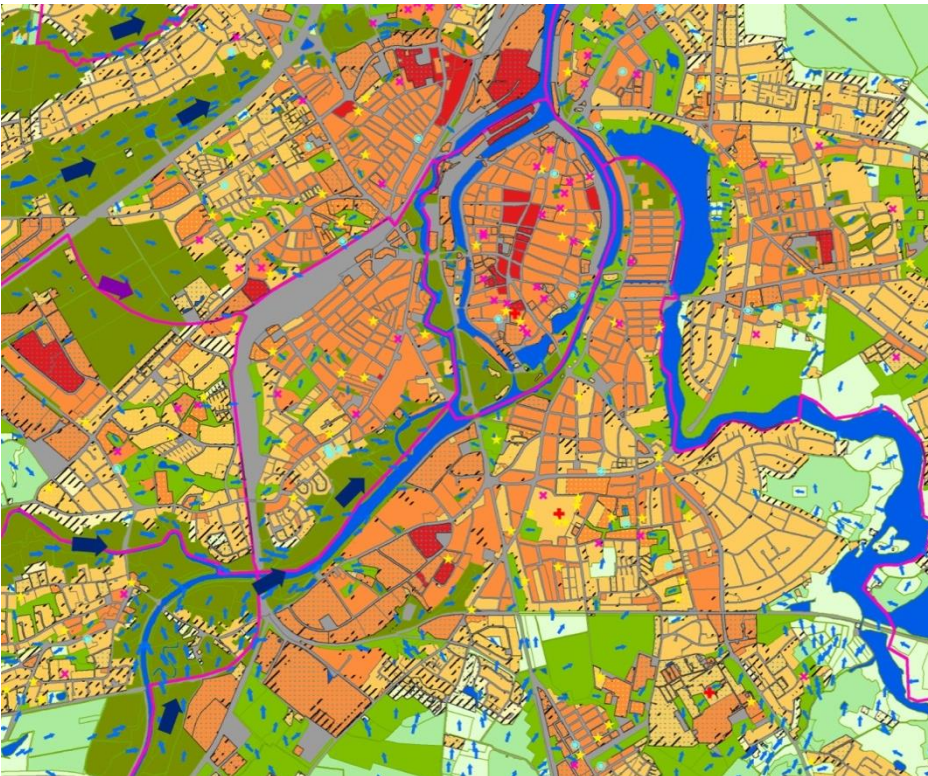



# Klimaanalyse für das Stadtgebiet der Hansestadt Lübeck

## Phase 3: Planungshinweiskarte

Revision 01



Auftraggeber:

Hansestadt LÜBECK 

Bereich Umwelt-, Natur- und Verbraucherschutz; Umweltvorsorge  
und Stadtklima

Kronsforder Allee 2-6

23539 Lübeck



**GEO-NET Umweltconsulting GmbH**

Große Pfahlstraße 5a

30161 Hannover

Tel. (0511) 3887200

FAX (0511) 3887201

[www.geo-net.de](http://www.geo-net.de)

In Zusammenarbeit mit: Prof. Dr. G. Groß  
Anerkannt beratender Meteorologe (DMG),  
Öffentlich bestellter Gutachter für Immissionsfragen und  
Kleinklima der IHK Hannover-Hildesheim

Hannover, Mai 2016

## Inhaltsverzeichnis

	Seite:
<b>1 Aufgabenstellung .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Planungshinweiskarte Stadtklima – Nachtsituation .....</b>	<b>4</b>
2.1 Planerische Bewertung von Grün- und Freiflächen und Siedlungsräumen .....	4
2.2 Grün- und Freiflächen .....	6
2.3 Siedlungsräume .....	12
2.4 Luftaustausch.....	15
2.5 Kleinräumige Maßnahmen zur Verbesserung der stadtklimatischen Situation .....	16
2.6 Einwohnerdichte.....	21
<b>3 Planungshinweiskarte Stadtklima – Tagsituation .....</b>	<b>22</b>
3.1 Aufenthaltsqualität der Grün- und Freiflächen am Tage.....	22
3.2 Siedlungsräume .....	24
3.3 Lufthygienische Belastung im Untersuchungsgebiet am Tage.....	25
<b>4 Vergleich Grün- und Freiflächen in Nacht- und Tagsituation .....</b>	<b>27</b>
4.1 Aufenthaltsqualität der Grün- und Freiflächen im Tag-/Nacht-Vergleich .....	27
4.2 Bioklimatische Situation der Siedlungsräume im Tag-/Nacht-Vergleich .....	27
<b>5 Nutzungshinweise für die Bauleitplanung.....</b>	<b>29</b>
<b>Glossar .....</b>	<b>35</b>
<b>Literatur .....</b>	<b>37</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Vereinfachtes Verknüpfungsmodell zur Ermittlung der bioklimatischen Bedeutung der Grün- und Freiflächen .....	5
Abb. 2.2: Planungshinweiskarte/Kartenausschnitt Lübeck-West.....	8
Abb. 2.3: Bilanzierung der Grün- und Freiflächen im Untersuchungs- und Stadtgebiet von Lübeck, Nachtsituation .....	9
Abb. 2.4: Planungshinweiskarte Ausschnitt Lübeck-Mitte (Legende wie Abb. 2.2) .....	13
Abb. 2.5: Bilanzierung der Siedlungsräume im Untersuchungs- und Stadtgebiet von Lübeck, Nachtsituation .....	13

Abb. 2.6:	Albedo-Werte verschiedener Oberflächen (SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG [Hrsg.] 2011) .....	18
Abb. 3.1:	Bilanzierung der Grün- und Freiflächen im Untersuchungs- und Stadtgebiet der Hansestadt Lübeck, Tagessituation .....	24
Abb. 3.2:	Bilanzierung der Siedlungsräume im Untersuchungs- und Stadtgebiet der Hansestadt Lübeck, Tagsituation .....	25
Abb. 3.3:	Planungshinweiskarte Tagsituation, Ausschnitt Lübeck-Mitte .....	26
Abb. 4.1:	Planungshinweiskarte Vergleich Tag- und Nachtsituation, Ausschnitt Lübeck-Mitte.....	28

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1:	Allgemeine stadtklimatische Hinweise für Planungsentscheidungen zu Grün- und Freiflächen .....	11
Tab. 2.2:	Stadtklimatische Hinweise für Planungsentscheidungen zu Siedlungsräumen.....	14
Tab. 2.3:	Kleinräumige Maßnahmen zur Verringerung der Wärmebelastung .....	20

## 1 Aufgabenstellung

Das Schutzgut Klima ist ein wichtiger Aspekt der räumlichen Planung und Bestandteil der Abwägung bei Bauleitplanung und Umweltverträglichkeitsprüfung. Vor dem Hintergrund konkurrierender Planungsziele ist das Vorliegen flächenbezogener Fachinformationen ein wichtiges Hilfsmittel zur sachgerechten Beurteilung dieses Schutzgutes. Aus der Kenntnis des in einer Stadt vorherrschenden Lokalklimas, die dadurch mitbestimmte lufthygienische Situation und den klimatischen Funktionszusammenhängen lassen sich Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen zur Verbesserung von Klima und Luft ableiten. Dieser Leitgedanke gilt der Sicherung, Entwicklung und Wiederherstellung klimaökologisch wichtiger Oberflächenstrukturen und zielt somit ab auf die Erhaltung und Verbesserung günstiger bioklimatischer Verhältnisse sowie die Unterstützung gesundheitlich unbedenklicher Luftqualität.

Gemäß VDI-RL 3787 Bl. 1 (VDI 2014) ist die Konzeption von Klimaanalysekarten in aufeinander aufbauenden thematischen Schritten durchzuführen. Der erste grundlegende Schritt ist die Klimatopausweisung, das heißt die Einordnung und Abgrenzung von Gebieten mit ähnlichen mikroklimatischen Bedingungen auf Grundlage von Landnutzungsfachdaten. Der zweite Schritt ist die Erstellung einer Klimafunktionskarte mit Hilfe einer Modellierung des Klimas, um siedlungsklimatische Zusammenhänge und auch das nächtliche Strömungsfeld beurteilen zu können. In einem weiteren Schritt folgt die Erstellung einer Planungshinweiskarte, um die zuvor gewonnenen Informationen in Wert zu setzen. Im Auftrag der Hansestadt Lübeck wurde vom Büro GEO-NET Umweltconsulting GmbH eine Klimaanalyse anhand dieser drei Stufen durchgeführt. Dieser Teil des Berichts behandelt die Phase 3: die Erstellung und Beurteilung der Planungshinweiskarte.

In Kooperation mit Prof. Dr. G. Gross (Universität Hannover) wurde eine Klimaanalyse unter Einbezug der klimatischen Rahmenbedingungen erstellt, die detailliert Aufschluss über die klimaökologischen Funktionen im Stadtgebiet Lübecks gibt. Im Vordergrund standen dabei austauscharme sommerliche Hochdruckwetterlagen, die häufig mit einer überdurchschnittlich hohen Wärmebelastung in den Siedlungsräumen sowie lufthygienischen Belastungen einhergehen. Unter diesen meteorologischen Rahmenbedingungen können nächtliche Kalt- und Frischluftströmungen aus dem Umland und innerstädtischen Grün- und Freiflächen zum Abbau der Belastungen beitragen.

Die entstandene Klimafunktionskarte wurde in Phase 3 des Projekts weiter entwickelt und eine Planungshinweiskarte für die Nachtsituation (4:00 Uhr) erstellt. Die Planungshinweiskarte Stadtklima stellt eine integrierende Bewertung der in der Klimafunktionskarte dargestellten Sachverhalte im Hinblick auf planungsrelevante Fragestellungen dar. Aus ihr lassen sich Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen zur Verbesserung des Stadtklimas ableiten oder auch Auswirkungen von Nutzungsänderungen bewerten. Diesem Leitgedanken entsprechen die Ziele

- Sicherung,
- Entwicklung und
- Wiederherstellung

klima- und immissionsökologisch wichtiger Oberflächenstrukturen.

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. Die Planungsempfehlungen beziehen sich in erster Linie auf die Luftaustauschprozesse während windschwacher Strahlungswetterlagen und betreffen damit das bebaute Stadtgebiet als Wirkraum und die daran angrenzenden Grün- und Freiflächen, die durch Kaltlufttransport und -produktion als Ausgleichsräume von Bedeutung sind.

Anschließend wurde eine Planungshinweiskarte für die Tagsituation (14:00 Uhr) erstellt, in der die Bewertung der Aufenthaltsqualität der Grün- und Freiflächen dargestellt wird. Auch hier geben die zugeordneten Planungshinweise Auskunft über die Empfindlichkeit der Nutzungsänderung.

Die Planungshinweiskarte für die Tagsituation wird in Kapitel 3 erläutert.

Ein Vergleich der beiden Situationen erfolgt in Kapitel 4.

## 2 Planungshinweiskarte Stadtklima – Nachtsituation

### 2.1 Planerische Bewertung von Grün- und Freiflächen und Siedlungsräumen

Zur Bewertung der klimaökologischen Charakteristika der Grün- und Freiflächen<sup>1</sup> im Hinblick auf planungsrelevante Belange bedarf es einer Analyse der vorhandenen Wirkungsraum-Ausgleichsraum-Systeme im Untersuchungsgebiet. Kaltluft, die während einer Strahlungsnacht innerhalb der Freiräume entsteht, kann nur dann von planerischer Relevanz sein, wenn den Flächen ein entsprechender Siedlungsraum zugeordnet ist, der von ihren Ausgleichsleistungen profitieren kann. Für die Bewertung der bioklimatischen Bedeutung von grünbestimmten Flächen wird ein teilautomatisierbares Verfahren angewendet, das sich wie folgt skizzieren lässt (vgl. **Fehler! Ungültiger Eigenverweis auf Textmarke.**, S. 5):

#### Sehr hohe bioklimatische Bedeutung:

1. Ermittlung von Siedlungsräumen mit „*bioklimatisch ungünstigen*“ Verhältnissen
2. Ermittlung der an (1) *angrenzenden Grün- und Freiflächen*.  
Grün- und Freiflächen im Umfeld von bioklimatisch ungünstigen Siedlungsräumen kommt grundsätzlich eine hohe Bedeutung zu. Sie sind geeignet, unabhängig von ihrem Kaltluftliefervermögen ausgleichend auf das thermische Sonderklima in ihrem meist dicht bebauten Umfeld zu wirken.
3. Ermittlung von *Leitbahnen*  
Leitbahnen verbinden Kaltluftentstehungsgebiete (Ausgleichsräume) und Belastungsbereiche (Wirkungsräume) miteinander und sind somit elementarer Bestandteil des Luftaustausches. Die Ausweisung der Leitbahnbereiche erfolgt manuell und orientiert sich an der Ausprägung des autochthonen Strömungsfeldes der FITNAH-Simulation.
4. Allen Grün- und Freiflächen aus (2) und (3) wird eine **sehr hohe bioklimatische Bedeutung** zugesprochen.

#### Hohe bioklimatische Bedeutung

5. Ermittlung von Siedlungsräumen mit „*bioklimatisch weniger günstigen*“ Verhältnissen
6. Ermittlung der an (5) *angrenzenden Grün- und Freiflächen*.  
Wie unter (2) erfolgt die Einstufung auch dieser Flächen unabhängig von der flächeninternen Ausprägung der Klimaparameter
7. Ermittlung der an (2), (3) und (6) direkt *angrenzenden Grün- und Freiflächen (Umfeldflächen)*.  
Bereiche, die zur Ausweisung von „Kaltluftquellgebieten“ der besonders bedeutenden Flächen dienen.
8. Grün- und Freiflächen aus (6) wird generell eine **hohe bioklimatische Bedeutung** zugesprochen

<sup>1</sup> Als „Grün- und Freifläche“ werden hier unabhängig von ihrer jeweiligen Nutzung all jene Flächen bezeichnet, die sich durch einen geringen Versiegelungsgrad von maximal etwa 25 % auszeichnen. Neben Parkanlagen, Kleingärten, Friedhöfen und Sportanlagen umfasst dieser Begriff damit auch landwirtschaftliche Nutzflächen sowie Forsten und Wälder.

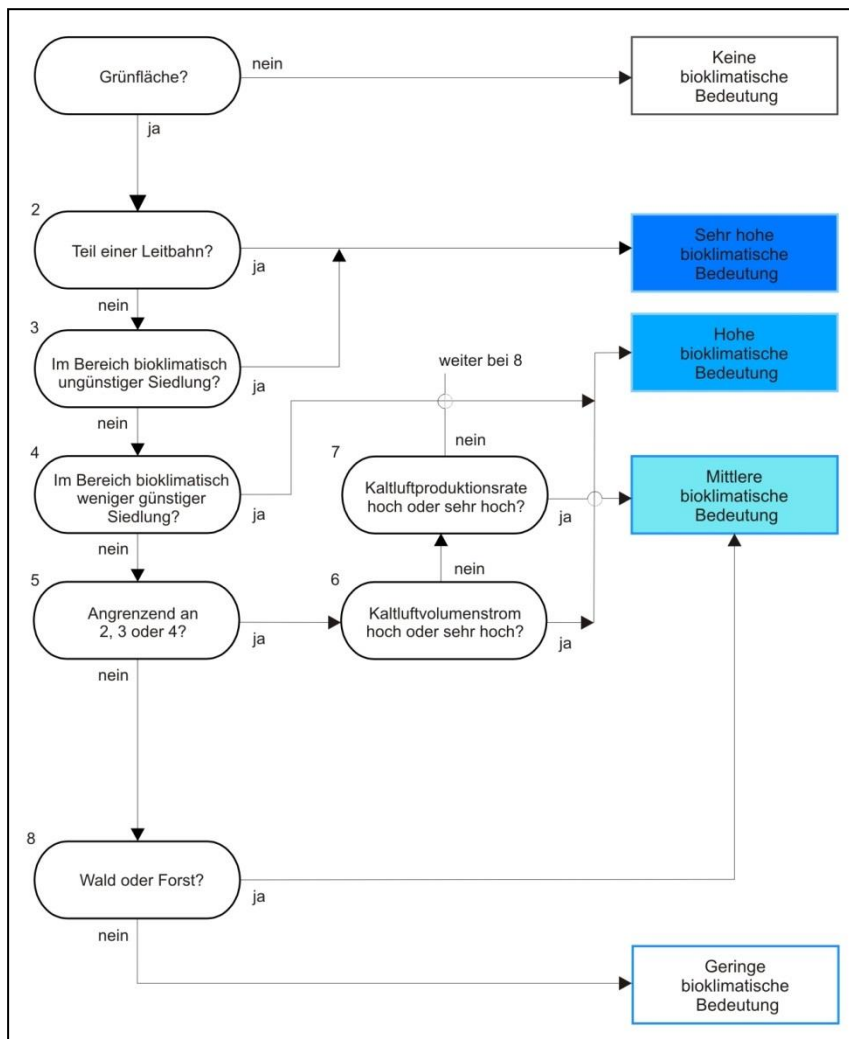
9. Grün- und Freiflächen aus (7) wird eine **hohe bioklimatische Bedeutung** zugesprochen, wenn sie einen hohen Kaltluftvolumenstrom (Karte 8) aufweisen

**Mittlere bioklimatische Bedeutung**

10. Grün- und Freiflächen aus (7) wird eine **mittlere bioklimatische Bedeutung** zugesprochen, wenn sie eine hohe Kaltluftproduktionsrate (Karte 6) aufweisen
11. Waldflächen wird – wenn sie nicht bereits in eine der vorgenannten Kategorien fallen – pauschal ebenfalls eine **mittlere bioklimatische Bedeutung** zugesprochen.  
 Wald kommt generell eine von der Stärke des nächtlichen Kaltluftliefervermögens unabhängige bioklimatische Ausgleichsleistung als Frischluftproduzent und Erholungsraum zu.

Grün- oder Freiflächen, die keinem der oben genannten Kriterien entsprechen, wird eine nur **geringe bioklimatische Bedeutung** zugesprochen.

Die nach diesem Verfahren ermittelte bioklimatische Bedeutung der Grün- und Freiflächen basiert zum einen auf ihrer Lage in Bezug zu bioklimatisch belasteten Siedlungsstrukturen, zum anderen auf der flächeninternen Ausprägung der Klimaparameter, d.h. im Wesentlichen auf ihrem Kaltluftliefervermögen. Diese Unterscheidung wurde getroffen, weil die flächeninternen Klimaparameter nicht in allen Bereichen gleichermaßen aussagekräftig sind.



**Abb. 2.1:** Vereinfachtes Verknüpfungsmodell zur Ermittlung der bioklimatischen Bedeutung der Grün- und Freiflächen

So kann eine Grün- oder Freifläche trotz relativ geringem Kaltluftliefervermögen in einem ansonsten stark überbauten Umfeld signifikant zur Verminderung der dort auftretenden hohen Belastungen beitragen.

Aus diesem Grund wurden Grün- und Freiflächen im direkten Umfeld von Siedlungsbereichen mit ungünstigen bioklimatischen Verhältnissen generell eine hohe bioklimatische Bedeutung zugesprochen. Somit verfügt eine in ihrer bioklimatischen Bedeutung als „Sehr hoch“ eingestufte Grün- oder Freifläche über einen direkt zugeordneten, bioklimatisch stark belasteten Wirkungsraum.

Eine als „Hoch“ eingestufte Grün- oder Freifläche verfügt *entweder* über einen direkt zugeordneten, bioklimatisch belasteten Wirkungsraum *oder* weist ein überdurchschnittliches Kaltluftliefervermögen auf und ist gleichzeitig als Ausgleichsraum oder Kaltluftquellgebiet einzustufen.

## 2.2 Grün- und Freiflächen

### Allgemeines zur siedlungsklimatischen Rolle von Stadtgrün

Während über den von Wiese oder Acker geprägten Arealen am Tage durch die intensive Einstrahlung und dem Mangel an Verschattung ähnlich hohe Werte wie in den verdichteten Siedlungsflächen auftreten können, ist dort gleichzeitig in der Nachtsituation die stärkste Abkühlung zu erwarten. Hier kann einerseits in der Nacht eine ungehinderte (langwellige) Ausstrahlung verbunden mit starker Abkühlung der darüber lagernden Luftmasse erfolgen. Am Tage ist andererseits ein hoher (kurzwelliger) solarer Strahlungsinput mit starker Erwärmung der Bodenoberfläche die Folge.

Andererseits weisen die durch Bäume und Gehölze geprägten Flächen an wolkenlosen Sommertagen mit starker Sonneneinstrahlung aufgrund der Schattenspende und der Verdunstung von Wasser das geringste Belastungspotential auf. Damit kommt den innerstädtischen Grün- und Freiflächen vor allem in den stärker überbauten Quartieren eine wichtige Rolle zu. Zur Aufwertung der Aufenthaltsqualität sollten vor allem innerhalb der Quartiersplätze ausreichend große beschattete Areale ausgebildet werden. Insbesondere das Gehen/Radfahren im Schatten sollte möglich sein. Dabei sind vor allem lockere, hochstämmige Baumgruppen und Baumalleen als Beschattungselemente sinnvoll. Die temperatursenkende Wirkung von Straßengrün kann bis zu 6°C in 2m über Grund gegenüber unbegrüntem Straßenräumen betragen (WAGENFELD 1985). In der Tagsituation weisen daher auch kleinere Grünareale eine wertvolle klimaausgleichende Funktion auf. Darüber hinaus sollten größere Grün- und Freiflächen auch ein Mosaik aus unterschiedlichen Mikroklimaten wie beispielsweise beschattete und besonnte Bereiche oder kühlende Wasserflächen aufweisen, um den unterschiedlichen Bedürfnissen der Menschen hinsichtlich des Aufenthaltes im Freien entgegen zu kommen (Mikroklimavielfalt).

Damit wird die unterschiedliche Bedeutung bzw. Funktion von Grün- und Freiflächen am Tage bzw. in der Nacht deutlich. Einerseits sollen sie eine gute Aufenthaltsqualität am Tage gewährleisten, andererseits können nächtliche Flurwinde die Wärmebelastung in den Siedlungsräumen lindern. Die Mindestgröße zur Ausbildung einer Kaltluftströmung lässt sich auf etwa 1 ha beziffern (SCHERER 2007). Abgesehen von der Flächengröße wird dies aber auch durch die grünplanerische Ausgestaltung mitbestimmt. Sofern ein bedeutsamer Luftaustausch durch Flurwinde stattfinden kann, sollte dieses (eigenbürtige) Luftaustauschsystem Grün- und Freifläche – angrenzende Bebauung und die damit verbundene klimaökologische Wohlfahrtswirkung aufrechterhalten werden. In diesem Zusammenhang und in Bezug auf die nächtliche Kaltluftproduktion weist ein vorwiegend durch Wiese geprägter Flächentyp die besten Eigenschaften auf. Da auch von dichteren Vegetationselementen eine Hinderniswirkung für den Luftaustausch ausgehen kann, sollte der Übergangsbereich zur Bebauung von Grünstrukturen wie dichten Baumgruppen, Gehölzen oder hohen Hecken weitestgehend frei gehalten werden.

Innerstädtische und siedlungsnahe Grün- und Freiflächen haben daher eine wesentliche Wirkung auf das Stadtklima und beeinflussen die direkte Umgebung in mikroklimatischer Sicht positiv. Selbst kleinere Grün- und Freiflächen innerhalb dichter Bebauung bieten im Sommer klimatische Regenerationsflächen und Rückzugsorte. Zudem können diese Flächen auch nachts kleinräumig Abkühlung in der angrenzenden Bebauung bringen. In der Planungshinweiskarte tritt daher der Kaltluftvolumenstrom oder die Kaltluftproduktivität einer Grün- und Freifläche als qualifizierender Parameter bei der Bewertung mehr in den Hintergrund. Für die planerische Einordnung ist vielmehr die Frage entscheidend welche Ausgleichsleistung eine Grün- oder Freifläche für vornehmlich bioklimatisch ungünstige Siedlungsbereiche erbringen kann.

## **Bewertung der Grün- und Freiflächen im Stadtgebiet**

### **Grün- und Freiflächen mit hoher und sehr hoher bioklimatischer Bedeutung**

Grün- und Freiflächen mit einer hohen oder sogar sehr hohen bioklimatischen Bedeutung sind demzufolge hauptsächlich in direkter Siedlungsnähe vorzufinden. Diese Grün- und Freiflächen verfügen entweder über einen direkt zugeordneten, bioklimatisch belasteten Wirkungsraum oder weisen einen überdurchschnittlichen Kaltluftvolumenstrom auf und sind gleichzeitig als Ausgleichsraum oder wichtiges Kaltluftquellgebiet einzustufen. Die Einordnung der Flächen in die jeweilige Kategorie wird detailliert in Kapitel 2.1 erläutert und kann in **Fehler! Ungültiger Eigenverweis auf Textmarke.** nachvollzogen werden.

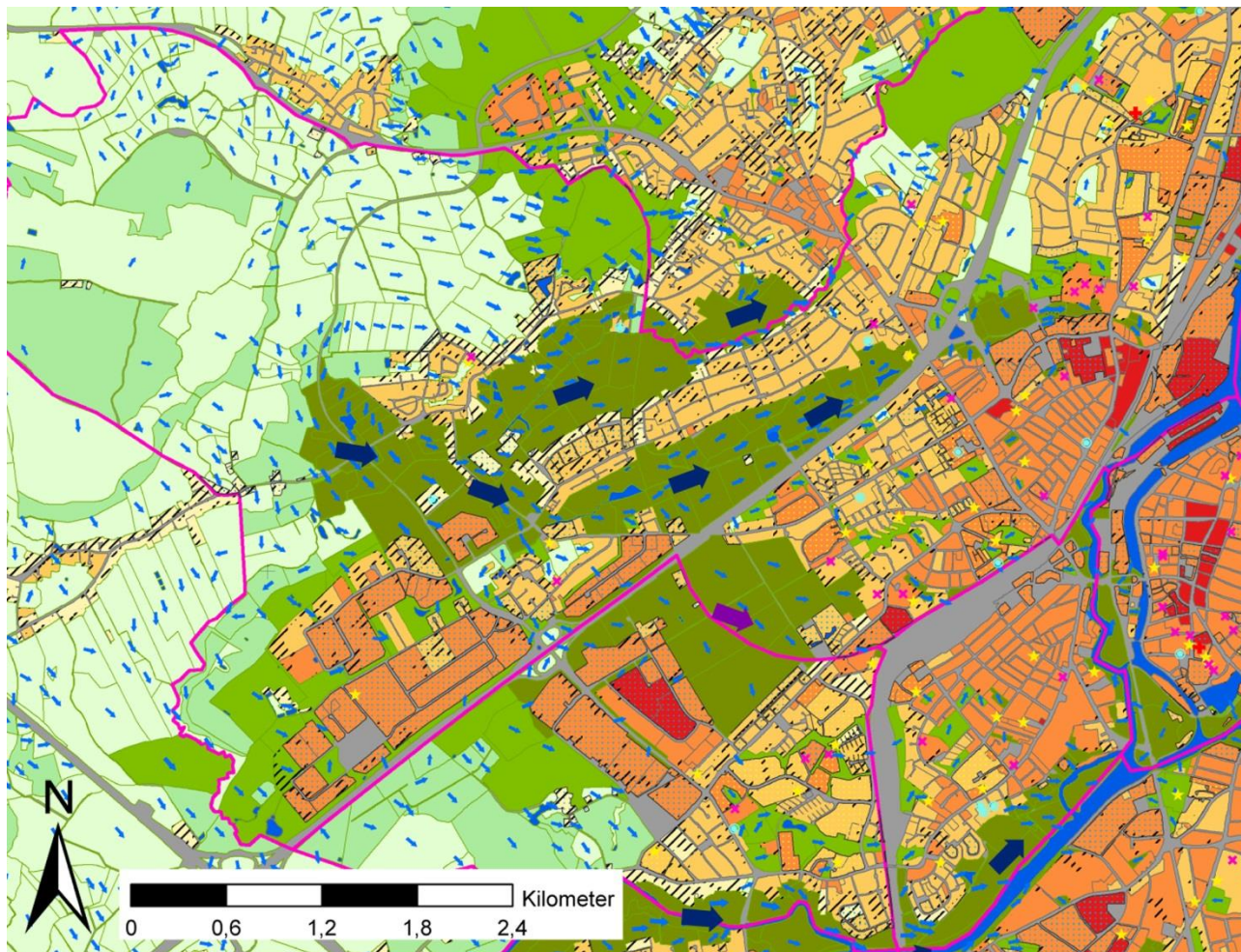
Grün- und Freiflächen mit hoher und sehr hoher Bedeutung grenzen hier direkt an weniger günstige Siedlungsbereiche an. Die größeren Leitbahn-Bereiche in diesem Ausschnitt weisen eine sehr hohe bioklimatische Bedeutung auf, da sie Kaltluft aus dem Umland weit in die Bebauung transportieren. Die Hansestadt Lübeck besitzt einen stark verdichteten Stadtkern- und Altstadtbereich. Auch einige Teile der angrenzenden Stadtviertel St. Lorenz Nord und Süd sowie St. Jürgen sind durch eine dichte Bebauungsstruktur geprägt. In diesen Arealen ist nur ein geringer Grünanteil vorhanden, der zumeist aus begrünten Innenhöfen und kleineren Parks besteht. Größere Stadtparks oder gar –wälder sind im Zentrumsbereich nicht vorhanden. Aus diesem Grund ist der Anteil der Flächen mit einer sehr hohen bioklimatischen Bedeutung vergleichsweise gering.

Den größten Anteil dieser Klasse nehmen die Flächen der Kaltluftleitbahnen ein. Eine hohe bioklimatische Bedeutung haben auch die Freiflächen, die an Siedlungsgebiete mit weniger günstiger bioklimatischer Situation angrenzen oder einen besonders hohen Kaltluftvolumenstrom aufweisen, wie es zum Beispiel im direkten Stadtkerngebiet der Fall ist. Sie grenzen an belastete Siedlungsgebiete und leisten trotz ihrer eher geringen Flächengröße eine bedeutsame klimatische Ausgleichsleistung. An Sommertagen mit starker solarer Einstrahlung und hoher Wärmebelastung haben sie für die Anwohner eine potenzielle Funktion als verschattete Rückzugsorte mit hoher Aufenthaltsqualität. Hier sind beispielhaft der Drägerpark, der Stadtpark, aber auch die begrünten Flächen im Süden der Altstadt zwischen Trave und Stadtgraben zu nennen.

Insgesamt sind ca. 755 ha der Grün- und Freiflächen im Stadtgebiet von Lübeck von sehr hoher bioklimatischer Bedeutung und ca. 1.785 ha von hoher bioklimatischer Bedeutung.



Abb. 2.2 zeigt einen Ausschnitt der Planungshinweiskarte des westlichen Lübecks. Die Legende ist auch für die im Weiteren dargestellten Ausschnitte der Planungskarte gültig.



**Legende**

**Ausgleichsräume**

**Grün- und Freiflächen**

- Geringe bioklimatische Bedeutung**  
Freiflächen mit geringem Einfluss auf Siedlungsgebiete. Geringe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung.
- Mittlere bioklimatische Bedeutung**  
Freiflächen mit mittlerem Einfluss auf Siedlungsgebiete. Mittlere Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Maßvolle Bebauung, die den lokalen Luftaustausch nicht wesentlich beeinträchtigt, ist möglich.
- Hohe bioklimatische Bedeutung**  
Hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Luftaustausch mit der Umgebung erhalten. Bei Eingriffen Baukörperstellung beachten sowie Bauhöhen möglichst gering halten.
- Sehr hohe bioklimatische Bedeutung**  
Sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Vermeidung von Austauschbarrieren gegenüber bebauten Randbereichen, Emissionen reduzieren.
- Wirkungsbereich der lokal entstehenden Strömungssysteme innerhalb der Bebauung

**Wirkungsräume**

**Siedlungsräume**

- Sehr günstige bioklimatische Situation**  
Vorwiegend offene Siedlungsstruktur mit guter Durchlüftung. Günstiges Bioklima erhalten. Mittlere Empfindlichkeit gegenüber nutzungsintensivierenden Eingriffen bei Beachtung klimakologischer Aspekte. Baukörperstellung beachten, Bauhöhen möglichst gering halten.
- Günstige bioklimatische Situation**  
Siedlungsstruktur mit geringer bioklimatischer Belastung und günstigeren Bedingungen. Mittlere Empfindlichkeit gegenüber nutzungsintensivierenden Eingriffen bei Beachtung klimakologischer Aspekte. Baukörperstellung beachten, Bauhöhen möglichst gering halten.
- Weniger günstige bioklimatische Situation**  
Siedlungsräume mit mäßiger bioklimatischer Belastung. Hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Möglichst keine weitere Verdichtung, Verbesserung der Durchlüftung und Erhöhung des Vegetationsanteils, Erhalt aller Freiflächen, Entsiegelung und ggf. Begrünung von Blockinnenhöfen.
- Ungünstige bioklimatische Situation**  
Siedlungsräume mit hoher bioklimatischer Belastung. Sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Keine weitere Verdichtung, Verbesserung der Durchlüftung und Erhöhung des Vegetationsanteils, Erhalt aller Freiflächen, Entsiegelung und ggf. Begrünung von Blockinnenhöfen.

**Luftaustausch**

**Hauptströmungsrichtung der Flurwinde in den Grün- und Freiflächen**

- Kaltluftleitbahn lufthygienisch unbelastet
- Kaltluftleitbahn lufthygienisch (z.T.) belastet

**Volumenstrom**

- gering
- mäßig
- hoch
- sehr hoch

**Einwohnerdichte**

- 0 - 49 Bewohner pro Hektar
- 500 - 1.620 Bewohner pro Hektar

**Standorte empfindlicher Nutzung**

- Seniorenresidenzen
- Kindertagesstätten
- Schulen
- Krankenhäuser
- Straßen und Gleise
- Gewässer
- Hansestadt Lübeck Stadtgrenze

Abb. 2.2: Planungshinweiskarte/Kartenausschnitt Lübeck-West

### Grün- und Freiflächen mit mittlerer und geringer bioklimatischer Bedeutung

Eine mittlere bioklimatische Bedeutung haben Grün- und Freiflächen, die entweder über einen hohen Kaltluftvolumenstrom verfügen oder aber eine hohe Kaltluftproduktion aufweisen. Grün- und Freiflächen mit mittlerer klimaökologischer Bedeutung grenzen häufig an Flächen mit sehr hohen Volumenströmen an und bilden damit ein Verbindungsglied zu weiter entfernt liegenden Grün- und Freiflächen. Zudem fallen alle Waldflächen im Osten und Südwesten des Untersuchungsgebiets in diese Kategorie. Wald kommt generell eine – von der Stärke des nächtlichen Kaltluftliefervermögens unabhängige – bioklimatische Ausgleichsleistung als Frischluftproduzent und Erholungsraum zu. Im Stadtgebiet Lübecks sind ca. 3.412 ha der Grün- und Freiflächen von mittlerer bioklimatischer Bedeutung.

Allen übrigen Grün- und Freiflächen wird eine **geringe stadtklimatische Bedeutung** zugewiesen. Hierbei handelt es sich meist um siedlungserne Flächen ohne nennenswerten Einfluss auf belastete Siedlungsgebiete. Dies sind im Stadtgebiet Lübecks ca. 6.622 ha.

In Abb. 2.3 werden die Flächenanteile der Grün- und Freiflächen an den ausgewiesenen Kategorien sowohl für das Stadtgebiet als auch für das Untersuchungsgebiet zusammenfassend dargestellt.

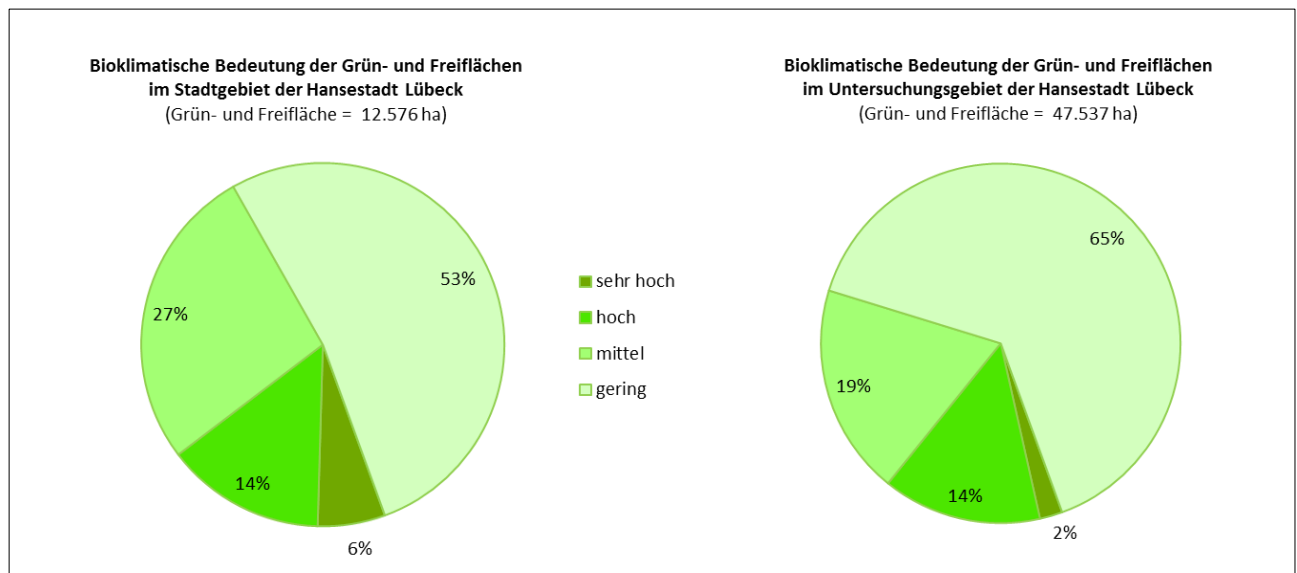


Abb. 2.3: Bilanzierung der Grün- und Freiflächen im Untersuchungs- und Stadtgebiet von Lübeck, Nachtsituation

Generell sollten die Grün- und Freiflächen mit stadtklimatischer Bedeutung erhalten und möglichst in ihrer Funktion als Kaltluft liefernde Flächen gestärkt werden. Eine weitere Versiegelung der Grün- und Freiflächen sollte ebenso vermieden werden wie auch größere bauliche Strömungshindernisse im Übergangsbereich zur angrenzenden Bebauung.


In Hinblick auf die Tagsituation können großkronige, Schatten spendende Bäume Erholungszonen bilden. In diesem Zusammenhang kommt auch sehr kleinen Schatten spendenden Grünarealen mit geringer stadtklimatischer Relevanz eine Bedeutung als „Klimaoasen“ zu. Dies können begrünte Innenhöfe, aber auch kleine Parks mit ein paar Bäumen oder Gehölzen sein. Diese Flächen können kaum über ihre Grenzen hinaus ausgleichend wirken. Sie erfüllen dennoch wichtige Funktionen für die Bevölkerung. Vor allem tagsüber bilden sich hier durch Verschattung und Verdunstung angenehme Kleinklimate aus, so dass die „Klimaoasen“ einen Rückzugsort innerhalb überwärmter Gebiete bieten.

Abgesehen von reinen Waldflächen, denen generell eine hohe bioklimatische Ausgleichsleistung als Frischluftproduzent und Erholungsraum zukommt, sollten Grün- und Freiflächen eher einen lockeren gut durchströmbaren Baumbestand aufweisen.

Grün- und Freiflächen, die auf Grund ihrer Größe von etwa einem Hektar eine Ausgleichswirkung für angrenzende Siedlungsbereiche haben, sollten im Übergangsbereich zur Bebauung von dichten Gehölzen weitestgehend freigehalten werden, da diese den Luftaustausch behindern könnten.

Aus der Einordnung der stadtklimatischen Relevanz der Grün- und Freiflächen resultieren unterschiedliche Hinweise für planerische Maßnahmen. Die Auflistung der Hinweise erfolgt in etwa anhand ihrer Relevanz soweit dies möglich ist. In **Tab. 2.1** sind mögliche Maßnahmen zusammenfassend dargestellt. Je nach Lage und Größe innerhalb des Stadtgebiets können angedachte Maßnahmen unterschiedlich stark wirken, so dass keine pauschalen Auswirkungen benannt werden können. Vorhabenbezogene Detailauswertungen zu einzelnen Planungsgebieten ermöglichen eine gezieltere Einschätzung der wünschenswerten und zielführenden Maßnahmen für einzelne Areale.



Bioklimatische Bedeutung	Kriterium	Beurteilung der Empfindlichkeit	Hinweise zu Maßnahmen (Auflistung nach Relevanz)
<b>Sehr hohe Bedeutung</b> 	Leitbahnen: Hoher Luftaustausch zwischen Kaltluftentstehungsgebieten und belasteten Siedlungsräumen.	Höchste Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderung.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strömungsquerschnitt sichern (&gt; 300 m)</li> <li>• Aufweitung oder Beseitigung baulicher und sonstiger Strömungshindernisse</li> <li>• Abriegelnde Randbebauung oder dichte Baumbepflanzung vermeiden</li> <li>• Angrenzende bauliche Folgenutzungen längs zur Leitbahn ausrichten</li> <li>• Erhalt des Grün- und Freiflächenanteils und Minimierung der Versiegelung</li> <li>• Vermeidung oder Verringerung von Luftschadstoffemissionen</li> </ul>
	Grün- und Freiflächen mit direktem Bezug zu bioklimatisch ungünstigen Siedlungsräumen.	Höchste Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderung.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhalt des Grün- und Freiflächenanteils und Minimierung der Versiegelung</li> <li>• Vermeidung von Austauschbarrieren gegenüber bebauten Randbereichen</li> <li>• Grün- und Freiflächen vernetzen</li> <li>• Baumbestand optimieren (nur lockerer Baumbestand mit durchströmbarstem Stammraum)</li> <li>• Immissionsschutzpflanzungen entlang von Hauptverkehrsstraßen (i.d.R. heimische Gehölze in Heckenform angelegt, die angrenzende Flächen vor Emissionen und Lärm schützen)</li> </ul>
<b>Hohe Bedeutung</b> 	Hoher Luftaustausch in Richtung belasteter Siedlungsräume (Anbindung von Kaltluftquellgebieten)	Hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderung.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhalt des Grün- und Freiflächenanteils</li> <li>• Vermeidung von Austauschbarrieren gegenüber Leitbahnen</li> <li>• Grün- und Freiflächen vernetzen</li> <li>• Vermeidung oder Verringerung von Luftschadstoffemissionen</li> <li>• Bei baulichen Eingriffen Gebäudeausrichtung beachten (Ausrichtung parallel zur Strömung; Grün- und Freiflächen zwischen der Bebauung einplanen) sowie Bauhöhen möglichst gering halten</li> </ul>
	Grün- und Freiflächen mit direktem Bezug zu bioklimatisch weniger günstigen Siedlungsräumen	Hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderung.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhalt des Grün- und Freiflächenanteils</li> <li>• Vermeidung von Austauschbarrieren gegenüber bebauten Randbereichen</li> <li>• Grün- und Freiflächen vernetzen</li> <li>• Baumbestand optimieren (nur lockerer Baumbestand mit durchströmbarstem Stammraum)</li> <li>• Immissionsschutzpflanzungen entlang von Hauptverkehrsstraßen</li> </ul>
<b>Mittlere Bedeutung</b> 	Stadtnahe Grün- und Freiflächen mit hohem Kaltluftvolumenstrom oder hoher Kaltluftproduktion.	Mittlere Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderung.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Möglichst Erhalt des Grün- und Freiflächenanteils</li> <li>• Vermeidung von Austauschbarrieren gegenüber bebauten Randbereichen</li> <li>• Vermeidung oder Verringerung von Luftschadstoffemissionen</li> <li>• Maßvolle Bebauung möglich, wenn sie den lokalen Luftaustausch nicht wesentlich beeinträchtigt</li> <li>• Waldbestand sichern</li> </ul>
<b>Geringe Bedeutung</b> 	Grün- und Freiflächen mit geringem Einfluss auf Siedlungsgebiete oder unbedeutendem Kaltlufttransport oder geringer Kaltluftproduktion.	Geringe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderung.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zersiedlung vermeiden</li> <li>• Bei Verkehrseinfluss Emissionen reduzieren</li> </ul>

Tab. 2.1: Allgemeine stadtklimatische Hinweise für Planungsentscheidungen zu Grün- und Freiflächen

## 2.3 Siedlungsräume

Der Siedlungsraum der Hansestadt Lübeck weist insgesamt eine gut durchgrünte Struktur auf und ist vielerorts von Villen- oder Einzel- und Reihenhaussiedlungen geprägt. Dennoch gibt es einige Bereiche, die eine größere Verdichtung mit geringem Grünanteil aufweisen. Dies ist zum einen der Bereich der Altstadt sowie einige umgebene Viertel der Stadtteile St. Lorenz Nord und Süd sowie St. Jürgen. Aufgrund der baustrukturellen Gegebenheiten kann die Kaltluft aus dem Umland hier nur in geringem Maße eindringen (vgl. Abb. 2.4). Die bioklimatische Situation im Bereich dieser Areale muss daher als weniger günstig bzw. ungünstig eingeordnet werden.

Ebenfalls von weniger günstigen und ungünstigen bioklimatischen Bedingungen betroffen sind viele der Gewerbegebiete in Lübeck. Sie sind vor allem entlang der Trave nördlich und südlich der Altstadt angesiedelt sowie im Südwesten Lübecks an der Autobahn. Diese Areale weisen durch ihre hohe Bebauungsdichte und zum Teil freiflächenferne Lage einen Durchlüftungsmangel und eine überdurchschnittliche Wärmebelastung auf. Hierbei handelt es sich um „bioklimatische Sanierungsgebiete“ die einer Verbesserung der Durchlüftung und einer Erhöhung des Grünanteils bedürfen. Dies gilt insbesondere für bewohnte Gebiete. Für die Industrieflächen ist die Belastung für dort lebenden und arbeitende Menschen im Einzelfall zu prüfen und abzuwägen.

Die Belastungssituation in den Siedlungsräumen wird vor diesem Hintergrund zur wichtigen Grundlage für die Bewertung des Ausgleichspotenzials angrenzender Grün- und Freiflächen (s. Kap 2.2). Im Umfeld von bioklimatisch ungünstigen Siedlungsräumen gelegenen Grün- und Freiflächen kommt daher grundsätzlich eine hohe Bedeutung zu, da sie geeignet sind, unabhängig von ihrem Kaltluftliefervermögen ausgleichend auf ihren unmittelbaren Nahbereich zu wirken. Dies sind beispielsweise die durchgrüneten Flächen entlang des Stadtgrabens, der Stadtpark, der Drägerpark, aber auch Grün- und Freiflächen entlang der Wakenitz.

Die weiter in der Peripherie des zentralen Stadtgebiets Lübecks gelegenen Siedlungsgebiete (z.B. in Moising, St. Gertrud) zeigen eine lockere Bebauungsstruktur mit zum Teil ländlichem Charakter und sind aus bioklimatischer Sicht unproblematisch zu beurteilen. Sie werden von den umgebenen Grün- und Freiflächen gut mit Kaltluft versorgt und weisen vorrangig günstige und sehr günstige bioklimatische Bedingungen auf.

Durchströmte Siedlungsbereiche sind in Klimafunktions- und Planungshinweiskarte durch eine diagonale Schraffur gekennzeichnet. Weiterhin weisen diese Siedlungen häufig einen hohen Grün-/Freiflächenanteil, beispielsweise durch Gartenflächen, auf und verfügen dadurch zusätzlich neben den größeren angrenzenden Grün- und Freiflächen über kleine, lokal wirksame Ausgleichsflächen.

Aus der Einordnung der Siedlungsflächen anhand ihrer bioklimatischen Situation resultieren analog zu den Grün- und Freiflächen unterschiedliche Hinweise für planerische Maßnahmen. Die Auflistung der Hinweise erfolgt in etwa anhand ihrer Relevanz soweit dies möglich ist.

Generell sollten weniger günstige Siedlungsflächen nicht weiter verdichtet werden und der Bestand an Grün- und Freiflächen erhalten bleiben. Soweit es innerhalb verdichteter Gebiete möglich ist, sollte eine Verbesserung der bioklimatischen Situation angestrebt werden. Eine Entsiegelung von Freiflächen und Innenhöfen sollte gefördert werden, ebenso wie die Schaffung von Schattenbereichen durch Bäume. Fassaden- und Dachbegrünungen können, soweit eine ausreichende Bewässerung gewährleistet ist, tagsüber die Aufheizung der Gebäudeoberflächen vermindern. In Kapitel 2.5 sind Maßnahmen zur Verringerung der Wärmebelastung erläutert.

Auch für die Siedlungsflächen gilt wie für die Grün- und Freiflächen, dass auf gesamtstädtischer Ebene nur ein Überblick über mögliche Maßnahmen gegeben werden kann. Zusammenfassend sind sie in **Tab. 2.2** dargestellt.

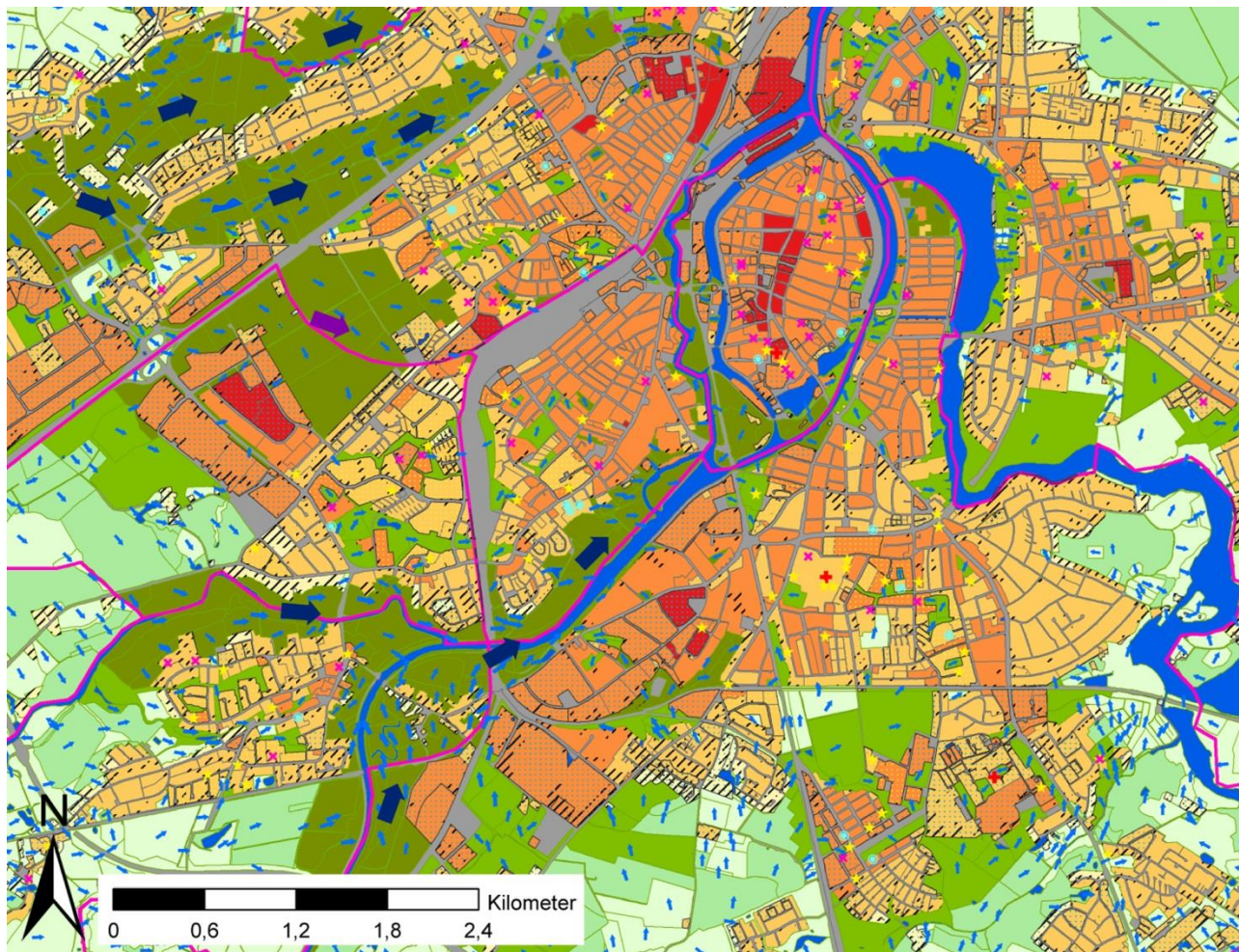


Abb. 2.4: Planungshinweiskarte Ausschnitt Lübeck-Mitte (Legende wie Abb. 2.2)

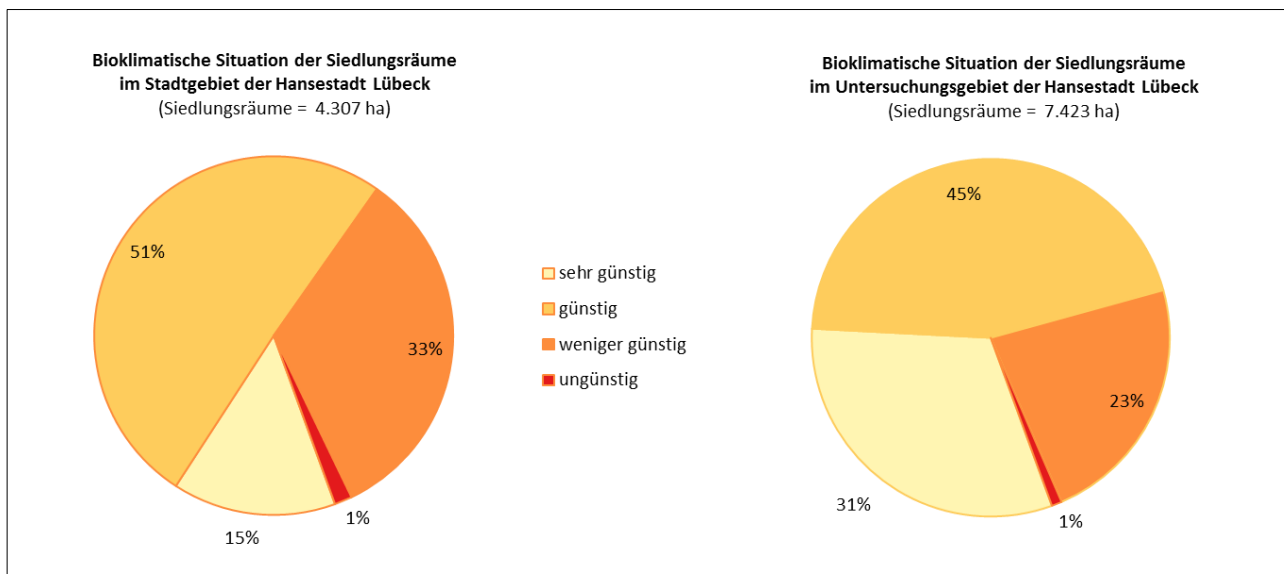
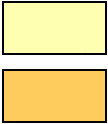




Abb. 2.5: Bilanzierung der Siedlungsräume im Untersuchungs- und Stadtgebiet von Lübeck, Nachtsituation

Bioklimatische Situation	Kriterium	Beurteilung der Empfindlichkeit	Maßnahmen (Auflistung nach Relevanz)
<p><b>Sehr günstig und günstig</b></p> 	<p>Siedlungsraum mit sehr günstigen bzw. günstigen bioklimatischen Bedingungen.</p> <p>Vorwiegend offene Siedlungsstruktur mit hohem Durchgrünungsgrad und meist guter Durchlüftung.</p>	<p>Mittlere Empfindlichkeit gegenüber nutzungsintensivierenden Eingriffen.</p> <p>Maßvolles Nachverdichten unter Beibehaltung des offenen Siedlungscharakters</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Günstiges Bioklima erhalten (angepasste Verdichtung möglich, Grün- und Freiflächen erhalten, ...)</li> <li>• Klimaaktivität der Fläche für angrenzende Siedlungsräume beachten</li> <li>• Bebauungsränder offenhalten oder öffnen</li> <li>• Bauhöhen gering halten</li> <li>• Baukörperstellung im Hinblick auf Kaltluftströmungen beachten</li> <li>• Grün- und Freiflächenvernetzung zum Freiland schaffen</li> <li>• Hausbrandemissionen reduzieren</li> </ul>
<p><b>Weniger günstig</b></p> 	<p>Siedlungsstruktur mit weniger günstigen bioklimatischen Bedingungen.</p> <p>Areale mit höherer Bebauungsdichte und/oder unzureichender Durchlüftung.</p>	<p>Hohe Empfindlichkeit gegenüber nutzungsintensivierenden Eingriffen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserung vorhandener Durchlüftungswege</li> <li>• Nach Möglichkeit keine weitere Verdichtung</li> <li>• Grün- und Freiflächen sichern, optimieren und erweitern</li> <li>• Grün- und Freiflächen vernetzen</li> <li>• Versiegelung reduzieren (Richtwert &lt; 60 %)</li> <li>• Entsiegelung und Begrünung der Blockinnenhöfe</li> <li>• Förderung von Dach- und Fassadenbegrünung</li> <li>• Stadtbaumbestand sichern und erweitern</li> <li>• Straßenbaumbestand klima- und immissionsgerecht ergänzen</li> <li>• Bei Verkehrseinfluss Emissionen reduzieren</li> </ul>
<p><b>Ungünstig</b></p> 	<p>Siedlungsstruktur mit ungünstigen bioklimatischen Bedingungen.</p> <p>Sehr hoher Versiegelungs- und Überbauungsgrad mit unzureichender Durchlüftung.</p>	<p>Sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber nutzungsintensivierenden Eingriffen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserung vorhandener Durchlüftungswege</li> <li>• Nach Möglichkeit keine weitere Verdichtung</li> <li>• Grün- und Freiflächen sichern und optimieren</li> <li>• Förderung kleinräumiger „Klimaoasen“</li> <li>• Versiegelung reduzieren (Richtwert &lt; 80 %)</li> <li>• Entsiegelung und Begrünung vorhandener Blockinnenhöfe</li> <li>• Förderung von Dach- und Fassadenbegrünung</li> <li>• Stadtbaumbestand sichern und erweitern</li> <li>• Bei Verkehrseinfluss Emissionen reduzieren</li> </ul>

Tab. 2.2: Stadtklimatische Hinweise für Planungsentscheidungen zu Siedlungsräumen



## 2.4 Luftaustausch

Im Rahmen der Modellrechnung und der Erstellung der Klimafunktionskarte in Phase 2 dieses Projekts sind die im dazugehörigen Bericht aufgeführten Leitbahnen und Luftaustauschbereiche analysiert worden. Aus stadtklimatischer Sicht ist eine funktionale Sicherung der zugehörigen Flächen vordringlich.

**Tab. 2.1** (Kapitel 2.2) listet die wichtigsten zugehörigen Planungshinweise auf: Eine Einengung des Strömungsquerschnittes insbesondere dort, wo dieser bereits weniger als 300 m beträgt, sollte unbedingt vermieden werden. In flächenhaft ausgeprägten Luftaustauschbereichen kann eine Nutzungsintensivierung unter Berücksichtigung des Strömungsgeschehens vertretbar sein.

Linear ausgerichtete lokale Leitbahnen benötigen zum Erhalt ihrer Funktion eine mindestens 50 m breite, hindernisarme Durchflussbreite. Abriegelnde Bebauung im Übergangsbereich zwischen Leitbahn und Siedlung ist zu vermeiden. Dies bedeutet, dass in diesen Übergangszonen die Bebauung parallel zur Kaltluftströmung ausgerichtet sein sollte und durch Lücken zwischen einzelnen Gebäuden offene Zonen mit Zugang zur Leitbahn erhalten bleiben. Die Gebäudehöhen sollten möglichst niedrig gehalten werden. In diesem Zusammenhang sind ebenso dichte Baumbepflanzungen zu vermeiden, die ein Eindringen der Kaltluft in die Siedlungsbereiche behindern.

Zur Sicherung ihrer Nebenfunktion als Kaltluftentstehungsgebiete trägt eine Minimierung der Versiegelung innerhalb der Leitbahnen bei. Luftschadstoffemissionen innerhalb der Quell- und Leitbahnflächen sind wenn möglich zu vermeiden oder zu verringern.

Diese Hinweise gelten auch für lokale Kaltluftabflüsse und Flurwinde innerhalb kleinerer Grün- und Freiflächen. Lokale Kaltluftabflüsse sind in Lübeck beispielsweise aus der Paligner Heide in die Bebauung von Schlutup und St. Gertrud zu beobachten. Auch Travemünde profitiert von der Kaltluft aus den umliegenden Ackerflächen.



## 2.5 Kleinräumige Maßnahmen zur Verbesserung der stadtklimatischen Situation

Der bioklimatischen Belastungssituation in den Nachtstunden kommt eine besondere Bedeutung zu, weil ein erholsamer Schlaf nur bei ausgewogenen thermischen Bedingungen möglich ist. Doch auch am Tage können bei sommerlichen Hochdruckwetterlagen starke thermophysiologische Belastungen auftreten. Hierfür ist, neben dem generell hohen Temperaturniveau, insbesondere die Aufheizung städtischer Oberflächen durch die Sonneneinstrahlung in Verbindung mit ihrer erhöhten Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit verantwortlich. Maßnahmen zur Reduktion dieser Aufheizung – also im allgemeinen zur Verringerung der Oberflächen- und Lufttemperatur durch verstärkte Beschattung und eine Erhöhung der kühlender Verdunstung durch Pflanzen oder unversiegelte Oberflächen – wirken sich häufig auch positiv auf die lokalen nächtlichen Bedingungen aus.

Auf die Relevanz **innerstädtischer Grün- und Freiflächen** für die bioklimatischen Bedingungen am Tage ist bereits im Bericht für Phase 2 hingewiesen worden. Die Flächengröße entsprechender bebauungsfreier Bereiche ist im Rahmen dieser Funktion zunächst von untergeordneter Bedeutung. Selbst kleine unversiegelte Plätze, begrünte Höfe (sogenannte „Pocket Parks“) und temporär genutzte Baulücken können sich als kühlere Erholungsräume eignen und die Aufenthaltsqualität im Freien tagsüber deutlich erhöhen. Ab einer Größe von etwa einem Hektar tragen Grün- und Freiflächen bei günstigen Rahmenbedingungen auch zur nächtlichen Abkühlung der angrenzenden Bebauung bei. Nach Scherer (2007) können hierbei Reichweiten von bis zu 400 Metern beobachtet werden. Um die von den Flächen ausgehenden nächtlichen Flurwinde nicht zu beeinträchtigen, sollte der Übergangsbereich zur Bebauung – falls keine prioritäre Immissionsschutzwirkung gegeben ist – von Grünstrukturen wie dichten Baumgruppen, Gehölzen oder hohen Hecken weitgehend frei gehalten werden.

Zum Erhalt ihrer Funktion am Tage sollten innerstädtische Grün- und Freiflächen allerdings nicht ausschließlich mit Rasen bewachsen sein, sondern Sträucher und – falls möglich – Gruppen von hochstämmigen, schattenspendenden Bäumen einbeziehen. Da **Bäume** einen großen Teil der Strahlung bereits im Kronenraum absorbieren, bewirken sie bei starken Einstrahlungsintensitäten eine erhebliche Abkühlung der Oberflächen- und Lufttemperatur. Vor diesem Hintergrund ist eine verstärkte Förderung von großkronigen Bäumen in dicht bebauten Siedlungsbereichen insgesamt wünschenswert. Neben öffentlichen Grün- und Freiflächen, Parkplätzen und breiteren Straßenräumen betrifft dies auch Flächen, die sich in privater Verantwortung befinden (z. B. Innenhöfe und Vorgärten).

**Wasserflächen** wie Teiche und Seen, aber auch Springbrunnen und andere künstliche Wasserflächen tragen auf Grund der ausgleichenden Eigenschaften von Wasser zu einer Senkung der Temperaturen tagsüber bei. Nachts können sie auf Grund der geringen Rauigkeit leicht überströmt werden. An Standorten von Wasserflächen sollte stets ein Luftaustausch gegeben sein, um die Entwicklung von Schwüle zu vermeiden. Lübecks Lage an der Trave bietet bereits einen überdurchschnittlich hohen Anteil an Wasserflächen.

Neben diesen flächenbezogenen Eingriffen können objektbezogene Maßnahmen effektiv dazu beitragen, die Speicherung von Wärmeenergie in der Bausubstanz und damit die nächtliche Energieabgabe an die Atmosphäre oder die Innenräume zu mindern. Insbesondere bei gering gedämmten Wänden und Dächern kann das Innenraumklima in erheblichem Maße von der Oberflächentemperatur des Baukörpers beeinflusst werden. Diese wiederum wird von den Strahlungsbedingungen aber auch von der Lufttemperatur im Nahbereich des Gebäudes mitbestimmt. Die **Bepflanzung** (und ausreichende Bewässerung) **von Dächern und Fassaden** gehört daher zu den wirkungsvollsten Maßnahmen, die Energieaufnahme des Baukörpers zu reduzieren. Überdies wirken sie sich auch anderweitig in vielfältiger Form positiv auf ihr Umfeld aus (siehe z.B. DDV 2011). Hinsichtlich ihrer bioklimatischen Wirksamkeit ist eine Intensivbegrünung mit Stauden und anspruchsvollen Gräsern einer extensiven Begrünung mit genügend Pflanzen und kurzen Rasen deutlich überlegen (vgl. DWD 1995)

### **Bedeutung von Dach- und Fassadenbegrünung**

Zu den weiteren effektiven Maßnahmen, die Erwärmung der Gebäude am Tage abzuschwächen, zählen **Dach- und Fassadenbegrünung**. Letztere wirkt zweifach positiv auf einen Gebäudebestand ein, da einerseits durch die Schattenspende die Wärmeeinstrahlung am Tage reduziert wird und andererseits über die Verdunstungskälte des Wassers Wärme abgeführt wird. Eine Fassadenbegrünung ist insbesondere an West- und Südfassaden wirksam, da hier die stärkste Einstrahlung stattfindet. Darüber hinaus mindert eine Begrünung die Schallreflexion und damit die Lärmbelastung und kann zu einem gewissen Grad Stäube und Luftschadstoffe binden.

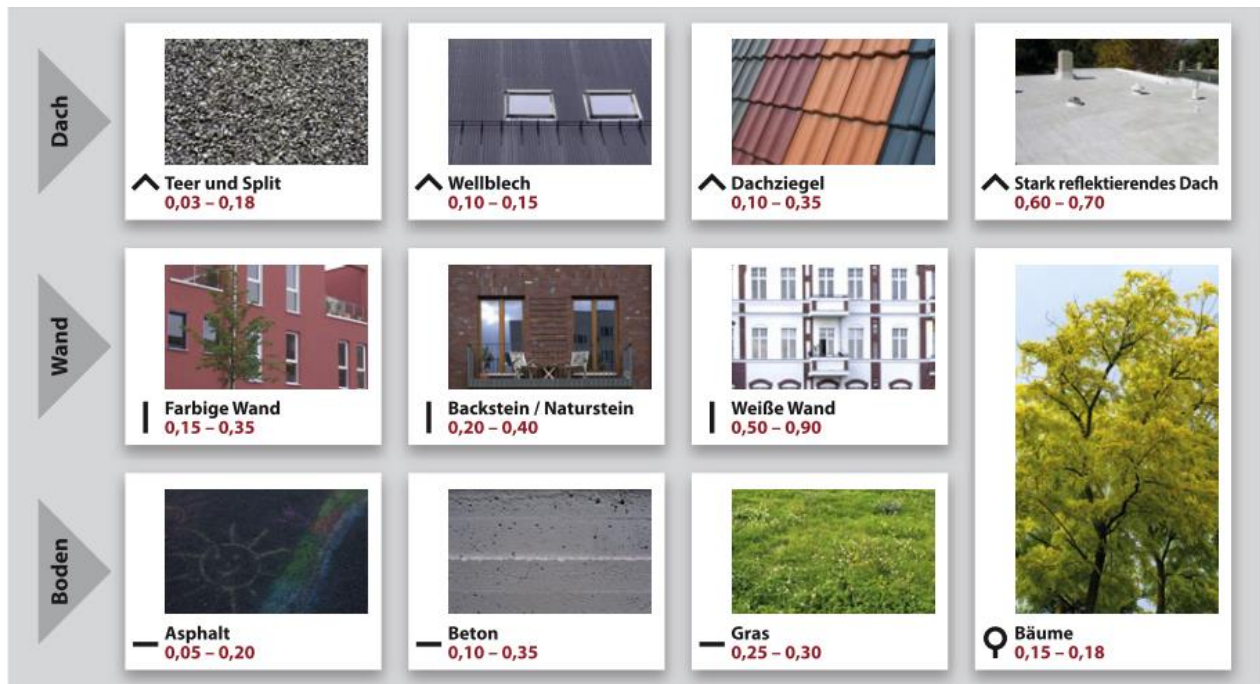
Bei der Dachbegrünung wirkt die Vegetation zusammen mit dem Substrat isolierend und verringert damit das Aufheizen darunter liegenden Wohnraums. Zudem senkt die Dachbegrünung die Oberflächentemperatur des Daches aufgrund der Verdunstung von Wasser ab und verringert die Temperatur in der oberflächennahen Luftschicht. Voraussetzung dafür ist allerdings ein ausreichendes Wasserangebot für die Vegetation. Sollte bei längeren Hitzeperioden die Vegetation austrocknen, steigen die Temperaturen wieder auf das Niveau eines normalen Daches an und können sogar darüber hinausgehen. Der Kühlungseffekt für die Innenräume bleibt dabei aber erhalten. Im Winter dämmt ein Gründach zusätzlich und kann zur Senkung des Heizbedarfes beitragen. Ein weiterer Vorteil von Dachbegrünung ist im Retentionsvermögen von Regenwasser zu sehen, wodurch die Kanalisation vor allem bei Starkregenereignissen entlastet wird.

### **Bedeutung der Albedo-Erhöhung**

Es ist zu berücksichtigen, dass ein Großteil des Energieumsatzes von Gründächern auf Dachniveau, also oberhalb des eigentlichen Aufenthaltsbereichs des Menschen stattfindet. Positive Auswirkungen auf die bioklimatische Situation im Straßenraum sind daher nicht direkt, sondern nur über eine Senkung der thermischen Gesamtbilanz bei relativ hohen Begrünungsanteilen zu erwarten.

Neben der Dach- und Fassadenbegrünung hat sich auch eine Steigerung der Sonnenlichtreflexion durch die Verwendung von hellen Farben und Baumaterialien (**Albedo-Erhöhung**) als effektives Mittel zur Senkung der Oberflächen- und Lufttemperatur erwiesen. Die Albedo ist ein Maß für das Rückstrahlvermögen von Oberflächen. Sie gibt das Verhältnis von reflektierter zu einfallender Strahlung an. Werte nahe null beschreiben dunkle Oberflächen mit hohen Absorptions- und Erwärmungsgraden, hohe Werte bis eins stehen für helle Flächen, die stärker zurückstrahlen und deshalb selbst kühler bleiben. Im Sinne der Klimaanpassung sind demnach hohe Albedo-Werte günstiger.

**Abb. 2.6** fasst die Albedo-Werte einiger stadttypischer Oberflächen zusammen.

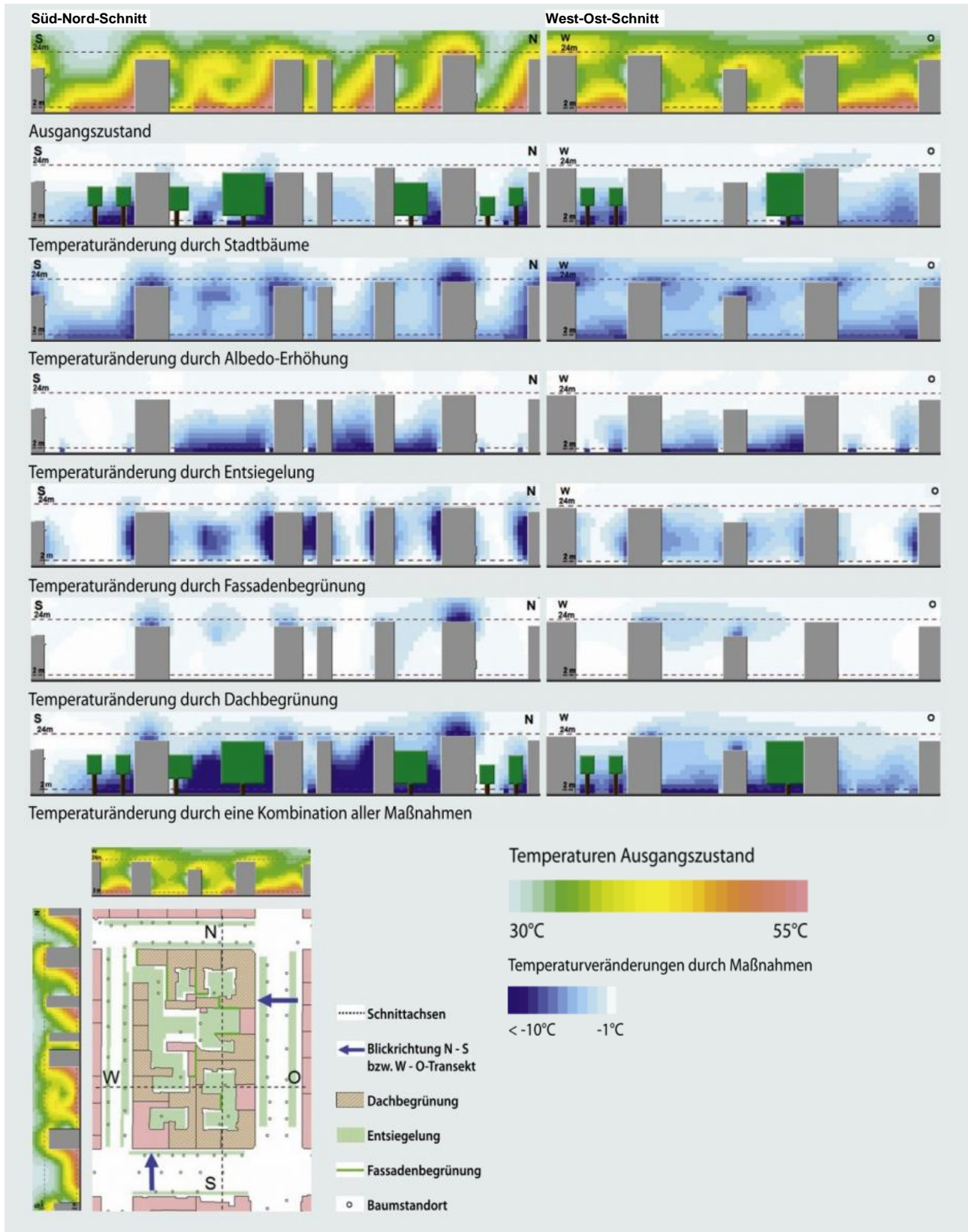


© Senatsverwaltung für Stadtentwicklung/Fotos: Mayang (3), Back (8)

**Abb. 2.6:** Albedo-Werte verschiedener Oberflächen (SENATSVRWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG [Hrsg.] 2011)

Die **Abb. 2.7** auf der Folgeseite bilanziert die Auswirkungen der verschiedenen genannten Maßnahmen auf das lokale Bioklima. Hierfür wurden anhand eines beispielhaften Baublocks in Berlin-Charlottenburg die mittäglichen Lufttemperaturen an einem Sommertag gegenüber gestellt. Die durchgeführten Modellrechnungen zeigen, dass die betrachteten Einzelmaßnahmen recht unterschiedliche Wirkungen auf die Reduzierung der Lufttemperatur haben: Bis in eine Höhe von 2 m wirken zusätzliche Straßen- und Innenhofbäume, Entsiegelung sowie eine Erhöhung der Albedo unter den gegebenen Rahmenbedingungen am deutlichsten auf die Temperatur der bodennahen Luftvolumina ein. Der klimatische Effekt von Dach- und Fassadenbegrünung auf den bodennahen Bereich ist im Vergleich hierzu eher als geringfügig bis mäßig einzustufen. Erwartungsgemäß führt die Kombination aller Maßnahmen in der Modellrechnung zur deutlichsten Verbesserung des lokalen Bioklimas.

In **Tab. 2.3** ist zusammenfassend eine Auswahl möglicher Maßnahmen dargestellt. Die Auswahl einer Maßnahme ist insbesondere abhängig von den Gegebenheiten vor Ort. Der Effekt einer Maßnahme kann auf Grund der vielfältigen Rahmenbedingungen sehr unterschiedlich ausfallen. Auch kleinere Maßnahmen können bereits einen positiven Effekt erzielen. Insbesondere bei stark verdichteten Stadtkernen, wie der Altstadt von Lübeck, kommt den kleinräumig einsetzbaren Maßnahmen eine große Bedeutung zu. Eine großräumige Entlastung dieser Gebiete ist auf Grund der gewachsenen Strukturen nur schwer umzusetzen. Gerade deshalb sollte ein verstärktes Augenmerk auf die Schaffung kleinräumiger Entlastungsbereiche liegen.



**Abb. 2.7:** Temperaturverteilung und -änderung durch bauliche Maßnahmen zum Zeitpunkt 12 Uhr Mittags für einen beispielhaften Baublock (GEO-NET 2010, veröffentlicht in SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG [Hrsg.] 2011)

Maßnahme	Details	Effekte
Schaffung und Erhaltung von Grün- und Freiflächen	> vorhandene grüne Innenhöfen erhalten und neue schaffen	> Klimaoasen für Anwohner; je nach Größe kleinräumige Effekte auf umgebende Bebauung
	> Straßenbahngleise oder Verkehrsinseln etc. begrünen	> Kleinräumige Auswirkungen (geringer als bei Büschen und Bäumen): Verdunstung, Abkühlung
Parkflächen erhalten, schaffen und optimieren	> aufgelockerte Struktur mit einzelnen Büschen und Bäumen	> Tagsüber Schattenplätze; nachts gute Kaltluftproduktion möglich
	> keine "Barrierepflanzungen" zur angrenzenden Bebauung	> Abfließen der produzierten Kaltluft in die Bebauung möglich
	> ggf. Wasserflächen einplanen	> tagsüber ausgleichende Wirkung auf den Temperaturgang, aber auch Erhöhung der Luftfeuchte; nachts geringer Rauigkeitswiderstand für abfließende Kaltluft
Pflanzung von Straßenbegleitgrün	> Straßenzüge und Bepflanzung in Abhängigkeit der Belastung mit Luftschadstoffen auswählen	> Verbesserung des Lokalklimas durch Verschattung und erhöhte Verdunstung
	> Auswahl geeigneter Bäume und Sträucher (stadtklimaangepasste Vegetation)	
	> mögliche Funktion als Leitbahn oder Kaltluftschneise sollte durch die Bepflanzung nicht behindert werden	
	> Verstärkung der Emissionsbelastung durch einen herabgesetzten Luftaustausch vermeiden (möglichst kein geschlossenes Kronendach, lichte kleinkronige Bäume/Sträucher in engen Straßen)	
Dachbegrünung	> ausreichende Bewässerung > Auswahl geeigneter Pflanzen	> Verringerung der Energieaufnahme durch den Baukörper > Verbesserung des kleinräumigen Lokalklimas
Fassadenbegrünung	> ausreichende Bewässerung > Auswahl geeigneter Pflanzen	> Verringerung der Energieaufnahme durch den Baukörper > Verbesserung des kleinräumigen Lokalklimas
Schaffung von Wasserflächen	> Luftaustausch muss gewährleistet sein, um Schwüle zu vermeiden	> ausgleichende Wirkung auf die Temperatur
Verwendung heller Baumaterialien und Farben	> im Straßenbau > im Hausbau	> Auf Grund der hohen Albedo geringere Energieaufnahme durch den Baukörper/das Bauobjekt
Verschattungselemente an Gebäuden	> Jalousien > Sonnensegel > Arkaden > Vegetation	> Verringerung der Energieaufnahme durch den Baukörper > Je nach Art des Verschattungselements Verbesserung der Aufenthaltsqualität auch in direktem Umfeld der Gebäude

Tab. 2.3: Kleinräumige Maßnahmen zur Verringerung der Wärmebelastung

## 2.6 Einwohnerdichte

Um einen vergleichbaren Eindruck für die Einwohnerstärke in den Siedlungsgebieten zu erhalten, wurde die Einwohnerdichte ermittelt. Dazu wurden die Bevölkerungszahlen mit der Baublockgröße verrechnet und anschließend als Einwohner pro Hektar dargestellt.

Die Werte wurden in drei Klassen unterteilt, von denen nur die erste mit unterdurchschnittlich vielen Bewohnern und die dritte Klasse mit überdurchschnittlich vielen Bewohnern in der Karte dargestellt wird. Die zweite Klasse mit Werten zwischen 21 und 249 Bewohnern pro Hektar ist durchschnittlich.

- Klasse 1            unter 20
- Klasse 2            21 – 249 (ohne Schraffur)
- Klasse 3            über 250

Besonders dicht besiedelt sind die Blöcke in den Randbereichen der Innenstadt und viele der zentrumnahen Bebauungen in den Statteilen St. Lorenz Nord, St. Lorenz Süd und St. Jürgen.

Unterdurchschnittliche viele Menschen pro Hektar leben in den Industriegebieten von Lübeck, im Bereich des Universitätsklinikums Schleswig Holstein und den Hafengebieten entlang der Trave.

### 3 Planungshinweiskarte Stadtklima – Tagsituation

Am Tage ist es die direkte Sonneneinstrahlung, von der eine potenzielle Gesundheitsgefahr ausgeht. Vor allem innerhalb der gering verschatteten Stadtbereiche führt die überdurchschnittlich hohe Strahlungstemperatur zu ungünstigen thermophysiologicalen Bedingungen für den menschlichen Körper. Dieser reagiert darauf mit vermehrter Transpiration über die Haut, wobei die im Vergleich zur Nachtsituation höheren Windgeschwindigkeiten die thermische Belastung kompensieren.

In den Siedlungsflächen sind - abhängig von der baulichen Dichte - die höchsten Belastungen anzutreffen. Die Luft wird hier am Tage stark erwärmt, wobei zusätzlich die Windgeschwindigkeiten eher schwach ausgeprägt sind. Darüber hinaus geben die Baumassen die am Tage gespeicherte Wärme in den Nachtstunden an die bodennahe Luftschicht ab. Gleichzeitig erfolgt - vor allem während einer längeren Hitzeperiode - ein kontinuierliches Aufheizen der Wohnräume,

Für zwei Bevölkerungsgruppen ist diese Hitzeeinwirkung besonders problematisch. Diese beiden Risikogruppen sind:

- Kleinkinder, da sie über eine eingeschränkte Fähigkeit zur Thermoregulation verfügen
- hochbetagte Menschen, da sie meist eine verminderte Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislaufsystems haben

Von diesem Hitzestress kann sich der Organismus nur durch einen erholsamen Schlaf regenerieren, der bei erhöhten Nachttemperaturen aber erheblich gestört werden kann. Am Tage kann der Aufenthalt im Freien Erleichterung bringen. Insbesondere baum- und damit schattenreiche Grünanlagen sowie Stadtwälder bieten den hitzegeplagten Stadtbewohnern ein vergleichsweise kühles Mikro- bzw. Erholungsklima.

Die Bedeutung der Grünflächen während der Tagsituation ist somit für eine Vielzahl an Bevölkerungsgruppen und insbesondere für die Risikogruppen groß. Sowohl Kleinkinder (und ihre Betreuungspersonen) als auch die Altersgruppe über 65 Jahre sind in der Regel nicht berufstätig und können die Erholungsflächen auch tagsüber aktiv aufsuchen.

Diejenigen aus den Risikogruppen, die in energetisch nicht sanierten Gebäuden ohne eigenen Garten leben, benötigen daher eine fußläufig erreichbare Grün- oder Waldfläche, die eine ausreichende Aufnahmekapazität aufweist und eine ausreichende Erholungs- bzw. Aufenthaltsqualität bietet.

Als Kenngröße für fußläufige Erreichbarkeit wird in der Literatur ein Richtwert von 500m oder 5 Gehminuten genannt. Eine ausreichende Kapazität kann ab 6m<sup>2</sup> Grünfläche pro Einwohner bei einer Mindestgröße der Fläche von 2ha als gegeben eingestuft werden (URGE 2002), wobei diese Kennwerte sich nicht auf die bioklimatische Entlastungsfunktion beziehen, sondern lediglich auf die Freizeit- und Erholungsfunktion.

#### 3.1 Aufenthaltsqualität der Grün- und Freiflächen am Tage

Grün- und Freiflächen sollten am Tage eine möglichst hohe Aufenthaltsqualität gewährleisten. Wie schon in Kapitel 2.2 erläutert, kann die Art der Nutzung von Grün- und Freiflächen große Auswirkungen auf diese Qualität haben.

Am Tage treten in den von Wiese oder Acker geprägten Arealen durch die intensive Einstrahlung und dem Mangel an Verschattung ähnlich hohe Werte wie in den verdichteten Siedlungsflächen auf. Hier hat der hohe (kurzwellige) solare Strahlungsinput eine starke Erwärmung der Bodenoberfläche zur Folge.

Die Flächen, die durch Bäume oder Gehölz geprägt sind, weisen nicht nur durch Schatten, sondern auch durch die Verdunstung von Wasser, das geringste Belastungspotential am Tage aus.



Um die Aufenthaltsqualität dieser Flächen zu verbessern, sollten besonders in innerstädtischen Bereichen, ausreichend große beschattete Areale angelegt werden. Das Gehen und Radfahren sollte im Schatten möglich sein, daher sind lockere, hochstämmige Baumgruppen und Alleen als schattenspendende Elemente von Vorteil. Außerdem sollten größere Flächen ein Angebot aus unterschiedlichen Mikroklimaten aufweisen. Beispielsweise sollten sich schattige und sonnige Bereiche und kühlende Wasserflächen abwechseln, um den unterschiedlichen Bedürfnissen der Menschen entgegenzukommen (Mikroklimavielfalt).

Die höchste Aufenthaltsqualität bieten die Flächen mit vielen schattenspendenden Grünelementen. Hier gilt es die vorhandene Vegetation zu erhalten. Bei Flächen mit geringerer Aufenthaltsqualität am Tage ist der positive bioklimatische Einfluss durch Bäume und Gehölz unterdurchschnittlich. Die Freiflächen weisen ein Defizit an Verschattung aus. Hier sollte ein Schwerpunkt auf die Entwicklung und den Ausbau von Baumgruppen, Alleen und Gehölzbereichen gelegt werden.

Die Flächen mit sehr geringer Aufenthaltsqualität sind Bereiche mit wenig Schatten und intensiver solarer Einstrahlung. Vorwiegend handelt es sich hierbei um landwirtschaftliche Flächen und Rasenbereiche. Liegen diese Freiflächen innerhalb von Siedlungsflächen sollten auch hier verschattende Vegetationselemente geplant und angepflanzt werden.

Im stark verdichteten Stadtkern- und Altstadtbereich befinden sich nur sehr wenige Grün- und Freiflächen. Im Gegensatz dazu ist der Anteil an landwirtschaftlich geprägten Freiflächen im kompletten Untersuchungsgebiet, welches über das Stadtgebiet Lübecks hinausgeht, am größten.

### **Grün- und Freiflächen mit einer hohen Aufenthaltsqualität am Tage**

Grün- und Freiflächen mit einer hohen Aufenthaltsqualität am Tage sind kleinteilig vorwiegend im Umfeld der Siedlungsflächen vorzufinden, darüber hinaus sind mit dem Burgtorstadtpark oder der Paligner Heide auch größere zusammenhängende Areale im Untersuchungsgebiet anzutreffen. Aufgrund ihres Baumbestands weisen diese Flächen ein hohes Maß an Verschattung auf. Fast 90% dieser Bereiche sind mit der Nutzung Gehölz oder Waldfläche ausgewiesen. Der Burgtor Stadtpark im Osten der Stadt kann als großer Entlastungszone für den Innenstadtbereich gesehen werden.

Während die Flächen mit hoher Aufenthaltsqualität im gesamten Untersuchungsgebiet nur 28% der Flächen ausmachen, sind es im Stadtgebiet der Hansestadt Lübeck 40%. Insgesamt haben 5.030 ha der Grün- und Freiflächen im Stadtgebiet von Lübeck eine hohe Aufenthaltsqualität am Tage.

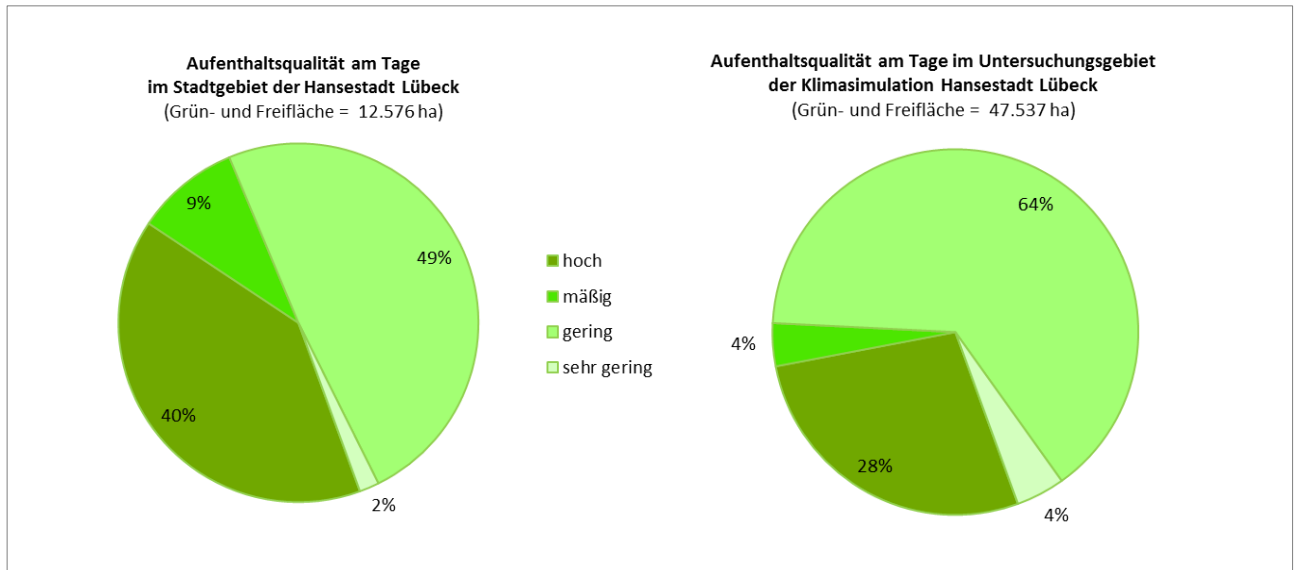
Der größte Anteil der Grün- und Freiflächen ist von geringer Aufenthaltsqualität. Im Stadtgebiet sind das 6.155 ha (49%) und im gesamten Untersuchungsgebiet 30.585 ha (64%) der Fläche, wobei hiervon fast ausschließlich Bereiche außerhalb der Siedlungsgebiete betroffen sind. Es handelt sich meist um landwirtschaftlich genutzte Äcker und Weiden.

### **Lokale Auswirkungen der Gewässer auf die Uferbereiche**

Entlang der Uferbereiche sind an heißen Tagen vergleichsweise günstige Aufenthaltsbedingungen anzutreffen. Dies ist auf die tendenziell niedrige Temperatur der über das Wasser streichenden Luftmasse sowie dem gefühlten Abkühlungseffekt durch die insgesamt höheren Windgeschwindigkeiten zurückzuführen.

Allerdings ist diese klimatische Gunstwirkung nur auf den Nahbereich zu Gewässern begrenzt. Die Bereiche sind in der Karte mit einer grauen waagerechten Schraffur gekennzeichnet.





**Abb. 3.1:** Bilanzierung der Grün- und Freiflächen im Untersuchungs- und Stadtgebiet der Hansestadt Lübeck, Tagsituation

### 3.2 Siedlungsräume

Wie schon in Kapitel 2.3 beschrieben, weist die Hansestadt Lübeck eine insgesamt gut durchgrünte Struktur auf, wobei die Altstadt und die zentrumsnahen Bereiche der Stadtteile St. Lorenz (Nord und Süd) und St. Jürgen stark verdichtet sind und nur wenige Grünflächen vorhanden sind. Der hohe Versiegelungsgrad und die enge Bebauung in diesen Bereichen machen sich besonders am Tage bemerkbar. Hier kommt es an heißen Tagen zu einer starken Aufheizung. Die bioklimatische Situation dieser Bereiche muss daher als ungünstig eingeordnet werden. Auch in den Gewerbegebieten von Lübeck ist die bioklimatische Situation aufgrund des hohen Versiegelungsgrades ebenfalls ungünstig. Für fast ein Viertel der Siedlungsflächen im Stadtgebiet wird die bioklimatische Situation am Tage als ungünstig eingeordnet. Im Hinblick auf die kritische Tagsituation wäre es hilfreich in Zukunft auf eine Erhöhung des Grünanteils besonders in den Wohnbereichen zu achten. Hier sollte es zu keiner weiteren Verdichtung kommen und eine Verbesserung der Durchlüftung geschaffen werden. Die wenigen Freiflächen sollten erhalten bleiben und wenn möglich sollten versiegelte Flächen entsiegelt werden und ggf. die Blockinnenhöfe begrünt werden.

Auch wenn diese Maßnahmen ebenfalls für die zahlreichen Gewerbegebiete in Frage kommen, können diese Gebiete aufgrund ihrer geringen Bewohnerdichte im Einzelfall geprüft werden.

Die wesentlich lockerere Bebauung in den Außenbereichen des Stadtgebietes weist mehr begrünte Zonen aus und deshalb deutlich besser durchlüftet. 54% des gesamten Untersuchungsgebietes fällt deshalb unter die Kategorie der günstigen bioklimatischen. Diese Siedlungsstrukturen sind bioklimatisch geringer belastet und weisen eine mittlere Empfindlichkeit gegenüber nutzungsintensivierenden Eingriffen bei Beachtung klimaökologischer Aspekte auf. Bei Verdichtungsmaßnahmen sollte auf die Baukörperstellung geachtet werden und die Bauhöhen möglichst gering gehalten werden.

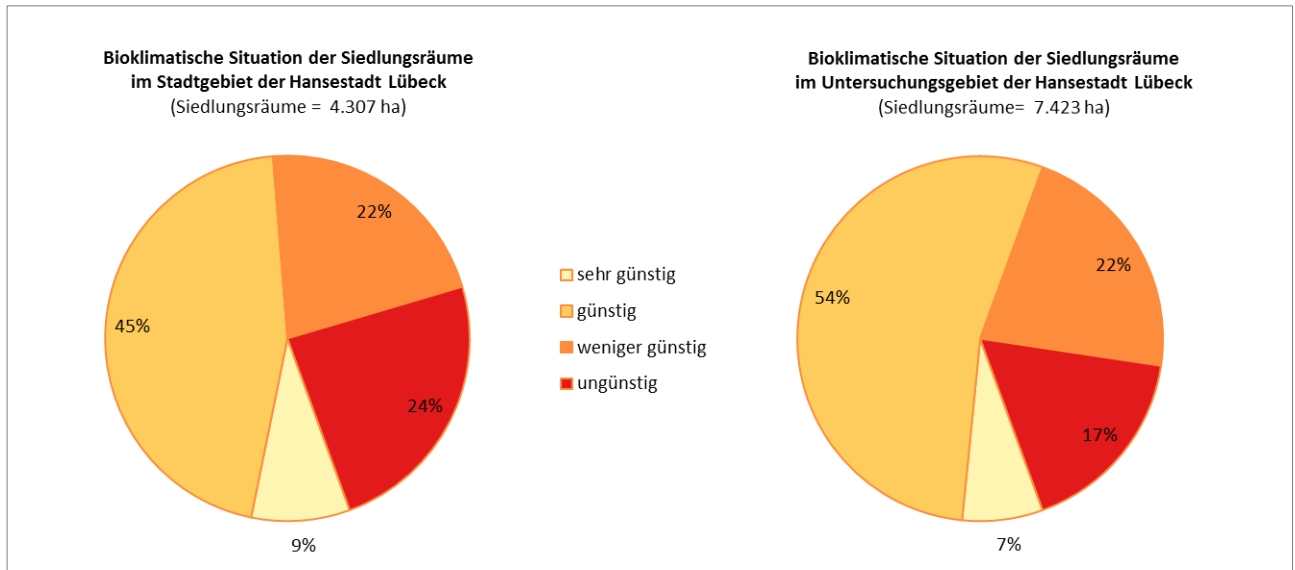


Abb. 3.2: Bilanzierung der Siedlungsräume im Untersuchungs- und Stadtgebiet der Hansestadt Lübeck, Tagsituation

### 3.3 Lufthygienische Belastung im Untersuchungsgebiet am Tage

Die Modellrechnung zur Tagsituation wurde durch einen leicht überlagernden Land-Seewind aus nordöstlicher Richtung angetrieben und ist aufgrund der unterschiedlichen Erwärmung der Stadtstrukturen durch kleinräumige Luftaustauschprozesse gekennzeichnet (Konvektion). Insgesamt gesehen handelt es sich um eine eher windschwache Wettersituation. Die Immissionssituation kann sich lokal von der Nachtsituation unterscheiden, welche durch Kaltluftabflüsse bzw. Flurwinde zwischen Grün- und Siedlungsflächen geprägt ist. Gleichzeitig ist die Quellstärke der Belastungen sowohl im Straßennetz als auch im Schiffsverkehr deutlich höher als in der Nacht.

Bei der Interpretation der vorliegenden Modellergebnisse sollte allerdings berücksichtigt bleiben, dass sich diese bei einer Rasterzellenweite von 25 m x 25 m immer noch auf der Mesoskalenebene bewegen und z.B. Einzelgebäude nicht explizit aufgelöst wurden. Bei der Bewertung der Modellergebnisse muss bedacht werden, dass mikroskalige Sondersituationen innerhalb der angewandten Rasterauflösung nur begrenzt widerspiegelt werden können. Die Immissionsbelastung wird im Rahmen der eingesetzten Methodik vor allem durch Verkehrsmenge und Fahrsituation beeinflusst.

Besonders belastet sind die Bereiche um den Skandinavienkai (Schiffverkehr), zu den Seiten der Autobahn A1 und entlang der größeren Straßenzüge im verdichteten Zentrumsbereich von Lübeck. Dabei handelt es sich in der Altstadt vor allem um die Mühlenstraße sowie am westlichen Ufer an der Untertrave. In den an die Altstadt angrenzenden Stadtquartieren sind vor allem die folgenden Abschnitte von erhöhten Immissionen betroffen:

- Possehlstraße/Willy-Brand-Allee
- Kronsdorfer Allee/Hüxtertorallee/Falkenstraße
- Moisinger Allee/Fackenburger Allee
- Schwartauer Allee

Ein mögliches Auftreten von mehr als 100 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>x</sub> im Straßenraum zum Zeitpunkt 14 Uhr mittags wird in der Karte mit einer blauen waagerechten Schraffur angezeigt. Darüber hinaus wird ein mögliches Auftreten von Luftbelastungen in den angrenzenden Siedlungsbereichen mit einer eigenen Signatur dargestellt. Durch den starken Sonneneinfluss an heißen Sommertagen ist gleichzeitig von höheren Belastungen durch Ozon auszugehen.

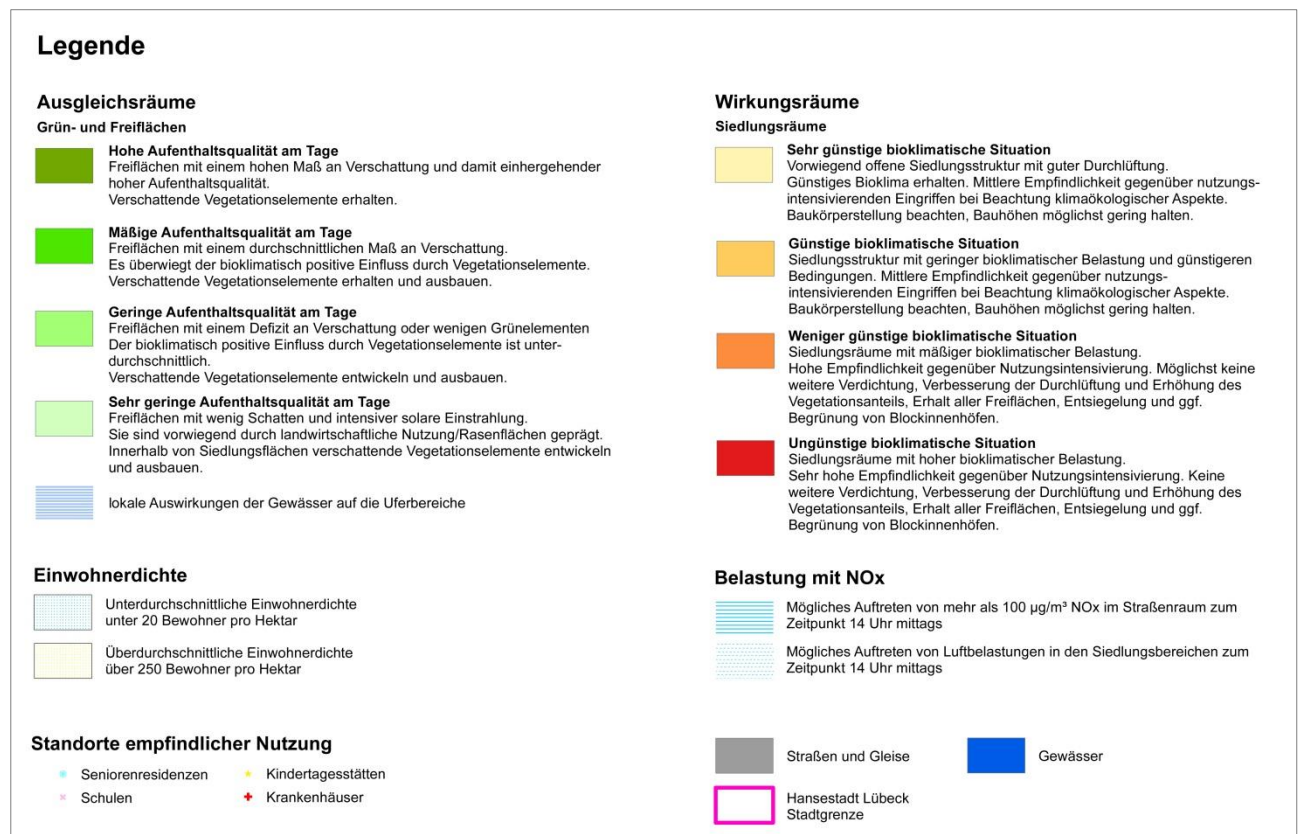
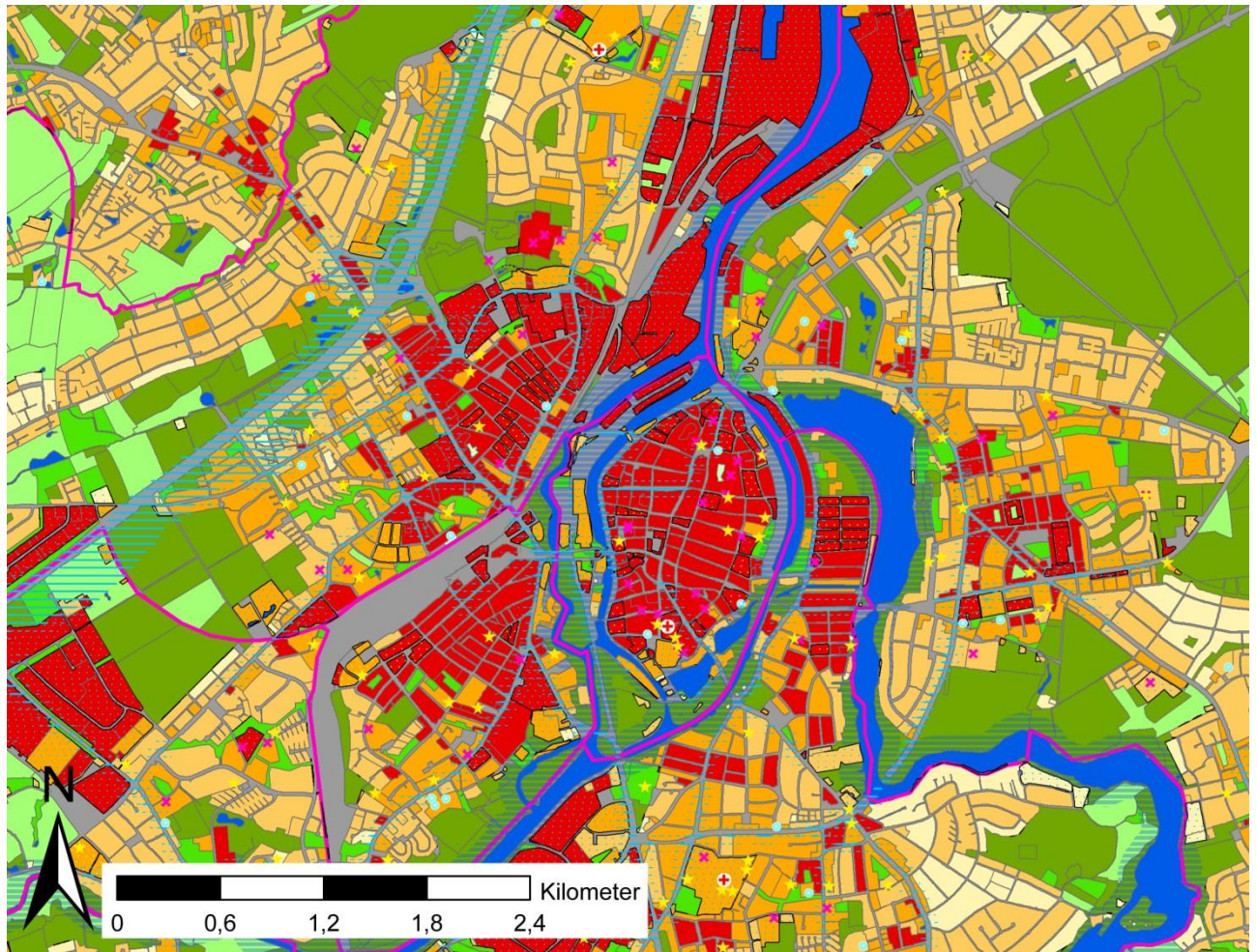


Abb. 3.3: Planungshinweiskarte Tagsituation, Ausschnitt Lübeck-Mitte



## 4 Vergleich Grün- und Freiflächen in Nacht- und Tagsituation

In diese Karte wird die Nacht- mit der Tagsituation verglichen, wobei die Abweichungen in der Bewertung zwischen den Zeitpunkten mit einer Schraffur gekennzeichnet sind. Grundlage der Karte ist die Nachtsituation, aus der auch die Darstellung der Kaltluftleitbahnen stammt (s. Abb. 4.1).

Mit einer Schraffur werden einerseits alle Tagabweichungen von einer sehr hohen bioklimatischen Bedeutung der Grün- und Freiflächen in der Nacht angezeigt und andererseits alle Tagabweichungen von einer ungünstigen bioklimatischen Situation der Siedlungsräume in der Nacht.

- Ein Grün- und Freifläche, die am Tag eine sehr hohe bioklimatische Bedeutung hat und in der Nacht nur mit hoch, mittel oder gering bewertet wurde, ist mit einer grünen Schraffur versehen.
- Siedlungsräume, die am Tag eine ungünstige bioklimatische Situation aufzeigen und in der Nacht mit weniger günstig, günstig und sehr günstig bewertet wurden, sind mit einer grünen Schraffur angezeigt.

### 4.1 Aufenthaltsqualität der Grün- und Freiflächen im Tag-/Nacht-Vergleich

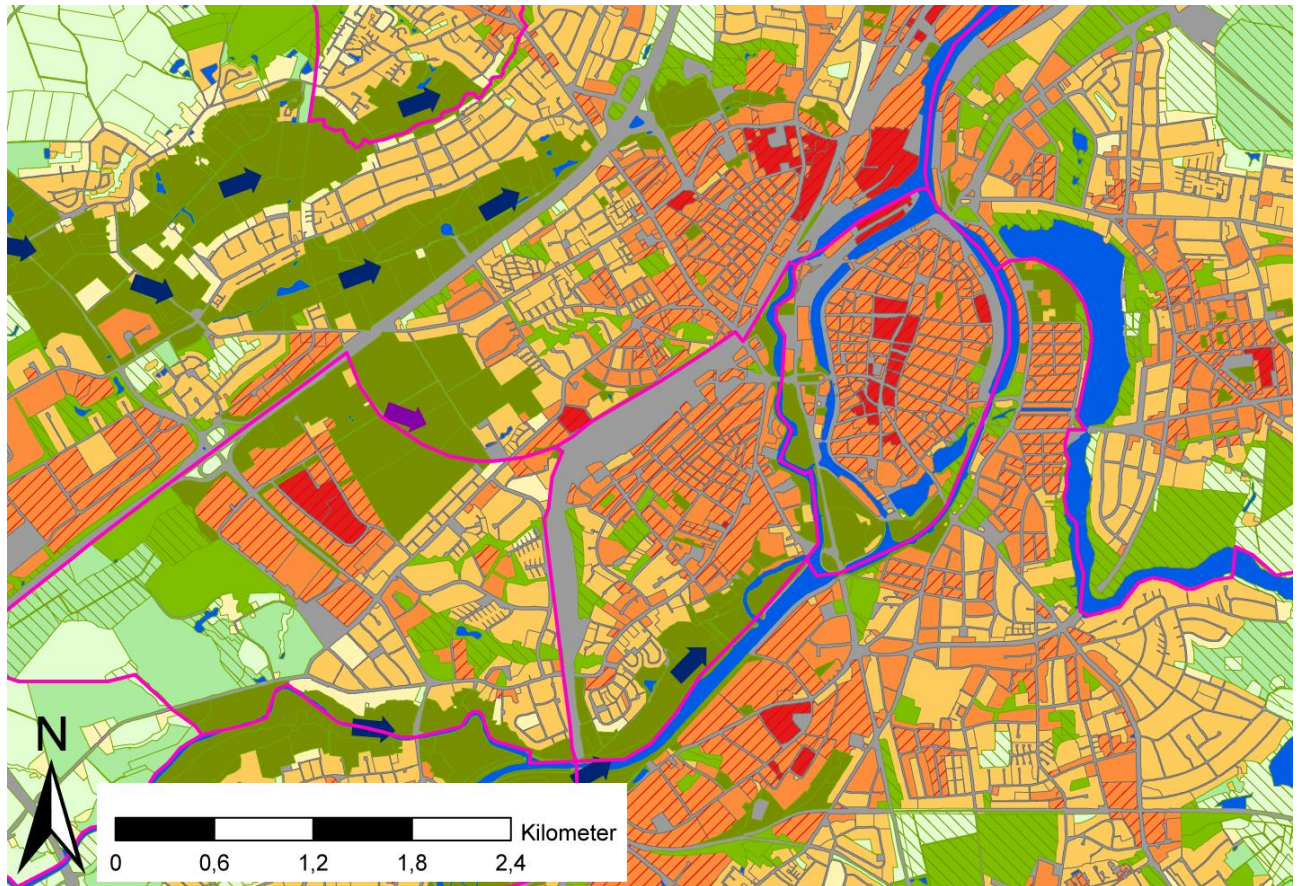
Die Gebiete der Grün- und Freiflächen mit einer hohen Aufenthaltsqualität am Tage bei vergleichsweise geringerer Klassifizierung der bioklimatischen Bedeutung in der Nacht werden mit einer schrägen grünen Schraffur angezeigt.

Nur wenige Flächen mit geringer bioklimatischer Bedeutung in der Nacht weisen eine höhere Bedeutung am Tage auf. Die meisten der tagsüber hoch bewerteten Flächen sind auch in der Nacht von mittlerer oder hoher Bedeutung. Die größte zusammenhängende Fläche mit abweichender Bedeutung befindet sich im Osten bis Südosten der Stadt (Burgtorstadtpark, Palinger Heide).

### 4.2 Bioklimatische Situation der Siedlungsräume im Tag-/Nacht-Vergleich

Die Siedlungsräume, deren bioklimatische Situation am Tage ungünstiger ist und in der Nacht eine günstigere bioklimatische Situation aufweisen, werden mit einer schrägen roten Schraffur gekennzeichnet.

Besonders deutlich wird der Unterschied in der Altstadt und den zentrumsnahen Bereichen der umliegenden Stadtteile. Obwohl nachts nur wenige Areale als ungünstig (s. Abb. 2.5, Seite 13) eingestuft werden, sind die bioklimatischen Bedingungen am Tage - aufgrund des hohen Versiegelungsgrades und die enge Bebauung - durch eine Überwärmungssituation geprägt und somit als ungünstig zu bewerten. Eine ähnliche Situation kann man in den umliegenden Gewerbegebieten beobachten.



### Legende

#### Ausgleichsräume

##### Grün- und Freiflächen

- Geringe bioklimatische Bedeutung**  
Freiflächen mit geringem Einfluss auf Siedlungsgebiete. Geringe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung.
- Mittlere bioklimatische Bedeutung**  
Freiflächen mit mittlerem Einfluss auf Siedlungsgebiete. Mittlere Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Maßvolle Bebauung, die den lokalen Luftaustausch nicht wesentlich beeinträchtigt, ist möglich.
- Hohe bioklimatische Bedeutung**  
Hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Luftaustausch mit der Umgebung erhalten. Bei Eingriffen Baukörperstellung beachten sowie Bauhöhen möglichst gering halten.
- Sehr hohe bioklimatische Bedeutung**  
Sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Vermeidung von Austauschbarrieren gegenüber bebauten Randbereichen, Emissionen reduzieren.

#### Vergleich der Bewertung der Tag- und Nachtsituation:

##### Grün- und Freiflächen

- Aufenthaltsqualität am Tage und bioklimatischen Bedeutung in der Nacht**  
hohe Aufenthaltsqualität am Tage bei vergleichsweise geringerer Klassifizierung der bioklimatischen Bedeutung in der Nacht

##### Siedlungsflächen

- bioklimatische Situation am Tag und in der Nacht**  
ungünstige bioklimatische Situation am Tage bei günstigerer bioklimatischer Situation in der Nacht

#### Wirkungsräume

##### Siedlungsräume

- Sehr günstige bioklimatische Situation**  
Vorwiegend offene Siedlungsstruktur mit guter Durchlüftung. Günstiges Bioklima erhalten. Mittlere Empfindlichkeit gegenüber nutzungsintensivierenden Eingriffen bei Beachtung klimaökologischer Aspekte. Baukörperstellung beachten, Bauhöhen möglichst gering halten.
- Günstige bioklimatische Situation**  
Siedlungsstruktur mit geringer bioklimatischer Belastung und günstigeren Bedingungen. Mittlere Empfindlichkeit gegenüber nutzungsintensivierenden Eingriffen bei Beachtung klimaökologischer Aspekte. Baukörperstellung beachten, Bauhöhen möglichst gering halten.
- Weniger günstige bioklimatische Situation**  
Siedlungsräume mit mäßiger bioklimatischer Belastung. Hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Möglichst keine weitere Verdichtung. Verbesserung der Durchlüftung und Erhöhung des Vegetationsanteils, Erhalt aller Freiflächen, Entsiegelung und ggf. Begrünung von Blockinnenhöfen.
- Ungünstige bioklimatische Situation**  
Siedlungsräume mit hoher bioklimatischer Belastung. Sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Keine weitere Verdichtung. Verbesserung der Durchlüftung und Erhöhung des Vegetationsanteils, Erhalt aller Freiflächen, Entsiegelung und ggf. Begrünung von Blockinnenhöfen.

#### Luftaustausch

##### Hauptströmungsrichtung der Flurwinde in den Grün- und Freiflächen

- Kaltluftleitbahn lufthygienisch unbelastet
- Kaltluftleitbahn lufthygienisch (z.T.) belastet

- Straßen und Gleise
- Gewässer
- Hansestadt Lübeck Stadtgrenze

Abb. 4.1: Planungshinweiskarte Vergleich Tag- und Nachtsituation, Ausschnitt Lübeck-Mitte

## 5 Nutzungshinweise für die Bauleitplanung

Die Planungshinweiskarte stellt die stadtklimatisch relevanten Strukturen mit ihrer jeweiligen Bedeutsamkeit dar und erlaubt im Falle einer geplanten Nutzungsänderung die Ersteinschätzung der Empfindlichkeit von Grün- und Siedlungsflächen. Aufgrund ihrer wichtigen lokalklimatischen Funktionen, sowie der Rolle im Stadtökosystem insgesamt, sollte die Überbauung von Grünflächen grundsätzlich vermieden werden. Sind dennoch konkrete Eingriffe vorgesehen, können entsprechende zu berücksichtigende Maßnahmen aus der jeweiligen Empfindlichkeit im Plangebiet abgeleitet werden; gleiches gilt für die Siedlungsflächen.

Mit der durchgeführten Analyse der klimaökologischen Funktionen stehen flächendeckend aktuelle Informationen zum Schutzgut Klima für das gesamte Stadtgebiet der Hansestadt Lübeck zur Verfügung. Damit wird eine fundierte klimatische Ersteinschätzung von Planungsvorhaben ermöglicht, die anschließend in die Detailplanung von Flächennutzungsänderungen einfließen kann.

Die Aussagegenauigkeit der Synthesekarten entspricht im groben Rahmen dem Maßstabsbereich der Eingangsdaten, aus denen die zugrunde gelegten Referenzflächen abgeleitet worden sind. Da das ATKIS-Basis-DLM eine Auflösung im Maßstabsbereich zwischen 1 : 50.000 und 1 : 10.000 repräsentiert, zielen die auf Basis der Planungshinweiskarte gemachten Aussagen zunächst einmal auf die Ebene der Stadtentwicklungs- und Flächennutzungsplanung.

Allerdings liegen die Grundlagendaten für die Ableitung der Synthesekarten (also die einzelnen Klimaparameter wie beispielsweise Strömung und Temperatur) aufgrund der beschriebenen Vorgehensweise wesentlich höher aufgelöst vor. Mittels Überlagerung der einzelnen Informationsebenen aus flächenhaft zusammengefassten Funktionszusammenhängen und flächenintern differenzierenden Detailinformationen lassen sich somit recht fundierte Ersteinschätzungen auch auf Ebene der Bauleitplanung geben (Maßstabsbereich zwischen 1 : 10.000 und 1 : 2.500).

Beispielhaft für die Nutzung der vorliegenden dreiteiligen Planungshinweiskarte werden nachfolgend zwei Flächen im Stadtgebiet betrachtet. Bei der Bewertung eines Planareals steht zunächst der Einfluss einer geplanten Nutzungsänderung auf den lokalen Luftaustausch im Vordergrund. Auf Grundlage der vorliegenden Basisdaten (bodennahes Windfeld; Kaltluftvolumenstrom) wird sichtbar, ob ein klimatisch wirksamer Luftaustausch überhaupt vorliegt und damit eine entsprechende Relevanz gegeben ist. Dies betrifft im Wesentlichen bislang unbebaute Grün- und Freiflächen in siedlungsnaher Lage. Ist diese gegeben, sollte bei Erschließung und Bebauung die einströmende Kaltluft berücksichtigt werden. Dann ermöglichen strömungsgünstig ausgerichtete Straßenräume und Anstandsflächen eine gewisse Durchlüftung der Siedlungsfläche. Im Zusammenhang mit der Wärmebelastung am Tage können bei vorhandenen ungünstigen Bedingungen entsprechende Maßnahmen getroffen werden (vgl. Tab. 2.3, S. 20).



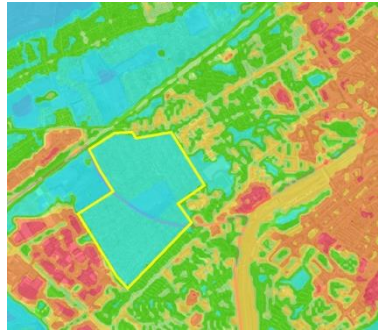
### Beispiel: Kleingärten Buntekuh



Die **Kleingärtenanlage Buntekuh** liegt südlich der A1, zwischen dem Gewerbegebiet Buntekuh und dem Siedlungsbereich Holstentor Nord.

**Gegenwärtige Nutzung:** baulich geprägte Grünfläche (Kleingärten) im Wechsel mit wenigen Freiflächen (Wiesen); sehr geringer Versiegelungsgrad

**Planung:** In Zukunft ist hier eine Ausweitung des Gewerbegebietes geplant.



Das **Temperaturfeld** verdeutlicht die Auswirkung der vorhandenen Bebauung und Versiegelung im Plangebiet.

Hier zeigt sich, dass der Bereich in der Nacht deutlich kühler als das Umfeld ist und somit als Kaltluftentstehungsgebiet zur Entlastung der anliegenden Siedlungsflächen beitragen kann.



In der **Planungshinweiskarte** überschneidet die Fläche acht Referenzflächen. Für alle Bereiche ist eine sehr hohe bioklimatische Bedeutung ausgewiesen worden, obwohl in den anliegenden Siedlungsbereichen eine günstige bis weniger günstige bioklimatische Situation vorliegt. Die hohe Bedeutung der Grünfläche resultiert aus der wichtigen Funktion der Fläche hinsichtlich des Luftaustauschs zwischen den Kaltluftentstehungsgebieten und belasteten Siedlungsräumen.



Das **bodennahe Strömungsfeld** zeigt die Bedeutung des Untersuchungsgebietes als Entstehungs- und Durchtrittsbereich für Kaltluftströmungen Richtung Südosten. Die Frischluftzufuhr ist in diesem Gebiet durch die angrenzende Autobahn lufthygienisch belastet.



Anhand der modellierten Prozesse können durch die Analyse der Strömungsrichtungen mögliche Anpassungen der Bebauungsdichte und Baukörperstellung erwogen werden.



Die Kleingartenkolonien weist in der **Tages-situation** Freiflächen mit hohem Maß an Verschattung und somit hoher Aufenthaltsqualität aus. Nur eine Teilfläche (Wiese), mit einem Defizit an Verschattung, ist mit einer geringeren Aufenthaltsqualität zu bewerten.



In der digitalen Variante der Karte (GIS-Dokument) kann durch Einblendung des Shapes „**bioklimatische Erholungsfunktion\_Tag**“ die Einschätzung der Stadt Lübeck für diesen Bereich erfragt werden. Viele Gebiete sind, unabhängig von der klimatischen Funktion, als wertvolle Naherholungsgebiete für die Bevölkerung eingestuft worden. Die gesamte Fläche der Kleingartenkolonie gehört dazu.



Der dritte Teil der PHK-Karte zeigt den **Vergleich** der bioklimatischen Bewertung der Tag- und Nachtsituation und lässt so eine schnelle Einschätzung zu. Beide Szenarien zeigen eine hohe Bedeutung der Flächen für die gesamte bioklimatische Situation.

**Konkretisierte Planungsaussagen:**

Der Geltungsbereich der Kleingärten Buntekuh umfasst derzeit ausschließliche Flächen mit einer sehr hohen bioklimatischen Bedeutung. Nordwestlich der Fläche entsteht eine sehr hohe Menge an Kaltluft, die in Strömungsrichtung über die Kleingärten bis in die Siedlungsbereiche getragen wird. Durch die angrenzende Autobahntrasse ist die Wirksamkeit bereits geschwächt da die Frischluftzufuhr in diesem Gebiet lufthygienisch belastet ist. Die Fläche ist daher als lufthygienisch belastete Leitbahn ausgewiesen.

Die Autobahntrasse beeinflusst die ausgeprägte Strömung innerhalb der Leitbahn aus nordwestlicher Richtung und schwächt somit die bioklimatische Situation in den Siedlungsgebieten.

Eine Bebauung dieses Gebietes hätte eine weitere Verschlechterung der bioklimatischen Situation in den angrenzenden Siedlungsgebieten zur Folge. Aus klimaökologischer Sicht sollte eine Bebauung im Einzelfall geprüft werden und nur in Strömungsrichtung angedacht werden. Eine Bebauung sollte auf den Randbereich begrenzt bleiben, um einen ausreichend breiten Leitbahnquerschnitt (> 100 m) zu gewährleisten.

Die vorgesehene Umnutzung der Fläche als Industriegebiet sollte daher sensibel geplant werden. Es sollten Aufenthaltsbereiche für die dort am Tage arbeitenden Menschen mit günstigen klimatischen Bedingungen eingeplant werden. In diesem Fall ist der Wärmebelastung am Tage als höhere Priorität einzustufen als der in der Nachtsituation. Da eine Industrie-/Gewerbebebauung mit größeren Gebäuden (Hallen) und einer insgesamt recht hohen Versiegelung ein hohes Überwärmungspotenzial aufweist, können grüingeprägte Abstandsflächen das Einströmen von Kaltluft begünstigen und eine vorhandenen Belastungen abbauen.

Um die Wärmebelastung am Tag möglichst gering zu halten, sind verschiedene Maßnahmen zur Verbesserung der bioklimatischen Situation denkbar. Darunter fallen unter anderem Dachbegrünungen, geringe Oberflächenversiegelungen, größere Abstandsflächen der Gebäude, Begrünung der Fassaden, Pflanzung von Baumreihen und helle Oberflächen zur Erhöhung der Reflexion der Sonnenstrahlung (Albedo) um so eine Aufnahme der Wärmeenergie an den verschiedenen Oberflächen zu verringern.



### Beispiel: Roggenhorst (zwei Teilbereiche)



Die beiden Teilbereiche liegen nördlich und westlich des Industriegebiets Roggenhorst. Die Freiflächen sind zum Teil mit einigen Büschen/Gehölzstreifen und wenigen kleinen Gebäuden bestanden. Im Bereich der kleineren Fläche im Südwesten sind auch ein paar Wasserflächen zu finden. Diese Fläche ist im Westen von einem dichten Baumbestandsgürtel umgeben.

**Gegenwärtige Nutzung:** Bei beiden Flächen handelt es sich hauptsächlich um Acker- und Grünflächen.

**Planung:** In Zukunft ist eine Ausweitung des Gewerbegebietes in Teilbereichen angedacht. Es gibt aber seitens des Naturschutzes und bezüglich der Vermeidung der Landschaftszersiedelung Bedenken.



Die **Temperaturen** im Untersuchungsgebiet sind gering ausgeprägt und betragen zwischen 13,0 und 16 Grad. Im Bereich der Gebäude liegt die Temperatur ein wenig darüber. Die angrenzenden Industrieflächen weisen deutlich höhere Temperaturen auf.



In der **Planungshinweiskarte** sind fast alle Freiflächen in den beiden Gebieten mit einer sehr hohen oder hohen bioklimatische Bedeutung ausgewiesen worden. In den anliegenden Siedlungsbereichen liegt eine günstige bis weniger günstige bioklimatische Situation vor. Die hohe Bedeutung der Grünflächen im Norden resultiert aus der wichtigen Funktion der Fläche hinsichtlich des Luftaustauschs zwischen den Kaltluftstehungsgebieten und den Siedlungsräumen. Dieser Bereich ist daher als Leitbahn definiert worden.



Die Windgeschwindigkeiten in der nördlichen Fläche betragen etwa 0,3m/s, wobei die Strömungsgeschwindigkeiten in der westlichen Fläche etwas geringer sind (0,2 bis 0,3m/s).



Die Fläche im Norden weist eine mäßig hohe bis hohe Kaltluftlieferung auf. Die kühle Luft kann aus dem Umland von Norden in das Gebiet eindringen und wird von dort weiter in die Grünbereiche im Osten und Nordosten geleitet. Der gelbe Umriss kennzeichnet zugleich den Beginn einer Kaltluftleitbahn. Die Flurwinde sind im Bereich dieser Fläche gut ausgeprägt.



Die Fläche im Westen weist einen mäßigen Kaltluftvolumenstrom auf. Die kühle Luft strömt von Norden nach Süd/Südost aus dem Gehölzgürtel in die Fläche und wird von dort über eine bestehende Grünfläche in die Bebauung des Industriegebiets geleitet. Ein weiteres Eindringen in die Bebauung ist auf Grund der dicht stehenden Gebäude nur bedingt möglich.



Die Flächen weisen in der **Tagessituation** Freiflächen mit wenig Schattenbereichen und somit auch nur eine geringe bis mittlere Aufenthaltsqualität auf. Nur zwei Freiflächen im Süden der nördlichen Fläche, sind mit einer hohen Aufenthaltsqualität bewertet.



In der digitalen Variante der Karte (GIS-Dokument) kann durch Einblendung des Shapes „**bioklimatische Erholungsfunktion \_Tag\_**“ die Einschätzung der Stadt Lübeck für diesen Bereich erfragt werden. Viele Gebiete sind, unabhängig von der klimatischen Funktion, als wertvolle Naherholungsgebiete für die Bevölkerung eingestuft worden. Beide der hier betrachteten Flächen gehören nicht dazu.



Der dritte Teil der PHK-Karte zeigt den **Vergleich** der bioklimatischen Bewertung der Tag- und Nachtsituation und lässt so eine schnelle Einschätzung zu. Beide Szenarien zeigen eine hohe Bedeutung der Flächen für die gesamte bioklimatische Situation. Für beiden Flächen gibt es nur geringe Abweichungen in der Tag- bzw. Nachtbewertung.

### Konkretisierte Planungsaussagen:

#### Fläche im Norden:

Bei einer angenommenen Industrie-/Gewerbebebauung mit größeren Gebäuden (Hallen) und einer insgesamt recht hohen Versiegelung ist auf der Fläche im Norden davon auszugehen, dass die Auswirkungen für die Leitbahn und die angrenzenden Siedlungen erheblich ausfallen werden. Durch den erhöhten Versiegelungsgrad wird die Temperatur ähnlich der in den Industrieflächen im Süden sein. Durch dichte Bebauung kann es zur Unterbrechung der Durchströmung der Fläche kommen und einer Kappung der Leitbahn in diesem Bereich bewirken. Kühlere Luft aus dem Umland kann dann nicht mehr bis in die Innenstadt von Lübeck vordringen. Die im Osten an die Fläche anliegende Siedlung wird sich möglicherweise durch die neue Industriebebauung in direkter Nähe stärker erwärmen, da die ausgleichenden Effekte der Freiflächen nun wegfallen.

Da die Fläche wichtig für die Kaltluftversorgung der Stadt Lübeck ist, sollte ihre grundsätzliche Funktion auch weiterhin erhalten bleiben. Ein Erhalt der Leitbahn in diesem Bereich ist als wichtig anzusehen. Sinnvoll ist es, innerhalb der Fläche einen Grünkorridor mit einer klimatisch wirksamen Breite (ca. 100 m) einzuplanen. Zum einen hätte dies eine Gunstwirkung für die geplante Bebauung, zum anderen wären dann die Auswirkungen auf den Bestand geringer.

Falls Gewerbegebiete realisiert werden, sollten auch Aufenthaltsbereiche für die dort am Tage arbeitenden Menschen mit günstigen klimatischen Bedingungen eingeplant werden. In diesem Fall ist die Wärmebelastung am Tage als höhere Priorität einzustufen, als die in der Nachtsituation. Um die Fläche selbst und damit auch die angrenzende Wohnbebauung von übermäßiger Erwärmung zu schützen, können weitere Maßnahmen in der Planung ergriffen werden: Begrünung der Dachflächen, Abstandsflächen der Gebäude, Grünkorridore, möglichst geringe Oberflächenversiegelung, Begrünung von Südfassaden sowie die Verschattung mit Baumreihen, die den Wärmeeintrag im Gebäudeinnenraum reduzieren.

Eine Dachbegrünung mit Substratauflage wirkt dämmend und verringert zum einen das Aufheizen des Gebäudes im Sommer, während es im Winter zur Senkung des Heizbedarfes beitragen kann. Darüber hinaus erfolgt eine Retention von Niederschlagswasser, wodurch die Kanalisation vor allem bei Starkregenereignissen entlastet wird. Außerdem kann über die Verwendung von hellen Oberflächen auf ebenerdig versiegelte Flächen oder Fassaden die Reflexion der Sonnenstrahlung (Albedo) erhöht werden, so dass diese stärker zurückstrahlen und damit insgesamt weniger Wärmeenergie aufnehmen.

#### Fläche im Westen:

Bei einer angenommenen Industrie-/Gewerbebebauung auf der westlichen Fläche mit größeren Gebäuden (Hallen) und einer insgesamt recht hohen Versiegelung ist davon auszugehen, dass innerhalb der Fläche die bodennahe Lufttemperatur sowohl am Tage als auch in der Nacht ansteigen wird. Die Fläche wird schlechter oder fast kaum noch durchströmt werden, so dass auch die kleine Grünfläche im Osten des Gebiets vom Luftstrom abgetrennt wird.

#### *Empfehlungen aus klimatischer Sicht*

Die Fläche ist relativ klein und steht im Verbund mit dem anliegenden Industriegebiet. Die Auswirkungen auf die gesamtstädtische Klimasituation werden daher als gering eingeschätzt.

Mit einer geplanten gewerblichen Nutzung wird sich die klimatische Situation im Planareal selbst verändern. Industrieflächen erwärmen sich stark und sind als Wärmeinsel im Temperaturfeld erkennbar. Das Ziel sollte sein, die kleinere östlich an die Planfläche angrenzende Grünfläche auch in Zukunft zu erhalten. Sie kann, obwohl sie nun nicht mehr von Kaltluft aus dem Umkreis gespeist wird, einen wichtigen Beitrag zum Ausgleich des Klimas im Industriegebiet Roggenhorst leisten. Denkbar wäre es auch, Abstandsfläche in der neu zu überplanenden Fläche zu erhalten, um den Luftaustausch mit dem angrenzenden Waldgürtel und den Freiflächen über das Grundstück zu gewährleisten.

Eine Dachbegrünung mit Substratauflage wirkt dämmend und verringert zum einen das Aufheizen des Gebäudes im Sommer, während es im Winter zur Senkung des Heizbedarfes beitragen kann. Darüber hinaus erfolgt eine Retention von Niederschlagswasser, wodurch die Kanalisation vor allem bei Starkregenereignissen entlastet wird. Außerdem kann über die Verwendung von hellen Oberflächen auf ebenerdig versiegelte Flächen oder Fassaden die Reflexion der Sonnenstrahlung (Albedo) erhöht werden, so dass diese stärker zurückstrahlen und damit insgesamt weniger Wärmeenergie aufnehmen.

## Glossar

**Ausgleichsraum:** Kaltluft produzierende, unbebaute und vegetationsgeprägte Fläche die an einen Wirkungsraum angrenzt oder mit diesem über eine Leitbahn verbunden ist.

**Autochthone Wetterlage:** Eigenbürtige Wetterlage: Durch lokale und regionale Einflussfaktoren bestimmte Wetterlage. Solche Wettersituationen entstehen bei Hochdruckwetterlagen und sind durch einen ausgeprägten Tagesgang der Strahlung, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind und Bewölkung geprägt. Durch lokale Temperaturunterschiede entstehen Ausgleichsströmungen.

**Bioklima:** Beschreibt die Einflüsse von Wetter und Klima (atmosphärische Umgebungsbedingungen) auf lebende Organismen und insbesondere den Menschen.

**Eigenbürtige Wetterlage:** s. autochthone Wetterlage

**Flurwind:** Thermisch bedingte schwache Ausgleichsströmung, die durch horizontale Temperatur- und Druckunterschiede zwischen vegetationsgeprägten Grün- und Freiflächen im Umland und (dicht) bebauten Gebieten entsteht. Er strömt vor allem in den Abend- und Nachtstunden in das Zentrum der Überwärmung (meist Innenstadt oder Ortsteilzentrum) ein.

**Gunsträume:** Klimatisch günstige Siedlungsräume: häufig locker bebaute und durchgrünte Siedlungen 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 Grün- und Freiflächen. Diese Gebiete führen weder zu einer intensiven bioklimatischen Belastung noch zu Beeinträchtigungen des Luftaustausches. Für die Bewertung des Bioklimas werden diese Räume in Anlehnung an die VDI Richtlinie 3785 den Klassen „nicht belastet (sehr günstig)“ oder „gering belastet (günstig)“ zugewiesen (s. auch Kapitel 7.1 Abschnitt Siedlungsräume).

**Kaltluftabfluss:** An wenig rauen Hängen und Tälern mit genügendem Gefälle (theoretisch ab etwa 0,5°) setzt sich die Kaltluft aufgrund der Schwerkraft, dem Gefälle folgend, in Bewegung. Er setzt bereits vor Sonnenuntergang ein und kann die ganze Nacht andauern.

**Komfortraum:** Bewachsene Grün- oder Freifläche, z.T. vielfältig strukturiert, mit günstigen bioklimatischen und lufthygienischen Bedingungen, in Nachbarschaft zum Wirkungsraum.

**Leitbahnen:** Mehr oder weniger linear ausgerichtete Grün- und Freiflächen mit geringer Rauigkeit, die den lokalen bodennahen Luftaustausch (vor allem die Zufuhr von Kaltluft) fördern. Die Eigenschaften einer Leitbahn bestimmen letztlich, in welchem Umfang Ausgleichsleistungen von einem Ausgleichs- zum Wirkungsraum erbracht werden können.

**Lufthygienische Belastung:** Belastung der Luft durch Schadstoffe.

**NO<sub>x</sub>:** Summe aus Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Stickstoffmonoxid (NO, ausgewiesen als NO<sub>2</sub>-Äquivalente). Stickstoffoxide werden bei Verbrennungsprozessen freigesetzt. Ein größerer Anteil wird als NO emittiert, das später mit Luftsauerstoff und insbesondere mit Ozon (O<sub>3</sub>) zu NO<sub>2</sub> reagiert. Aus diesem Grund beziehen sich Emissionsmengen auf NO<sub>x</sub>, als beurteilungsrelevante Immissionen werden NO<sub>2</sub> Konzentrationen betrachtet.

**PMV-Wert:** Grundlage für die Beurteilung der bioklimatischen Belastung in Siedlungsflächen. Er basiert auf der Wärmebilanzgleichung des menschlichen Körpers und gibt den Grad der Unbehaglichkeit bzw. Behaglichkeit als mittlere subjektive Beurteilung einer größeren Anzahl von Menschen wieder.

**Strahlungsnacht:** Wolkenlose windschwache Nacht mit ungehinderter Ausstrahlung, s. auch Strahlungswetterlage.

**Strahlungswetterlage:** Wetterlage mit geringen großräumigen Windströmungen und ungehinderten Ein- und Ausstrahlungsbedingungen. Für diese Wetterlagen sind eine geringe Bewölkung sowie eine mittlere Windgeschwindigkeit von weniger als 1,5 m/s typisch, die meteorologische Situation in Bodennähe wird dann vornehmlich durch den Wärme- und Strahlungshaushalt geprägt.

**Ungunsträume:** Klimatisch belastete Siedlungsräume, die einen Durchlüftungsmangel und eine für die Region überdurchschnittliche Wärmebelastung aufweisen. Hierbei werden Siedlungsräume mit den Bewertungskategorien „mäßig belastet (weniger günstig)“ sowie „belastet (ungünstig)“ unterschieden. Unter Berücksichtigung des Belastungsniveaus ergibt sich für diese Räume eine hohe bzw. sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber einer Nutzungsintensivierung.

**Ventilationsbahn:** Leitbahn, die während austauschstärkerer Wetterbedingungen zur Be- und Entlüftung des Wirkungsraumes beiträgt.

**Wärmebelastung:** Durch Behinderung der Wärmeabgabe des Körpers hervorgerufenen Unbehaglichkeitsempfinden. Wärmebelastung tritt hauptsächlich bei sommerlichen, strahlungsreichen Hochdruckwetterlagen mit hoher Temperatur, hoher Feuchte und geringer Luftbewegung auf (Schwüle).

**Wärmeinsel:** Städtischer Lebensraum, der gegenüber der Umgebung vor allem abends und nachts eine höhere Lufttemperatur aufweist. Es bilden sich i.d.R. mehrkernige Wärmeinseln in einer Stadt aus. Die Jahresmitteltemperaturen sind in diesen Räumen um 0,5 bis 1,5 Kelvin gegenüber dem Umland erhöht.

**Wirkungsraum:** Siedlungsraum, der bioklimatisch und/oder lufthygienisch belastet ist und an einen oder mehrere Ausgleichsräume angrenzt oder über Leitbahnen an solche angebunden ist. Die Zufuhr von Kaltluft aus einem Ausgleichsraum kann zu einer Verminderung der Belastung beitragen.

## Literatur

Deutscher Dachgärtner Verband e.V. (DDV) 2011: Leitfaden Dachbegrünung für Kommunen, Nürtingen 2011

DWD – Deutscher Wetterdienst (2012): Klimadaten- online, [www.dwd.de](http://www.dwd.de).

FACHHOCHSCHULE LÜBECK: Wetterseite der FH-Lübeck, [wetter.fh-luebeck.de](http://wetter.fh-luebeck.de)

SCHERER, D. (2007): Viele kleine Parks verbessern Stadtklima. Mit Stadtplanung Klima optimieren. In: TASPO Report. Die Grüne Stadt. Oktober 2007.

URGE (2002): Development of Urban Greenspaces to Improve the Quality of Life in Cities and Urban Regions. UFZ Centre for Environmental Research Leipzig-Halle, Interdisciplinary Department of Urban Landscapes.

VDI (2008b): Richtlinie VDI 3785, Blatt 1, Umweltmeteorologie – Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

WAGENFELD, H. (Hrsg.): Stadtgrünplätze, Bauverlag, Wiesbaden, 1985.