattung von Innenhofbereichen. Enge geschlossene Höfe zeichnen sich durch eine Verminderung der Tagestemperaturen und eine geringe Abkühlung in den Abend- und Nachtstunden aus. Die Besonnung ist stark eingeschränkt. Dies gilt auch für den Luftaustausch, woraus sich eine hohe Immissionsgefährdung ergibt. Die Begrünung dieser Höfe verbessert die klimatischen Bedingungen, wobei zur Förderung des Luftaustausches eine Wandbegrünung günstiger ist als das Pflanzen von Bäumen. Größere Hofanlagen erreichen gegenüber engen Höfen und gegenüber dem Straßenraum deutlich günstigere klimatische Eigenschaften, vor allem, wenn der Versiegelungsgrad gering und die Begrünung locker strukturiert ist. Die Abkühlungsrate in den Abend- und Nachtstunden ist hoch. Der Luftaustausch gilt als sehr gut. Eine Verbindung mit benachbarten kleineren Höfen über Baulücken fördert deren Be- und Entlüftung.

Im Verkehrsraum kennzeichnet die **potenzielle verkehrsbedingte Luftbelastung entlang von Hauptverkehrsstraßen** Straßenabschnitte, in denen der (Jahres-) Grenzwert der 22. BImSchV möglicherweise bzw. mit großer Wahrscheinlichkeit überschritten wird.

Luftaustausch

Leitbahnen verbinden Kaltluftentstehungsgebiete (Ausgleichsräume) und Belastungsbereiche (Wirkungsräume) miteinander und sind somit elementarer Bestandteil des Luftaustausches. Unter

Berücksichtigung des Prozessgeschehens, wurden in den Karten vier unterschiedliche Luftaustauschtypen herausgearbeitet:

- Kaltluftleitbahn, vorwiegend thermisch induziert,
- Kaltluftleitbahn, vorwiegend orographisch induziert (z.B. kleinere Flussniederungen),
- Flächenhafter Kaltluftabfluss auf Hangbereichen (bei Hangneigungen $> 1^\circ$),
- Großräumige Luftleit- und Ventilationsbahnen (Niederungen größerer Fließgewässer).

Die Ausweisung der Kaltluftleitbahnen orientiert sich am autochthonen Strömungsfeld der FITNAH-Simulation. Bei den ausgewiesenen Leitbahnen handelt es sich, mit Ausnahme der Flussniederungen, um vegetationsgeprägte Flächen mit einer linearen Ausrichtung auf Wirkungsräume. Die planerische Einordnung orientiert sich, analog zu den kaltluftproduzierenden Grün- und Freiflächen, an der Belastungssituation der zugeordneten Siedlungsräume.

Mit der hier beschriebenen Methodik unterscheidet sich die Herleitung insbesondere der Klimafunktionskarte in ihrem modellbasierten Ansatz grundlegend von den bisherigen, früher auch in Berlin verfolgten Vorgehensweisen. Die ehemalige Klimafunktionskarte (vgl. Abbildung 3)

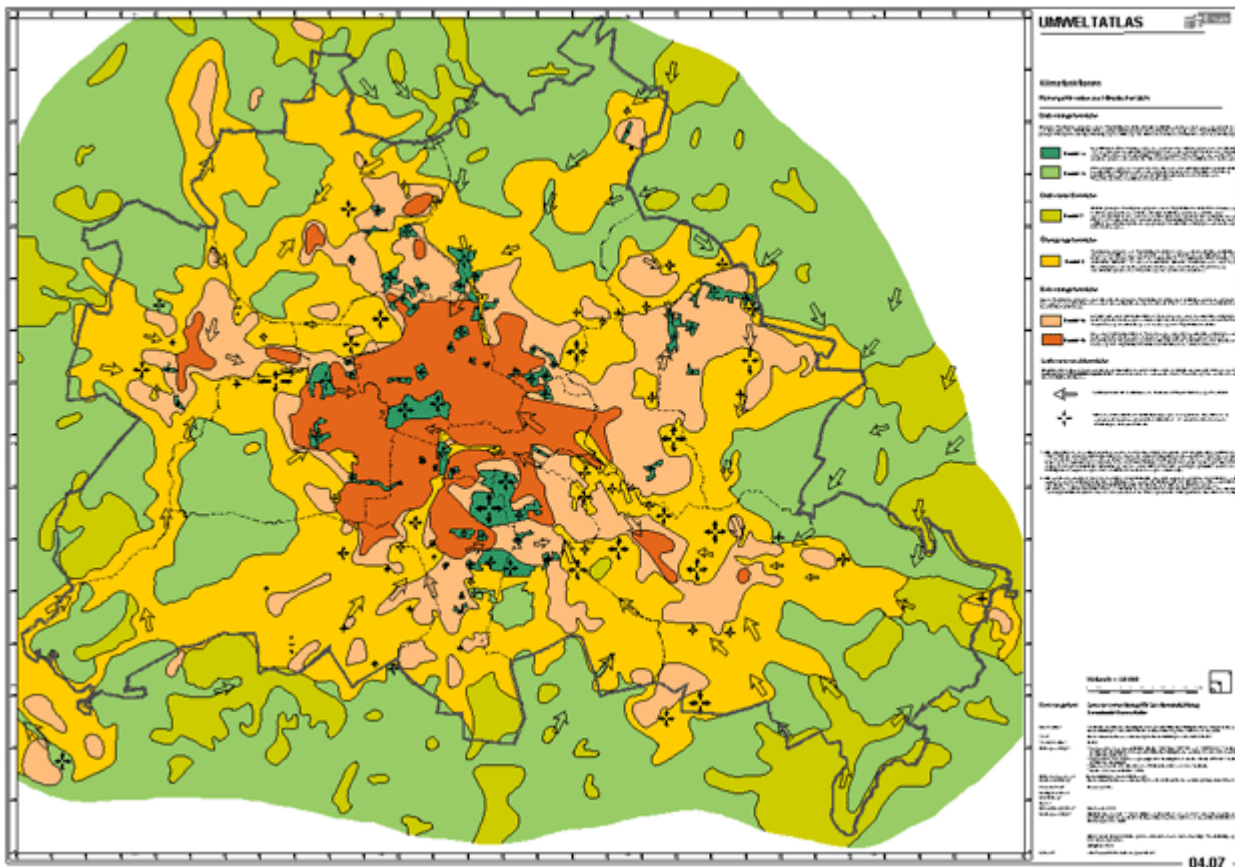


Abb. 3: Ehemalige Klimafunktionskarte (04.07) des Umweltatlas Berlin (Stand 2001)

stützte sich zwar auf eine große Anzahl gemessener Klimaparameter, die Ausweisung flächenhafter Informationen und die Berücksichtigung funktionaler Verbindungen sowie der Wechselwirkungen der Flächen untereinander erfordert jedoch zusätzlich die Kenntnis der beschriebenen Strömungsfelder.

Diese Informationen sind flächendeckend bei einer Gebietsgröße von rund 1.780 km², wie sie durch die FITNAH-Anwendung abgedeckt wurde, jedoch nur durch numerische Modelle zu erlangen. Daraus folgt, dass die frühere Abgrenzung der Belastungssituation des Siedlungsraums sowie der Ausgleichswirkung von Grünflächen lediglich einen relativen und nicht quantitativen Charakter besaß. Auch konnten in der Vergangenheit bevorzugte Flächen für den bodennahen Frischlufttransport nur aufgrund ihrer Struktur dargestellt bzw. zur weiteren Überprüfung vorgeschlagen werden. Kriterien für ihre Eignung waren vor allem eine geringe Rauigkeit der Oberfläche, eine ausreichende Breite (möglichst mehr als das 10-fache der Höhe der umgebenden Randstrukturen) sowie überwiegend schwache Immissionsbelastungen. Nur für wenige Bereiche gab es eine messtechnische Untersuchung. Obwohl dieses Vorgehen eine einprägsame

Typisierung der relevanten Flächen bietet, wird das Prozessgeschehen bei dieser eher statischen und strukturorientierten Betrachtung hingegen nicht oder nur indirekt berücksichtigt (VDI 1997).

Verkehrsbedingte Luftbelastung

Die Darstellung der **potenziellen verkehrsbedingten Luftbelastung entlang von Hauptverkehrsstraßen und innerhalb von Grünflächen** ergänzt das Spektrum auftretender Belastungen und möglichen Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden von Menschen.

Bezogen auf die Straßensituation handelt es sich um eine modellgestützte Berechnung für das Bezugsjahr 2005, die auf der Basis der aktuellsten flächendeckenden Verkehrszählungen abschätzt, inwiefern in einzelnen Straßenabschnitten der $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 Jahres-Grenzwert der 22. BImSchV, der bis zum 01.01.2010 einzuhalten ist, möglicherweise oder mit großer Wahrscheinlichkeit überschritten wird.

Um auch räumlich darstellen zu können, inwieweit und wo innerhalb von Grünflächen die Luftbelastung von den großräumigen lufthygienischen Bedingungen (der lufthygienische Hintergrundsituation) signifikant abweichen kann, wurde mit FITNAH eine Simulation der NO_2 -Ausbreitung unter den gegebenen Randbedingungen eines Sommertages durchgeführt.

Es wurden dabei ergänzend die straßenabschnittsbezogenen Hintergrundwerte der NO_2 -Belastung, d.h. die mit dem Programmsystem IMMIS■■■ berechneten Konzentrationen im Über-Dach-Niveau genutzt, so dass aus der Verbindung der NO_2 -Emissionswerte und der Hintergrundbelastung einerseits sowie der strömungstechnischen Berechnungen aus der Modellanwendung andererseits ein gutes $50\text{m} \times 50\text{m}$ Raster der Konzentrationen im Umfeld der Hauptstraßen ermittelt werden konnte. Als Randparameter wurden für das gesamte Untersuchungsgebiet zusätzlich die Gebäudedaten der Automatisierten Liegenschaftskarte ALK mit individuellen Gebäudehöhenangaben eingespeist.

Kartenbeschreibung

Karte 04.11.1 Klimafunktionen

Die Klimafunktionskarte bildet den planungsrelevanten Ist-Zustand der Klimasituation ab. Dabei werden bioklimatische Belastungszustände, Ausgleichsleistungen kaltluftproduzierender Flächen sowie räumliche Beziehungen zwischen Ausgleichs- und Wirkungsräumen dargestellt. Da sowohl die Ausgleichsleistungen als auch die Belastungen klassifizierbar sind, lassen sich planerische Prioritäten ermitteln um zu verdeutlichen, welche Siedlungsflächen von Veränderungen in Ausgleichsräumen betroffen sein können.

Grün- und Freiflächenbestand

Vegetationsbestandene Freiflächen mit nennenswerter Kaltluftproduktion stellen klima- und immissionsökologische Ausgleichsräume dar. Eine hohe langwellige nächtliche Ausstrahlung während austauscharmer Hochdruckwetterlagen führt zu einer starken Abkühlung der bodennahen Luftschicht, wodurch vor allem emittentennahe innerstädtische Parkanlagen als sehr immissionsgefährdet gelten müssen. Die Menge der produzierten Kaltluft hängt ab vom vorherrschenden Vegetationstyp, den Bodeneigenschaften und der damit verbundenen nächtlichen Abkühlungsrate. Insgesamt wurden 699 Grünflächeneinheiten ausgewiesen, welche sich aus den jeweiligen Block- und Blockteilflächen der ISU5 zusammensetzen. Die qualitative Einordnung hinsichtlich des Kaltluftmassenstroms zeigt Tabelle 4.

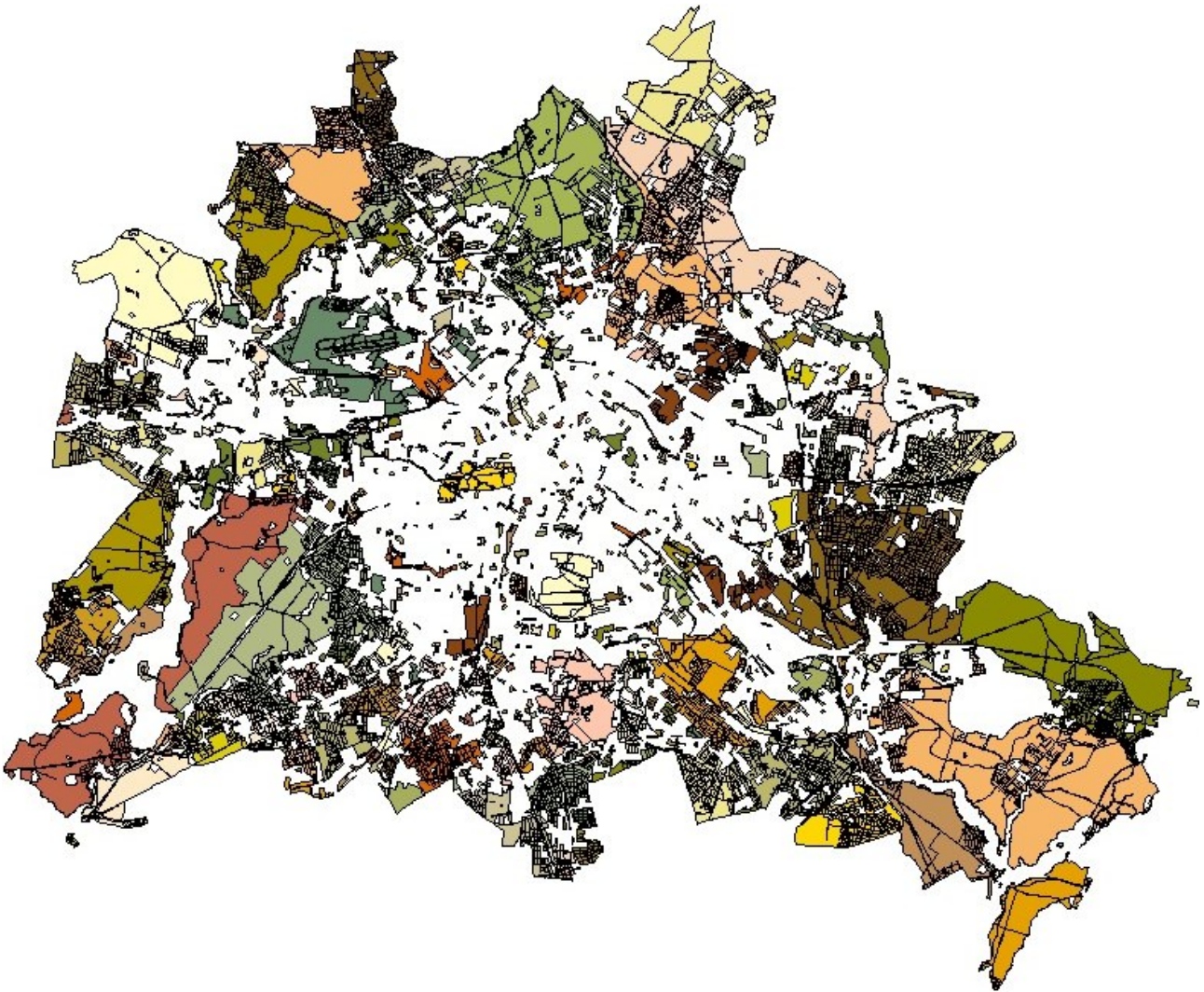


Abb. 4: Aggregation der Grün- und Freiflächen zu insgesamt 699 Aggregationsräumen

Kaltluftproduktion	Anzahl der ISU5-Bezugsflächen	Gesamtgröße der Klasse in ha
hoch	3.797	12.297
mittel	5.032	16.506
gering bis sehr gering	4.530	18.617

Tab. 4: Übersicht der qualitativen Einordnung der Grünflächenaggregationsräume

Die Gesamtfläche der potenziell kaltluftproduzierenden Grünflächen beziffert sich auf ca. 47.420 Hektar, was einem Flächenanteil von rund 53 % des gesamten Stadtgebietes entspricht und als hoch angesehen werden kann. Die Ausprägung der Kaltluftlieferung innerhalb von Grünarealen ist dabei meist räumlich differenziert. Oft weisen bei innerstädtischen Grünflächen die zentralen Bereiche einen niedrigeren Kaltluftvolumenstrom auf als die an die Bebauung angrenzenden Teilflächen. Dies ist darauf zurück zu führen, dass, angetrieben durch den Temperaturunterschied zwischen Freifläche und Bebauung, die Kaltluft erst beschleunigt werden muss und dann die Werte in Richtung auf die Bebauung zunehmen. Im Übergangsbereich von Grünfläche und Bebauung ist der Temperaturgradient und damit auch die Intensität des Luftaustausches am höchsten.

Grün- und Freiflächen mit einem **hohen Kaltluftmassenstrom** sind insbesondere am Stadtrand anzutreffen. Generell erweisen sich die größeren Wald- und Ruderalflächen, Friedhöfe und Kleingartenanlagen als sehr kaltluftproduktiv. Die für die Stadtmitte flächenhaft wichtigsten stadtklimatischen Beiträge gehen vom **Großen Tiergarten**, dem ehemaligen **Flughafen Tempelhof** und den **Kleingartenkolonien am Priesterweg** aus. Diese Flächen sind durch ihre ausgedehnten

Kaltlufteinwirkbereiche gekennzeichnet. Zu den bedeutsamen Freiflächen mit Bezug zur Innenstadt zählen auch Teile des **Grunewaldes**. Die in Richtung auf die Stadtmitte vorgelagerten, durchgrünten Siedlungstypen sowie auftretende Hangneigungen $> 1^\circ$ unterstützen die Kaltluftströmung erheblich, so dass Kaltluftreichweiten in die Bebauung der Ortsteile Schmargendorf und Wilmersdorf von bis zu 2.000 m erzielt werden (vgl. dazu auch die ausführliche Beschreibung innerhalb der Karte 04.10 Klimamodell Berlin). Zusammen mit den Kleingartenanlagen nördlich des Spandauer Damms, am Heckerdamm sowie den Volksparken Jungfernheide und Rehberge ergibt sich ein ca. 10 km langer, die westliche Stadtmitte umrahmender Kaltlufteinwirkbereich. Eine ähnliche Bedeutung haben in der östlichen Stadtmitte die Grünbereiche um den Volkspark Prenzlauer Berg bzw. den Zentralfriedhof Lichtenberg.

Mit einer Anzahl von 3.797 Blockflächen und einer Gesamtfläche von ca. 12.297 Hektar beträgt der Anteil dieser Kategorie am Grünflächenbestand ca. 26 %. Dazu zählen die ausgedehnten Wald- und Freiflächen in Stadtrandnaher Lage mit hohen Kaltluftvolumenströmen vor allem im Norden und Westen Berlins.

Die Ausgleichsleistung von Flächen mit einem **mittleren Kaltluftmassenstrom** ist ebenfalls als bedeutsam einzuschätzen. In der Innenstadt treten der Schlosspark Charlottenburg, der Volkspark Friedrichshain sowie der Volkspark Humboldthain mit einem ausgeprägten Kaltlufteinwirkbereich hervor. Im Süden des Stadtgebietes weisen verbreitet die durchgrünten Siedlungstypen ohne Anbindung an Park- oder Waldflächen einen mittleren Massenstrom auf. Die Flächensumme der als mittel einzustufenden Freiflächen beläuft sich auf 16.506 Hektar, was in etwa 35% aller hier bewerteten Flächen entspricht.

Grünflächen, die einen **geringen Kaltluftmassenstrom** aufweisen, haben mit ca. 18.221 Hektar einen Anteil von 38 % am Grünflächenbestand. Dazu zählen vor allem die kleineren Friedhöfe, Kleingärten und Parkareale mit einer Flächengröße von bis zu 10 ha. Solange diese Areale in eine insgesamt wärmere Umgebungsbebauung eingebettet sind, bilden sie nur selten einen eigenen Einwirkbereich aus. In Nachbarschaft zu kaltluftproduktiveren Grünarealen können sie jedoch deren Wirkungen unterstützen und damit den jeweiligen klimatischen Einwirkbereich vergrößern.

Grünflächen mit einem **sehr geringen Kaltluftmassenstrom** bilden in der Regel auch keinen Einwirkbereich mehr aus. Dabei handelt es sich vor allem um kleinere, innerhalb der Bebauung gelegene Flächen von bis zu 2,5 ha. Innerhalb von Belastungsbereichen können aber auch diese Flächen eine bedeutsame Funktion als klimaökologische Komfortinseln erfüllen, sofern sie ein Mosaik aus unterschiedlichen Mikroklimaten wie beispielsweise beschattete und besonnte Bereiche oder kühlende Wasserflächen aufweisen (Mikroklimavielfalt). Der Anteil dieses Flächentyps am Gesamtbestand beträgt mit 396 Hektar lediglich ca. 1 %. Einen räumlichen Überblick über die Verteilung der einzelnen Kaltluft-Produktivitätsklassen bietet Abbildung 5.

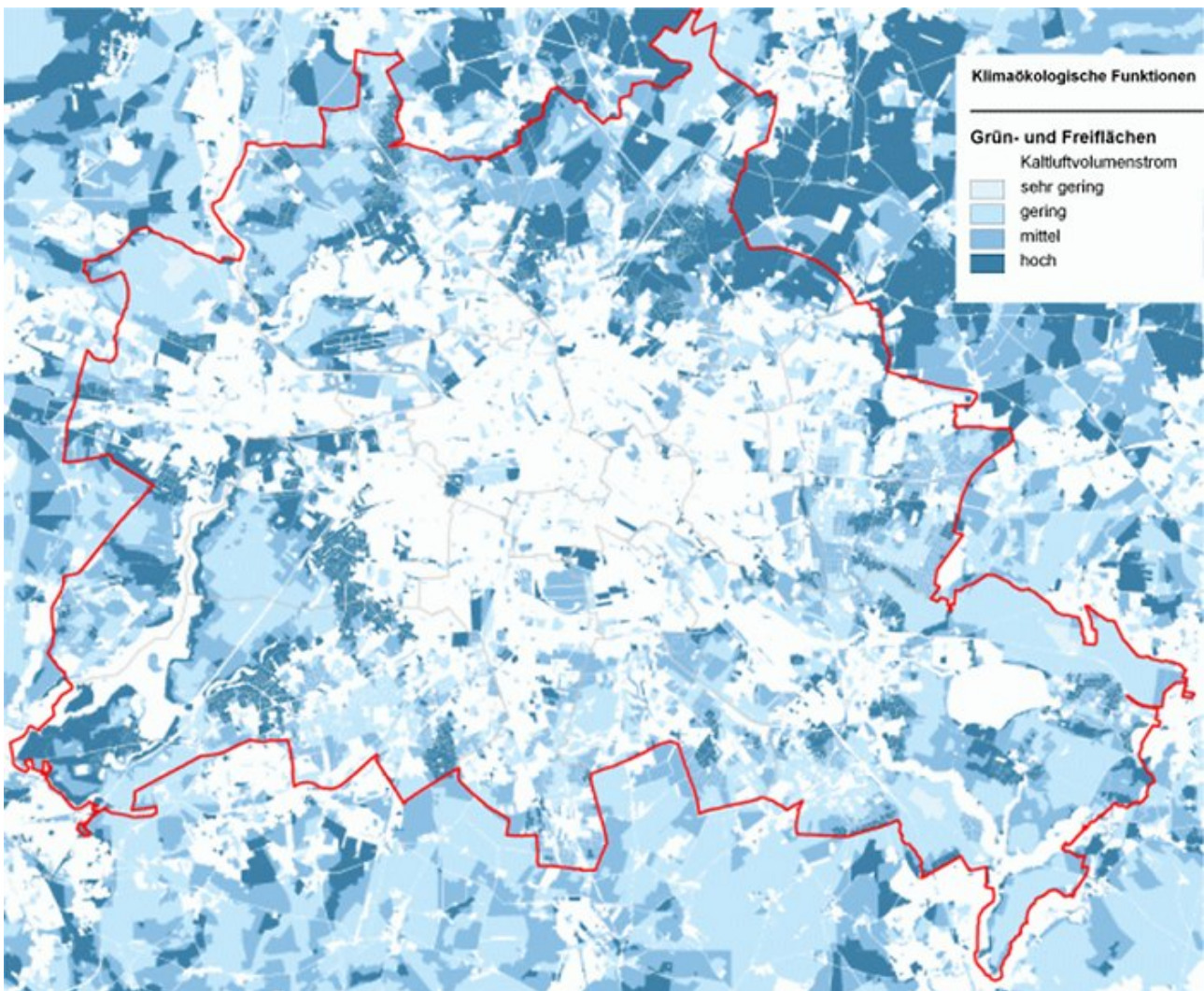


Abb. 5: Klassifikation der Grünaggregationsräume und Freiflächen des Umlandes nach ihrer Kaltluftlieferung

Die **Kaltluftentstehungsgebiete des Umlandes** stehen oftmals in direktem Kontakt zu denen des Stadtgebietes und sind quasi als deren Erweiterung anzusehen. Aufgrund der größeren Distanz zu Siedlungsräumen ist das Strömungsfeld erst zum 06.00-Uhr-Zeitpunkt voll ausgeprägt. Die größten Kaltluftentstehungsgebiete sind im Nordosten Berlins anzutreffen. Der hier im Verhältnis auffallende Anstieg der Geländehöhe begünstigt in diesem Bereich ein weiträumiges Einströmen der Kaltluft in Richtung auf die Stadt. Zahlreiche kleinere Gebiete sind an der südlichen Stadtgrenze gruppiert, während am Westrand lediglich zwei Kaltluftentstehungsgebiete ausgewiesen werden konnten. Der Kaltluftmassenstrom ist verbreitet als hoch einzustufen. Die Relevanz der umlandbürtigen Flächen steigt mit der Nähe zu Siedlungsbereichen und ist somit in den Räumen Spandau, Marzahn sowie am südlichen Stadtrand am größten.

Siedlungsräume

Wie unter Methode beschrieben, ist die bioklimatische Belastungssituation auf Basis der Z-Transformation des modellierten PMV (Predicted Mean Vote) ermittelt worden. Mit diesem Vorgehen lässt sich eine räumliche Untergliederung des Siedlungsraumes in belastete und bioklimatisch eher ungünstige Bereiche einerseits sowie bioklimatische Gunsträume andererseits durchführen.

Letztere sind meist als **Kaltlufteinwirkbereiche** durch eine moderate Überwärmung und eine ausreichende Durchlüftung aufgrund der von einer kaltluftproduzierenden Freifläche ausgehenden Strömungen gekennzeichnet. Die Reichweite der Kaltluftströmung in die Bebauung hängt neben der Kaltluftproduktivität von der Hinderniswirkung des angrenzenden Bebauungstyps ab. Abbildung 6 zeigt die Situation im Umfeld des Großen Tiergartens, wobei das konzentrische, nächtliche Ausströmen der Kaltluft als Einwirkbereich deutlich wird. Im Gegensatz zu den randlichen Stadtteilen verbleiben im Innenstadtbereich auch die von Kaltluft durchströmten Areale oft auf einem weniger günstigen Niveau.

Im zentralen Bereich des Tiergartens ist eine Zone reduzierter Strömungsgeschwindigkeiten von weniger als 0,2 m/s zu erkennen. Von hier aus wird die produzierte Kaltluft beschleunigt und dringt, angetrieben vom nutzungsbedingtem Temperaturunterschied, in die angrenzende Bebauung ein. Grüne Areale stellen Grünflächen dar, während orange die weniger günstigen und rot die bioklimatisch ungünstigen Baublöcke kennzeichnen.

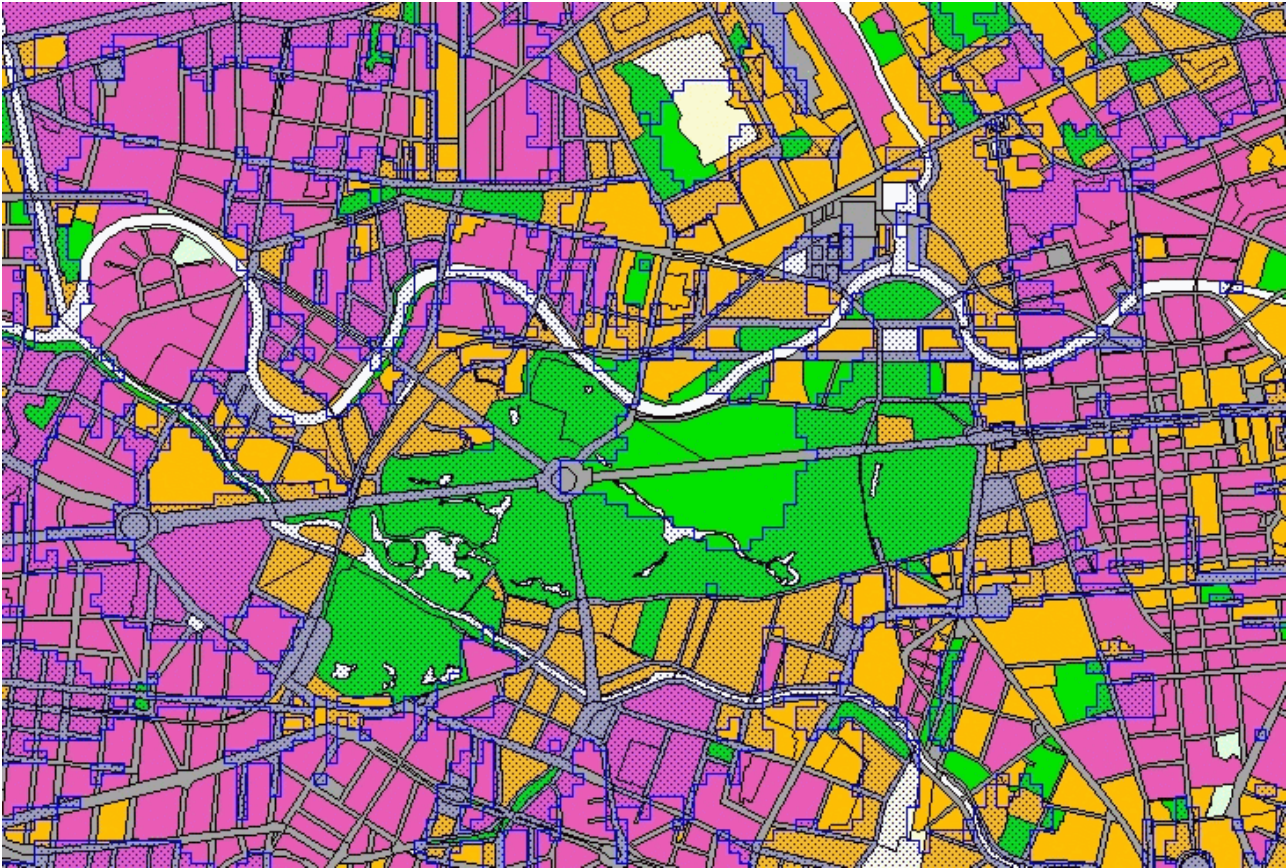


Abb. 6: Simulierter Einwirkungsbereich der im Großen Tiergarten produzierten Kaltluft

Von den Wohlfahrtswirkungen größerer innerstädtischer Freiflächen wie dem ehemaligen Flughafen Tempelhof oder dem Volkspark Friedrichshain profitieren selbst in der Innenstadt weiträumige Siedlungsbereiche. Hierbei dienen vorgelagerte, kleinere Freiflächen oftmals als "grüne Trittsteine" und erleichtern das Vordringen von Kaltluft in die Bebauung.

Diesen Gunsträumen stehen **Belastungsbereiche** mit einer überdurchschnittlichen Wärmebelastung und einem Durchlüftungsmangel gegenüber. Dies betrifft vor allem Gebiete folgender Bezirke:

- Mitte,
- Pankow,
- Friedrichshain-Kreuzberg,
- Lichtenberg,
- Tempelhof-Schöneberg.

Aber auch mehr peripher gelegene, verdichtete Stadtteilzentren weisen eine erhöhte potenzielle bioklimatische Belastung auf, so z.B. in den Bezirken bzw. Ortsteilen

- Spandau,
- Weißensee,
- Hohenschönhausen,
- Marzahn,
- Ober- und Niederschöneweide,
- Mariendorf.

Darüber hinaus treten in fast allen Ortsteilen vereinzelte Baublöcke mit weniger günstigen Verhältnissen hervor. Dabei weisen Hochhaussiedlungen strukturell über Abstandsflächen eine tendenziell günstigere Durchlüftung auf als im Kartenbild dargestellt. Stellenweise kann aber das Belastungsniveau so ausgeprägt sein, dass es auch durch eine vorhandene Kaltluftströmung nicht ausgeglichen werden kann.

Verkehrsbedingte Luftbelastung

Insbesondere innerstädtische Hauptverkehrsstraßen sind von erhöhten Belastungen betroffen; in der Summe liegen nach jetziger Einschätzung rund 8 % des untersuchten Verkehrsnetzes oberhalb des späteren Grenzwertes.

Bei der potenziellen flächenhaften Belastung von Grünflächen durch die Stickstoffdioxid-Emissionen des Verkehrs sind besonders die Konstellationen interessant, in denen Flächen mit einem hohen bzw. mittleren Kaltluftproduktionsvermögen von NO_2 -Konzentrationen $> 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betroffen sein können. Dies ist auf rund 3,3 % der Flächen mit hohem oder mittlerem Kaltluftbildungsvermögen der Fall.

Zwar erscheint diese Zahl relativ gering, in innenstadtnahen Grünflächen jedoch sind z.T. die gesamte Flächenausdehnung (Schlosspark Charlottenburg) oder zumindest größere Teilflächen (westl. Bereich des Großen Tiergarten) betroffen (vgl. Abbildung 7).

Im Hinblick auf eine Optimierung der klimatischen Funktionen dieser Grünräume auch durch Verbesserung der lufthygienischen Situation ist diesen Konstellationen besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden.

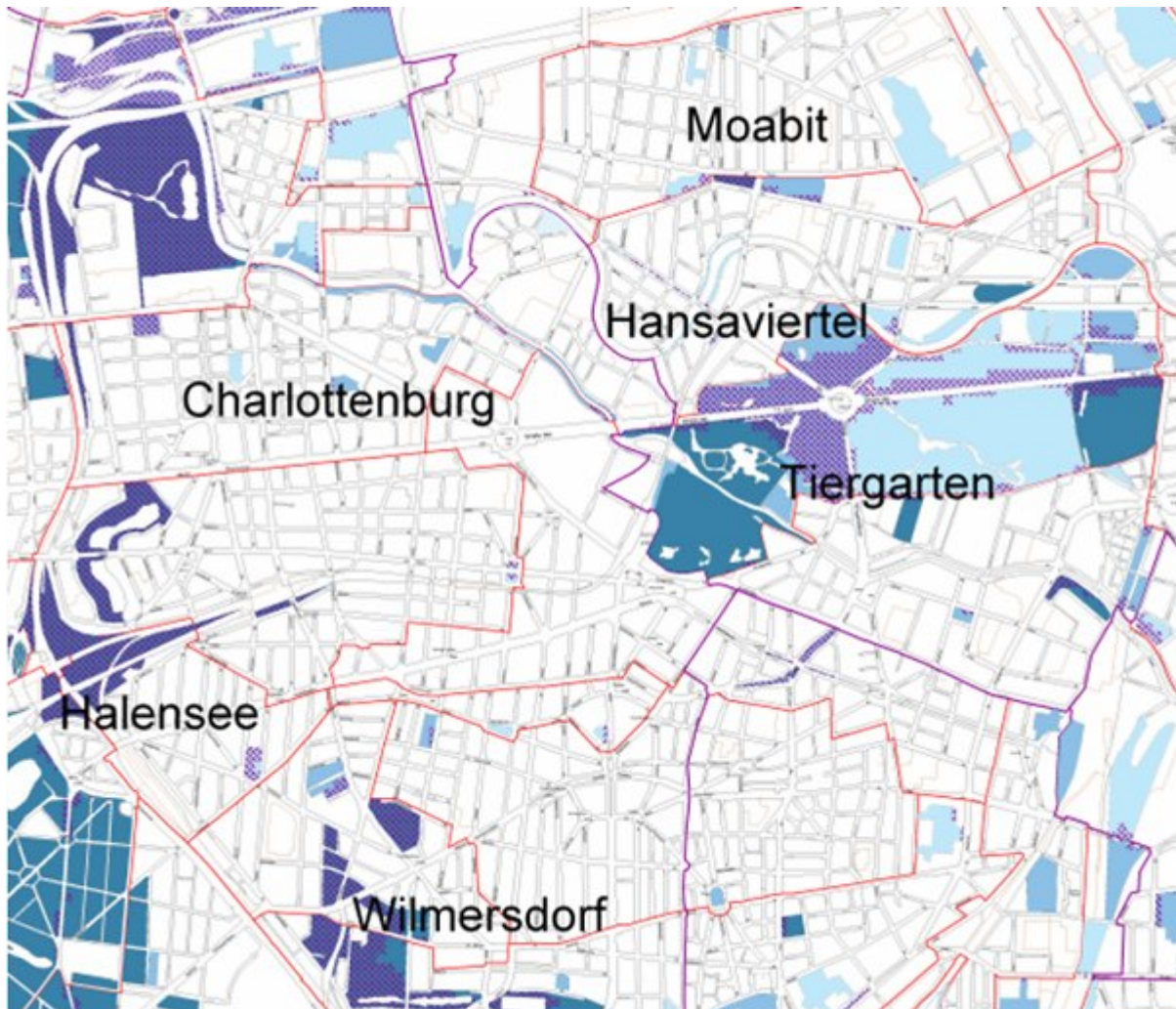


Abb. 7: Potenziell durch verkehrsbedingte Schadstoffe (hier: NO_2 , lila schraffiert) überlagerte Bereiche in klimawirksamen Grünflächen

Luftaustausch

Strukturen, die den Luftaustausch ermöglichen und Kaltluft heranführen, sind das zentrale Bindeglied zwischen Ausgleichsräumen und bioklimatisch belasteten Wirkungsräumen. Leitbahnen sollten generell eine geringe Oberflächenrauigkeit aufweisen, wobei gehölzarme Tal- und Auenbereiche, größere Grünflächen und Bahnareale als geeignete Strukturen in Frage kommen. Breite Straßen können aufgrund ihrer Immissionsbelastung nur dem Klimaausgleich, nicht jedoch dem Heranführen unbelasteter Luft dienen. Die Leitbahnen werden in der Klimafunktionskarte hinsichtlich des Prozessgeschehens untergliedert, wobei auch eine kaltluftproduzierende (Teil-) Fläche eine Leitbahnfunktion ausüben kann.

Es überwiegen die **vorwiegend thermisch** induzierten Leitbahntypen im Zusammenhang mit einer rein auf die nutzungsbedingten Temperaturunterschiede zurückzuführenden Ausgleichsströmung. Beispielhaft für solche Strömungen seien als eine der innenstadtnächsten Leitbahnen die Kleingartenanlagen am Priesterweg angeführt, die Kaltluft vom Friedhof an der Bergstraße in Steglitz und vom Insulaner in Richtung Norden transportieren. Des Weiteren leiten die Kleingartenanlagen am Heckerdamm sowie der Volkspark Rehberge einen Teil der auf dem Flughafen Tegel produzierten Kaltluft in Richtung Innenstadt. Eine weitere Anzahl thermisch induzierter Leitbahnen konnte nördlich einer Linie Tegel - Lichtenberg sowie im Süden zwischen Lichterfelde und Bohnsdorf ausgewiesen werden. Im westlichen Stadtgebiet gruppieren sich Leitbahnen um Spandau und führen Kaltluft aus dem nördlichen Gatower Feld sowie dem Umland heran. Grenzt eine Grünfläche direkt an die Bebauung, kommt es hingegen nicht gesondert zu einer Leitbahnausweisung.

Vorwiegend orographisch induzierte Leitbahnen sind auf das östliche Stadtgebiet konzentriert. Dabei handelt es sich um Talbereiche z.B. der Wuhle und dem Mühlenfließ, die aufgrund ihrer Ausrichtung, Breite und Oberflächenbeschaffenheit als Leitbahnen angesprochen werden können. Im westlichen Stadtgebiet kann dahingehend die vom Grunewald ausgehende Tiefenlinie Hundekehlesee - Dianasee - Koenigssee - Halensee eingeordnet werden.

Die Niederungen der größeren Fließgewässer wie Spree und Havel gehen über diese Funktion hinaus und besitzen zudem eine Eigenschaft als **übergeordnete Luftleit- und Ventilationsbahnen**. Sie begünstigen den Luftaustausch in der angrenzenden Bebauung auch bei stärkeren, übergeordneten Wetterlagen.

Ein **flächenhafter Kaltluftabfluss** ist auf Areale mit Hangneigungen $> 1^\circ$ begrenzt und tritt im Stadtgebiet Berlin aufgrund der vergleichsweise geringen Höhenunterschiede selten auf.

Daher ist dieser Prozess an die wenigen Bereiche mit einer nennenswerten Hangneigung wie die des Grunewaldes und der Köpenicker Bürgerheide gekoppelt. Darüber hinaus kann nördlich des Tegeler Sees, in Kaulsdorf sowie im Forst Düppel vereinzelt von einem Kaltluftabfluss ausgegangen werden. Die Kaltluftlieferung ist auf diesen geneigten Waldflächen überdurchschnittlich hoch, da die Ausstrahlung und damit die primäre Abkühlung hauptsächlich aus dem oberen Kronenbereich und nicht aus unmittelbarer Bodennähe erfolgt. Aufgrund der großen, ausstrahlenden Oberfläche des Bestandes fließt die Kaltluft auch im und über den Kronenbereich ab, statt erst in den Stammraum einzusinken (Groß 1989).

Karte 04.11.2 Planungshinweise Stadtklima

Die Planungshinweiskarte Stadtklima stellt eine integrierende Bewertung der in der Klimafunktionskarte dargestellten Sachverhalte im Hinblick auf planungsrelevante Belange dar. Aus ihr lassen sich Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen zur Verbesserung von Klima und - über die Effekte der Verdünnung und des Abtransportes - auch der Luft ableiten. Dem Leitgedanken dieser Bemühungen entsprechen die Ziele zur

- Sicherung,
- Entwicklung und
- Wiederherstellung

klima- und immissionsökologisch wichtiger Oberflächenstrukturen (Mosimann et al. 1999). Die zugeordneten Planungshinweise geben Auskunft über die Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen, aus denen sich klimatisch begründete Anforderungen und Maßnahmen im Rahmen der räumlichen Planung ableiten lassen. Sie sollen darüber hinaus helfen, die im Kontext der **Anpassung an den Klimawandel** notwendigen planerischen Festlegungen zu treffen.

Im Folgenden wird auf die planerische Einordnung der klimaökologisch relevanten Elemente in Berlin eingegangen. Ausführliche, blockbezogene Planungsempfehlungen sind der digitalen Version der [Planungshinweiskarte](#) zu entnehmen.

Grün- und Freiflächenbestand

Innerstädtische und siedlungsnahe Grünflächen haben eine wesentliche Wirkung auf das Stadtklima und beeinflussen die direkte Umgebung in mikroklimatischer Sicht positiv. Aus größeren, zusammenhängenden Grünarealen ergibt sich somit das klimatische Regenerationspotenzial. Der produzierte Kaltluftmassenstrom als qualifizierender Parameter tritt aber an dieser Stelle in den Hintergrund. Für die planerische Einordnung ist vielmehr die Lage im Raum entscheidend und damit die Frage, welche bioklimatische Belastung eine zugeordnete Bebauung aufweist. Denn letztendlich kann auch eine Grünfläche mit geringer Kaltluftproduktion eine signifikante Wohlfahrtswirkung in stark überbauten Bereichen erbringen.

Eine **sehr hohe stadtklimatische Bedeutung** erlangen daher Grün- und Freiflächen mit Einfluss auf bioklimatisch belastete Siedlungsräume. Dazu zählen vor allem die großen, innenstadtnahen Grünflächen wie der Große Tiergarten, die unbebauten Bereiche des Flughafens Tempelhof oder der Volkspark Friedrichshain. Eine sehr hohe Bedeutung kann darüber hinaus auch den kleineren Park-, Ruderal- und Brachflächen oder gering versiegelten Sportplätzen zukommen, sofern sie Entlastungswirkungen für benachbarte Bebauung erzeugen können. Daraus resultiert für diese Flächen die **höchste Empfindlichkeit** gegenüber einer Nutzungsintensivierung mit den folgenden Planungsempfehlungen:

- Vermeidung von Austauschbarrieren gegenüber bebauten Randbereichen,
- Reduzierung von Emissionen und
- Vernetzung mit Freiflächen.

Dies bedeutet, dass bauliche und zur Versiegelung beitragende Nutzungen dieser Flächen zu weiteren, bedenklichen klimatischen Beeinträchtigungen führen können. Neben den angesprochenen und weiteren Einzelflächen dieser Klasse sind auch größere, randständige Areale wie die Freiflächen bei Blankenfelde oder die Wuhlheide dieser Kategorie zuzuordnen.

Grün- und Freiflächen, die einen Bezug zu Siedlungsräumen mit einem geringen Belastungsniveau oder sogar günstigem Kleinklima aufweisen, besitzen eine **hohe bis mittlere stadtklimatische Bedeutung**. Sie sind vorwiegend innenstadtfern lokalisiert und haben Bezug zu den weniger bioklimatisch belasteten Siedlungsräumen außerhalb des S-Bahnringes. Dazu zählen die folgenden Bereiche:

- Grünflächen bzw. durchgrünte Siedlungen zwischen Bucher Forst und Malchow,
- Krummendammer- und Köpenicker Bürgerheide,
- Grunewald nordwestlich der Avus sowie Jungfernheide und
- Forst Spandau.

Für diese Flächen ergibt sich eine **hohe Empfindlichkeit** gegenüber einer Nutzungsintensivierung, bei der insbesondere der Luftaustausch mit der Umgebung berücksichtigt werden sollte.

Als dritte Kategorie werden Grün- und Freiflächen mit einer **geringen stadtklimatischen Bedeutung** ausgewiesen. Dabei handelt es sich um Flächen, die entweder einen geringen Einfluss auf - belastete - Siedlungsbereiche ausüben oder eine unbedeutende Kaltluftproduktion aufweisen. Letztere besitzen oft eine geringe Flächengröße und sind insbesondere im Innenstadtbereich anzutreffen. Diesen Flächen kann dann durchaus noch eine Rolle als klimaökologische Komfortinsel zukommen, sofern sie eine Mikroklimavielfalt aufweisen (z.B. Gewässer, beschattete und besonnte Bereiche).

Zu den größeren Arealen mit einer geringen Empfindlichkeit zählen vor allem die dem Grünflächenbestand zugeordneten, stadtklimatisch relevanten grüneprägten Siedlungen (s. klimatisch günstige Siedlungsräume). Sofern sie nicht direkt an belastete Bereiche angrenzen, wären dort bauliche Eingriffe, die den lokalen Luftaustausch nicht wesentlich beeinträchtigen, nur mit **geringen klimatischen Veränderungen** verbunden.

Siedlungsräume

Bei **klimatisch günstigen Siedlungsräumen** handelt es sich um locker bebaute und durchgrünte Siedlungen wie z.B. Villenbebauung mit einem geringen Versiegelungsgrad, hohem Vegetationsanteil und relativ hoher nächtlicher Abkühlungsrate. Diese Areale sind zu einem gewissen Maße selbst Kaltluftproduzenten und unterstützen die Kaltluftströmung benachbarter Freiflächen. Durchgrünte Siedlungen sind vor allem außerhalb des S-Bahn-Rings anzutreffen, aber auch in Innenstadtnähe (z.B. die Gartenstadt Tempelhof westlich des Flughafens). Diese Gebiete führen weder zu einer intensiven bioklimatischen Belastung noch zu Beeinträchtigungen des Luftaustausches. Daher haben sie einen meist niedrigen PMV-Wert (vgl. Siedlungsräume im Kapitel Methode), der Grundlage für die Bewertung der

bioklimatischen Situation in vier Klassen (sehr günstig / günstig / weniger günstig / ungünstig) gemäß VDI-Richtlinie 3785 ist.

Dabei weisen die bioklimatisch **sehr günstigen Siedlungsflächen** im allgemeinen eine **mittlere Empfindlichkeit** gegenüber Nutzungsintensivierungen auf, sofern die Bauhöhen gering gehalten und die Baukörperstellung beachtet wird. In direkter Nachbarschaft zu Belastungsbereichen ist aufgrund der Klimarelevanz jedoch von der **höchsten Empfindlichkeit** auszugehen.

Zur ebenfalls gering belasteten Wohnbebauung zählen die bioklimatisch **günstigen Siedlungsräume**, welche aber nicht immer einen Kaltluftereinwirkungsbereich aufweisen. Grenzen diese Flächen an Belastungsräume an, ergibt sich eine **hohe Empfindlichkeit** hinsichtlich einer Nutzungsintensivierung und die Anforderung an eine Vermeidung weiterer Verdichtung. Bei fehlender Nachbarschaft zu Belastungsräumen besteht lediglich eine **geringe Empfindlichkeit** gegenüber baulichen Eingriffen.

Belastungsbereiche dagegen weisen einen Durchlüftungsmangel und eine überdurchschnittliche Wärmebelastung auf. Hier werden Siedlungsräume mit den Bewertungskategorien **weniger günstig** sowie **ungünstig** unterschieden. Unter Berücksichtigung des Belastungsniveaus ergibt sich eine **hohe bzw. sehr hohe Empfindlichkeit** gegenüber einer Nutzungsintensivierung. Diese Gebiete sind unter stadtklimatischen Gesichtspunkten sanierungsbedürftig, woraus sich die folgenden Planungshinweise ergeben:

- Keine weitere Verdichtung,
- Verbesserung der Durchlüftung und Erhöhung des Vegetationsanteils,
- Erhalt aller Freiflächen und
- Entsiegelung und ggf. Begrünung der Blockinnenhöfe.

Neben dem innerstädtischen Raum sind auch stärker überbaute Bezirkszentren wie z.B. Spandau, Weißensee oder Hohenschönhausen betroffen. Eine lokale bioklimatische Belastung kann darüber hinaus im gesamten Stadtgebiet auftreten und ist nicht auf die Verdichtungsgebiete beschränkt. Vereinzelt kommt es zum Auftreten einer Belastung trotz vorhandenem Kaltluftereinwirkungsbereich. In einem solchen Fall ist die potentielle Belastungssituation so hoch, dass selbst eine Kaltluftströmung keinen signifikanten Ausgleich herstellen kann.

Die Situation im randstädtischen Bereich von Tempelhof-Schöneberg zeigt Abbildung 8. Sehr deutlich treten die bioklimatisch belasteten Gewerbegebiete hervor, insbesondere im Ortsteil Mariendorf. Gleichzeitig ist die grünteprägtete Bebauung als klimatisch günstiger Siedlungsraum erkennbar (hellgrüne und beige Farbe).

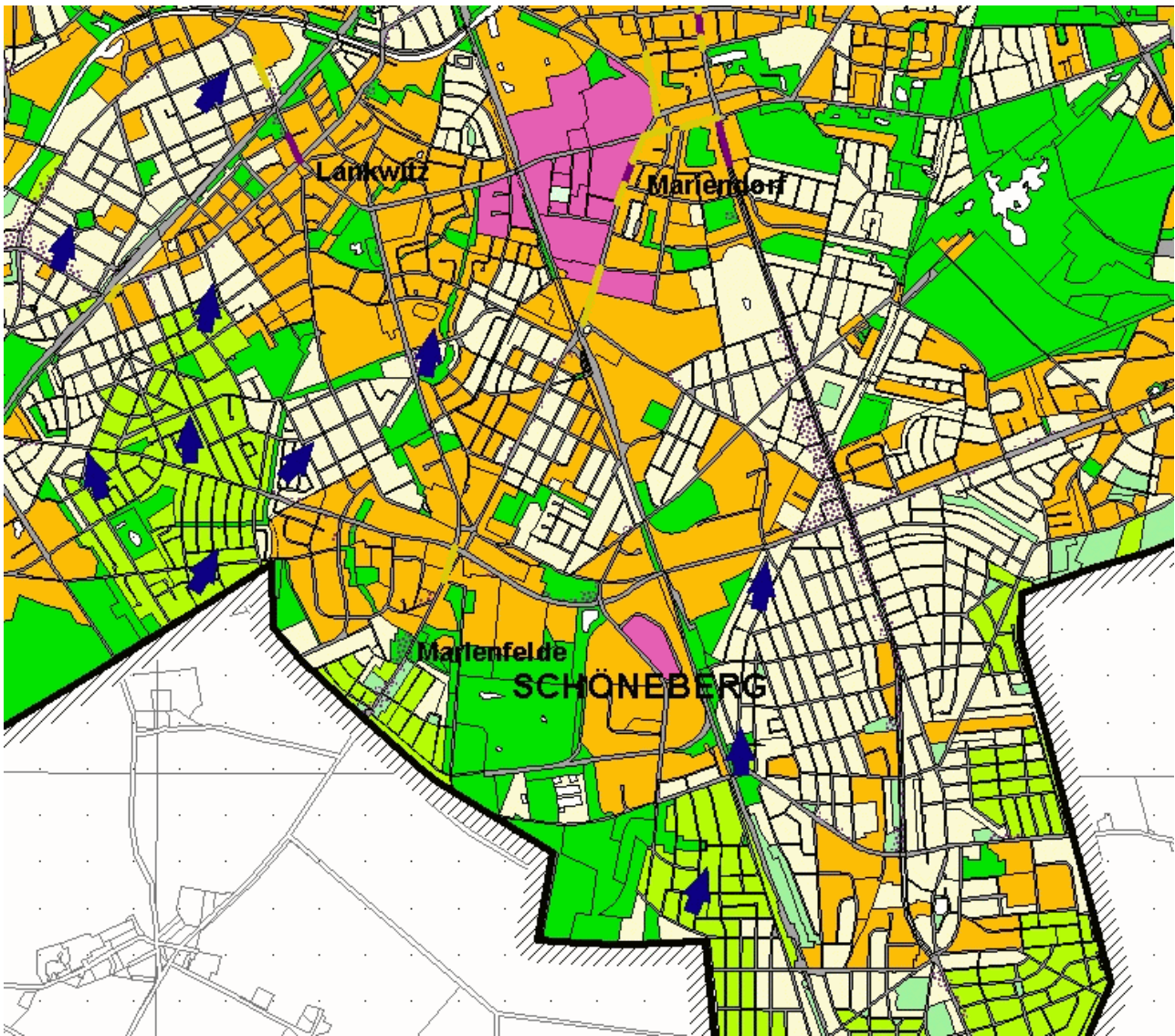


Abb. 8: Beispiele lokaler bioklimatischer Belastungsbereiche außerhalb der Innenstadt, hier in den Ortsteilen Marienfelde/Mariendorf

Kaltluftleitbahnen, die in diesem Beispiel Kaltluft aus dem Umland heranführen, sind durch die Pfeilsignatur gekennzeichnet. Als Leitbahnen dienen die durchgrünten Siedlungstypen sowie der Freizeitpark Marienfelde. Aufgrund der Zuordnung zu den genannten Belastungsbereichen kommt den beteiligten Grünflächen eine sehr hohe stadtklimatische Bedeutung zu, was gleichermaßen für deren Leitbahnfunktion gilt.

Verkehrsbedingte Luftbelastung

Die Darstellung der **potenziellen verkehrsbedingten Luftbelastung entlang von Hauptverkehrsstraßen und in Grünflächen** ergänzt das Spektrum auftretender Belastungen (vgl. Methodik). Außerdem sind die mit FITNAH modellierten Bereiche innerhalb von Grünflächen ausgewiesen, in denen NO_2 -Konzentrationen von mehr als $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ während austauscharmer Wetterlagen auftreten können. Eine ausführliche Darstellung der Screening-Ergebnisse im Hauptstraßennetz findet sich in der Umweltatlas-Karte 03.11 „Verkehrsbedingte Luftbelastung“ (SenStadt 2008a). Planungsempfehlungen sind in diesem Zusammenhang Teil immissions- bzw. verkehrsbezogener Fachplanungen, wie sie z.B. im Luftreinhalteplan für Berlin (vgl. SenStadt 2008) oder dem Stadtentwicklungsplan (StEP) Verkehr (vgl. SenStadt 2002ff) beschrieben sind.

Aus stadtklimatischer Sicht ist der Verweis auf eine möglichst schadstoffarme Atmosphäre in den Klimafunktionsräumen zur Erhaltung bzw. Förderung von Frischluft von zentraler Bedeutung. Nur so kann ein Erhalt bzw. eine Optimierung der städtischen Belüftung gesichert werden.

Luftaustausch

Kaltluftleitbahnen und -abflüsse werden in der Planungshinweiskarte in zwei Kategorien untergliedert, wobei die Wertigkeit mit der räumlichen Nähe zu Belastungsbereichen ansteigt. **Leitbahnen** mit einer **sehr hohen Bedeutung** begünstigen das Vordringen von Kaltluft in den Innenstadtbereich und zu belasteten Stadtteilzentren. Dazu zählen u.a. die Kolonien am S-Bahnhof Priesterweg, die Kaltluft vom Friedhof an der Bergstraße bzw. vom Insulaner in Richtung Norden führen oder der Volkspark Rehberge, der das Vordringen der auf dem Flughafen Tegel produzierten Kaltluft in Richtung Mitte ermöglicht. Weitere Leitbahnen dieser Kategorie sind nördlich und südlich des S-Bahnringes gruppiert.

Ein **flächenhafter Kaltluftabfluss** mit einer sehr hohen Bedeutung tritt dagegen lediglich im Grunewald auf, an dessen Ostseite hohe Kaltluftreichweiten angenommen werden können. **Leitbahnen einer mittleren bis hohen Bedeutung** sind vorwiegend im Randbereich Berlins anzutreffen, was auch für den **flächenhaften Kaltluftabfluss** dieser Kategorie gilt. Für diese bedeutsamen Strukturen bzw. Prozesse ergeben sich die folgenden, gemeinsamen Planungshinweise:

- Vermeidung baulicher Hindernisse, die einen Kaltluftstau verursachen könnten,
- Bauhöhe möglichst gering halten,
- Neubauten längs zur Leitbahn ausrichten
- Randbebauung möglichst vermeiden und
- Erhalt des Grün- und Freiflächenanteils.

Als **großräumige Luftleit- und Ventilationsbahnen** treten einige Talabschnitte der großen Fließgewässer Havel und Spree in Erscheinung, deren Funktion über den lokalen Luftaustausch hinaus geht. Sie begünstigen den Luftaustausch in die angrenzende Bebauung auch bei stärkeren, übergeordneten Wetterlagen. Aus fachplanerischer Sicht sollte daher die Uferlage freigehalten oder möglichst offen bebaut werden.

Literatur

[1] Bartfelder, F., Köhler, M. 1987:

Experimentelle Untersuchungen zur Funktion von Fassadenbegrünungen, Diss. am Fachbereich 14 der Technischen Universität Berlin, Berlin.

[2] Deutscher Wetterdienst DWD 1996:

Klimakarten für das Land Berlin, Teil 1: Bioklima Berlin, Gutachten im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie, unveröffentlicht.

[3] Deutscher Wetterdienst DWD / Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin 2008/2009:

Kooperationsvereinbarung zur Entwicklung eines Konzeptes zur Abschätzung der zukünftigen Entwicklung des Stadtklimas in Berlin unter dem Einfluss des weltweiten Klimawandels, in Bearbeitung.

Internet:

http://www.stadtentwicklung.berlin.de/aktuell/pressebox/archiv_volltext.shtml?arch_0804/nachricht3012.html
(Zugriff am 11.05.2009)

[4] Groß, G. 1989:

Numerical simulation of the nocturnal flow systems in the Freiburg area for different topographies, in: Beitr. Phys. Atmosph., H 62, S. 57-72.

[5] Groß, G. 1993:

Numerical simulation of canopy flows, Springer Verlag Berlin.

[6] Groß, G. 2002:

The exploration of boundary layer phenomena using a nonhydrostatic mesoscale model, in: Meteor.Z.schr. Vol. 11 Nr.5, S.701-710.

- [7] **IVU Umwelt GmbH 2005: Programmsystem IMMIS■■■.** Internet: <http://www.immis.de/>
(Zugriff am 11.05.2009)
- [8] **Kuttler, W. 1993:**
Planungsorientierte Stadtklimatologie, Sonderdruck aus: Geographische Rundschau 45. Jg., 2, S. 95-106. KVR (Kommunalverband Ruhrgebiet) (Hrsg.) 1992: Synthetische Klimafunktionskarte Ruhrgebiet, Essen.
- [9] **Mosimann, T. et al. 1999:**
Karten der klima- und immissionsökologischen Funktionen - Instrumente zur prozessorientierten Betrachtung von Klima und Luft in der Umweltplanung, in: Naturschutz und Landschaftsplanung 31,(4),S. 101-108, Stuttgart.
- [10] **Moriske & Turowski 2002:**
Handbuch für Bioklima und Lufthygiene, 8. Ergänzungslieferung, Ecomed-Verlag, Landsberg.
- [11] **Richter & Röckle (iMA Immissionen, Meteorologie Akustik) o.J.:**
Das numerische Simulationsmodell FITNAH, digitale PDF-Datei. Internet: <http://www.ima-umwelt.de/downloads/FITNAH-Kurzuebersicht.pdf>
- [12] **SenGesUmV (Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz) 2008:**
Emissionskataster Kraftfahrzeug-Verkehr 2005, Veröffentlichung in Vorbereitung.
- [13] **SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (Hrsg.) 2002ff:**
Stadtentwicklungsplan Verkehr, Berlin. Internet:
<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/de/verkehr/index.shtml>
(Zugriff am 11.05.2009)
- [14] **SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (Hrsg.) 2008:**
Luftreinhalte- und Aktionsplan 2005-2010, Berlin.
Internet: http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/doku_lrp.shtml
(Zugriff am 11.05.2009)
"Gesamteinschätzung der verkehrsrelevanten Luftbelastung mit Hilfe von Rechenmodellen 2001".
unter: http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/download/fb2001_7_8.pdf
- [15] **VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 1997:**
Richtlinie VDI 3787, Blatt1, Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen, Düsseldorf.
Internet: <http://www.vdi.de/>
- [16] **VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 2008:**
Richtlinie VDI 3785, Blatt1, Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima, Düsseldorf.
Internet: <http://www.vdi.de/>
- [17] **Vogt, J. 2002a:**
Bericht über orientierende Untersuchungen zur lokalklimatischen Funktion der Flächen des Gleisdreieckes in Berlin, Textteil, Voruntersuchung im Auftrag der Vivico Management GmbH, unveröffentlicht, Berlin.
- [18] **Vogt, J. 2002b:**
Bericht über orientierende Untersuchungen zur lokalklimatischen Funktion der Flächen des Gleisdreieckes in Berlin, Abbildungsteil, Voruntersuchung im Auftrag der Vivico Management GmbH, unveröffentlicht, Berlin.
- [19] **22. BImSchV 2002:**
22. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft-22. BImSchV), 11.09.2002, zuletzt geändert durch Art. 2 v. 13. 7.2004 I 1612.

Digitale Karten

[20] SenSUT (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie Berlin) (Hrsg.) 1998:

Umweltatlas Berlin, Ausgabe 1998, Karte 04.09 Bioklima bei Tag und Nacht, 1:75 000, Berlin.

Internet:

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ia409.htm>

(Zugriff 12.05.2009)

[21] SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (Hrsg.) 2001a:

Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe 2001, Karte 04.02 Langjährige Temperaturverteilung 1961 - 1990, 1:50 000, Berlin.

Internet:

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ia402.htm>

(Zugriff 12.05.2009)

[22] SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (Hrsg.) 2001b:

Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe 2001, Karte 04.04 Temperatur in mäßig austauscharmen Strahlungsnächten, 1:125 000, Berlin.

Internet:

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ia404.htm>

(Zugriff 12.05.2009)

[23] SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (Hrsg.) 2001c:

Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe 2001, Karte 04.05 Klimazonen, 1:50 000, Berlin.

Internet:

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ia405.htm>

(Zugriff 12.05.2009)

[24] SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (Hrsg.) 2001d:

Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe 2001, Karte 04.06 Oberflächentemperaturen bei Tag und Nacht, 1:85 000, Berlin.

Internet:

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ia406.htm>

(Zugriff 12.05.2009)

[25] SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (Hrsg.) 2001e:

Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe 2001, Karte 04.07 Klimafunktionen, 1:50 000, Berlin.

Internet:

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ia407.htm>

(Zugriff 12.05.2009)

[26] SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (Hrsg.) 2004:

Umweltatlas Berlin, Ausgabe 2004, Karte 01.08 Geländehöhen, 1:50 000, Berlin.

Internet:

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i108.htm>

(Zugriff 12.05.2009)

[27] SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (Hrsg.) 2007:

Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe 2007, Karte 01.02 Versiegelung, 1:50 000, Berlin.

Internet:

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ib102.htm>

[28] SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (Hrsg.) 2008a:

Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe 2008, Karte 03.11 Verkehrsbedingte Luftbelastung durch NO₂ und PM₁₀, 1:50 000, Berlin.

Internet:

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ia311.htm>

[29] SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (Hrsg.) 2008b:

Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe 2008, Karte 06.01 Flächennutzung, Karte 06.02 Grün- und Freiflächenbestand, 1:50 000, Berlin.

Internet:

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ic601.htm>

[30] SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (Hrsg.) 2008c:

Umweltatlas Berlin, aktualisierte und erweiterte Ausgabe 2008, Karte 06.07 Stadtstruktur, 1:50 000, Berlin.

Internet:

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ic607.htm>

[31] SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (Hrsg.) 2009:

Umweltatlas Berlin, Aktualisierte und erweiterte Ausgabe 2009, Karte 04.10 Klimamodell Berlin - Analysekarten, 1:50 000, Berlin.

Internet:

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ia410.htm>