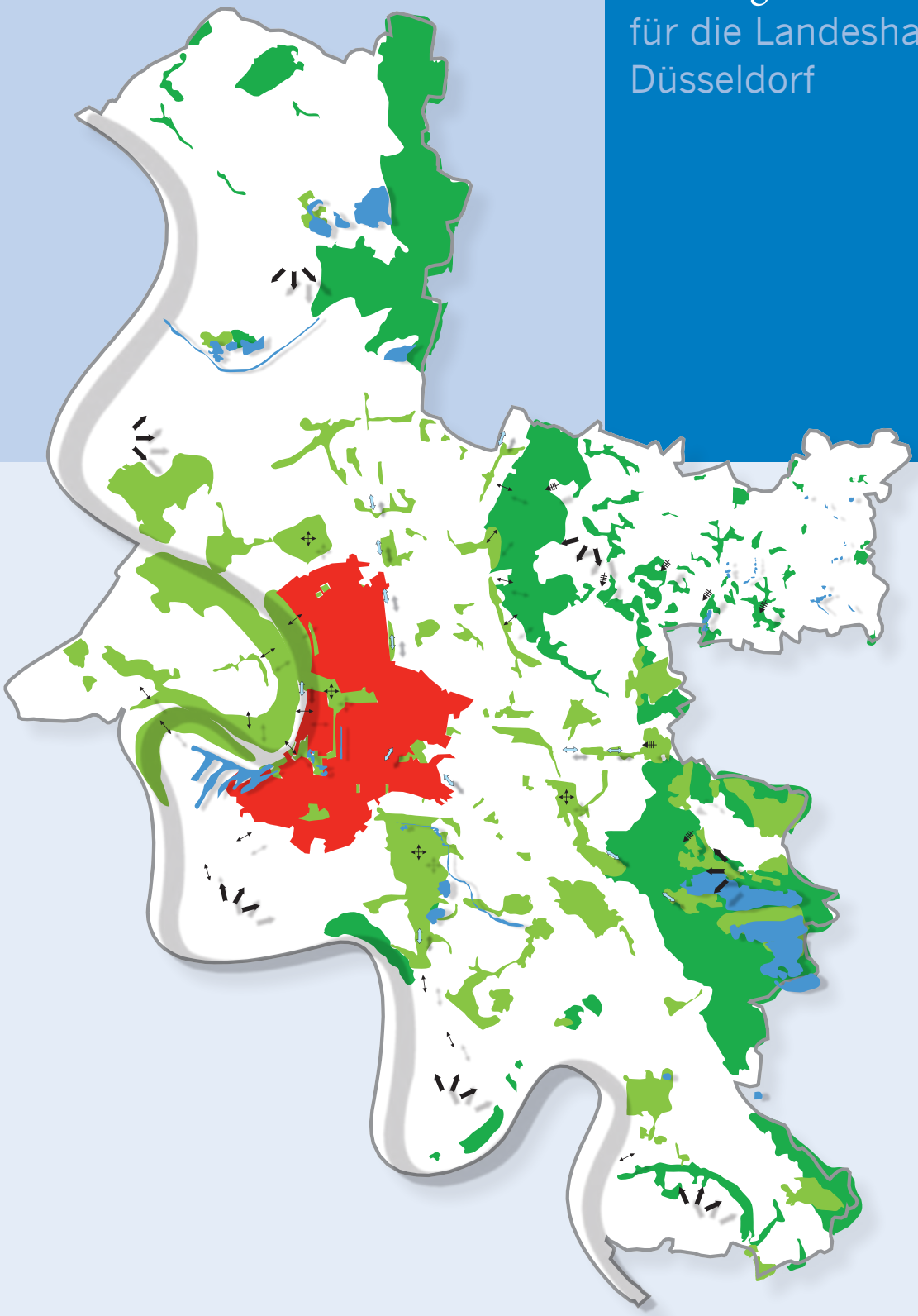
Landeshauptstadt
Düsseldorf

Planungshinweiskarte
für die Landeshauptstadt Düsseldorf



Planungshinweiskarte
für die Landeshauptstadt Düsseldorf

Projektleitung

Dr. Monika Steinrücke

K.RUB Klima Consulting

Geographisches Institut der
Ruhr-Universität Bochum

Autoren:

Dr. Monika Steinrücke

Dipl. Geogr. Jörg Eggenstein

Düsseldorf 2012

Vorwort

Mit der aktuellen Klimaanalyse steht der Landeshauptstadt Düsseldorf eine umfassende Untersuchung und Bewertung der klimatischen Situation des Düsseldorfer Stadtgebietes zur Verfügung. Die Klimaanalyse von 1995 wurde dabei vor dem Hintergrund der vielen Flächennutzungsänderungen im Stadtgebiet, der wissenschaftlichen und methodischen Weiterentwicklung in der Klimatologie sowie den neuen rechtlichen Herausforderungen im Klimaschutz durch die Ruhr-Universität Bochum überarbeitet.

Die Analyse der klimatischen Situation ist allerdings nur ein erster Schritt zur dauerhaften Sicherung eines verträglichen Stadtklimas. Unter den Bedingungen des stattfindenden und zukünftigen Klimawandels ist es unverzichtbar, Ziele für die Stadtentwicklung zu formulieren, die den Belangen des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel Rechnung tragen. Diese Belange sind für die Wohnqualität in der Stadt und damit für das Wohl der Bürgerinnen und Bürger von besonderer Bedeutung. Für eine solche klimagerechte Stadtentwicklung ist es unerlässlich, positive Raumstrukturen, wie Frischluftschneisen oder Frischluftentstehungsgebiete zu sichern und weiterzuentwickeln sowie klimatisch belastete Räume aufzuwerten. Die „Planungshinweiskarte für die Landeshauptstadt Düsseldorf“ liefert dafür die nötigen Anregungen. Hierfür wurden aus den Untersuchungsergebnissen der aktuellen Klimaanalyse in einem zweiten Schritt klimarelevante Planungshinweise abgeleitet und dargestellt. Durch die Einbeziehung des Flächennutzungsplans und noch nicht umgesetzter Bebauungspläne in die Planungshinweiskarte fließen hier neben der Beurteilung des Ist-Zustands auch planerische Aspekte ein. Die Planungshinweise sind dabei als Orientierung für zukünftige planerische Entscheidungen zu verstehen.

Die Landeshauptstadt Düsseldorf ist im Ergebnis in ihrer gewachsenen Struktur aus klimatischer Sicht positiv zu beurteilen. Über ausreichend breite, unbebaute Schneisen kann kontinuierlich Frischluft vom Rhein und vom Bergischen Land in die Innenstadt geleitet werden. Diese Situation gilt es auch bei einer wachsenden Stadt wie Düsseldorf, mit den bestehenden und zukünftigen Flächenansprüchen in den Bereichen Wohnen, Einzelhandel und Gewerbe sowie den bereits intensiv zu Erholungszwecken genutzten Frei- und Grünflächen zu erhalten.

Es stellt daher eine große Herausforderung dar, die verschiedenen Anforderungen an die Stadtentwicklung einerseits zu bewältigen, anderseits aber günstige klimatische Bedingungen zu erhalten beziehungsweise zu schaffen. Im Idealfall sind beide Ansprüche keine Gegensätze, sondern dienen gleichermaßen dem wichtigsten Ziel, die hohe Lebensqualität in Düsseldorf zu sichern und weiter auszubauen. Hierzu kann die aus der Klimaanalyse abgeleitete Planungshinweiskarte einen wichtigen Beitrag leisten.

Dirk Elbers,
Oberbürgermeister der Landeshauptstadt Düsseldorf

INHALTSVERZEICHNIS

DIE PLANUNGSHINWEISKARTE FÜR DIE LANDESHAUPTSTADT DÜSSELDORF

1	**Die Planungshinweiskarte für das gesamte Stadtgebiet**	6
1.1	Ausgleichsräume	10
1.2	Lasträume	14
1.3	Teilflächen	22
1.4	Lokale Maßnahmen	24
1.5	Luftaustausch	30
2	**Planungshinweise für die Stadtbezirke**	33
2.1	Stadtbezirk 1	36
2.2	Stadtbezirk 2	38
2.3	Stadtbezirk 3	40
2.4	Stadtbezirk 4	42
2.5	Stadtbezirk 5	44
2.6	Stadtbezirk 6	46
2.7	Stadtbezirk 7	48
2.8	Stadtbezirk 8	50
2.9	Stadtbezirk 9	52
2.10	Stadtbezirk 10	54
3	**Planungshinweise für die Sonderuntersuchungsgebiete**	56
3.1	Untersuchungsgebiet Angermund	57
3.2	Untersuchungsgebiet Knittkuhl	57
3.3	Untersuchungsgebiet Düsseltal	58
3.4	Untersuchungsgebiet Lörick	59
3.5	Untersuchungsgebiet Gerresheim	59
3.6	Untersuchungsgebiet Hamm	60
3.7	Untersuchungsgebiet Itter	60
3.8	Untersuchungsgebiet Volmerswerth	61
Literatur		62

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1	Flächenanteile der Ausgleichs- und Lasträume im Stadtgebiet von Düsseldorf	8
Abb. 2	Lage der Stadtbezirke 1 bis 10	35
Abb. 3	Stadtbezirk 1: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte	36
Abb. 4	Stadtbezirk 2: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte	38
Abb. 5	Stadtbezirk 3: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte	40

Abb. 6 Stadtbezirk 4: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte 42
Abb. 7 Stadtbezirk 5: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte 44
Abb. 8 Stadtbezirk 6: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte 46
Abb. 9 Stadtbezirk 7: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte 48
Abb. 10 Stadtbezirk 8: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte 50
Abb. 11 Stadtbezirk 9: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte 52
Abb. 12 Stadtbezirk 10: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte 54
Abb. 13 Übersicht über die Lage der Sonderuntersuchungsgebiete im Düsseldorfer Stadtgebiet während der Messkampagnen 2008-2010 56

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1 Legende der Planungshinweiskarte 9
Tab. 2 Stadtbezirke 1 bis 10 34
Tab. 3 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 1 37
Tab. 4 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 2 39
Tab. 5 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 3 41
Tab. 6 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 4 43
Tab. 7 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 5 45
Tab. 8 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 6 47
Tab. 9 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 7 49
Tab. 10 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 8 51
Tab. 11 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 9 53
Tab. 12 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 10 55

DIE PLANUNGSHINWEISKARTE FÜR DIE LANDESHAUPTSTADT DÜSSELDORF

Im Gegensatz zu seinem unbebauten Umland weist eine Stadt starke klimatische und lufthygienische Veränderungen auf. Diese meist anthropogen beeinflussten Veränderungen werden allgemein unter dem Begriff „Stadtklima“ zusammengefasst (Hupfer & Kuttler 2006). Für die Ausprägung eines Stadtklimas sind makroskalige Einflussgrößen wie die Breitenlage, die Relief- und Topographiebeschaffenheit sowie die Nähe zu großen Wasserkörpern von Bedeutung. Allgemein werden diese großräumigen Faktoren jedoch von den mikro- und mesoskaligen Einflüssen überlagert. Zu den entscheidenden mikro- und mesoskaligen Parametern für die Ausprägung und Folgen des Stadtklimas zählen unter anderem die Stadtgröße, die Einwohnerzahl, die urbane Flächennutzung, der Versiegelungsgrad, die Emissionsart und -intensität von Luftbeimengungen sowie die anthropogene Abwärme aus technischen Prozessen (Kuttler 2009).

Die Minimierung der klimatischen Belastung für die Stadtbevölkerung und die Schaffung eines akzeptablen Stadtklimas stellt eine wichtige und zugleich anspruchsvolle Aufgabe für die Stadt- und Umweltplanung dar. Zu den wichtigen stadtplanerischen Maßnahmen können hierbei die Auflockerung der Bebauung, die Reduzierung des Versiegelungsgrades, die Erzeugung, Sicherung und Verbesserung von Luftleitbahnen sowie die Schaffung neuer innerstädtischer Wasser- und Grünflächen gezählt werden. Allerdings muss es sich hierbei nicht zwangsläufig um großflächige Umstrukturierungen von Brachflächen zu Parkanlagen handeln. Auch kleinere Maßnahmen, wie die Begrünung von Dachflächen, können eine Minderung der stadtklimatischen Defizite bewirken (Helbig 1998, Kuttler 2009).
Ein Ziel einer gesamtstädtischen Klimaanalyse ist die Erarbeitung einer Planungshinweiskarte mit Planungsempfehlungen, die aus den Untersuchungsergebnissen abgeleitet werden können. Diese Karte bildet die Grundlage zur Ableitung des Planungs- und Handlungsbedarfs mit dem Ziel, bestehende Belastungspotentiale zu senken bzw. abzubauen und die Lebens- und Wohnqualität zu sichern und schützen.

1 Die Planungshinweiskarte für das gesamte Stadtgebiet

Auf der Basis der Klimafunktionskarte der Stadt Düsseldorf werden im Folgenden für das Stadtgebiet von Düsseldorf Planungsempfehlungen abgeleitet und in der Planungshinweiskarte abgebildet. Die Planungsprioritäten werden hierbei auf der Basis von Last- und Ausgleichsräumen festgelegt und mit Hilfe von lokalen Hinweisen zu Maßnahmen und zum Luftaustausch gekennzeichnet. Die in der Karte enthaltenen Planungsempfehlungen sind Rahmenvorgaben, die der Bauleitplanung als Orientierung dienen sollen. Sie leiten sich aus der Analyse der klimatischen Situation im Stadtgebiet von Düsseldorf mit dem Ziel der Stabilisierung positiver Raumstrukturen und der Verbesserung belasteter Räume ab. Es ist dabei zu beachten, dass nur der Umweltaspekt Klima herangezogen wurde, um die Planungsempfehlungen

abzuleiten. Eine Abwägung mit anderen ökologischen oder der Raumentwicklung dienenden Vorgaben ist vorhabenspezifisch durchzuführen.
Das Ziel der Planungshinweiskarte ist die Schaffung einer klimatischen Situation, die nicht zu extremen Belastungen führt bzw. diese abbaut. Darüber hinaus werden günstige Bedingungen hervorgehoben und positive Zusammenhänge dargestellt. Das größte Problem besteht darin, die Anforderungen an die Stadtentwicklung einerseits zu befriedigen, andererseits aber darauf zu achten, dass sich Umweltbelastungen in Grenzen halten.
Die Planungsempfehlungen für Düsseldorf gehen nicht von einer Situation aus, die extreme Belastungen aufweist und daher grundlegend zu verändern ist. Vielmehr ist darauf hinzuweisen, dass die im Laufe der Jahrzehnte entwickelte Stadtgestalt in ihren Grundzügen aus klimatischer Sicht durchaus positiv zu beurteilen ist (Landeshauptstadt Düsseldorf 1995). Diese Einschätzung hat sich seit der gesamtstädtischen Klimaanalyse von 1995 nicht verändert.

Unter den Bedingungen des stattfindenden und zukünftigen Klimawandels ist es unverzichtbar, klimatische Ziele für die Stadtentwicklung zu formulieren und die bestehenden Strukturen zu optimieren. Die klimatisch wichtigen Ausgleichsräume in der Stadt und ihre Wechselbeziehungen mit den Lasträumen gewinnen in Zukunft einen noch größeren Stellenwert. Planungsempfehlungen werden in einem Rückschluss von den klimatischen Funktionsräumen der Klimafunktionskarte über die jeweilige Ausprägung der Klimaelemente zu den hiermit eng zusammenhängenden Stadtstrukturen wie Vegetation, Baukörper und Versiegelungsgrad entwickelt. Diese Stadtstrukturen kann der Mensch unmittelbar verändern, z. B. durch die Erhöhung des Vegetationsanteils, Entsiegelungsmaßnahmen oder Berücksichtigung von Luftleitbahnen beim Neubau von Häusern.

Auf der Planungshinweiskarte sind Bereiche mit erhöhter Belastung als „Lastraum“ und Räume mit ausgleichender Funktion als „Ausgleichsraum“ dargestellt. Die Einteilung des Düsseldorfer Stadtgebietes in Ausgleichs- und Lasträume sowie die wesentlichen Planungsempfehlungen für diese Flächen werden in den folgenden Kapiteln zusammenfassend dargestellt. Abbildung 1 zeigt die Flächenanteile der verschiedenen Ausgleichs- und Lasträume für das gesamte Düsseldorfer Stadtgebiet.

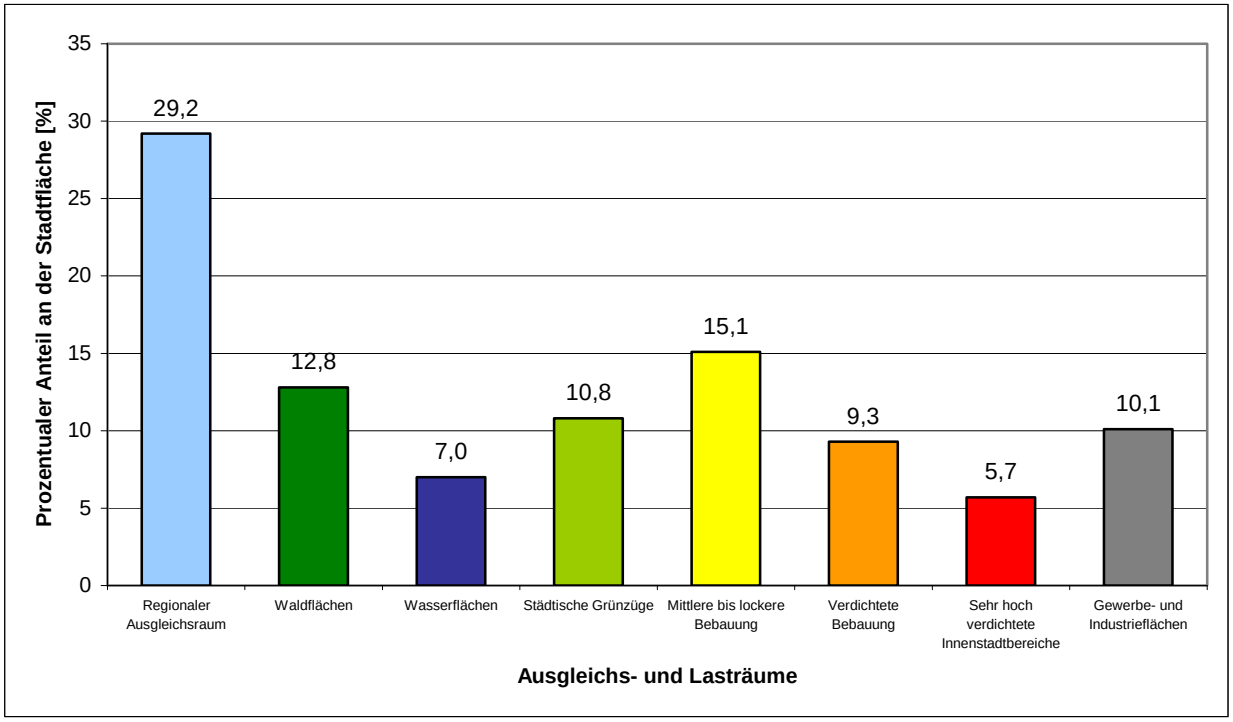


Abb. 1 Flächenanteile der Ausgleichs- und Lasträume im Stadtgebiet von Düsseldorf

Ausgleichsräume sind überwiegend unbebaute oder nur locker bebaute Freiflächen unterschiedlicher Größe und Funktion. Dabei werden regional bedeutsame Ausgleichsräume, Wald- und Wasserflächen, die unter bioklimatischen Gesichtspunkten wichtig sind sowie städtische Grünflächen, die den Siedlungsraum gliedern, unterschieden. Die Lasträume sind die bebauten Bereiche in der Stadt; sie werden in drei Bebauungstypen entsprechend der Dichte der Bebauung und in den Lastraum der Industrie- und Gewerbeflächen gegliedert. Den größten Anteil mit knapp 30 % der Stadtfläche nehmen die regional bedeutsamen Ausgleichsräume ein, gefolgt von den Siedlungsflächen mit mittlerer bis lockerer Bebauungsdichte, deren Anteil am Düsseldorfer Stadtgebiet bei rund 15 % liegt. Den geringsten Anteil an der Stadtfläche haben die sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche, er liegt nur bei gut 5 %. Dies unterstreicht die insgesamt günstige Flächenverteilung in Düsseldorf.

Neben der Einteilung des gesamten Stadtgebietes in Ausgleichs- und Lasträume werden in der Planungshinweiskarte lokale Maßnahmen für abgegrenzte Areale vorgeschlagen. Diese kleinräumigen Empfehlungen zur Ergänzung der allgemeinen Empfehlungen für die Teilräume berücksichtigen Maßnahmen bezüglich der Bebauungsstruktur, Empfehlungen für besonders sensible Flächen und verschiedene Maßnahmen der Begrünung. Außerdem werden Flächen in der Karte ausgewiesen, die eine besondere Bedeutung für den Luftaustausch haben. Hierzu werden Planungshinweise bezüglich der Belüftungssituation und zum Erhalt oder zur Verbesserung der Frisch- und Kaltluftzufuhr gegeben.

Die umfangreiche Legende der Planungshinweiskarte ist in der Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1 Legende der Planungshinweiskarte

Ausgleichsräume

Regional bedeutsamer Ausgleichsraum

Großräumiger Erhalt, Verdichtung vermeiden, Versiegelungsgrad nicht erhöhen, Emissionen reduzieren, keine zusätzlichen Emittenten zulassen.

Übergangsbereiche des Freilandklimas

Die regional bedeutsamen Ausgleichsräume enden nicht an den Stadtgrenzen.

Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald

Erhalten, vergrößern und ausbauen (besonders an den Rändern), Vernetzung einzelner Waldparzellen herstellen.

Bioklimatischer Ausgleichsraum Gewässer

Sicherung der Belüftungsfunktion, Uferbereiche freihalten, in der Übergangszone zum Gewässer Bebauung auflockern, keine Bauriegel zulassen.

Städtische Grünzüge mit bioklimatischer und immissionsklimatischer Bedeutung

Erhalt und Ausbau, keine zusätzliche Versiegelung, Entsiegelung vorsehen, Vernetzung einzelner Grünflächen, große Grünanlagen (> 10 ha) zur umgebenden Bebauung öffnen, Schaffung verschiedener Mikroklimate durch abwechslungsreiche Bepflanzung (Wiesen, Busch- und Baumgruppen).

Lasträume

Lastraum mit überwiegend mittlerer bis lockerer Bebauung

Günstige Bebauungsstrukturen erhalten, Reduktion der Verkehrs- und Hausbrandemissionen, kleinräumige Entsiegelungsmaßnahmen vorsehen.

Lastraum der verdichteten Bebauung

Erhöhung des Vegetationsanteils (Baumpflanzungen, Dach- und Fassadenbegrünung) anstreben, Erhalt und Ausbau der Grün- und Freiflächen, keine weitere Versiegelung zulassen, Öffnen der Blockinnenhöfe in begrünte Wohnstraßen, Reduktion der Emissionen.

Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche

Reduktion der Emissionen, besonders des Kfz-Verkehrs, Öffnen von Belüftungsschneisen zur Rheinaue, Erhalt und Ausbau der Grünflächen, Entsiegelung (z.B. durch Blockinnenhofentkernung) und Begrünung (Baumpflanzungen, Dach- und Fassadenbgrünung) anstreben.

Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen

Freihalten von Belüftungsbahnen, Entsiegelung und Begrünung von Freiflächen, Reduzierung des Verkehrs.
Aufbau von Gehölz- und Baumreihen im Übergangsbereich zu angrenzender Wohnbebauung.

Teilflächen

Siedlung im Ausgleichsraum

Keine weitere Ausdehnung, keine Verdichtung durch Bebauung innerhalb der Ortskerne, keine Zersiedelung.

Autobahnen und Hauptverkehrsstraßen

Immissionsschutzpflanzungen anstreben, Reduktion von Emissionen.

Lokale Maßnahmen

Bebauungsgrenze

Einhaltung besonders bedeutsamer Bebauungsgrenzen.

Zusätzliche Bebauung möglich

Weitere Verdichtung der Bebauung innerhalb der Siedlungsfläche möglich, insbesondere Schließung von Baulücken.

Zusätzliche Bebauung vermeiden

Keine weitere Verdichtung und Versiegelung durch Bebauung, Gefahr der Ausdehnung der innerstädtischen Wärmeinsel.

Waldflächen

Bioklimatisch besonders wertvoll, vorhandene Strukturen erhalten und ausbauen.

Grünvernetzung

Vernetzung vorhandener Grünzüge durch Ausbau und Schaffung von Grünflächen und Freiräumen.

Begrünung und Entsiegelung von Flächen

Begrünung und Entsiegelung von Flächen durch Straßenraumbegrünung, Entsiegelung und Begrünung von (Parkplatz-) Flächen, Schaffung kleiner Grünanlagen, Dachbegrünungen.

Begrünung in Gebieten mit hoher Flächenkonkurrenz

Gebiete mit einer hohen Flächenkonkurrenz, Erhöhung des Durchgrünungsgrades durch Blockentkernung, Innenhofbegrünung, Straßenbäume, Dach- und Fassadenbegrünung.

Luftaustausch

Luftleitbahn

Luftaustauschbedingungen fördern, möglichst geringe randliche Riegelbebauung zulassen.

Belüftung und Klimafunktion

Gebiete mit gutem lokalen Klima, Austausch zu den bebauten Gebieten fördern.

Luftaustauschfunktion

Luftaustauschbedingungen fördern, keine dichte Bebauung und keine Riegelbildung zulassen.

Nächtlicher Kaltluftabfluss

Keine Riegelwirkung zulassen.

Frischlufteinzugsgebiet

Keine Emittenten zulassen, Versiegelungsgrad nicht erhöhen.

1.1 Ausgleichsräume

Zahlreiche Flächen im Stadtgebiet von Düsseldorf erfüllen aufgrund ihrer Ausstattung und Größe eine Ausgleichsfunktion zu klimatischen und lufthygienischen Belastungen. Hierzu zählen insbesondere größere Grün- und Freiflächen im Stadtgebiet.
Im Einzelnen sind folgende positive Eigenschaften dieser Flächen hervorzuheben:

- geringer Emissionsanteil und die Fähigkeit, Luftschadstoffe zu binden und zu filtern,
- geringe Oberflächenrauhigkeit, die zu einer Verbesserung der Belüftungssituation beiträgt,
- Produktion von Frisch- und Kaltluft durch starke nächtliche Abkühlungen an warmen und heißen Tagen.

Regional bedeutsamer Ausgleichsraum

Aufgrund der geringen Emissionen im Freiland werden hier Luftschadstoffe großflächig verdünnt und die Windgeschwindigkeiten durch geringe Bodenrauhigkeiten nicht gebremst. Durch die nächtliche Produktion von Kaltluftmassen können Kaltluftabflüsse begünstigt sowie bodennahe Flurwindsysteme bei einem starken Druckgefälle zur überwärmten Innenstadt angetrieben werden. Die ausgleichenden Funktionen können sich jedoch erst bei einer ausreichend großen Freilandfläche, tatsächlich geringer Emissionen und im Falle von Kaltluftabflüssen durch eine ausreichende Reliefdynamik einstellen. Besonders günstige Durchlüftungsverhältnisse ergeben sich für Freilandbereiche in Kuppen- oder Hanglagen.
In ebener Lage werden dagegen nächtlich produzierte Kaltluftmassen nur schlecht transportiert und Muldenlagen stellen sich als Kaltluftsammelgebiete dar. Die Ansammlung von Kaltluftmassen ist mit der Gefahr der Schadstoffanreicherung verbunden und führt dazu, dass die Kaltluftmassen keine Wirkung auf die Umgebung erzielen können.
Die regional bedeutsamen Ausgleichsräume reichen über die Stadtgrenzen von Düsseldorf hinaus. Um einen großräumigen Erhalt dieser Flächen zu erreichen, sollte eine Verdichtung der bestehenden Siedlungen vermieden und der Versiegelungsgrad nicht erhöht werden. Die Funktion dieser Räume als Frischlufteinzugsgebiet setzt voraus, dass hier keine zusätzlichen Emittenten zugelassen und die vorhandenen Emissionen soweit wie möglich reduziert werden.
Regional bedeutsame Ausgleichsräume liegen vor allem im nördlichen Stadtbezirk 5 (Stockum, Lohausen, Kaiserswerth, Wittlaer, Angermund, Kalkum) und im Osten der Stadt (Gerresheim, Grafenberg, Ludenberg, Hubbelrath) und umfassen die Freiflächen zwischen den Rheinschleifen im Südwesten des Stadtgebietes.

Der überwiegend landwirtschaftlich genutzte Raum im Norden von Düsseldorf ist wegen seiner geringen Rauhigkeit ein bedeutender Ausgleichsraum für die Belüftung von Düsseldorf und Duisburg. Trotz der Siedlungsbereiche in Kaiserswerth, Kalkum, Wittlaer und Angermund kühlen die Flächen nachts deutlich bis sehr stark aus. Wie durch Messungen im Sonderuntersuchungsgebiet Angermund gezeigt werden konnte, stagniert die auf den Flächen gebildete Kaltluft aufgrund fehlender Höhenunterschiede vor Ort. Bei entsprechender übergeordneter Strömung aus nördlichen Richtungen können diese emissionsarmen Freiflächen zur Belüftung und Frischluftversorgung des nördlichen Stadtgebietes beitragen. Die Frischluftschneise zwischen Einbrungen und Angermund sollte aufgrund ihrer Verbindung bis hin zum nördlichen

Düsseldorfer Stadtgebiet auf jeden Fall von Bebauung freigehalten werden. Aus dem gleichen Grund sollten Planungen, die zu weiteren Emissionen führen, in diesem Ausgleichsraum unterbleiben. Des Weiteren sollte eine Reduzierung der Immissionsbelastungen, die sich aus dem Flughafenbetrieb (Zubringer-Verkehr, Flugbewegungen sowie Emissionen aus den sich in Wartestellung befindenden Flugzeugen) ergeben, angestrebt werden.

Der zweite regional bedeutende Ausgleichsraum in Düsseldorf liegt im Osten des Stadtgebietes mit den Stadtteilen Hubbelrath und Ludenberg. Dieser Teilraum umfasst die zum Düsseldorfer Stadtgebiet gehörenden Ausläufer des Bergischen Landes. Er ist durch eine im Vergleich zum sehr flachen restlichen Stadtgebiet hohe Reliefenergie geprägt. Besonders günstige Durchlüftungsverhältnisse ergeben sich für Freilandbereiche in Kuppen- oder Hanglagen. Durch eine ausreichende Reliefdynamik stellen sich Kaltluftabflüsse ein, die auf mehreren Messkampagnen und durch die mesoskaligen Modellierungen nachgewiesen werden konnten. Für angrenzende Stadtteile stellt dieser Ausgleichsraum ein Frischlufteinzugsgebiet dar. Diese Funktion darf nicht durch Bebauung der als Kaltluftleitbahnen dienenden Talbereiche eingeschränkt werden. Der gesamte Ausgleichsraum ist vor Zersiedlung zu schützen. Die Siedlungsränder sind zur Verbesserung des Luftaustauschs durch eine offene Gestaltung des Übergangs zu planen. Dies gilt insbesondere für eine bauliche Veränderung im Bereich der ehemaligen Bergischen Kaserne.
Insbesondere das östliche Düsseltal nimmt eine Leitwirkung für das Eindringen von kühler und frischer Luft in das Stadtgebiet von Düsseldorf ein. Die Stadtteile Gerresheim und Grafenberg profitieren in erster Linie von der Frischluftzufuhr aus diesem östlichen Ausgleichsraum. Das ganze Gebiet ist relativ schwach durch Emissionen belastet. Linienquellen mit lokaler Bedeutung sind der Autobahnabschnitt der A 3 und die Bergische Landstraße. Zusätzliche Emittenten sollten insbesondere in den Taleinschnitten, in denen sich die abfließende Kaltluft sammelt, nicht zugelassen werden.

Im Unterschied zur Karte der Planungshinweise der Klimaanalyse von 1995 (Landeshauptstadt Düsseldorf 1995) weist die aktuelle Karte der Planungshinweise einen dritten regional bedeutsamen Ausgleichsraum aus. Dieser erstreckt sich zwischen Neuss und dem südwestlichen Düsseldorfer Stadtgebiet und umfasst die Rheinuferzonen und die überwiegend landwirtschaftlich genutzten Freiflächen zwischen den Rheinschleifen. Dieser großräumig zusammenhängende Freilandbereich, der über die Stadtgrenzen hinaus reicht, erscheint nur durch die Darstellung innerhalb der Düsseldorfer Stadtgrenzen als drei Einzelflächen in den Stadtteilen Hamm/Volmerswerth, Itter und Urdenbach. Die zusammenhängenden Freiflächen übernehmen eine wichtige Pufferfunktion zu den benachbarten Stadtgebieten. Sie sorgen aufgrund der geringen Rauhigkeit des Geländes durch eine Auffrischung der Strömung und einen geringen Emissionsanteil zu einer Absenkung der Belastungen bei entsprechenden Windrichtungen in den sich östlich und nördlich anschließenden Stadtteilen. Im Zusammenwirken mit der Leitfunktion des Rheins erfüllt dieser Ausgleichsraum eine wichtige Aufgabe als Frischluftlieferant für die angrenzenden dicht bebauten Düsseldorfer Gebiete. Aufgrund der fehlenden Reliefenergie ist eine Versorgung des Stadtgebietes mit Frischluft nur bei entsprechenden Windrichtungen möglich. Eine weitere Bebauung oder Versiegelung würde sowohl die Kaltluftbildung wie auch die Luftströmung behindern und ist deshalb zu vermeiden. Auch wird die Mächtigkeit der Kaltluftschicht in den Bereichen, in denen viele Felder mit schwarzen Folien abgedeckt sind, verringert. Eine Häufung von Gewächshäusern auf den Landwirtschaftsflächen wirkt sich fast wie eine lockere Bebauung aus und lässt nur vereinzelt Kaltluftbildung zu.

Aufgrund des Charakters des Ausgleichsraums als Frischlufteinzugsgebiet sollten keine Emittenten in diesem Bereich zugelassen werden.

Bioklimatischer Ausgleichsraum Wald

Die Vorteile von Waldflächen liegen insbesondere in der Fähigkeit, durch Schadstoffadsorption und –diffusion die Luftqualität zu verbessern. Bioklimatische Vorteile ergeben sich für diesen Ausgleichsraum durch die Dämpfung von Strahlungs-, Temperatur- und Windverhältnissen. Als nachteilig erweisen sich bewaldete Flächen jedoch dort, wo Ventilationsbahnen vorhanden sind. Der Wald erhöht die Oberflächenrauhigkeit und schränkt damit den Luftaustausch ein.

Besonders die im Osten der Stadt gelegenen großen Waldflächen (Aaper Wald, Grafenberger Wald) sind unter bioklimatischen Gesichtspunkten äußerst wertvoll, da sie direkt an den bebauten Bereich heranreichen. Die ausgedehnten Waldflächen am nordöstlichen und am südöstlichen Stadtrand erfüllen eine wichtige Funktion als Puffer- und Trennfläche zu den bebauten Gebieten der Nachbarstädte.
Innenstädtische Waldflächen, wie beispielsweise zwischen den Industrie- und Gewerbegebieten in Reisholz, können aufgrund der Filterwirkung Luftschadstoffe der angrenzenden Emittenten effektiv reduzieren. Kleinere im Stadtgebiet vorkommende Waldflächen erfüllen zwar ausgleichende Funktionen, können jedoch aufgrund ihrer Größe nicht als Filterflächen eingestuft werden.
Als Puffer- und Regenerationsräume erfüllen Waldflächen eine wichtige Funktion und sind daher als solche zu erhalten. Eine Vernetzung einzelner Waldparzellen zu einer größeren Einheit ist sinnvoll zur Optimierung der Filterwirkung. Dort, wo hoch belastete Areale an sensible Wohnbereiche angrenzen, können Aufforstungsmaßnahmen eine bedeutsame Trennfunktion der unterschiedlichen Nutzungsansprüche erfüllen. Hierbei sollten jedoch vorhandene Belüftungsbahnen erhalten und möglichst von dichter und hoher Bepflanzung freigehalten werden.

Die scheinbaren Verkleinerungen einiger kleinerer Waldparzellen z. B. im äußersten Norden des Düsseldorfer Stadtgebietes, die im Vergleich der neuen mit der alten Planungshinweiskarte aus der Klimaanalyse von 1995 (Landeshauptstadt Düsseldorf 1995) auffallen, sind keine wirklichen Abnahmen von Waldflächen, sondern auf die unterschiedlichen Darstellungsmethoden der beiden Planungshinweiskarten zurückzuführen. Die Karte von 1995 ist von Hand gezeichnet und deshalb stärker generalisiert als die Karte von 2011, die auf der Grundlage der digitalen Realnutzungsdaten erstellt wurde.

Bioklimatischer Ausgleichsraum Gewässer

Gewässer können einen starken Einfluss auf das lokale Klima ausüben, der jedoch nur in der unmittelbaren Umgebung wirksam wird (VDI 3787 Bl.1 1997). Insbesondere große Wasserflächen haben einen ausgleichenden thermischen Einfluss auf ihre Umgebung durch schwach ausgeprägte Tages- und Jahresgänge der Temperaturen. Die Lufttemperaturen sind im Bereich der Gewässer im Sommer tagsüber niedriger und nachts höher als im Umfeld, da Wasser sich im Vergleich zu anderen Oberflächen langsamer erwärmt und abkühlt. Damit zeich-

nen sich die Uferbereiche von Wasserflächen durch eine geringere thermische Belastung tagsüber aus, kühlen nachts aber auch weniger stark ab.
Darüber hinaus zeichnet sich das Gewässerklima durch eine hohe Luftfeuchtigkeit und Windoffenheit aus (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) 2008). Wasserflächen mit ihrer sehr geringen Rauhigkeit fördern den Luftaustausch. Lokalklimatisch haben diese Flächen vor allem für die Erholung einen sehr hohen Stellenwert, da ihr Mikroklima in positivem Gegensatz zum innerstädtischen Klima steht.

Die Wasserfläche des Rheins, im Zusammenspiel mit der meist unbebauten Uferzone, wirkt durch ihre geringe Oberflächenrauhigkeit als Luftleitbahn und nimmt damit eine bedeutende Stellung für den Luftaustausch im Düsseldorfer Stadtgebiet ein.
Unter bioklimatischen Gesichtspunkten besitzen besonders die großen, zusammenhängenden Wasserflächen in Unterbach eine hohe Bedeutung. Tagsüber entsteht über den relativ zur Umgebung kühleren Wasserflächen kühle Frischluft, die bei entsprechenden Strömungsverhältnissen in die angrenzende Bebauung transportiert werden kann.

Städtische Grünzüge mit bioklimatischer und immissionsklimatischer Bedeutung

Städtische Grünzüge sind im Idealfall gekennzeichnet durch aufgelockerte Vegetationsstrukturen mit Rasenflächen und reich strukturierten lockeren Busch– und Baumbeständen. Aus diesem Grund treten vielfältig variierende Ein- und Ausstrahlungsbedingungen auf, die zu verschiedenen Lokalklimaten auf kleinstem Raum führen. In klimatischer Hinsicht kann die Wirkung von Parkanlagen zwischen der von Wald- und der von Freiflächen eingestuft werden, sie können sehr wirksam zum Abbau von bioklimatischen Belastungen beitragen. Auch bei den städtischen Grünzügen handelt es sich um Bereiche, die sich durch das weitgehende Fehlen von Emittenten auszeichnen und die somit den Abbau von Luftschadstoffen begünstigen und den Luftaustausch fördern können.
Die Reichweite der Wirkung von Grünzügen und Parkflächen ist vom Relief, von der Größe der Grünanlagen, deren Ausstattung sowie von der Anbindung an die Bebauung abhängig. Kleine Flächen unter 10 ha entwickeln zwar ein Eigenklima, haben jedoch in der Regel einen untergeordneten Einfluss auf die umliegenden Flächen. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass die Fernwirkung nicht nur von der Größe einer Fläche beeinflusst wird, sondern auch sehr stark von der jeweiligen Reliefsituation und der Umgebung abhängig ist. So kann beispielsweise eine dichte Randbebauung auch bei großen Grünflächen eine Fernwirkung unterbinden, während die Wirkung kleinerer Flächen in Kuppenlage aufgrund reliefbedingter Kaltluftabflüsse über die Fläche hinausreichen kann. Voraussetzung hierfür ist das Vorhandensein ausreichend breiter, rauhigkeitsarmer Belüftungsbahnen, entlang derer die kühleren Luftmassen abfließen können.
Neben dem Erhalt und dem Ausbau von Grünanlagen sind deshalb die Vernetzung von Flächen zur Schaffung von Grünschneisen und die Öffnung großer Grünanlagen zur umgebenden Bebauung für die Fernwirkung von großer Bedeutung.

Die Bedeutung von städtischen Grünzügen definiert sich u. a. durch die Belastungsräume, an die sie angrenzen. Hier sind die beiden stadtnahen großen Grünanlagen, der südlich der Düsseldorfer Innenstadt gelegene Volksgarten und der nördlich der Innenstadt gelegene Nordfriedhof zu nennen, die an den thermisch hoch belasteten Raum der sehr hoch verdichteten

Innenstadt grenzen. Die von diesen städtischen Grünflächen ausgehende kühlende Wirkung konnte sowohl auf Messfahrten wie auch durch die mesoskaligen Modellierungen nachgewiesen werden.
Auch die städtischen Grünzüge entlang des Rheins zwischen Niederkassel, Innenstadt, Altstadt bis Golzheim übernehmen eine wichtige immissionsklimatische und bioklimatische Funktion für die hoch belasteten Innenstadtbereiche, indem sie die günstigen Austauschbedingungen des Rheins aufnehmen. Hier ist darauf zu achten, dass die angrenzenden Bebauungsstrukturen zu den Grünflächen hin geöffnet werden, um ein Eindringen der Frischluft in die Bebauung zu ermöglichen.
Im Innenstadtgebiet selbst ist sowohl auf die Freiflächen entlang des Rheines als auch auf den Hofgarten mit seiner Verbindung über die Königsallee zu den kleineren Parkanlagen an der Haroldstraße hinzuweisen, deren Strukturen bioklimatisch angenehme Ausgleichsräume für die Bevölkerung schaffen. Der Hofgarten muss in diesem Zusammenhang besonders herausgestellt werden. Er begrenzt die Ausdehnung des Innenstadtklimatops nach Norden und stellt damit eine sehr bedeutende lokale Ausgleichsfläche in der ansonsten hochverdichteten Innenstadt dar.
Viele kleinere Grünflächen in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Industrie- und Gewerbeflächen stellen eine wichtige Pufferfunktion zwischen diesen und den angrenzenden Wohngebieten dar. Ein Erhalt und Ausbau dieser Grünflächen ist von großer Bedeutung.

1.2 Lasträume

Neben den Ausgleichsräumen wird das Stadtgebiet von Düsseldorf durch Lasträume geprägt. Als Lastraum wird hierbei eine zusammenhängende Raumeinheit bezeichnet, in der thermische und/oder lufthygienische Belastungen für die Bevölkerung auftreten können.

Klimatisch können sich folgende Belastungen ergeben:

- thermische Belastungen durch besonders starke Erwärmung tagsüber und/oder abgeschwächte Abkühlung nachts
- thermisch-hygrische Belastungen durch Erwärmung mit zusätzlich erhöhter Luftfeuchte
- starke Veränderungen des Windfeldes, wobei sowohl Bereiche mit einer deutliche Reduktion des Luftaustausches als auch Zonen mit erhöhter Böigkeit und Turbulenz auftreten können

Ein wichtiges Ziel der Klimaanpassung ist es, Wärmeinseleffekte in Städten zu verringern und so den Hitzestress für die Bevölkerung zu minimieren. Hierfür sind eine möglichst lockere Bebauung mit einem ausreichend hohen Freiflächenanteil und genügend Frischluftschneisen erforderlich. Hier zeigt sich insbesondere ein Zielkonflikt von Anpassungsmaßnahmen mit den Strategien zum Klimaschutz. Dabei gelten gerade kompakte Siedlungsstrukturen als besonders verkehrs- und energiesparend und sind somit im Sinne des Klimaschutzes anzustreben. Grundsätzlich sollte bei der zukünftigen Stadtentwicklung die Leitlinie Innen- vor Außenentwicklung verfolgt werden. Dieser Aspekt muss in der Einzelfallbetrachtung mit anderen klimatischen Aspekten abgewogen werden.

Aus lufthygienischer Sicht wird ein Lastraum dadurch definiert, dass die Emissionen dieses Lastraumes zu einer lokalen Erhöhung der Schadstoffimmissionen oder zu deutlichen regionalen und überregionalen Anreicherungseffekten führen.

Die bebauten Bereiche in der Stadt werden in drei verschiedene Lasträume entsprechend der Dichte und Höhe der Bebauung und in den Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen gegliedert.

Lastraum mit überwiegend mittlerer bis lockerer Bebauung

Zu den Flächen der lockeren Bebauung zählen neben reinen Wohngebieten (außer jene mit Blockrandbebauungen) auch aufgelockerte allgemeine Wohngebiete, aufgelockerte Mischgebiete und Kleinsiedlungsgebiete sowie Dorfgebiete, soweit sie nicht im regional bedeutsamen Ausgleichsraum liegen. Kennzeichnend für diese Flächen ist die aufgelockerte und offene Bauweise mit einer guten Durchgrünung. Optimale Geschossflächenzahlen bei diesem Gebäudetyp liegen bei 0,6 bis 1,2 mit Versiegelungsgraden um 40 %.
Dieser Bauflächentyp, der überwiegend den Charakter der Siedlungsflächen in den Klimatopen "lockere Bebauung" und "Siedlungsklima" bestimmt, erzeugt einen nur mäßig ausgeprägten Lastraum. Aufgrund der aufgelockerten Bauweise und dem hohen Anteil an Grünstrukturen ist in diesen Bereichen von nur einer geringen bis mäßigen Änderung der Klimaelemente gegenüber dem Freiland auszugehen. Daher sind lufthygienische und bioklimatische Probleme in diesen Bereichen nur selten anzutreffen.

In diesem aus klimatischer Sicht schwach belasteten Raum ist planerisches Handeln im Wesentlichen als Optimierung der bestehenden günstigen Situation zu verstehen. Um die lufthygienisch und klimatisch günstige Situation in diesem Lastraum zu sichern, sollten die Bebauungsstrukturen nicht weiter verdichtet und – soweit möglich – Grünvernetzungen mit den damit verbundenen positiven Auswirkungen geschaffen bzw. ausgebaut werden.
Weitere wichtige **Entwicklungsziele und Maßnahmen** für diesen Lastraum sind:

- Erhalt bzw. Verbesserung der Grünausstattung, angereichert mit großkronigen Laubbäumen,
- eine maßvolle Nachverdichtung (unter Beibehaltung der bestehenden Bebauungsstrukturen),
- Sicherung und Anlage von Grünflächen zur Verbesserung bzw. zum Erhalt der Belüftung,
- Begrenzung der Neuversiegelung sowie Entsiegelung bzw. Belagsänderung oder Rückbau (überdimensionierter) Erschließungs- und Stellplatzflächen,
- Reduzierung der Emissionen aus Hausbrand.

Flächen, die dem Lastraum der überwiegend mittleren bis locker und offen bebauten Wohngebiete zuzuordnen sind, haben in Düsseldorf einen Anteil von rund 15 % an der Gesamtfläche der Stadt. Da diese Flächen durch relativ günstige Bedingungen gekennzeichnet sind, kann für den südlichen Teil des Stadtgebietes, in dem dieser Lastraum vorherrschend ist, die klimatische Situation als relativ gut eingestuft werden. Nicht nur durch die Baustrukturen, sondern auch durch die starke Gliederung des Gebietes mit Freiflächen sowie die Einwirkung des Freilandklimas auf die Stadt sind hier positive Impulse gegeben.

Die lockeren Baustrukturen in Gerresheim und Mörsenbroich liegen im Einflussbereich der regionalen Ausgleichsräume im Osten der Stadt. Insbesondere in den Übergangszonen zu den benachbarten Städten kann dieser Lastraumtyp aufgrund seiner recht günstigen Eigenschaften als Pufferraum angesehen werden.
Abgesehen von fast allen bebauten Gebieten des südlichen Stadtgebietes außerhalb der Gewerbe- und Industrieflächen gehören noch die linksrheinischen Stadtteile Lörick und Heerdt sowie Lohausen im Norden zu diesem Lastraum. Innerhalb dieser Gebiete ergeben sich vor allem durch den Einfluss der Durchgangsstraßen, Autobahnen und Industrie- und Gewerbeflächen stärkere Variationen der Belastung vor allem durch Schadstoffe und Lärm.

Lastraum der verdichteten Bebauung

Der Lastraum der verdichteten Bebauung umfasst die Bereiche, in denen das Siedlungsklimatop und das Stadtklimatop räumlich eng miteinander verzahnt sind. Er wird geprägt durch überwiegend dicht bebaute Wohn- und Mischgebiete. Dies führt zu einer deutlichen Veränderung der mikroklimatischen Verhältnisse. Dazu zählen insbesondere eine erhöhte thermische und zugleich bioklimatische Belastung sowie verschlechterte Luftaustauschbedingungen. Besonders problematische Verhältnisse entstehen dort, wo bodennahe Emittenten (Kfz-Verkehr) zu einer Schadstoffanreicherung führen.
Der Lastraum der verdichteten Bebauung zeigt eine große Variation zwischen klimatisch günstigeren Gebieten, z.B. Düsseltal, stärker belasteten Gebieten, z. B. Bilk, und Bereichen, in denen bisher nur der Stadtkern in diesen Lastraum fällt, z. B. Wersten. Damit ergibt sich eine große Spannweite der Ziele von Maßnahmen, die über den Erhalt der guten Stadtstruktur bis hin zur Verbesserung der ungünstigen Situation oder der Verhinderung der Ausweitung der Lastraumflächen reicht.

Zu den **Entwicklungszielen** in den dicht bebauten Wohn- und Mischgebieten zählen:

- Erhöhung des Begrünungsanteils mit dem Schwerpunkt der Anpflanzung höherer Vegetation und großkroniger Bäume,
- Rückbau und Begrünung der Straßenräume,
- Herabsetzung des Versiegelungsgrades,
- Verkehrsreduzierung und Minimierung des Hausbrands,
- Aufwertung der Blockinnenhöfe durch Begrünung und Öffnung in einen begrünten Straßenraum.

Aufgrund der vielseitigen Bebauungsstrukturen auf diesen Flächen, die unterschiedliche Formen geschlossener und dichter Bebauung, wie Zeilen- und Blockrandbebauung sowie dichte Mischungen von Einzelkomplexen und sehr dichte Reihenhausbebauung umfassen, kann auch eine Vielzahl von **Maßnahmen** als Planungshinweise genannt werden. Der Anteil an Vegetationsstrukturen schwankt stark, da die Nutzungsstrukturen in diesem Lastraumtyp stark variabel sind. Die Nutzung der Innenhöfe reicht von kleingewerblicher Nutzung über Garagen bis zur Gartennutzung.

Als Maßnahmen zur Verbesserung der klimatischen und der lufthygienischen Situation in den Lasträumen der verdichteten Bebauung in Düsseldorf sind die Auflockerung der vorhandenen Bebauungsstrukturen sowie ein Ausschluss von weiteren massiven Gebäudekomplexen zu

nennen. Insbesondere bei innenstadtnahen Wohn- und Mischgebieten ist es sinnvoll, zum Schutz der Außenbereiche - zumindest in einzelnen Gebieten - eine möglichst hohe bauliche Dichte anzustreben ohne Verdichtung der Bebauungsstrukturen. Hierbei sind jedoch auch die klimatischen und lufthygienischen Bedingungen zu verbessern. So sind als Richtwerte Geschoßflächenzahlen zwischen 1,2 und 2,4 bei einem maximalen Versiegelungsgrad von 60 % anzustreben. Auf diese Weise lässt sich eine 3 – 4 geschossige Bebauung auf einer zu 40 – 60 % überbauten Fläche realisieren.

Zusätzlich sollten vorhandene Grün- und Freiflächen erhalten bzw. neue geschaffen werden, um mikroklimatische Belastungen abzumildern. In den Straßenzügen kann dies durch die Anpflanzung von Laubbäumen geschehen. Hierbei ist es bei schmaleren Straßen sinnvoller, kleinkronige Bäume so anzupflanzen, dass eine ausreichende Belüftung gewährleistet ist. Bei breiteren Straßen bzw. Straßen mit einem geringen Emittentenanteil ist die Anpflanzung großkroniger Bäume empfehlenswert. Eine weitere Maßnahme, die zu einer mikroklimatischen Verbesserung führen kann, ist die Begrünung von Innenhöfen sowie anderen, auch privaten Kleinflächen. Um das Bestandsklima der Innenhöfe in den dicht bebauten Bereichen zu verbessern, bietet es sich an, bei ausreichender Größe der Innenhöfe, locker stehende Baumbestände anzulegen. Nicht alle Innenhöfe lassen sich entkernen und als Grünflächen nutzbar machen. Einzelne, der Stadtversorgung dienende Gewerbebetriebe, sollten erhalten bleiben, was den Bestrebungen zur Minimierung des Flächenverbrauchs in den Außenbereichen zugute kommt und somit indirekt positive Wirkungen auf das gesamte Stadtklima hat. Auf der anderen Seite besteht die Möglichkeit, mit Hilfe von Dach- und Fassadenbegrünungen eine Verbesserung der stadtklimatischen Bedingungen zu erzielen.

Der Lastraum der verdichteten Bebauung konzentriert sich in einem Ring um die hoch verdichteten Innenstadtteile von Düsseldorf und erstreckt sich nach Norden bis zum Flughafen. Die Innenstadtrandgebiete, hierzu gehören die Stadtteile Bilk, Düsseltal, Teile von Golzheim, Nieder- und Oberkassel, weisen gegenüber der hochverdichteten Innenstadt etwas schwächere Ungunstfaktoren auf. Dies wird neben der im Vergleich zur Innenstadt etwas weniger stark verdichteten Bebauungsstruktur durch einen höheren Grünflächenanteil verursacht.

In den Stadtteilen Mörsenbroich, Rath, Unterrath und in Teilen von Stockum hat die in der Vergangenheit stattgefundene Verdichtung der vorhandenen Bebauung dazu geführt, dass diese Gebiete vom Lastraum mit mittlerer Bebauung in den Lastraum der verdichteten Bebauung gewechselt haben. Im Vergleich zu den Bewertungen der Klimaanalyse von 1995 (Landeshauptstadt Düsseldorf 1995) hat insbesondere im Stadtteil Unterrath die Wärmebelastung deutlich zugenommen. In diesen Stadtteilen muss eine Abwägung zwischen einer nutzungsgerechten optimalen Bebauungsdichte und klimaverbessernden Maßnahmen wie Durchgrünung und Entsiegelung stattfinden.

Im Vergleich zur Klimaanalyse von 1995 (Landeshauptstadt Düsseldorf 1995) sind auch die stärker verdichteten Innenstadtbereiche von Wersten und Eller dem Lastraum der verdichteten Bebauung zuzuordnen. Dies ist keine Folge von zwischenzeitlich stattgefundener Verdichtung, sondern beruht auf der genaueren Methode der Flächenabgrenzung in der vorliegenden Klimaanalyse. In der digital errechneten Klimafunktionskarte der Stadt Düsseldorf zeigen diese Bereiche eine enge Verzahnung des Siedlungsklimatops mit dem Stadtklimatop. Hier liegt abweichend zu den Außenbereichen der Stadtteile Wersten und Eller keine mittlere bis locke-

re Bebauung vor. Insgesamt ergeben sich auch unabhängig von einer Veränderung der Bebauungsdichte aufgrund der genaueren GIS-Analyse im Vergleich zur Klimaanalyse von 1995 Abweichungen in der Zuordnung von Stadtteilen zum Lastraum der verdichteten Bebauung.

Zusätzlich zur klimatischen Belastung entstehen besonders problematische Verhältnisse dort, wo bodennahe Emittenten (Kfz-Verkehr) zu einer Schadstoffanreicherung führen. Die Gebiete des Lastraums der verdichteten Bebauung werden von Straßen mit hoher Verkehrsstärke durchzogen, wodurch hohe Immissionsbelastungen auftreten können. Hier sind neben den Abschnitten der Autobahnen A 46, A 44 und A 52, insbesondere der Südring und in Fortsetzung nach Norden die B 8n zu nennen.

Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche

Die dichte und hohe Blockbebauung, der hohe Versiegelungsgrad von 75 % und mehr, der sehr niedrige Durchgrünungsgrad der Blöcke und des Straßenraums, die Innenhofsituationen mit hohem Bebauungsgrad, starkes Verkehrsaufkommen und häufig anzutreffende enge Straßenschluchten, in denen die Gebäudehöhe deutlich die Straßenbreite übertrifft, machen die hoch verdichteten Innenstadtbereiche zu einem ausgeprägten klimatischen Lastraum. Dies macht sich in erhöhten Lufttemperaturen insbesondere in den Sommermonaten bemerkbar. Verschlechterte Belüftungsverhältnisse sowie hohe lufthygienische Belastungen sind ebenso die Folge der starken anthropogenen Überformung. Daher ist es wichtig, die kleinräumigen Grünareale zu erhalten und durch Begrünungsmaßnahmen im Innenstadtbereich auf die Milderung des Stadtklimas hinzuwirken.

Wesentliche **Entwicklungsziele** des innerstädtischen Lastraums sind:

- Stabilisierung der Nutzungsmischung,
- Erhaltung und Entwicklung von Freiflächen,
- Erhöhung des Grünanteils,
- Nutzung des Entsiegelungspotentials, um den Versiegelungsgrad um 5 – 15 % zu senken, damit eine Versiegelung von maximal 70 – 80 % erreicht wird,
- Reduktion verkehrlicher Emissionen,
- Reduktionen von Emissionen aus Hausbrand,
- Sicherung und Verbesserung der Durchlüftung (durch Öffnen von Belüftungsschneisen zur Rheinaue).

Der innerstädtische Lastraum umfasst Gebiete mit einer hohen Flächenkonkurrenz. Dadurch sind in diesen Bereichen enge Grenzen für **Maßnahmen** zur klimatischen Optimierung gesetzt. Deshalb können hier bioklimatische und lufthygienische Extreme nur abgemildert werden. Es ist im Hinblick auf die gesamtstädtische Entwicklung darauf zu achten, dass sich die Flächen dieses Lastraums nicht weiter im Stadtgebiet ausweiten.

Zur Begrenzung der Neuversiegelung und zum Erhalt von Freiflächen sind beispielsweise Festsetzungen im Bebauungsplan zur Gestaltung von Stellplätzen heranzuziehen. Die Flächenversiegelung greift in den natürlichen Wasserkreislauf entscheidend ein: Zum Einen nimmt die Infiltration des Niederschlagswassers bei zunehmendem Versiegelungsgrad ab,

zum Anderen erhöht sich der Anteil des oberirdischen Abflusses. Ziel der Siedlungsplanung sollte sein, dass sowohl beim Gebäude- als auch beim Verkehrswegebau eine flächensparende Bauweise gewählt wird. In schon bebauten Gebieten ist eine Entsiegelung nur vertretbar, wenn die Funktion des Gebäudes bzw. des Verkehrsweges darunter nicht leidet und keine Grundwassergefährdungen vorliegen. Bodenversiegelungen können durch den Einsatz von durchlässigen Oberflächenbefestigungen vermieden bzw. reduziert werden und zwar vor allem dann, wenn die Nutzungsform der Flächen nicht unbedingt hochresistente Beläge wie Beton oder Asphalt voraussetzt. Geeignete durchlässige Materialien zur Befestigung von Oberflächen (Schotterrasen, Rasengittersteine, Kunststoffrasengitter, Rasenfugenpflaster, Betonpflastersteine, Kies-/Splittabdeckung u.a.) sind mittlerweile für viele Anwendungsbereiche verfügbar. Für Hofflächen, Terrassen, Gartenwege, Radwege, Gehwege, Zufahrtswege und Parkflächen sind wasserdurchlässige Befestigungen geeignet, sofern keine Grundwassergefährdungen zu besorgen sind.

Eine Erhöhung des Grünanteils im sehr hoch verdichteten Lastraum ist nur unter der Berücksichtigung der Belüftung, die durch die Maßnahme nicht eingeschränkt werden darf, anzustreben. Für Baumpflanzungen bieten sich besonders die größeren Hauptverkehrsstraßen sowie größere Plätze und Stellplatzanlagen an. Hierbei steigern insbesondere großkronige Laubbäume durch ihren Schattenwurf die Aufenthaltsqualität.
Aufgrund des geringen bis fehlenden Platzangebotes für die Neuanlage von Grünflächen können ergänzend Fassaden- und Dachbegrünungen zur Verbesserung des Mikroklimas durchgeführt werden. Begrünte Dächer stellen die kleinsten möglichen Grünflächen im Stadtgebiet dar. Sie haben positive Auswirkungen auf das thermische, lufthygienische und energetische Potential eines Gebäudes. Erst in einem größeren Verbund können sich auch Auswirkungen auf das Mikroklima eines Stadtviertels ergeben. Die thermischen Effekte von Dachbegrünungen liegen hauptsächlich in der Abmilderung von Temperaturextremen im Jahresverlauf durch Verminderung der Aufheizung der Dachfläche im Sommer und des Wärmeverlustes des Hauses im Winter. Dies führt zu einer ausgeglicheneren Klimatisierung der darunter liegenden Räume. Ein weiterer positiver Effekt von Dachbegrünungen ist die Auswirkung auf den Wasserhaushalt. 70 % bis 100 % der Niederschläge werden in der Vegetationsschicht aufgefangen und durch Verdunstung wieder an die Stadtluft abgegeben. Dies reduziert den Feuchtemangel und trägt zur Abkühlung der Luft in versiegelten Stadtteilen bei. Starkniederschläge werden zeitverzögert an die Kanalisation abgegeben, wodurch das Stadtentwässerungsnetz entlastet wird.
Die Begrünung von Hausfassaden wirkt sich, wenn auch schwächer als die Dachbegrünung, positiv auf das thermische, lufthygienische und energetische Potential eines Gebäudes aus. Fassadenbegrünungen verbessern in erster Linie die mikroklimatischen Verhältnisse am Gebäude selbst, ohne eine Fernwirkung zu erzielen. Neben diesen klimatischen Effekten können Fassadenbegrünungen auch positiv auf die lufthygienische Situation im Innenstadtbereich wirken, da sie Luftverunreinigungen – vor allem Feinstaub - herausfiltern. Insbesondere in engen Straßenschluchten, ohne Platz für andere Begrünungsmaßnahmen, stellen diese eine mögliche Alternative mit geringerer Priorität dar.

Wesentlicher Bestandteil klimawirksamer Maßnahmen muss im Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche der Abbau von Emissionen des Kfz-Verkehrs sowie des Hausbrands sein. Maßnahmen wie Verkehrsbeschränkungen, Verkehrberuhigungen und Fernwär-

menutzungen sind zu prüfen (siehe hierzu den gültigen Luftreinhalteplan der Stadt Düsseldorf).
Der Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche in Düsseldorf entspricht weitgehend den Gebieten der Stadt- und der Innenstadtklimatope der Klimafunktionskarte. Abweichungen zur Abgrenzung dieses Lastraumes in der Klimaanalyse 1995 ergeben sich vor allem durch die höhere Genauigkeit der digital berechneten Klimafunktionskarte 2011. Beispielhaft sei hier auf den Bereich entlang der Grafenberger Allee hingewiesen, bei dem in der Klimaanalyse von 1995 aufgrund der starken Generalisierung der Straßenverlauf die Grenze zwischen den Lasträumen der verdichteten Bebauung nördlich und der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche südlich der Grafenberger Allee bildete, unabhängig von der tatsächlichen Struktur der Baublöcke. Auf der Grundlage der aktuellen, digital berechneten Klimafunktionskarte werden die Grenzen zwischen den verschiedenen Lasträumen weniger subjektiv beeinflusst und weniger stark generalisiert gezogen.

Zusätzlich zu den Innenstadtteilen Stadtmitte, Pempelfort, Derendorf, Altstadt, Carlstadt, und den südlichen Teilen von Golzheim gehören auch die sich südlich und östlich anschließenden Stadtteile Unterbilk, Friedrichstadt, Teile von Oberbilk, Flingern Süd und Flingern Nord größtenteils zu diesem Lastraum. Die westlichen Bereiche der Stadtteile Altstadt, Carlstadt und Pempelfort profitieren von dem Einfluss des Rheins, sind aber aufgrund ihrer Bebauungsstruktur diesem hoch verdichteten Raum zuzuordnen. Dieses wurde in der Klimaanalyse von 1995 noch anders beurteilt. Aufgrund der Bebauungsdichte, der Versiegelungsrate und der mangelhaften Grünstruktur, mit Ausnahme des Hofgartens, sind alle Extreme der lufthygienischen und bioklimatischen Ausprägungen des Stadtklimaphänomens in dieser Zone deutlich ausgeprägt und durch Messungen belegt.

Es ist in der Planungshinweiskarte aber auch eine Ausweitung des Lastraums der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche aufgrund einer seit 1995 erfolgten Verdichtung der Bebauung zu erkennen. Dies trifft auf den Bereich des Medienhafens zu, der aufgrund der Neugestaltung eine hoch verdichtete Innenstadtbebauung aufweist und auch in der Karte der Lufttemperaturverteilung durch eine Hitzebelastung wie in der Düsseldorfer Innenstadt auffällt.

Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen

Im Stadtgebiet von Düsseldorf existieren große zusammenhängende Gebiete, die dem Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen zugeordnet werden. Besonders problematisch sind die unmittelbar an das Zentrum angrenzenden Industrie- und Gewerbekomplexe, die einerseits für die benachbarte mittlere bis lockere Wohnbebauung erhebliche stadtklimatologische Nachteile mit sich bringen und andererseits im Zusammenwachsen mit der dichten Wohnbebauung den Wärmeinseleffekt ausdehnen.
Zusammenhängende Gewerbe- und Industriegebiete sind häufig durch ein enges Nebeneinander locker und dicht bebauter Flächen, Betriebe und Anlagen zu charakterisieren. Neben unversiegelten Lagerflächen und ungenutzten Restflächen ist jedoch eine deutliche Tendenz zu überwiegend hohen bis sehr hohen Versiegelungsgraden zwischen 70 und 100 % festzustellen. Der Flächenanteil der Vegetation bewegt sich auch bei einer aufgelockerten Bebauung zwischen 0 und 20 % und ist damit in der Regel relativ gering. Eine vorübergehende Ausnahme bilden die Gewerbebrachen.

Insbesondere die dicht bebauten Gewerbe-, Industrie- und Sondergebiete sind aus bioklimatischer, wie auch lufthygienischer Sicht als ausgeprägte Lasträume zu bezeichnen. Sie werden in der Klimafunktionskarte als gesonderte Klimatope behandelt. Zu den stadtklimatischen Auswirkungen der Industrie- und Gewerbeflächen zählen eine hohe thermische Belastung und eine schlechte Belüftungssituation. Die Durchlüftung kann lokal durch breite Verkehrsbänder sowie große Außenlagerflächen und Stellplatzanlagen begünstigt werden. Langgezogene Hallenbauten können je nach Stellung im Windfeld die bodennahe Ventilation behindern. Daran gekoppelt ist aufgrund der hohen Emissionen eine deutliche Verschlechterung der lufthygienischen Situation, wobei zwischen Emissionen mit lokaler und Emissionen mit regionaler Bedeutung unterschieden werden muss. Emittenten mit lokaler Bedeutung zeichnen sich durch niedrige Schornsteinhöhen aus, so dass insbesondere im Umfeld dieser die Schadstoffbelastungen hoch sind. Quellen mit regionaler Bedeutung weisen dagegen höhere Schornsteine auf, wodurch die mit Schadstoffen angereicherten Luftmassen weiter transportiert werden und sich erst in größerer Entfernung auswirken.

Zu den **Entwicklungszielen** für die Industrie- und Gewerbeflächen zählen:

- die Reduzierung nachteiliger klimatischer Wirkungen auf die Umgebung,
- die Optimierung der lufthygienischen Situation im Sinne des Vorsorgeprinzips,
- die Vermeidung der Ausbildung großflächiger Wärmeinseln,
- die Entwicklung von akzeptablen Aufenthaltsqualitäten im Gewerbeumfeld tagsüber.

Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der Situation in den Lasträumen der Gewerbe- und Industrieflächen führen, bestehen in erster Linie in der Entsiegelung und dem Erhalt sowie der Erweiterung von Grün- und Brachflächen. Die Erfordernisse gewerblich-industrieller Nutzungen bestimmen maßgeblich die Gestaltung der Gewerbe-, Industrie- und Sondergebiete und schränken somit auch den Rahmen für klimaverbessernde Maßnahmen ein. Es entstehen Zielkonflikte zwischen einer anzustrebenden Verbesserung der Grünstruktur und Verringerung des Versiegelungsgrades einerseits und einer notwendigen Vollversiegelung betrieblicher Funktionsbereiche zum Schutz des Grundwassers andererseits. Lösungsmöglichkeiten sind in diesem Fall in einer ausreichenden Gliederung von hochversiegelten Bauflächen und betrieblichen Funktionsbereichen wie Lager- und Freiflächen durch breite Pflanzstreifen und Grünzüge zu suchen. Darüber hinaus bieten sich oft Stellplatzanlagen, Randsituationen und das Umfeld von Verwaltungsgebäuden für Begrünungen an. Weitere sinnvolle Maßnahmen sind die Begrünung von Fassaden und Dächern.

Neben den genannten Maßnahmen, die der Verbesserung der klimatischen Situation in den Gewerbe- und Industrieflächen dienen, sind für verdichtete, mehrgeschossig bebaute Gewerbe- und Industriegebiete Versiegelungsgrade bis zu 80 % hinzunehmen. Um den Kern der Gewerbe- und Industriezonen sollte ein bepflanzter Freiraum als Puffer zu angrenzenden Flächen eingehalten werden, um eine Reduzierung von nachteiligen klimatischen Wirkungen auf die Umgebung zu erreichen.

Für die Gestaltung von neuen Gewerbe-, Industrie- und Sonderflächen sind als weitere geeignete Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der klimatischen Situation beitragen, die folgenden zu nennen:

- Wahl eines geeigneten Areals zur Sicherung einer hinreichenden Be- und Entlüftung,

- Verringerung verkehrlicher Emissionen,
- Flächensparendes Bauen und Flächenrecycling,
- Rückbau und Entsiegelung betrieblich nicht mehr genutzter Flächen und deren Begrünung,
- Sicherung und Erweiterung von Grünflächen zur Optimierung der Aufenthaltsqualität,
- Soweit möglich Reduzierung produktionsbedingter Emissionen auf ein unvermeidbares Minimum,
- Abwärmenutzung von Industrieanlagen,
- Begrünung von Fassaden und Dächern,
- Anlage eines begrünten Übergangsbereichs zwischen den Gewerbe- und Industrieflächen und der angrenzenden (Wohn-)Bebauung.

Bei Neuplanungen von Gewerbe- und Industriegebieten ist darauf zu achten, in den jeweiligen Planungsstufen die Belange von Klima und Lufthygiene zu berücksichtigen. Zu nennen sind die Rahmenplanung, die Flächennutzungsplanung, die Bebauungsplanung, die Vorhaben- und Erschließungsplanung sowie das Baugenehmigungsverfahren. Klimawirksame Maßnahmen lassen sich insbesondere in der Bauleitplanung für neue und zu erweiternde Standorte umsetzen. So ist im Rahmen der Eingriffsregelung darauf zu achten, soweit möglich die Kompensationsmaßnahmen auf dem Gelände selbst durchzuführen, um für eine Verbesserung der klimatischen und lufthygienischen Bedingungen vor Ort zu sorgen. Mit Hilfe geeigneter Festsetzungen ist im Bebauungsplan eine Begrenzung der Flächeninanspruchnahme sowie eine ausreichende Grünausstattung zu sichern. Weiterhin ist durch eine geeignete Baukörperanordnung und die Beschränkung bestimmter Bauhöhen eine optimale Durchlüftung zu gewährleisten.

Großflächige, überwiegend dicht bebaute Gewerbe- und Industrieflächen liegen in den Stadtteilen Holthausen, Reisholz, Derendorf, Rath, Lichtenbroich und Heerdt. Zum Teil aufgelockerte Baustrukturen kennzeichnen die Gebiete von Flingern-Süd, Lierenfeld mit größeren Brachflächen sowie die Gebiete entlang der Münchener Straße und der B 8 im südlichen Holthausen und in Benrath. Insbesondere bei den innenstadtnahen Gewerbe- und Industrieflächen wie Flingern-Süd und dem Großmarkt in Derendorf ist auf eine ausreichende, begrünte Pufferzone zu den Gebieten des Lastraums der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche zu achten. Die in Ansätzen schon vorhandenen Grünflächen müssen erhalten und ausgebaut werden, da sich in diesen Bereichen bereits deutlich die Ausweitung der innerstädtischen Wärmeinsel in den Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen zeigt.

1.3 Teilfächen

Den Ausgleichs- und Lasträumen des Düsseldorfer Stadtgebietes sind zwei besondere Teilflächen überlagert, die Siedlungen im regional bedeutsamen Ausgleichsraum und der Verlauf der Autobahnen und Hauptverkehrsstraßen.

Siedlungen im Ausgleichsraum

Mir der Signatur „Siedlungen im Ausgleichsraum“ sind alle bebauten Flächen gekennzeichnet, die in einem der regional bedeutsamen Ausgleichsräume für Düsseldorf (siehe Kap. 1.1) liegen. Diese Ausgleichsräume sind zum Erhalt ihrer klimatischen und lufthygienischen Funktionen vor Zersiedlung zu schützen sowie langfristig und großräumig zu erhalten. Wesentliche Ausweitungen der Siedlungsgebiete Angermund, Wittlaer, Kalkum und Kaiserswerth im nördlichen Ausgleichsraum sind zu vermeiden. Entlang des Rheins sollten die Siedlungsflächen nicht weiter verdichtet werden, um eine Riegelbildung zu verhindern. Deutlich anzumerken ist, dass in Bereichen der Rheinschleifen bei Hamm, Himmelgeist und ltter eine Ausweitung der Siedlungen zu begrenzen ist, da dieser Ausgleichsraum für die Belüftung des Stadtgebietes von hoher Bedeutung ist.
Neben der Vermeidung der Ausdehnung der Siedlungen im Außenbereich sollte nur eine sehr maßvolle Verdichtung mit einzelnen Gebäuden und ohne flächenhafte Versiegelung innerhalb dieser Siedlungen und keine Verdichtung in den direkten Ortskernen stattfinden, um keine Überwärmungsbereiche im Ausgleichsraum entstehen zu lassen.

Die Stadtteile Hubbelrath und Ludenberg im regional bedeutenden Ausgleichsraum im Osten des Düsseldorfer Stadtgebietes in den Ausläufern des Bergischen Landes dürfen durch Ausdehnung oder Verdichtung nicht die günstigen Durchlüftungsverhältnisse, die Kaltluftbildung und die durch die Reliefdynamik entstehenden Kaltluftabflüsse abschwächen.

Autobahnen und Hauptverkehrsstraßen

Autobahnen und Hauptverkehrsstraßen werden entsprechend ihrer Einordnung als solche in der Realnutzungskartierung in der Planungshinweiskarte dargestellt, da sie als linienhafte Emissionsquellen einen wesentlichen Belastungsfaktor auch in klimatisch weniger stark belasteten Räumen darstellen.
Größere Straßenbänder treten klimatisch sowohl tagsüber als auch in der Nacht durch eine starke Überwärmung in Erscheinung. Aufgrund der geringen Oberflächenrauhigkeit erfüllen sie gleichzeitig eine Funktion als Belüftungsschneisen, die jedoch durch hohe Emissions- und Immissionsbelastungen gekennzeichnet sind. Darüber hinaus zeichnen sie sich durch hohe Lärmbelastungen für den Straßenraum und die angrenzende Umgebung aus.
Während hohe lufthygienische Belastungen durch verkehrliche Emissionen in den Innenstadtbereichen gehäuft auf allen Abschnitten des Hauptverkehrsstraßennetzes auftreten, so sind es in den gering verdichteten Siedlungsbereichen Düsseldorfs eher vereinzelt anzutreffende Straßenabschnitte.

Im Düsseldorfer Stadtgebiet sind neben den durch das Stadtgebiet führenden Autobahnen A 3, A 44, A 46, A 52 und A 59 die stark befahrenen Bundesstraßen B 1, B 7 und B 8/B 8n, die Münchener Straße im Süden, die Heidelberger und Erkrather Straße sowie die Duisburger Landstraße im Norden von Düsseldorf als Hauptverkehrsstraßen ausgewiesen. Dort, wo Lärmschutzwände existieren, konzentrieren sich die Schadstoffe weitgehend auf den Straßenquerschnitt und nehmen im angrenzenden Raum rasch ab. Bei freier Lage allerdings können die Emissionen bis mehrere hundert Meter in die Umgebung hinein nachgewiesen werden. Zusätzlich führen hohe Lärmemissionen zu starken Umweltbelastungen in den angrenzenden Bereichen.

1.4 Lokale Maßnahmen

Unter der Zielsetzung, die bioklimatischen und lufthygienischen Qualitäten zu sichern und gegebenenfalls Defizite abzubauen, können aus der vorausgegangenen klimatischen Bewertung und Einteilung des Stadtgebiets in Ausgleichs- und Lasträume Empfehlungen abgeleitet werden. Zum Einen beziehen sie sich auf den Erhalt und die Sicherung von klimatisch günstigen Verhältnissen, so dass hier ein Handlungsbedarf im Sinne von planerischen Restriktionen und Maßnahmen zur Vermeidung einer Verschlechterung der Situation entsteht. Der zweite Bereich der Empfehlungen umfasst den Abbau von bestehenden Defiziten und Belastungen durch klimarelevante Maßnahmen.
Zusätzlich zu den allgemeinen Empfehlungen für die Ausgleichs- und Lasträume liefern die lokalen Maßnahmen Planungsempfehlungen für abgegrenzte Areale. Bei der Erstellung dieser Planungshinweise werden die lokalen Gegebenheiten wie Vegetation, Baukörperstruktur und Versiegelung berücksichtigt. Sie gelten daher nicht für den gesamten Ausgleichs- oder Lastraum, sondern sind für das jeweilige umgebende Stadtviertel relevant. Die kleinräumigen Empfehlungen zur Ergänzung der allgemeinen Empfehlungen für die Teilräume berücksichtigen Maßnahmen bezüglich der Bebauungsstrukturen, Empfehlungen für besonders sensible Flächen und verschiedene Maßnahmen der Begrünung.

Bebauung: Einhaltung von Bebauungsgrenzen

Um klimatisch wertvolle Räume zu schützen und eine Zersiedelung des Stadtgebietes zu verhindern, wurde an besonders wichtigen Stellen ein Liniensymbol zur Einhaltung besonders bedeutsamer Bebauungsgrenzen gesetzt. Ziel ist es, eine über die Begrenzung hinausgehende Bebauung zu vermeiden und positive Zonen zu erhalten.

Im Stadtgebiet von Düsseldorf erfüllt das Symbol zur Einhaltung von Bebauungsgrenzen insbesondere folgende Funktionen:

1. Schutz des Außenraumes vor weitergehender Bebauung
2. Schutz innerstädtischer Regenerationsflächen vor zusätzlicher Bebauung

Die durch Bebauungsgrenzen geschützten Freiflächen zwischen den Stadtteilen besitzen eine positive bioklimatische und lufthygienische Bedeutung und ihre Funktion sollte weiterhin gesichert werden. Die Flächen sollen insofern geschützt werden, dass über die angegebenen Bebauungsgrenzen hinaus nicht weiter gebaut wird, um ihren Charakter weitgehend zu erhalten.

Zum Schutz der regional bedeutsamen Ausgleichsräume und zum Erhalt von unbebauten Verbindungen zwischen den Frischlufteinzugsgebieten und den dicht bebauten Stadtteilen von Düsseldorf sollte die Bebauung der Stadtteile Kalkum und Angermund im Norden, Hamm und Volmerswerth sowie Himmelgeist und Itter in den südwestlichen Rheinschleifen nicht weiter ausgedehnt werden. Nur auf diese Weise kann eine durchgängige Belüftungsverbindung Richtung Stadt erhalten bleiben. Insbesondere die Bebauung von Himmelgeist und Itter lässt nur noch einen sehr schmalen Streifen frei, der unbedingt zu erhalten ist. Durch die sich nördlich anschließenden Grünflächen zwischen Wersten und Holthausen wird eine Belüftungsschneise weit in die bebauten Stadtviertel hinein geschaffen, deren Funktion allerdings durch den Damm und die Lärmschutzwände entlang der Münchener Straße behindert wird. Diese

Grünschneise ist in der Karte der Planungshinweise ebenfalls durch die Ausweisung von Bebauungsgrenzen als besonders schützenswert dargestellt.

Zum Schutz der innerhalb der Bebauungsstrukturen liegenden Frei- und Grünflächen, die durch ihre Verbindung zum unbebauten Umland eine besondere Stellung innerhalb der städtischen Grünzüge einnehmen, sind in der Planungshinweiskarte auch hier Bebauungsgrenzen eingetragen. Hierdurch soll die Funktion dieser Flächen als potentielle Belüftungsschneisen aufgrund der geringen Oberflächenrauhigkeit und der fehlenden Emittenten erhalten bleiben.
In diesem Sinne als schützenswert durch Bebauungsgrenzen gekennzeichnete Grünzüge sind im Süden die Verbindung zwischen dem regionalen Ausgleichsraum über den Botanischen Garten bis zum Volksgarten und im Osten die Grünflächen entlang der Düssel in Gerresheim mit Anbindung an die Ausläufer des kaltluftproduzierenden Bergischen Landes.
Im Norden des Düsseldorfer Stadtgebietes existiert ein schmaler, in Nord-Süd-Richtung verlaufender Grünstreifen zwischen dem Flughafengelände mit den sich nördlich anschließenden ausgedehnten Freiflächen und den hochversiegelten Flächen des Großmarktes. Hier besteht die Gefahr des Zusammenwachsens der innerstädtischen Wärmeinsel mit dem überwärmten Bereich im Umfeld des Flughafens. Die Bebauungsgrenzen sollen ein Zusammenwachsen der bebauten Bereiche verhindern.

Zusätzliche Bebauung möglich: Weitere Verdichtung möglich

Im Stadtgebiet von Düsseldorf existieren nur wenige innerstädtische Flächen, auf denen eine weitere Bebauung keine zusätzlichen nachteiligen Auswirkungen auf die Ausprägung der klimatischen Bedingungen bewirken würde. Diese Flächen sind auf der Planungshinweiskarte durch das Symbol „Bebauung möglich: Weitere Verdichtung der Bebauung innerhalb der Siedlungsfläche möglich, insbesondere Schließung von Baulücken“ hervorgehoben worden. Bei der Bebauung dieser Gebiete ist jedoch zu berücksichtigen, dass die vorhandene Bebauungsstruktur umliegender Wohngebiete weitgehend aufgegriffen wird und eine zu hohe Verdichtung vermieden werden sollte.

Eine weitere Bebauung ist in den weniger stark verdichteten Stadtteilen Lörick und Volmerswerth möglich. Eine Verdichtung der Bebauung würde hier keine weitreichende klimatische Folgewirkung hervorrufen. Die unmittelbare Nähe zu ausgedehnten Grün- und Freiflächen sichert die vorliegende günstige mikroklimatische Situation in diesen Stadtteilen.
Im Stadtteil Unterrath dagegen hat die in der Klimaanalyse von 1995 empfohlene und seitdem erfolgte Verdichtung der Bebauung dazu geführt, dass dieser Stadtteil eine deutliche Überwärmung im Vergleich zur Umgebung zeigt. Durch die fehlende Nähe zu ausgedehnten Freiflächen können die negativen Folgen der Verdichtung nicht abgemildert werden. Deshalb gibt es für diesen Stadtteil in der aktuellen Klimaanalyse keine Empfehlung mehr zur Verdichtung der Bebauung.

Zusätzliche Bebauung vermeiden: Keine weitere Verdichtung

Bereiche, die aufgrund der aktuell noch günstigen mikroklimatischen Situation möglichst nicht weiter verdichtet werden sollten oder deren klimatischen Bedingungen aufgrund von Bautätig-

keiten nachteilige Veränderungen erfahren würden, sind durch das Symbol „Bebauung vermeiden: Keine weitere Verdichtung“ auf der Planungshinweiskarte gekennzeichnet.

Im Stadtgebiet von Düsseldorf werden insbesondere für die Stadtteile der Innenstadtrandbereiche, die laut Klimafunktionskarte eine Durchmischung des Siedlungsklimatops mit dem Stadtklimatop aufweisen, Hinweise zu einer nicht zu intensivierenden Verdichtung gegeben. Bautätigkeiten und Versiegelungsmaßnahmen in diesen Gebieten würden eine Verschlechterung der klimatischen Situation im Umfeld der Flächen bewirken. In den direkt an die Innenstadt angrenzenden Bereichen wie der nördliche Teil von Golzheim, Rath, Mörsenbroich und Düsseltal besteht die Gefahr der Ausdehnung der innerstädtischen Wärmeinsel.
In den Stadtteilen Nieder- und Oberkassel sowie in den Siedlungskernen von Wersten und Eller tritt schon eine verdichtete Bebauungsstruktur auf. Eine weitere Bebauung und Versiegelung von Flächen ließe hier die thermische Belastung zu einem lokalen Problem werden.

Waldflächen: Bioklimatisch besonders wertvoll

Die positive Wirkung von Waldflächen wurde bereits unter dem Stichwort „Ausgleichsräume“ (Kap. 1.1) angesprochen. Größere zusammenhängende Flächen haben zusätzlich den Vorteil, neben einem günstigen Bioklima auch eine Filterwirkung für Luftschadstoffe zu haben. Besonders effektiv ist die Filterwirkung bei Stäuben, aber auch gasförmige Luftbeimengungen können verdünnt und gebunden werden.

Das Zusatzsymbol für bioklimatisch besonders wertvolle Waldflächen wurde für den Aaper und den Grafenberger Wald gewählt. Diese Waldflächen stellen einen bioklimatischen Ausgleich für die westlich angrenzenden dicht bebauten Stadtteile von Mörsenbroich und Grafenberg dar.
Auch die Bereiche des Eller Forst, Hasseler Forst und Forst Benrath sind in der Karte der Planungshinweise als bioklimatisch besonders wertvoll ausgewiesen. Diese Waldflächen stellen einen bedeutsamen Pufferraum zwischen Düsseldorf, Erkrath und Hilden dar und erfüllen aufgrund ihrer Größe eine Filterfunktion für die bodennah emittierten Luftschadstoffe im Bereich der A 46.
Kleinere innerstädtische Waldareale wie beispielsweise der Wald zwischen den Gewerbe- und Industrieflächen in Holthausen puffern lokal die negativen bioklimatischen Auswirkungen der angrenzenden Flächen ab und haben eine wichtige Trennfunktion zu hoch belasteten Arealen. Sie müssen daher unbedingt erhalten und wenn möglich ausgebaut werden.

Grünvernetzung

Durch zusätzliche Begrünungsmaßnahmen können bereits existierende Grünflächen miteinander vernetzt werden, was zur Verbesserung der bioklimatischen und lufthygienischen Situation in dem jeweiligen angrenzenden Siedlungsbereich beiträgt. Darüber hinaus werden so wichtige Pufferräume geschaffen und stadtklimatische Belastungen abgemildert. Größere Park- und Grünanlagen sind in der Lage, das Bioklima positiv zu beeinflussen. Sie können ein eigenständiges Mikroklima ausbilden und sind – je nach ihrer Ausstattung und der Umgebungsstruktur – fähig, einen positiven Einfluss auf die Umgebung zu erzielen. Darüber hinaus

sind sie aufgrund weitgehend fehlender Emittenten in der Regel Frischluftentstehungsgebiete und können bei geeigneter Ausstattung eine Filterfunktion für Luftschadstoffe ausüben.

Zur Förderung der Belüftung sollte entlang der Grünvernetzung eine Riegelbebauung sowie eine dichte Bepflanzung der Randbereiche der Grünflächen vermieden werden. Als wesentliche Maßnahmen zur Grünvernetzung sind der Erhalt vorhandener Grün- und Freiflächen und der Einbezug von Hausgärten sowie Begrünungsmaßnahmen auf Abstands- und Lagerflächen, Erweiterungsflächen und Parkplätzen zu nennen. Auch Dach- und Fassadenbegrünungen können in diesem Zusammenhang einen wichtigen Beitrag leisten. Für alle Bebauungsmaßnahmen in diesen Bereichen sollte in Zukunft sorgfältig abgewogen werden, inwieweit sie in diesem Areal erforderlich und klimatisch verträglich sind.

Im Stadtgebiet von Düsseldorf sind Flächen zur Grünvernetzung in erster Linie dort ausgewiesen, wo über Grünflächen eine durchgehende Verbindung von Ausgleichsräumen bis weit in die bebauten Stadtteile hinein geschaffen werden kann. Im Süden des Stadtgebietes ist dies über eine Grünverbindung vom Schlosspark Benrath bis zur Urdenbacher Kämpe möglich. Zwischen Holthausen und Wersten existiert eine Grünverbindung zum südlich anschließenden regionalen Ausgleichsraum in der Rheinschleife. Dieser Grünzug sollte bis zur A 46, Anschlussstelle Holthausen, erhalten und ausgebaut werden.
Die Grünvernetzung von Himmelgeist über den Botanischen Garten bis zum Volksgarten schafft eine Verbindung vom Ausgleichsraum bis fast an den Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche heran. Diese Pufferzone zwischen den verschiedenen Lasträumen ist zu erhalten und seine klimatische Wirkung durch Öffnung der Randbereiche zu verbessern. Ziel ist es hierbei, die positive Wirkung der vorhandenen Grünflächen für die angrenzende Wohnbebauung insbesondere im Umfeld des Volksgartens zu erhöhen und somit die stadtklimatischen Gegebenheiten in den verdichteten Wohngebieten zu reduzieren. Im Bereich der Münchener Straße darf der Luftaustausch nicht durch Dämme oder Riegelbepflanzungen behindert werden. Im Bereich des Universitätssportzentrums kann durch eine Parkplatzbegrünung eine Verbindung zum Volksgarten geschaffen werden.

Im Osten des Düsseldorfer Stadtgebietes sind vorhandene und damit zu erhaltende oder zu schaffende Grünvernetzungen zwischen den ausgedehnten Waldgebieten in Unterbach und dem Schlosspark Eller, zwischen den Freiflächen östlich der Stadtgrenze und den Grünflächen entlang des Düsseltals in Gerresheim sowie zwischen dem Grafenberger Wald und dem Zoopark in der Karte der Planungshinweise ausgewiesen. Durch die Erweiterung der vorhandenen Grün- und Freiflächen können hier nahezu durchgängige Bänder mit günstigen klimatischen Eigenschaften von Osten in Richtung der Düsseldorfer Innenstadt mit zunehmender Verdichtung geschaffen werden. Dadurch entstehen klimatische Trennzonen zwischen den Lasträumen der verdichteten Bebauung.

Im Norden des Stadtgebietes sollten vorhandene Grünflächen und die begrünten Bachtäler in Unterrath südlich des Flughafengeländes so miteinander vernetzt und ausgebaut werden, dass ein Anschluss an die Nord-Süd verlaufende Luftleitbahn der Bahntrasse entsteht. Durch Begrünungsmaßnahmen kann eine Unterbrechung der Gewerbe- und Industriestandorte, z. B. im Bereich des Großmarktes erreicht werden. Intensive Dach- und Fassadenbegrünungen sowie die Begrünung von Lagerflächen und Parkplätzen sind als ergänzende wirksame Maßnahmen in den Gewerbe- und Industrieflächen in Betracht zu ziehen.

Linksrheinisch existieren zwischen Nieder- und Oberkassel kleinere Grünflächen, die durch eine Vernetzung eine Verbindung zum Ausgleichsraum der Rheinaue herstellen könnten. Dadurch könnten die günstigen Austauschbedingungen entlang des Rheintals in den Lastraum der verdichteten Bebauung hineingeführt werden.

Begrünung und Entsiegelung von Flächen

Großflächige Begrünungsmaßnahmen und Maßnahmen zur Entsiegelung von Flächen wie Straßenraumbegrünung, Entsiegelung und Begrünung von Lager- und Stellplatzflächen, Schaffung kleiner Grünanlagen und Dachbegrünungen werden in der Karte der Planungshinweise für alle Gewerbe- und Industrieflächen ausgewiesen. Sie sind nur realisierbar, soweit keine Grundwassergefährdungen bestehen. Begrünungsmaßnahmen im Bereich großer Abstands-, Lager- oder Reserveflächen innerhalb der gewerblich und industriell genutzten Areale von Düsseldorf können die mikroklimatischen Bedingungen verbessern. Dabei ist in erster Linie an die Anpflanzung von Gehölzen, bei Parkplätzen an großkronige Bäume gedacht. Besonders größere Stellplatzanlagen, ungenutzte Flächen und auch Abstandsflächen zwischen den Gebäuden sollten vorzugsweise durch Baumpflanzungen begrünt werden. Die häufig sehr breiten Erschließungsstraßen bieten ebenfalls Ansatzpunkte zur Begrünung mit Straßenbäumen.
Die in Gewerbe- und Industriegebieten häufig vertretenen ausgedehnten Gebäude mit Flachdach bieten eine ideale Voraussetzung für großflächige Dachbegrünungen, die aufgrund der meist geringen Gebäudehöhe bei einer hohen Dichte von begrünten Dächern eine positive Wirkung auf das Mikroklima des Gebietes haben können.

In Bereichen mit bodennahen Emissionen können Immissionsschutzpflanzungen eine deutliche Verringerung der lufthygienischen Belastung bewirken. Um eine möglichst effektive Wirkung zu erzielen, sollte eine dichte und tiefe (Mindesttiefe 15 m) Gehölzpflanzung angelegt werden. Besonders geeignet sind solche Anpflanzungen dort, wo Wohnbebauung unmittelbar an Gewerbe- oder Industriegebiete und an stark befahrene Straßen angrenzt.

Neben allen Lasträumen der Gewerbe- und Industrieflächen in Düsseldorf sind auch die Bereiche der Universität und der Universitätskliniken in Bilk mit dem Symbol der Begrünung und Entsiegelung von Flächen und Straßen auf der Planungskarte gekennzeichnet. Die Bebauungsstruktur in diesen Bereichen gleicht eher einer gewerblichen Bebauung mit großflächigen Gebäuden und Plätzen als einer Wohnbebauung.

Begrünung in Gebieten mit hoher Flächenkonkurrenz

Im Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche sind Begrünungsmaßnahmen durch eine erhebliche Nutzungskonkurrenz und ein sehr geringes Platzangebot nur sehr kleinräumig möglich. Hier sind es vor allem die Wohngebiete, für die sich der vordringlichste Handlungsbedarf ableitet. Zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität ist ein hoher Grad der Durchgrünung in Verbindung mit Flächenentsiegelungen anzustreben. Dies ist in erster Linie bei den Innenhöfen der Blockrandbebauung sowie bei der Straßenraum- und Platzgestaltung möglich. In der Planungshinweiskarte werden kleinräumige Maßnahmeempfehlungen für diese Gebiete zusammengefasst:

- Blockentkernung,
- Innenhofbegrünung,
- Begrünung mit Straßenbäumen,
- Dach- und Fassadenbegrünung.

Die bioklimatische Situation kann verbessert werden durch Blockentkernung, Begrünung und durch eventuelle Blocköffnung zu begrünten Plätzen. Eine Überprüfung der Innenhofnutzung ist in den allgemeinen Wohngebieten notwendig. Ideal ist eine Entkernung und dauerhafte Begrünung der Innenhöfe. Ist eine Entkernung nicht möglich, sollte die bioklimatische Situation der Höfe und Gebäude durch Fassaden- und Dachbegrünung und Pflanzung von geeigneten Gehölzstrukturen verbessert werden. Baulücken in den Baublöcken sollten an stark befahrenen Straßen aus Immissions- und Lärmschutzgründen geschlossen werden. Zur Verbesserung der Ventilationssituation können Baulücken zu begrünten Plätzen oder grünen, verkehrsarmen Straßen offen gehalten und begrünt werden.

Für hochversiegelte Plätze und Parkplätze mit geringem Grünbestand werden Begrünung und Entsiegelung der Flächen empfohlen. Neben großen städtischen Grünanlagen und Parks können auch kleinteilige begrünte Areale in bebauten Gebieten zu einer bioklimatischen Entlastung der Anwohner führen. Gegenüber den größeren Flächen beschränken sich bei diesen kleinen Grünflächen die klimatischen Auswirkungen auf die Flächen selbst (Oaseneffekt). Eine Wirkung wird also nur dann erzielt, wenn die Flächen aufgesucht und dann von den Vorteilen der bioklimatischen und lufthygienischen Situation während klimatisch belastender Wetterlagen profitiert werden kann. Solche Fläche sollten mit möglichst unterschiedlichen Vegetationsstrukturen ausgestattet werden.

Zusätzlich zu den lufthygienischen Belastungen und den Lärmemissionen durch den Kfz-Verkehr sind auch die bioklimatischen Belastungen innerhalb einzelner Straßenräume oft recht hoch. Für diese Straßen werden Empfehlungen zur Begrünung gegeben. Ausgenommen bleiben enge Straßenschluchten, in denen Baumpflanzungen die Austauschverhältnisse einschränken können. Die Begrünung im Straßenraum sollte in erster Linie durch den Erhalt vorhandener großkroniger Laubbäume oder durch deren Anpflanzungen erreicht werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass dichte alleeartige Anpflanzungen in Straßenschluchten und in stark befahrenen Straßen in lufthygienischer Hinsicht eher nachteilig wirken, da durch diese Art der Bepflanzung der Luftaustausch eingeschränkt werden kann. Insbesondere dort, wo große Emissionsmengen bodennah freigesetzt werden, kann eine Alleebepflanzung die Luftqualität vermindern. Daher sollten dichte Straßenbegrünungen vor allem in Bereichen mit geringen Emissionen und in breiten Straßen vorgesehen werden.

Fassaden- und Dachbegrünungen bewirken eine verminderte Erwärmung in den Sommermonaten und eine geringere Abkühlung der Gebäudeoberflächen im Winter, so dass auch hierdurch ein kleiner Beitrag zur Verbesserung der klimatischen Situation geleistet werden kann. Insbesondere in Wohnbereichen mit schlechten bioklimatischen und lufthygienischen Bedingungen und fehlendem Platz für die Anlage von Grünflächen können Dach- und Fassadenbegrünungen eine gute Alternative darstellen.

1.5 Luftaustausch

Eine gute Belüftungssituation in der Stadt trägt wesentlich zur Qualität ihres Mikroklimas bei. Durch einen guten Luftaustausch können überwärmte Luftmassen aus dem Stadtgebiet abgeführt und durch kühlere aus dem Umland ersetzt werden. Weiterhin können mit Schadstoffen angereicherte Luftmassen durch Frischluft ersetzt und die vertikale Durchmischung der Luft erhöht werden.

Zwei Faktoren sind für den Luftaustausch entscheidend:

1. Die mittlere Windgeschwindigkeit, die die Stärke des Luftaustausches, d.h. die Masse der herantransportierten bzw. abtransportierten Luftmassen steuert.
2. Die vertikale Durchmischung. Neben dem Antrieb durch das Windfeld tragen die bodennahe Rauhigkeit, die Erwärmung am Erdboden und mögliche Kaltluftbildungen zum vertikalen Austausch bei. In der Innenstadt bleibt auch in den Nachtstunden ein vertikaler Luftaustausch erhalten, der durch Konvektion aufgrund der innerstädtischen Überwärmung angetrieben wird.

Die folgenden Symbole der Planungshinweiskarte betreffen die Belüftungssituation sowie den Erhalt bzw. die Verbesserung der Frisch- und Kaltluftzufuhr.

Luftleitbahn

Aufgrund ihrer Lage, der geringen Oberflächenrauhigkeit bzw. des geringen Strömungswiderstandes und der Ausrichtung können einzelne Flächen im Stadtgebiet zu einer wirkungsvollen Stadtbelüftung beitragen. Diese Flächen sind in der Planungshinweiskarte mit dem Pfeilsymbol für Luftleitbahn gekennzeichnet. Besonders gut geeignet als Luftleitbahnen sind solche Flächen, die eine Mindestbreite von 50 m aufweisen, möglichst hindernisarm sind und eine ausreichend geradlinige Ausrichtung besitzen. Nur dann sind sie in der Lage, Luftmassen über längere Entfernungen ohne stärkere Verwirbelungen und Strömungswiderstände zu transportieren. Zur Unterstützung der Funktion von Luftleitbahnen sollten hier keine weiteren Emittenten angesiedelt bzw. vorhandene Kfz-Emissionen gesenkt werden. Eine Bautätigkeit sollte darüber hinaus nicht in einer Luftleitbahn erfolgen. Zur Unterstützung der Belüftungsfunktion wird die Anlage zusätzlicher rauhigkeitsarmer Grünzonen im Umfeld der Luftleitbahn empfohlen.

Die wichtigste Luftleitbahn des Düsseldorfer Stadtgebietes ist der Verlauf des Rheins in unmittelbarer Nachbarschaft zur Innenstadt. Die Wasserfläche des Rheins zusammen mit der begrünten Uferzone wirkt durch die geringe Oberflächenrauhigkeit als Leitbahn für die Luftströmungen in diesem Bereich. Der Rhein trägt dadurch wesentlich zur Belüftung der Innenstadt bei, indem auf dieser Luftleitbahn kühlere und schadstoffärmere Luftmassen meist aus den südlich gelegenen Ausgleichsräumen, seltener aus Norden in den hoch verdichteten Lastraum transportiert werden.

Ähnlich wie breite Straßenzüge können auch Bahntrassen als Luftleitbahn wirksam sein. Während sich die Luftmassen tagsüber über den Bahnanlagen stark erwärmen, kühlen sie sich

nachts rasch wieder ab. Da es sich um Bereiche mit geringen Emissionen handelt, zählen Bahnanlagen zu den Entlastungsräumen in einem Stadtgebiet.
In Düsseldorf sind die Süd-Nord verlaufenden Gleisanlagen vom Düsseldorfer Hauptbahnhof bis nach Derendorf als Luftleitbahn ausgewiesen. Entlang dieser Leitbahn können bei in Düsseldorf vorherrschenden Winden aus südlichen Richtungen warme Luftmassen aus dem Innenstadtbereich nach Norden abtransportiert werden. Bei Strahlungswetterlagen mit nordöstlichen Windrichtungen kann über diese Leitbahn der Bahntrasse kühle und weniger belastete Luft von Norden in den Lastraum der Innenstadt eindringen. Da die Bebauung schon jetzt zum Teil sehr dicht an diese Luftleitbahn heranreicht, kann eine weitere Bautätigkeit im Umfeld der Leitbahn die Funktionalität einschränken. Es ist bei weiteren Planungen darauf zu achten, dass die randliche Bebauung keine Riegelwirkung erzeugt.

Auch die aus Südost auf die Innenstadt zulaufenden Bahntrassen haben eine Funktion als Luftleitbahn, da sie die in Düsseldorf vorherrschend aus Südost kommenden Winde kanalisieren und verstärken und somit Luftmassen aus dem kühleren Umland in Richtung Innenstadt transportieren. Die Kennzeichnung der Gleisanlagen zwischen der Mindener Straße und der Fichtenstraße als Luftleitbahn fußt auf den Ergebnissen der stationären Messungen in diesem Bereich.

Das Düsseltal bei Gerresheim ist im Zusammenspiel mit der Ost-West verlaufenden Bahntrasse und den vorhandenen Grünflächen eine Luftleitbahn, die aufgrund der relativ geringen Rauhigkeit sowie der Reliefdynamik des sich östlich anschließenden Bergischen Landes kühlere und frischere Luftmassen bis in die Randbereiche der Lasträume der Gewerbe- und Industrieflächen in Flingern transportieren kann. Hierbei handelt es sich in erster Linie um Kaltluftabflüsse, die während windschwacher Strahlungswetterlagen reliefunterstützt auftreten und durch Kaltluftzusammenflüsse angetrieben werden.
Als weitere Luftleitbahn wurde im Stadtgebiet von Düsseldorf der Grünzug von Himmelgeist im Süden über den Botanischen Garten bis zum Volksgarten ausgewiesen. Diese Flächen können aufgrund ihrer Größe und ihrer Vernetzung mit dem regionalen Ausgleichsraum eine Belüftungsfunktion für die Innenstadtrandbereiche bei südlichen Windrichtungen haben. Hier ist jedoch zu berücksichtigen, dass die diese Luftleitbahn kreuzenden großen Straßen (Münchener Straße, A 46, Werstener Straße) Strömungshindernisse und Schadstoffquellen darstellen.

Belüftung und Klimafunktion

Neben der Belüftung durch Luftleitbahnen besteht auch die Möglichkeit, durch kleinräumige Verflechtungen zwischen Bebauung und Grünflächen schwächere Luft- und Ausgleichsströmungen lokal zu nutzen. Damit sich diese ausbilden können, sind das Vorhandensein einer größeren Grünfläche, die ihr eigenes Mikroklima ausbildet, sowie einer angrenzenden möglichst lockeren Bebauung Voraussetzung. Aufgrund des Temperaturgegensatzes zwischen der kühleren Grünfläche und der überwärmten Bebauung können sich dann Ausgleichsvorgänge ergeben, wobei sich allerdings nur sehr schwache Luftbewegungen mit geringer Reichweite (< 100 m) ausbilden.

Während der Untersuchungen zur Klimaanalyse für Düsseldorf konnte eine solche Belüftungsfunktion für die Grünflächen des Volksgartens, des Hofgartens, des Nordfriedhofs und der Kleingartenanlage zwischen Vennhausen und Lierenfeld durch Messungen und/oder durch Modellierungen nachgewiesen werden. Um einen Luftaustausch zwischen klimatisch begünstigter Grünfläche und klimatisch belastetem Bebauungsgebiet wirksam zu fördern, sollten die Frei- und Grünflächen an ihren Rändern offen gestaltet werden. Weiterhin können die Wirkungen durch Grünverbünde zwischen Parkanlagen und umliegender Bebauung in Form von Straßenbäumen, begrünten Hausgärten und zu den Grünflächen hin geöffneten Innenhöfen gestärkt werden.

Luftaustauschfunktion

Der Rhein bildet zusammen mit der begrünten Uferzone die Grundlage für günstige Luftaustauschbedingungen im Düsseldorfer Stadtgebiet. Damit die hoch verdichteten Innenstadtbereiche hiervon profitieren können, ist ein vorrangiges planerisches Ziel die Förderung des Luftaustauschs entlang des Rheins. Die geschlossenen Häuserfronten entlang der Carlstadt, der Altstadt (Rheinufertunnel) und in Golzheim (Cecilienallee) verhindern eine effektive Durchlüftung. Diese Riegelbildung sollte abgeschwächt und bestehende Öffnungen beibehalten werden, damit die Ventilationswirkung gefördert wird und frische, weniger stark belastete Luft weiter in den Baukörper der Innenstadt eindringen kann.
Linksrheinisch gilt Entsprechendes für die Öffnung der Stadtteile Nieder- und Oberkassel zur begrünten Rheinuferzone.

Im Osten des Stadtgebietes ist der Luftaustausch zwischen den ausgedehnten Waldflächen des Grafenberger Waldes und den westlich angrenzenden Wohngebieten zu fördern. Bestehende Vernetzungen über Sportanlagen und Kleingärten sind hier zu erhalten und so zu gestalten, dass keine Strömungshindernisse für die aus den Waldflächen hangabwärts fließende Frischluft entstehen.

Nächtlicher Kaltluftabfluss

In den Freilandbereichen der regional bedeutsamen Ausgleichsräume können Kaltluftmassen entstehen und angereichert werden. Ausgleichswirksame Kaltluftentstehungsgebiete sollten nicht aufgeforstet und Belüftungsbahnen nicht dicht bepflanzt oder bebaut werden.

Nächtlicher Kaltluftabfluss tritt im Düsseldorfer Stadtgebiet nur am östlichen Rand, in den Ausläufern des Bergischen Landes auf. Dieser Kaltluftfluss orientiert sich am Verlauf der Täler in den Stadtteilen Hubbelrath, Ludenberg und Gerresheim. Nächtliche Bodeninversionen in den Kaltluftsammelgebieten, die mit Nebelbildung gekoppelt sein können, können zu einer verstärkten Anreicherung von Luftschadstoffen führen. Daher sollten die Talbereiche von Emittenten soweit möglich freigehalten werden. Darüber hinaus sollten diese Gebiete möglichst nicht weiter bebaut werden, um ihre Funktion als Kaltluftabflussbahnen nicht einzuschränken. Dies gilt in besonderem Maße für das in Richtung Innenstadt ausgerichtete Düsseltal in Gerresheim. Die hier vorhandene Luftleitbahn wird durch die Kaltluftflüsse der Nord-Süd verlaufenden Täler in Hubbelrath und Ludenberg angetrieben. Die im Düsseltal zusammenfließende Kaltluft sollte auf ihrem Weg in Richtung der verdichteten Stadtteile von Düsseldorf nicht mit

Schadstoffen angereichert oder übermäßig erwärmt werden, um ihre ausgleichende Funktion nicht zu verlieren.

Frischlufteinzugsgebiet

Sowohl den regional bedeutsamen Ausgleichsräumen wie auch den ausgedehnten Waldflächen in Unterbach kann eine besondere Bedeutung als Frischlufteinzugsgebiet beigemessen werden. Sie weisen eine sehr gute bioklimatische und lufthygienische Situation auf. Aufgrund der fehlenden Reliefunterschiede treten außer im östlichen Ausgleichsraum Ludenberg/Hubbelrath keine nachweisbaren Luftströmungen in Form von Kaltluftflüssen auf. Die große Ausdehnung der Flächen und ihr günstiges Mikroklima machen sie jedoch zu bedeutenden Frischlufteinzugsgebieten, die erhalten werden sollten.

Um die positive Wirkung der Frischluftproduktion zu erhalten, sollte in diesen Bereichen eine weitere Versiegelung und Bebauung vermieden oder auf ein Minimum beschränkt werden. Darüber hinaus sind zum Erhalt der positiven Funktion keine Emittenten anzusiedeln.

2 Planungshinweise für die Stadtbezirke

In den folgenden Unterkapiteln werden die bioklimatischen und lufthygienischen Situationen in den 10 Düsseldorfer Stadtbezirken (Abb. 2) mit den daraus abgeleiteten Planungshinweisen zusammengefasst. Für jeden Stadtbezirk werden die Ergebnisse neben dem entsprechenden Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte in Form einer Handlungstabelle für den praktischen Gebrauch aufbereitet.

Diese Tabelle enthält für den jeweiligen Stadtbezirk zum Einen die Flächenanteile der 10 Klimatope und der Verkehrsflächen und zum Anderen die Flächenanteile der auf der Planungshinweiskarte ausgewiesenen vier verschiedenen Ausgleichs- und der vier verschiedenen Lasträume. So kann auf den ersten Blick erfasst werden, ob der Stadtbezirk eher durch verdichtete Siedlungsgebiete oder durch Freiräume charakterisiert ist.
Im Weiteren wird eine kurze Beschreibung der bioklimatischen Situation mit einer stichwortartigen Aufzählung der wichtigsten Gunst- und Ungunstfaktoren im Stadtbezirk gegeben. Dies können beispielsweise das Vorhandensein von Frischlufträumen oder eine stark verdichtete Bebauung mit mangelhafter Durchgrünung im Siedlungsbereich sein. Aus der Verteilung der Ausgleichs- und Lasträume im Stadtbezirk werden verschiedene Klimaschutz- und Sanierungszonen für das Stadtgebiet abgeleitet. Klimaschutzzonen umfassen lokale oder regionale klimarelevante Räume, die eine klimatische und/oder lufthygienische Ausgleichsfunktion erfüllen und deshalb unter Schutz zu stellen sind. Veränderungen in diesen Bereichen dürfen die Funktion der Flächen nicht beeinträchtigen. Sanierungszonen umfassen Bereiche mit einem klimatischen Belastungspotential. Hier besteht Handlungsbedarf zur Verbesserung der Lebensqualität.

Die für den Stadtbezirk zutreffenden Planungshinweise aus der gesamtstädtischen Planungskarte sind im Anschluss für jeden Stadtbezirk mit ihrem jeweiligen räumlichen Bezug zusammengestellt und kurz beschrieben.

Zur Veranschaulichung der Handlungstabellen auf Stadtbezirksebene ist der jeweils zugehörige Ausschnitt des Stadtbezirks aus der Planungskarte abgebildet. Die umfangreiche Legende der Karte der Planungshinweise ist stellvertretend für alle folgenden Abbildungen 3 bis 12 einmal vollständig in der Tabelle 1 am Anfang des Kapitels 1 dargestellt. Die Lage der Stadtbezirke ist in der Abbildung 2 dargestellt und die jeweils zugehörigen Stadtteile sind in der Tabelle 2 aufgelistet.

Tab. 2 Stadtbezirke 1 bis 10

Stadtbezirk	**Stadtteile**
1	Altstadt, Carlstadt, Stadtmitte, Pempelfort, Derendorf, Golzheim
2	Flingern-Süd, Flingern-Nord, Düsseltal
3	Friedrichstadt, Unterbilk, Hafen, Hamm, Volmerswerth, Bilk, Oberbilk, Flehe
4	Oberkassel. Niederkassel, Heerdt, Lörick
5	Stockum, Lohausen, Kaiserswerth, Wittlaer, Angermund, Kalkum
6	Lichtenbroich, Unterrath, Rath, Mörsenbroich
7	Gerresheim, Grafenberg, Ludenberg, Hubbelrath
8	Lierenfeld, Eller, Vennhausen, Unterbach
9	Wersten, Himmelgeist, Holthausen, Reisholz, Benrath, Urdenbach, Itter, Hassels
10	Garath, Hellerhof

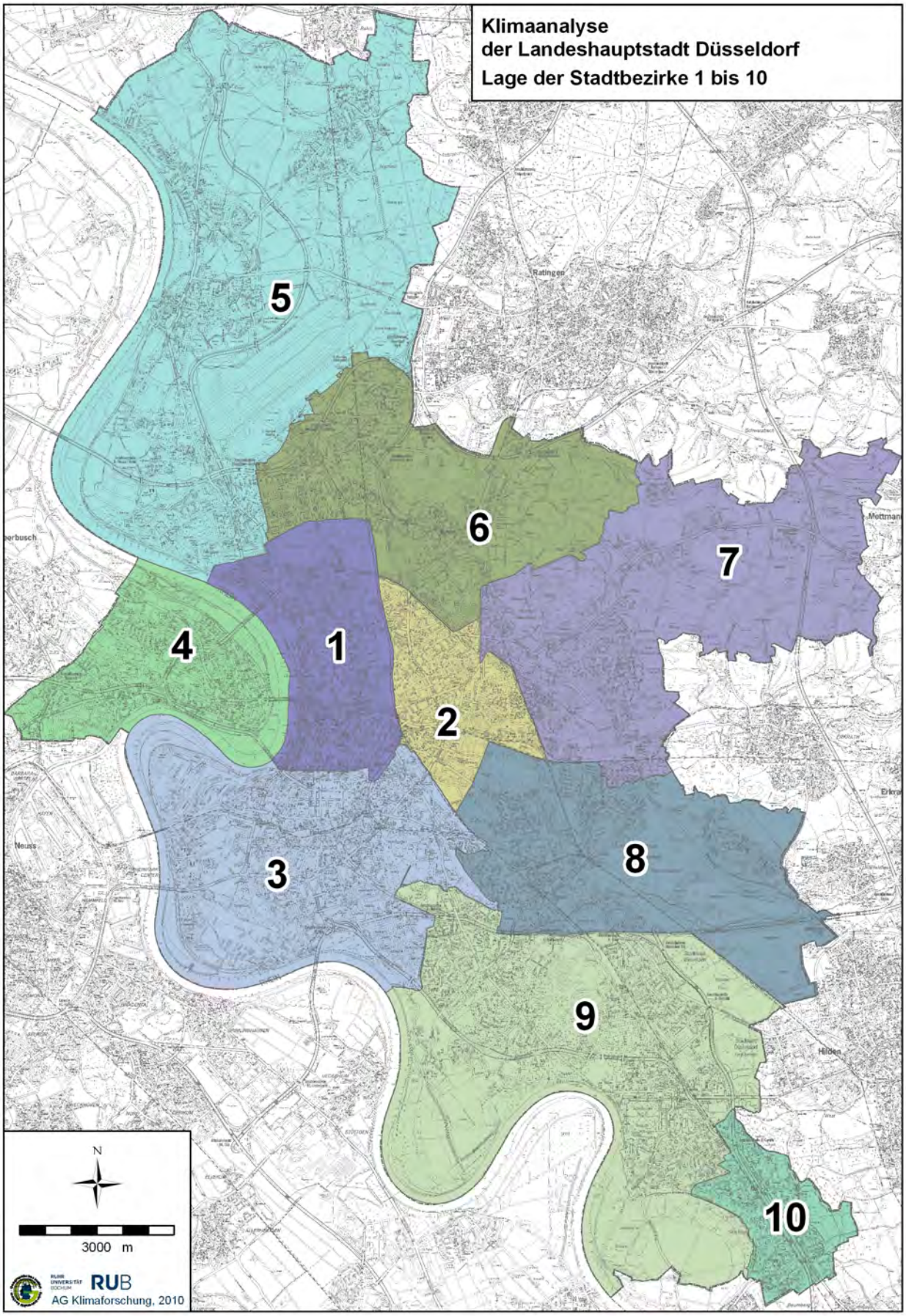


Abb. 2 Lage der Stadtbezirke 1 bis 10

2.1 Stadtbezirk 1: Altstadt, Carlstadt, Stadtmitte, Pempelfort, Derendorf, Golzheim

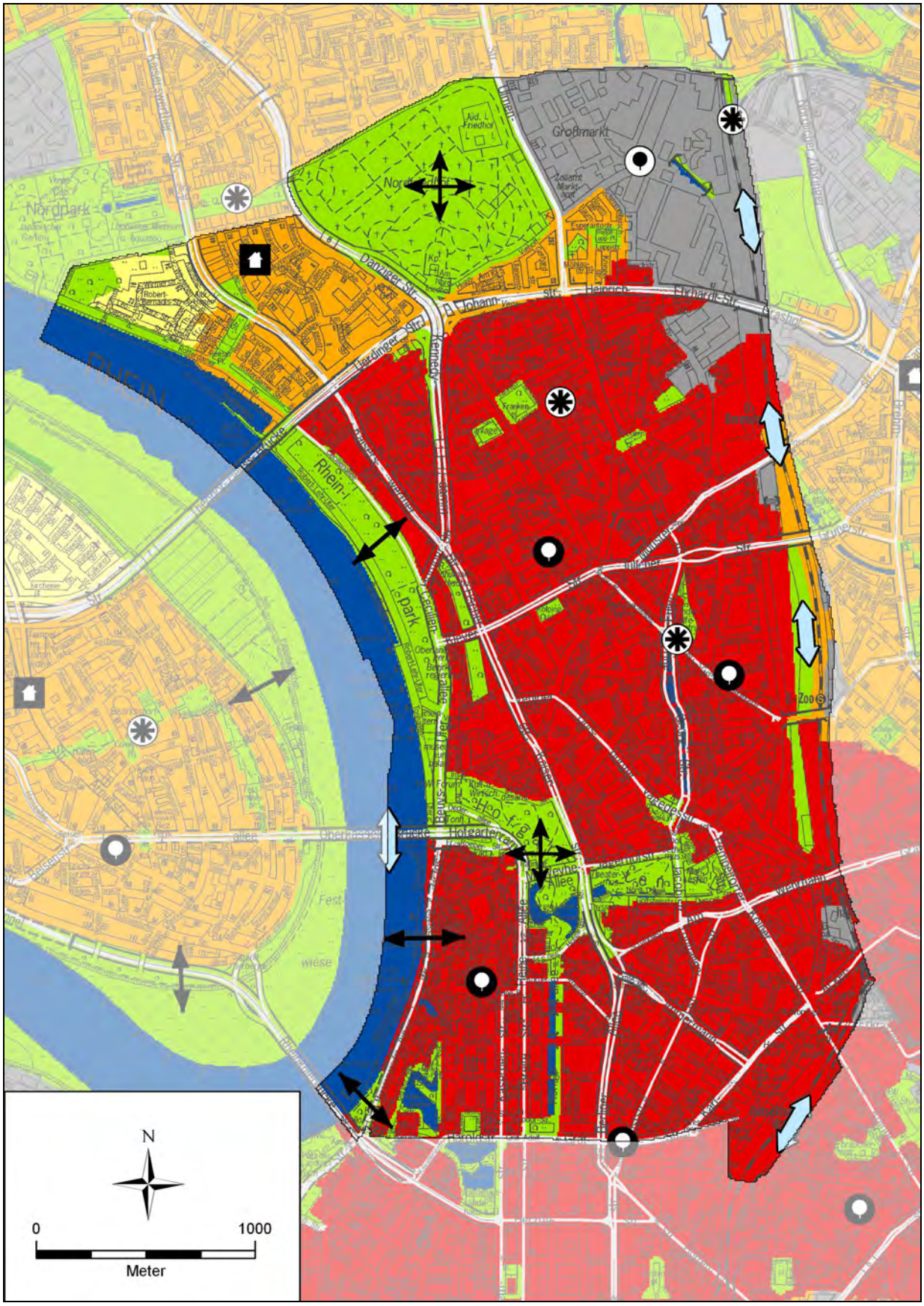


Abb. 3 Stadtbezirk 1: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte

Tab. 3 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 1

Flächenanteile der Klimatope	**[%]**	**Gunstfaktoren**	**Ungunstfaktoren**
Freilandklimatop	0	⊕ Belüftung der Innenstadt durch die Luftleitbahn des Rheins in unmittelbarer Nähe. ⊕ Verbesserung der bioklimatischen Situation durch den Hofgarten, den Nordfriedhof und kleinere Parkanlagen. ⊕ Belüftung durch Konvektionsbewegungen aufgrund der Überwärmung der Innenstadt möglich. ⊕ Starke Senkung des Heizenergieverbrauchs im Winter.	⊖ Dichte und hohe Blockbebauung mit einem hohen Versiegelungsgrad. ⊖ Enge Straßenschluchten mit hohem Verkehrsaufkommen, hohe Luft- und Lärmbelastungen. ⊖ Starke Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen, bioklimatische Belastungen durch Hitze und Schwüle. ⊖ Starke Windfeldmodifikationen mit Windabbremsungen oder Düseneffekten.
Gewässerklimatop	7,4		
Waldklimatop	0		
Parkklimatop	13,3		
Klimatop der lockeren Bebauung	2,0		
Siedlungsklimatop	5,6		
Stadtklimatop	27,5		
Innenstadtklimatop	9,6		
Gewerbeklimatop	2,6		
Industrieklimatop	5,3		
Verkehrsflächen	26,2		
Flächenanteile der Ausgleichs- und Lasträume	**[%]**	**Klimaschutzzonen**	**Sanierungszonen**
Regional bedeutsamer Ausgleichsraum	0	Rheinuferzone: regional bedeutsame Luftleitbahn für den Luftaustausch im Düsseldorfer Stadtgebiet. Luftleitbahn der Nord-Süd verlaufenden Bahnanlagen in Pempelfort und Derendorf: hohe Relevanz für die Be- und Entlüftung des Stadtgebietes. Hofgarten und Nordfriedhof: klimarelevante innerstädtische Grünanlage mit klimatischer Ausgleichsfunktion im Nahbereich.	Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche: Der Lastraum wird durch höchste thermisch-bioklimatische und/ oder immissionsklimatische Belastungspotentiale gekennzeichnet. Städtebauliche Maßnahmen zur Verbesserung der Lebensqualität weisen die höchste Handlungspriorität auf.
Ausgleichsraum Wald	0		
Ausgleichsraum Gewässer	7,7		
Ausgleichsraum der städtischen Grünzüge	18,6		
Lastraum mit überwiegend mittlerer bis lockerer Bebauung	1,4		
Lastraum der verdichteten Bebauung	8,1		
Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche	55,1		
Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen	9,1		

Planungshinweise

- Verringerung des Versiegelungsgrades durch Flächenentsiegelungsmaßnahmen.
- Erhöhung des Durchgrünungsgrades durch Innenhofbegrünungen, Begrünung von Straßen und Plätzen, Anlage von kleinen Grünanlagen mit Oasenwirkung, Dach und Fassadenbegrünungen.
- Erhalt der vorhandenen Grün- und Parkanlagen.
- Begrünung im Bereich des Großmarktes in Derendorf, Schaffung einer Grünvernetzung zwischen dem Kittelbachtal und den sich südlich anschließenden Kleingärten.
- Verbesserung des Luftaustauschs zur Luftleitbahn des Rheins durch Öffnung der Riegelbebauung zur Rheinuferzone.
- Erhalt der Luftleitfunktion der Bahnanlage sowie ehemaligen Bahnanlagen durch Vermeidung weiterer Bebauung und Öffnung der Randbebauung zur Bahntrasse.
- Senkung von Verkehrs- und Hausbrandemissionen.

2.2 Stadtbezirk 2: Flingern-Süd, Flingern-Nord, Düsseltal

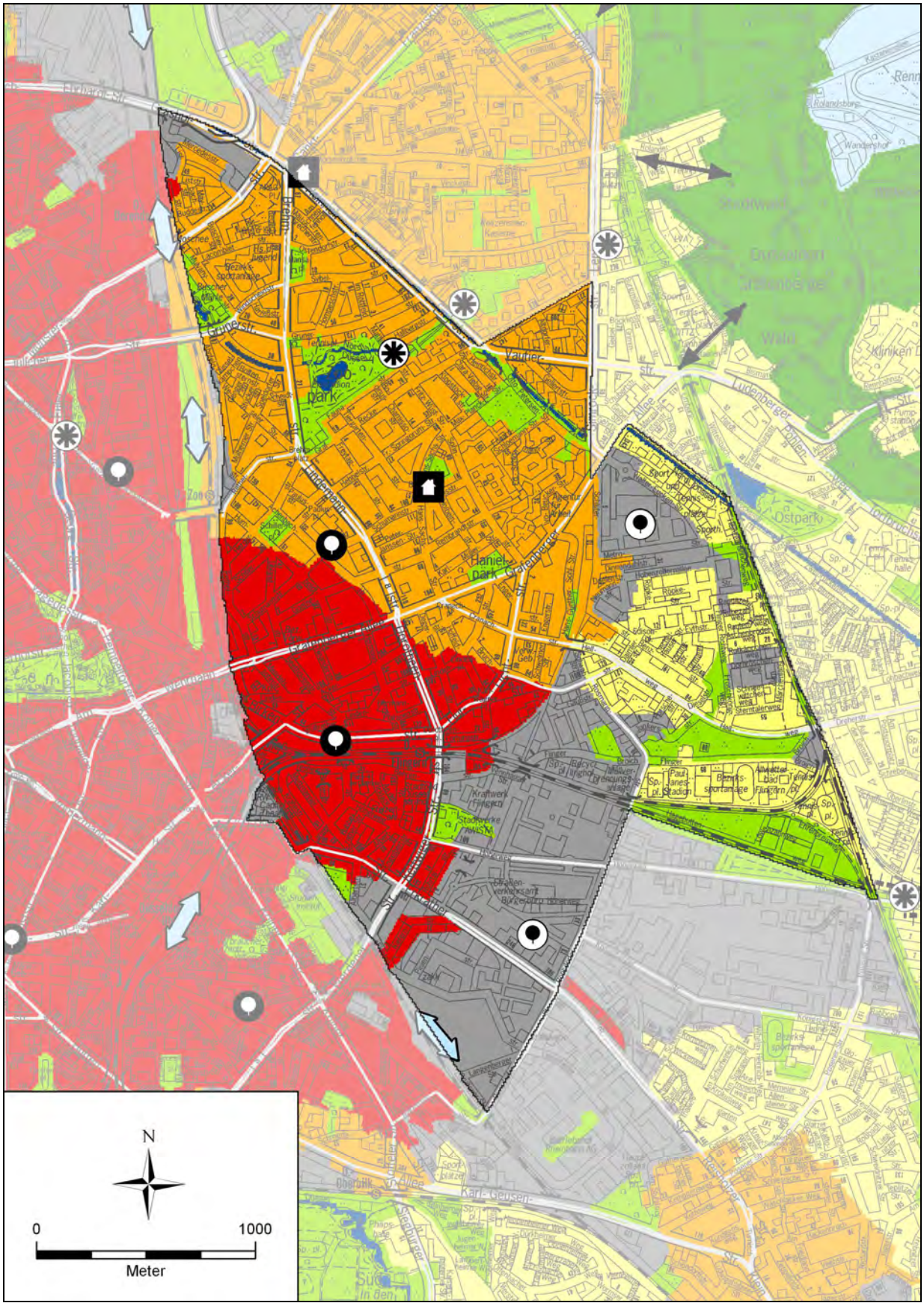


Abb. 4 Stadtbezirk 2: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte

Tab. 4 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 2

Flächenanteile der Klimatope	**[%]**	**Gunstfaktoren**	**Ungunstfaktoren**
Freilandklimatop	0	⊕ Blockbebauung mit begrünten Innenhöfen im östlichen Düsseltal. ⊕ Mikroklimatische Oaseneffekte durch kleinere Parkanlagen.	⊖ Großflächige Gewerbe- und Industrieflächen in Flingern mit hohem Versiegelungsgrad und Emissionen. ⊖ Hohe Luft- und Lärmbelastungen entlang der Durchgangsstraßen mit hohem Verkehrsaufkommen. ⊖ Fehlende An- und Verbindungen zu großen Ausgleichsräumen. ⊖ Dichte hohe Bebauung mit geringem Grünanteil im westlichen Düsseltal.
Gewässerklimatop	0,6		
Waldklimatop	0		
Parkklimatop	7,8		
Klimatop der lockeren Bebauung	1,9		
Siedlungsklimatop	21,5		
Stadtklimatop	25,5		
Innenstadtklimatop	0,9		
Gewerbeklimatop	12,0		
Industrieklimatop	5,1		
Verkehrsflächen	24,6		
Flächenanteile der Ausgleichs- und Lasträume	**[%]**	**Klimaschutzzonen**	**Sanierungszonen**
Regional bedeutsamer Ausgleichsraum	0	Verschiedene klimarelevante innerstädtische Grünanlagen mit klimatischer Ausgleichsfunktion im Nahbereich oder Oaseneffekt.	Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche im westlichen Düsseltal: Durch Verdichtung der Bebauung ist im westlichen Düsseltal ein Lastraum ähnlich der Düsseldorfer Innenstadt entstanden mit einer starken thermisch-bioklimatischen und/oder immissionsklimatischen Belastung. Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen in Flingern-Süd und –Nord: Großflächige Versiegelungen mit geringem Grünanteil erfordern Maßnahmen zur Verbesserung des Mikroklimas. Die Gebiete stellen einen lufthygienischen Lastraum dar.
Ausgleichsraum Wald	0		
Ausgleichsraum Gewässer	0,7		
Ausgleichsraum der städtischen Grünzüge	10,0		
Lastraum mit überwiegend mittlerer bis lockerer Bebauung	11,2		
Lastraum der verdichteten Bebauung	36,1		
Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche	19,0		
Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen	23,0		

Planungshinweise

- Verringerung des Versiegelungsgrades durch Blockentkernung im westlichen Düsseltal.
- Erhöhung des Durchgrünungsgrades durch Innenhofbegrünungen, Begrünung von Straßen und Plätzen, Dach und Fassadenbegrünungen im westlichen Düsseltal.
- Erhalt der vorhandenen Grün- und Parkanlagen.
- Erhalt der guten Wohnqualitäten im östlichen Düsseltal.
- Verbesserung der Anbindung an größere Ausgleichsräume durch Grünvernetzung.
- Großflächige Begrünung im Bereich der Gewerbe- und Industrieflächen.
- Senkung von Industrie-, Verkehrs- und Hausbrandemissionen.

2.3 Stadtbezirk 3: Friedrichstadt, Unterbilk, Hafen, Hamm, Volmerswerth, Bilk, Oberbilk, Flehe

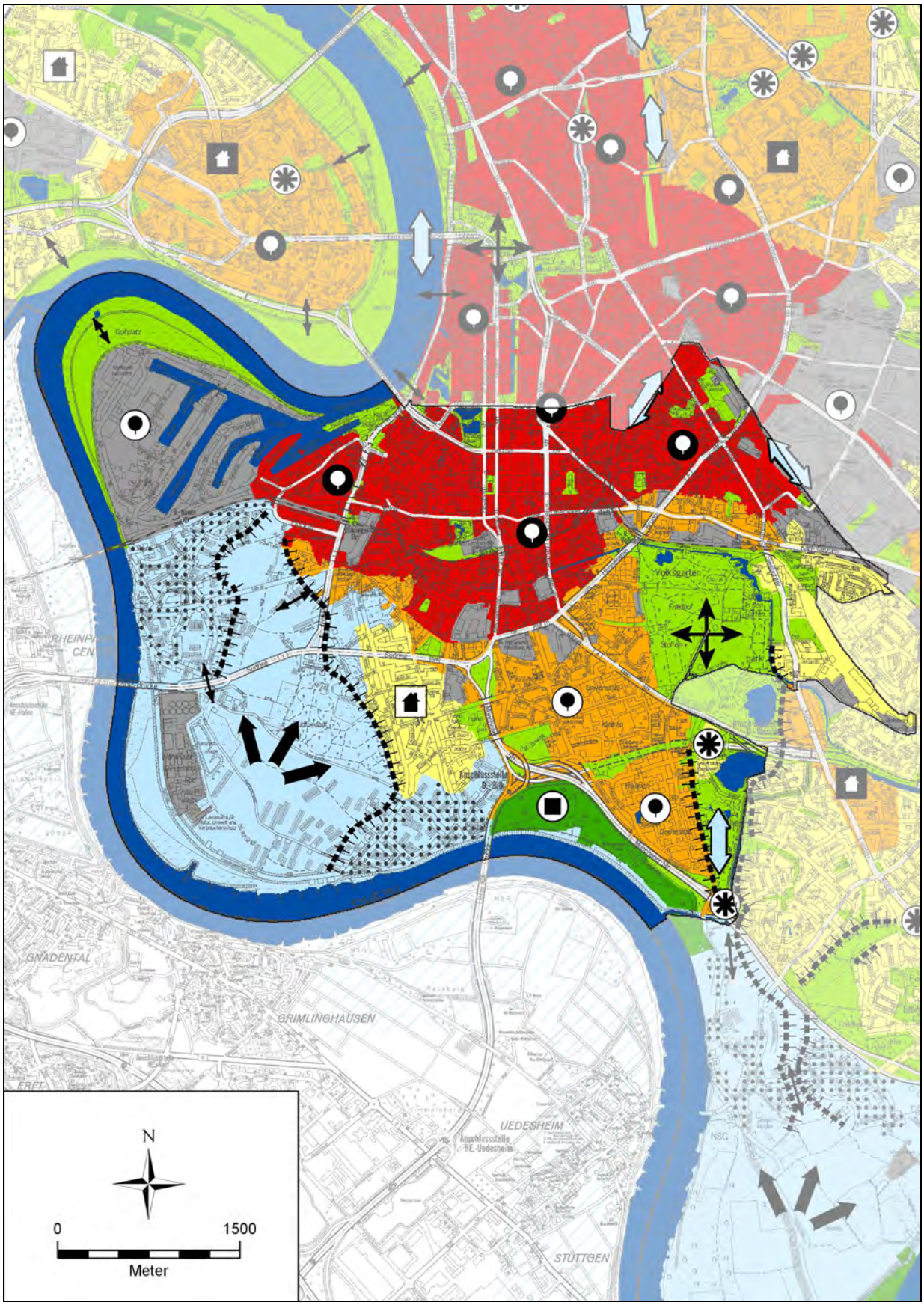


Abb. 5 Stadtbezirk 3: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte

Tab. 5 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 3

Flächenanteile der Klimatope	**[%]**	**Gunstfaktoren**	**Ungunstfaktoren**
Freilandklimatop	19,4	⊕ Hohe Variabilität der Mikroklimate durch das Nebeneinander unterschiedlich stark verdichteter Baugebiete, Parkanlagen und Freiflächen. ⊕ Gute Durchlüftung durch die Luftleitbahn des Rheins. ⊕ Belüftung der Wohngebiete durch die Nähe zu regional bedeutsamen Ausgleichsräumen. ⊕ Verbesserung der bioklimatischen Situation durch große Parkanlagen und Grünflächen.	⊖ Dichte und hohe Bebauung mit einem hohen Versiegelungsgrad im nördlichen Oberbilk, Friedrichstadt, Unterbilk und im Bereich des neuen Medienhafens. ⊖ Starke Überwärmung der bodennahen Lufttemperaturen, bioklimatische Belastungen durch Hitze und Schwüle im Randbereich der Innenstadt. ⊖ Hohe Luft- und Lärmbelastungen entlang der Durchgangsstraßen mit hohem Verkehrsaufkommen.
Gewässerklimatop	11,7		
Waldklimatop	2,0		
Parkklimatop	10,9		
Klimatop der lockeren Bebauung	2,4		
Siedlungsklimatop	11,3		
Stadtklimatop	14,8		
Innenstadtklimatop	3,8		
Gewerbeklimatop	7,8		
Industrieklimatop	0,2		
Verkehrsflächen	15,7		
Flächenanteile der Ausgleichs- und Lasträume	**[%]**	**Klimaschutzzonen**	**Sanierungszonen**
Regional bedeutsamer Ausgleichsraum	24,5	Rheinuferzone: regional bedeutsame Luftleitbahn für den Luftaustausch im Düsseldorfer Stadtgebiet. Freiflächen des regional bedeutsamen Ausgleichsraums: Frischlufteinzugsgebiet für die verdichteten Stadtteile. Volksgarten und Botanischer Garten: klimarelevante innerstädtische Grünanlage mit klimatischer Ausgleichsfunktion im Nahbereich und Anschluss an den südlichen regionalen Ausgleichsraum.	Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche im nördlichen Oberbilk, Friedrichstadt, Unterbilk und im Bereich des neuen Medienhafens: Die am Südrand der Düsseldorfer Innenstadt liegenden Stadtteile zeigen eine starke thermisch-bioklimatische und/ oder immissionsklimatische Belastung.
Ausgleichsraum Wald	2,0		
Ausgleichsraum Gewässer	11,8		
Ausgleichsraum der städtischen Grünzüge	12,5		
Lastraum mit überwiegend mittlerer bis lockerer Bebauung	6,5		
Lastraum der verdichteten Bebauung	12,9		
Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche	18,8		
Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen	11,0		

Planungshinweise

- Verringerung des Versiegelungsgrades durch Blockentkernung und Flächenentsiegelungsmaßnahmen im Randbereich der Innenstadt.
- Erhöhung des Durchgrünungsgrades durch Innenhofbegrünungen, Begrünung von Straßen und Plätzen, Anlage von kleinen Grünanlagen mit Oasenwirkung, Dach und Fassadenbegrünungen im Randbereich der Innenstadt.
- Erhalt der Freiflächen in Hamm und Volmerswerth durch Einhaltung von Bebauungsgrenzen.
- Erhalt und Ausbau der vorhandenen Grün- und Parkanlagen.
- Begrünung im Bereich der Universität und der Universitätskliniken.
- Einhaltung von Bebauungsgrenzen und Grünvernetzung zur Schaffung einer durchgehenden Belüftung von den Freiflächen am Rhein bis zum Volksgarten.
- Senkung von Industrie-, Verkehrs- und Hausbrandemissionen.

2.4 Stadtbezirk 4: Oberkassel. Niederkassel, Heerdt, Lörick

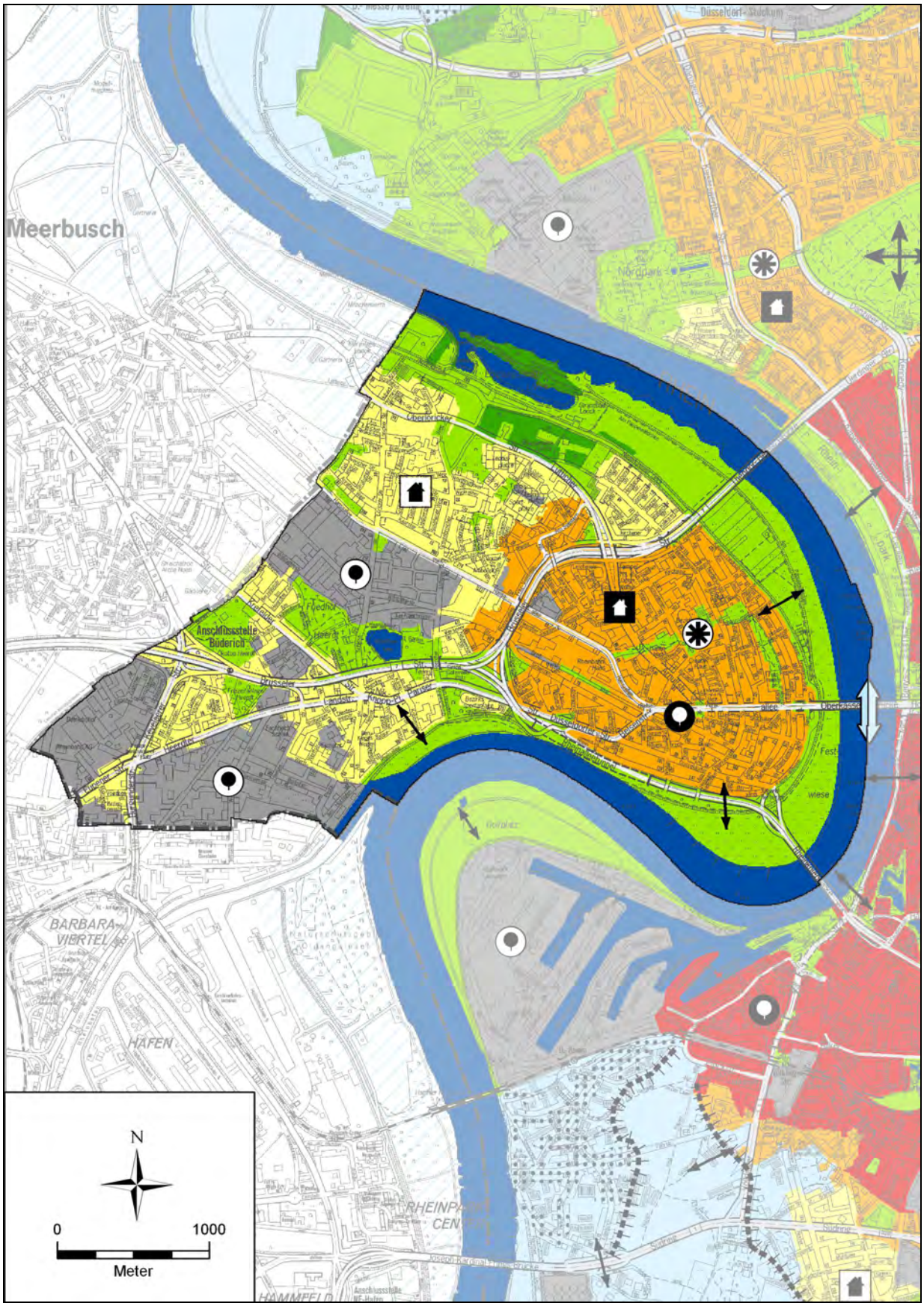


Abb. 6 Stadtbezirk 4: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte

Tab. 6 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 4

Flächenanteile der Klimatope	**[%]**	**Gunstfaktoren**	**Ungunstfaktoren**
Freilandklimatop	13,9	⊕ Belüftung der bebauten Gebiete durch die Luftleitbahn des Rheins in unmittelbarer Nähe. ⊕ Verbesserung der bioklimatischen Situation durch einen hohen Anteil an Grünflächen. ⊕ Erholungsfunktion durch die räumliche Nähe zu Ausgleichsräumen. ⊕ Nebeneinander von verdichteten und lockeren Bebauungsstrukturen.	⊖ Verdichtete Blockbebauung mit einer leichten Wärmebelastung in Oberkassel. ⊖ Enge Verflechtung von Wohngebieten und Gewerbe- und Industrieflächen in Lörick und Heerdt.
Gewässerklimatop	14,4		
Waldklimatop	1,9		
Parkklimatop	6,8		
Klimatop der lockeren Bebauung	4,1		
Siedlungsklimatop	21,4		
Stadtklimatop	11,3		
Innenstadtklimatop	0,1		
Gewerbeklimatop	7,7		
Industrieklimatop	3,5		
Verkehrsflächen	14,9		
Flächenanteile der Ausgleichs- und Lasträume	**[%]**	**Klimaschutzzonen**	**Sanierungszonen**
Regional bedeutsamer Ausgleichsraum	0	Rheinuferzone: regional bedeutsame Luftleitbahn für den Luftaustausch im Düsseldorfer Stadtgebiet.	Lastraum der verdichteten Bebauung in Ober- und Niederkassel: Mäßige bioklimatische Belastungen erfordern klimaverbessernde Maßnahmen. Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen in Lörick und Heerdt: Nähe zu Wohngebieten erfordern Maßnahmen zur Verbesserung des Mikroklimas und – aus Gründen des Vorsorgeschutzes -- der Luftqualität.
Ausgleichsraum Wald	2,1		
Ausgleichsraum Gewässer	14,3		
Ausgleichsraum der städtischen Grünzüge	25,4		
Lastraum mit überwiegend mittlerer bis lockerer Bebauung	21,1		
Lastraum der verdichteten Bebauung	21,2		
Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche	0		
Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen	15,9		

Planungshinweise

- Erhalt der weitgehend guten Durchgrünung der Wohngebiete.
- Erhöhung des Durchgrünungsgrades durch Innenhofbegrünungen, Begrünung von Straßen und Plätzen, Anlage von kleinen Grünanlagen mit Oasenwirkung, Dach und Fassadenbegrünungen in Oberkassel.
- Keine weitere Verdichtung der Bebauung in Oberkassel.
- Maßvolle Verdichtung der Bebauung im Bereich von Lörick.
- Verbesserung des Luftaustauschs durch eine Grünvernetzung zur Rheinuferzone.
- Großflächige Begrünung im Bereich der Gewerbe- und Industrieflächen.
- Senkung von Industrie-, Verkehrs- und Hausbrandemissionen.

2.5 Stadtbezirk 5: Stockum, Lohausen, Kaiserswerth, Wittlaer, Angermund, Kalkum

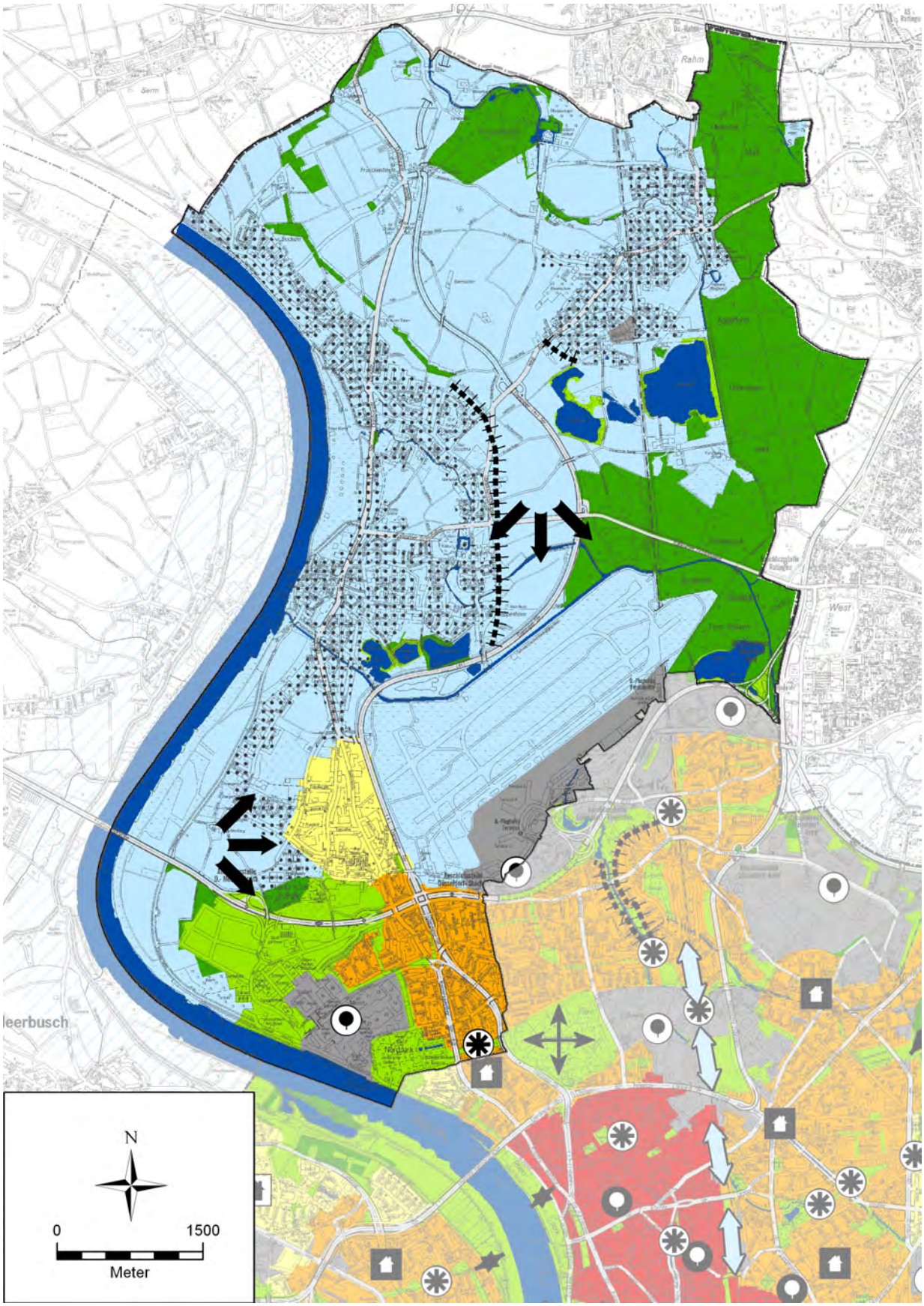


Abb. 7 Stadtbezirk 5: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte

Tab. 7 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 5

Flächenanteile der Klimatope	**[%]**	**Gunstfaktoren**	**Ungunstfaktoren**
Freilandklimatop	42,7	⊕ Über 60 % der Fläche gehören zum regional bedeutsamen Ausgleichsraum, der weitgehend frei von thermisch-bioklimatischer und lufthygienischer Belastung ist. ⊕ Wertvoller Frischluftraum weitgehend ohne Emissionen. ⊕ Lockere Bebauungsstrukturen mit geringem oder keinem bioklimatischen Belastungspotential.	⊖ Winddiskomfort durch hohe Geschwindigkeiten aufgrund der geringen Rauhigkeiten möglich. ⊖ Bodeninversionen und erhöhte Kältebelastung im Winter durch Kaltluftbildung auf den Freiflächen möglich.
Gewässerklimatop	8,4		
Waldklimatop	15,8		
Parkklimatop	3,1		
Klimatop der lockeren Bebauung	12,1		
Siedlungsklimatop	4,8		
Stadtklimatop	1,3		
Innenstadtklimatop	0		
Gewerbeklimatop	1,9		
Industrieklimatop	0		
Verkehrsflächen	10,1		
Flächenanteile der Ausgleichs- und Lasträume	**[%]**	**Klimaschutzzonen**	**Sanierungszonen**
Regional bedeutsamer Ausgleichsraum	60,1	Freiflächen des regional bedeutsamen Ausgleichsraums: Kaltluftbildung und Frischlufteinzugsgebiet für die südlich angrenzenden Stadtteile. Insbesondere die Freifläche zwischen Kalkum und Angermund ist zu schützen.	
Ausgleichsraum Wald	16,9		
Ausgleichsraum Gewässer	7,4		
Ausgleichsraum der städtischen Grünzüge	5,3		
Lastraum mit überwiegend mittlerer bis lockerer Bebauung	2,4		
Lastraum der verdichteten Bebauung	3,7		
Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche	0		
Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen	4,2		

Planungshinweise

- Freiflächen von Emittenten freihalten, sonst Gefahr der Schadstoffanreicherung bei Kaltluftbildung.
- Einhaltung von Bebauungsgrenzen zwischen Kalkum und Angermund, um den Luftaustausch zwischen Ausgleichsraum und verdichteten Stadtteilen in Nord-Süd-Richtung zu erhalten.
- Ausgleichsraum vor Zersiedlung schützen.
- Nur eine sehr maßvolle Verdichtung innerhalb der Siedlungen im Außenbereich zulassen, keine Verdichtung im Ortskern, um eine Entstehung von Überwärmungsbereichen im Ausgleichsraum zu verhindern.
- Senkung verkehrlicher Emissionen.
- Senkung von Emissionen des Flughafens.

2.6 Stadtbezirk 6: Lichtenbroich, Unterrath, Rath, Mörsenbroich

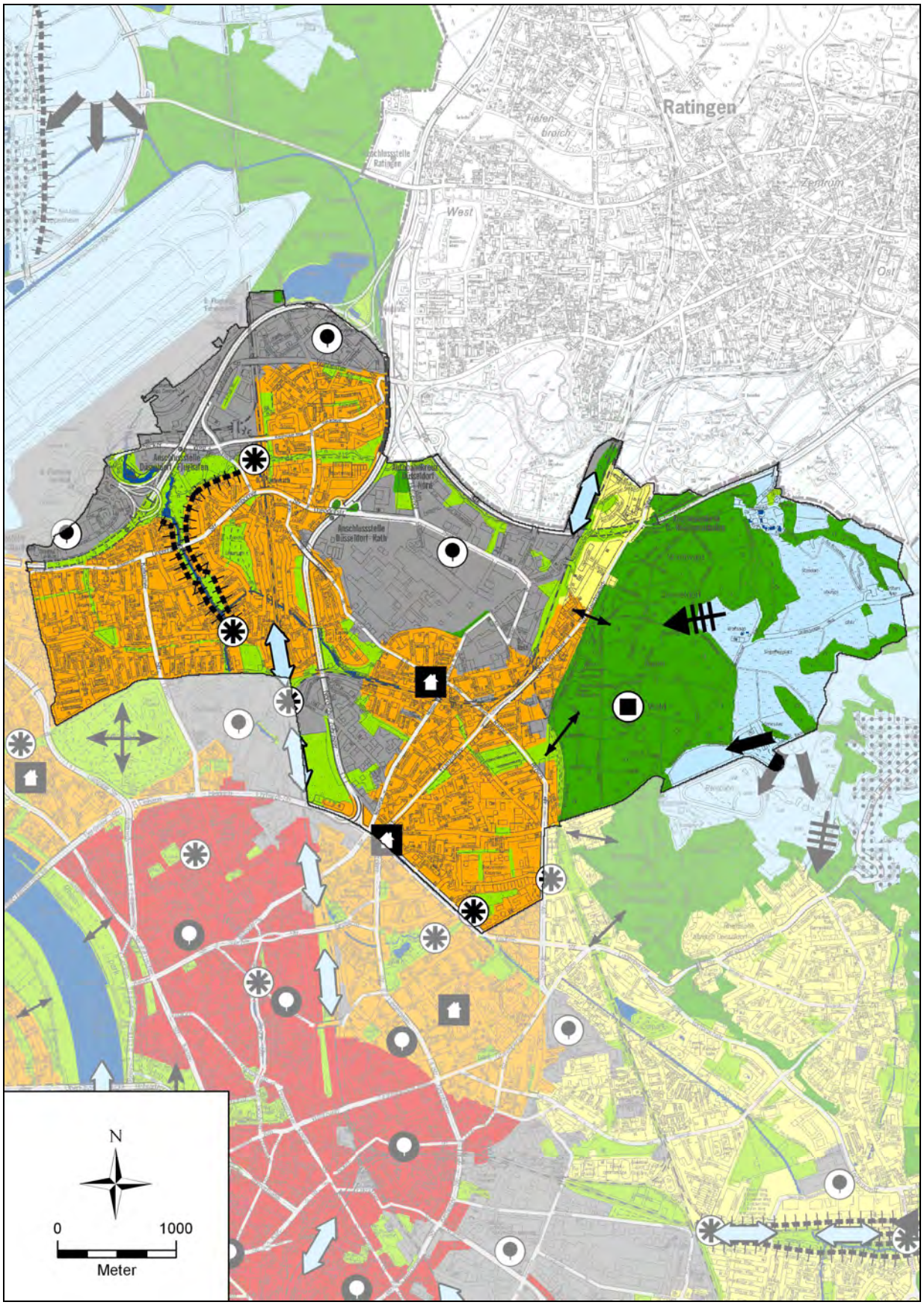


Abb. 8 Stadtbezirk 6: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte

Tab. 8 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 6

Flächenanteile der Klimatope	**[%]**	**Gunstfaktoren**	**Ungunstfaktoren**
Freilandklimatop	9,7	⊕ Ausgedehnte Waldflächen angrenzend an die Siedlungsgebiete mit ausgeglichenem Klima und Filterwirkung für Luftschadstoffe. ⊕ Viele kleinere Parkanlagen im Siedlungsbereich mit lokalen Abkühlungseffekten. ⊕ Bahntrassen mit Wirkung als Luftleitbahn. ⊕ Freilandbereich im Osten mit Kaltluftbildungspotential.	⊖ Siedlungsbereiche mit überwiegend verdichteter Bebauung und Hitzebelastungen insbesondere in Unterrath. ⊖ Enge Verflechtung von Wohngebieten und Gewerbe- und Industrieflächen. ⊖ Hohe Belastungen durch Verkehrs- und Industrieemissionen.
Gewässerklimatop	0,5		
Waldklimatop	18,1		
Parkklimatop	7,5		
Klimatop der lockeren Bebauung	5,2		
Siedlungsklimatop	24,3		
Stadtklimatop	7,5		
Innenstadtklimatop	0,1		
Gewerbeklimatop	7,9		
Industrieklimatop	5,3		
Verkehrsflächen	13,9		
Flächenanteile der Ausgleichs- und Lasträume	**[%]**	**Klimaschutzzonen**	**Sanierungszonen**
Regional bedeutsamer Ausgleichsraum	9,7	Aaper Wald: Bedeutung als Frischluftgebiet, Filterfunktion für Luftschadstoffe und wertvoller Regenerations- und Erholungsraum. Freiflächen des regional bedeutsamen Ausgleichsraums: Kaltluftproduktionsgebiet mit potentiellem Kaltluftfluss in die Siedlungsbereiche. Grünzug entlang des Kittelbaches: klimarelevante innerstädtische Grünanlage mit klimatischer Ausgleichsfunktion im Nahbereich und Belüftungsfunktion.	Lastraum der verdichteten Bebauung in Unterrath: Deutliche thermische Belastungen erfordern klimaverbessernde Maßnahmen. Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen: Nähe zu Wohngebieten erfordert Maßnahmen zur Verbesserung des Mikroklimas und der Luftqualität.
Ausgleichsraum Wald	19,1		
Ausgleichsraum Gewässer	0,6		
Ausgleichsraum der städtischen Grünzüge	9,4		
Lastraum mit überwiegend mittlerer bis lockerer Bebauung	1,8		
Lastraum der verdichteten Bebauung	36,4		
Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche	0		
Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen	23,0		

Planungshinweise

- Keine weitere Verdichtung innerhalb der Siedlungsgebiete, um eine Ausweitung der Wärmeinsel zu verhindern.
- Großflächige Begrünung im Bereich der Gewerbe- und Industrieflächen.
- Erhalt der vorhandenen Grün- und Parkanlagen.
- Schaffung einer Grünvernetzung zwischen dem Kittelbachtal und den sich südlich anschließenden Kleingärten.
- Verbesserung des Luftaustauschs zwischen dem Aaper Wald und den Siedlungsflächen durch eine offene Gestaltung des Übergangs.
- Erhalt der Luftleitfunktion der Bahnanlagen in Rath durch Reduzierung der randlichen Bebauung.
- Senkung der Emissionen aus Hausbrand, Verkehr und Industrie.

2.7 Stadtbezirk 7: Gerresheim, Grafenberg, Ludenberg, Hubbelrath

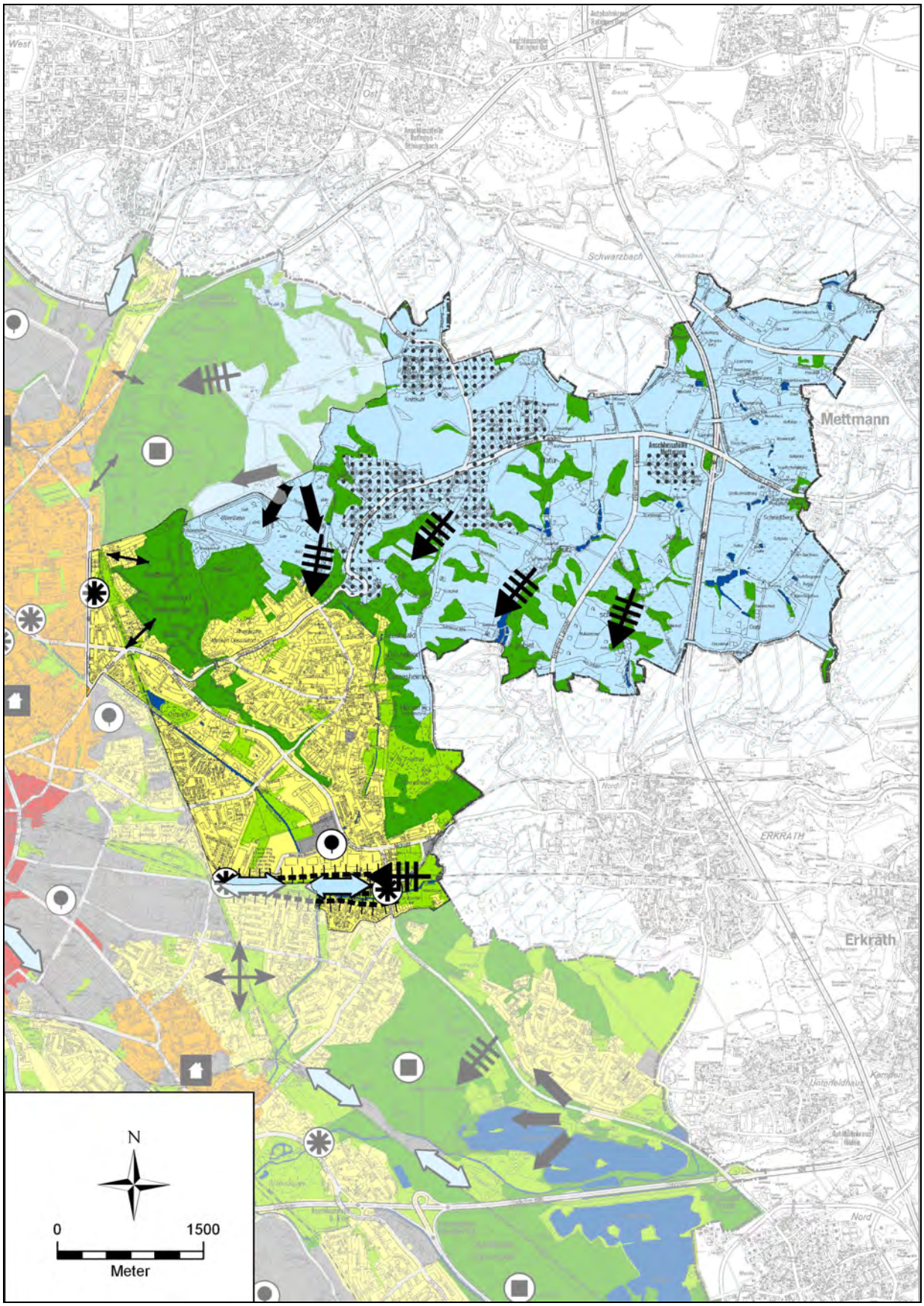


Abb. 9 Stadtbezirk 7: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte

Tab. 9 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 7

Flächenanteile der Klimatope	**[%]**	**Gunstfaktoren**	**Ungunstfaktoren**
Freilandklimatop	43,9	⊕ Über 50 % der Fläche gehören zum regional bedeutsamen Ausgleichsraum, der weitgehend frei von thermisch-bioklimatischer und lufthygienischer Belastung ist. ⊕ Lockere Bebauungsstrukturen mit geringem oder keinem bioklimatischen Belastungspotential. ⊕ Ausgedehnte Waldflächen angrenzend an die Siedlungsgebiete mit ausgeglichenem Klima und Filterwirkung für Luftschadstoffe.	⊖ Winddiskomfort durch hohe Geschwindigkeiten aufgrund der geringen Rauhigkeiten möglich. ⊖ Bodeninversionen und erhöhte Kältebelastung im Winter durch Kaltluftbildung auf den Freiflächen und Kaltluftsammlung in den Taleinschnitten möglich.
Gewässerklimatop	0,8		
Waldklimatop	14,7		
Parkklimatop	5,0		
Klimatop der lockeren Bebauung	15,5		
Siedlungsklimatop	9,1		
Stadtklimatop	2,8		
Innenstadtklimatop	0		
Gewerbeklimatop	1,3		
Industrieklimatop	0		
Verkehrsflächen	6,8		
Flächenanteile der Ausgleichs- und Lasträume	**[%]**	**Klimaschutzzonen**	**Sanierungszonen**
Regional bedeutsamer Ausgleichsraum	55,1	Freiflächen des regional bedeutsamen Ausgleichsraums: Kaltluftbildung und Frischlufteinzugsgebiet für die westlich angrenzenden Stadtteile. Waldgebiete: Bioklimatischer Ausgleichsraum für die angrenzenden Siedlungsbereiche, Filterfunktion für Luftschadstoffe und wertvoller Regenerations- und Erholungsraum. Gerresheimer Düsseltal: klimarelevante Luftleitbahn mit Anschluss an die Kaltluftflüsse aus den Ausläufern des Bergischen Landes.	
Ausgleichsraum Wald	16,6		
Ausgleichsraum Gewässer	1,0		
Ausgleichsraum der städtischen Grünzüge	5,7		
Lastraum mit überwiegend mittlerer bis lockerer Bebauung	21,0		
Lastraum der verdichteten Bebauung	0,1		
Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche	0		
Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen	0,5		

Planungshinweise

- Bebauung und Emittenten in den Bereichen der Kaltluftflüsse (Taleinschnitte) sollten möglichst vermieden werden.
- Ausgleichsraum vor Zersiedlung schützen.
- Nur eine sehr maßvolle Verdichtung innerhalb der Siedlungen im Außenbereich zulassen, keine Verdichtung im Ortskern, um eine Entstehung von Überwärmungsbereichen im Ausgleichsraum zu verhindern.
- Verbesserung des Luftaustauschs zwischen dem Grafenberger Wald und den Siedlungsflächen durch eine offene Gestaltung des Übergangs.
- Erhalt der Luftleitfunktion des Gerresheimer Düsseltals durch Einhaltung von Bebauungsgrenzen und Öffnung der Randbebauung zur Bahntrasse.

2.8 Stadtbezirk 8: Lierenfeld, Eller, Vennhausen, Unterbach

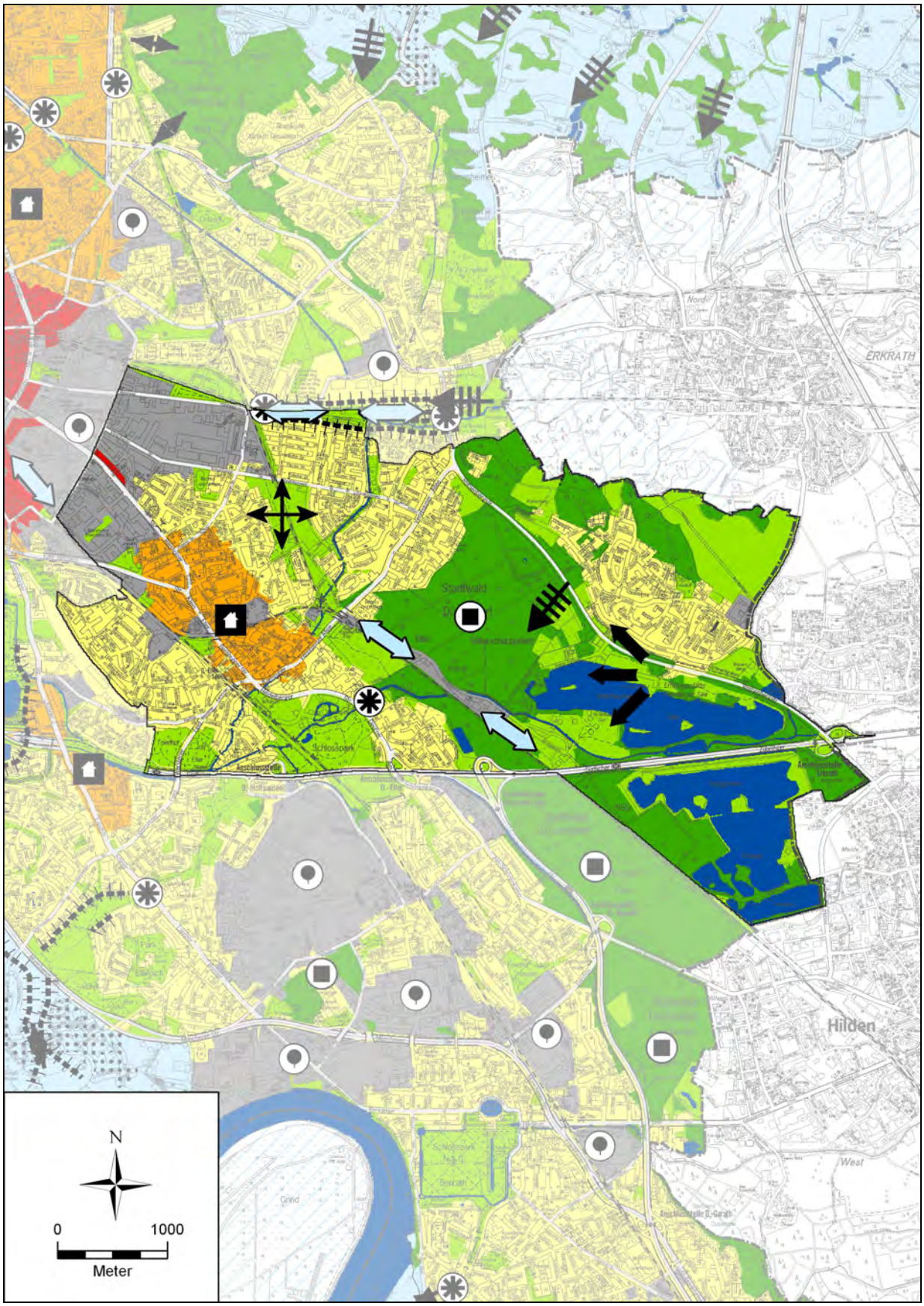


Abb. 10 Stadtbezirk 8: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte

Tab. 10 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 8

Flächenanteile der Klimatope	**[%]**	**Gunstfaktoren**	**Ungunstfaktoren**
Freilandklimatop	8,8	⊕ Ausgedehnte Wald- und Wasserflächen mit ausgeglichenem Klima (Dämpfung des Tagesgangs der Lufttemperatur). ⊕ Überwiegend lockere, gut durchgrünte Wohngebiete ohne bioklimatische Belastung. ⊕ Gute bioklimatische Situation durch große Park-, Kleingartenanlagen und Grünflächen.	⊖ Siedlungsbereiche mit überwiegend verdichteter Bebauung und Hitzebelastungen im Zentrum von Eller. ⊖ Enge Verflechtung von Wohngebieten und Gewerbe- und Industrieflächen im Nordwesten.
Gewässerklimatop	11,3		
Waldklimatop	20,9		
Parkklimatop	7,2		
Klimatop der lockeren Bebauung	19,1		
Siedlungsklimatop	10,7		
Stadtklimatop	5,0		
Innenstadtklimatop	0,1		
Gewerbeklimatop	5,5		
Industrieklimatop	0,6		
Verkehrsflächen	10,8		
Flächenanteile der Ausgleichs- und Lasträume	**[%]**	**Klimaschutzzonen**	**Sanierungszonen**
Regional bedeutsamer Ausgleichsraum	0	Eller Forst: Bioklimatischer Ausgleichsraum und Pufferzone für die angrenzenden Siedlungsbereiche, Filterfunktion für Luftschadstoffe und wertvoller Regenerations- und Erholungsraum. Schlosspark Eller und Kleingartenanlagen: klimarelevante innerstädtische Grünanlagen mit klimatischer Ausgleichsfunktion im Nahbereich. Luftleitbahn der nach Nordwest Richtung Innenstadt verlaufenden Bahnanlagen: Relevanz für die Belüftung des Stadtgebietes bei Winden aus Südost.	Lastraum der verdichteten Bebauung im Zentrum von Eller: Deutliche thermische Belastungen erfordern klimaverbessernde Maßnahmen.
Ausgleichsraum Wald	22,5		
Ausgleichsraum Gewässer	10,7		
Ausgleichsraum der städtischen Grünzüge	21,4		
Lastraum mit überwiegend mittlerer bis lockerer Bebauung	29,9		
Lastraum der verdichteten Bebauung	5,7		
Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche	0,1		
Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen	9,7		

Planungshinweise

- Keine weitere Verdichtung der Bebauung und Flächenversiegelung im Zentrum von Eller.
- Erhalt der vorhandenen Grün- und Parkanlagen, Vernetzung mit den großflächigen Waldgebieten.
- Erhalt der Waldflächen und Verbesserung des Luftaustauschs zwischen dem Eller Forst und den Siedlungsflächen durch eine offene Gestaltung des Übergangs.
- Erhalt der Luftleitfunktion der Bahnanlage durch Vermeidung weiterer Bebauung und Öffnung der Randbebauung zur Bahntrasse.
- Schaffung einer begrünten, klimatisch wirksamen (nicht immissionsschutzrechtlich begründeten) Pufferzone zwischen den Gewerbe- und Industrieflächen und den Wohngebieten.
- Senkung der Emissionen aus Hausbrand, Verkehr und Industrie.

2.9 Stadtbezirk 9: Wersten, Himmelgeist, Holthausen, Reisholz, Benrath, Urdenbach, Itter, Hassels

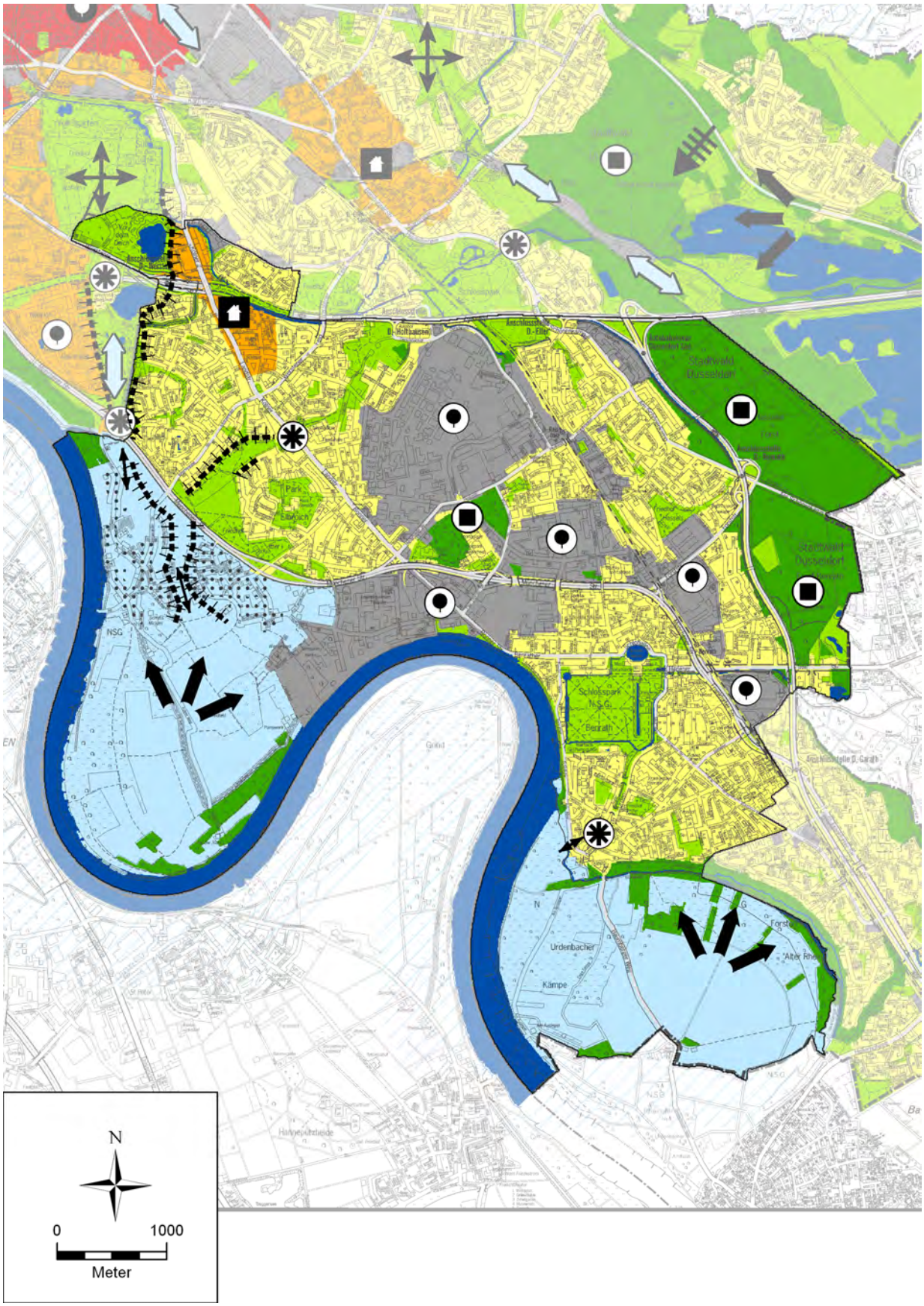


Abb. 11 Stadtbezirk 9: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte

Tab. 11 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 9

Flächenanteile der Klimatope	**[%]**	**Gunstfaktoren**	**Ungunstfaktoren**
Freilandklimatop	24,3	⊕ Gut ein Viertel der Fläche gehört zum regional bedeutsamen Ausgleichsraum, der weitgehend frei von thermisch-bioklimatischer und lufthygienischer Belastung ist. ⊕ Verbreitet lockere Bebauungsstrukturen mit geringem oder keinem bioklimatischen Belastungspotential. ⊕ Ausgedehnte Waldflächen als Pufferzone am Ostrand des Stadtgebietes mit ausgeglichenem Klima und Filterwirkung für Luftschadstoffe.	⊖ Großflächige Gewerbe- und Industrieflächen mit hohem Versiegelungsgrad und Emissionen. ⊖ Enge Verflechtung von Wohngebieten und Gewerbe- und Industrieflächen im Nordwesten. ⊖ Siedlungsbereiche mit überwiegend verdichteter Bebauung und Hitzebelastungen im Zentrum von Wersten.
Gewässerklimatop	8,2		
Waldklimatop	11,3		
Parkklimatop	7,0		
Klimatop der lockeren Bebauung	10,4		
Siedlungsklimatop	13,9		
Stadtklimatop	3,8		
Innenstadtklimatop	0,1		
Gewerbeklimatop	3,3		
Industrieklimatop	7,5		
Verkehrsflächen	10,3		
Flächenanteile der Ausgleichs- und Lasträume	**[%]**	**Klimaschutzzonen**	**Sanierungszonen**
Regional bedeutsamer Ausgleichsraum	26,7	Rheinschleifen bei Himmelgeist/Itter und Urdenbach: Frischlufteinzugsgebiet für das südliche Düsseldorfer Stadtgebiet. Hasseler Forst und Forst Benrath: Bioklimatischer Ausgleichsraum und Pufferzone für die angrenzenden Siedlungsbereiche, Filterfunktion für Luftschadstoffe und wertvoller Regenerations- und Erholungsraum. Grünzug zwischen Wersten und Holthausen: klimatische Ausgleichsfunktion im Nahbereich und Anschluss an den südlichen regionalen Ausgleichsraum.	Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen: Nähe zu Wohngebieten und Lage in der Hauptwindrichtung Düsseldorfs erfordern Maßnahmen zur Verbesserung des Mikroklimas und der Luftqualität. Lastraum der verdichteten Bebauung in Wersten: Leichte thermische Belastungen erfordern klimaverbessernde Maßnahmen.
Ausgleichsraum Wald	11,7		
Ausgleichsraum Gewässer	8,2		
Ausgleichsraum der städtischen Grünzüge	8,4		
Lastraum mit überwiegend mittlerer bis lockerer Bebauung	28,7		
Lastraum der verdichteten Bebauung	1,4		
Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche	0		
Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen	14,9		

Planungshinweise

- Ausgleichsraum vor Zersiedlung schützen, Bebauungsgrenzen zwischen den Siedlungen im Außenbereich einhalten.
- Verbesserung des Luftaustauschs mit dem Ausgleichsraum der Rheinschleifen durch Öffnung der Bebauung zum Frischlufteinzugsgebiet.
- Keine weitere Verdichtung der Bebauung und Flächenversiegelung im Zentrum von Wersten.
- Erhalt der vorhandenen Grün- und Parkanlagen, Vernetzung mit den Frischlufteinzugsgebieten in den Rheinschleifen.
- Erhöhung der Durchgrünung.
- Senkung der Emissionen aus Hausbrand, Verkehr und Industrie.
- Erhalt der bioklimatisch besonders wertvollen Waldflächen, Ausbau im Gewerbe- und Industrieflächenbereich, um die Filterwirkung für Luftschadstoffe zu erhöhen.

2.10 Stadtbezirk 10: Garath, Hellerhof

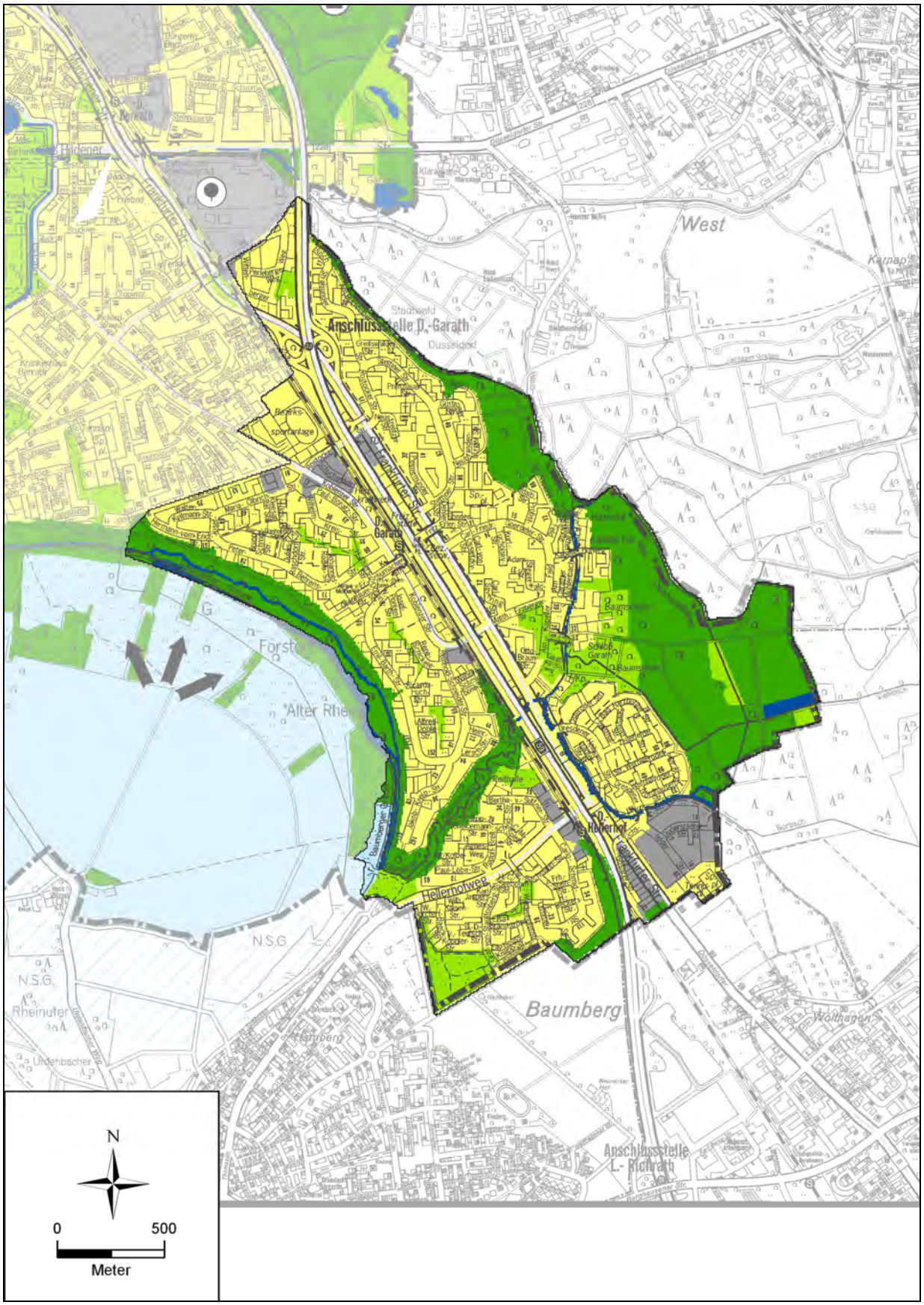


Abb. 12 Stadtbezirk 10: Ausschnitt aus der Planungshinweiskarte

Tab. 12 Klimabezogene Planungshinweise für den Stadtbezirk 10

Flächenanteile der Klimatope	**[%]**	**Gunstfaktoren**	**Ungunstfaktoren**
Freilandklimatop	5,1	⊕ Verbreitet lockere Bebauungsstrukturen mit geringem oder keinem bioklimatischen Belastungspotential. ⊕ Stadtwald im Osten des Gebietes. ⊕ Ausgleichsraum der Urdenbacher Rheinschleife westlich des Gebietes.	⊖ Belastungen durch Verkehrsemissionen entlang der A59.
Gewässerklimatop	1,7		
Waldklimatop	21,6		
Parkklimatop	5,5		
Klimatop der lockeren Bebauung	40,8		
Siedlungsklimatop	1,9		
Stadtklimatop	4,2		
Innenstadtklimatop	0		
Gewerbeklimatop	3,0		
Industrieklimatop	0		
Verkehrsflächen	16,2		
Flächenanteile der Ausgleichs- und Lasträume	**[%]**	**Klimaschutzzonen**	**Sanierungszonen**
Regional bedeutsamer Ausgleichsraum	0,6	Waldflächen und Grünanlagen: klimatische Ausgleichsfunktion im Nahbereich und Anschluss an den südwestlichen regionalen Ausgleichsraum.	Verlauf der A59 durch das Siedlungsgebiet: Belastungen durch Luftschadstoffe.
Ausgleichsraum Wald	23,6		
Ausgleichsraum Gewässer	2,0		
Ausgleichsraum der städtischen Grünzüge	6,7		
Lastraum mit überwiegend mittlerer bis lockerer Bebauung	62,5		
Lastraum der verdichteten Bebauung	0		
Lastraum der sehr hoch verdichteten Innenstadtbereiche	0		
Lastraum der Gewerbe- und Industrieflächen	4,6		

Planungshinweise

- Senkung der Immissionsbelastungen durch Immissionsschutzpflanzungen entlang der A59.
- Erhalt der vorhandenen Waldflächen, Grün- und Parkanlagen.
- Verbesserung des Luftaustauschs mit dem Ausgleichsraum der Rheinschleifen durch Öffnung der Bebauung zum Frischlufteinzugsgebiet.

3 Planungshinweise für die Sonderuntersuchungsgebiete

Im Rahmen dieser Klimaanalyse für die Landeshauptstadt Düsseldorf wurden acht Flächen im Stadtgebiet ausgewählt, die durch intensive 24h-Messkampagnen untersucht wurden.

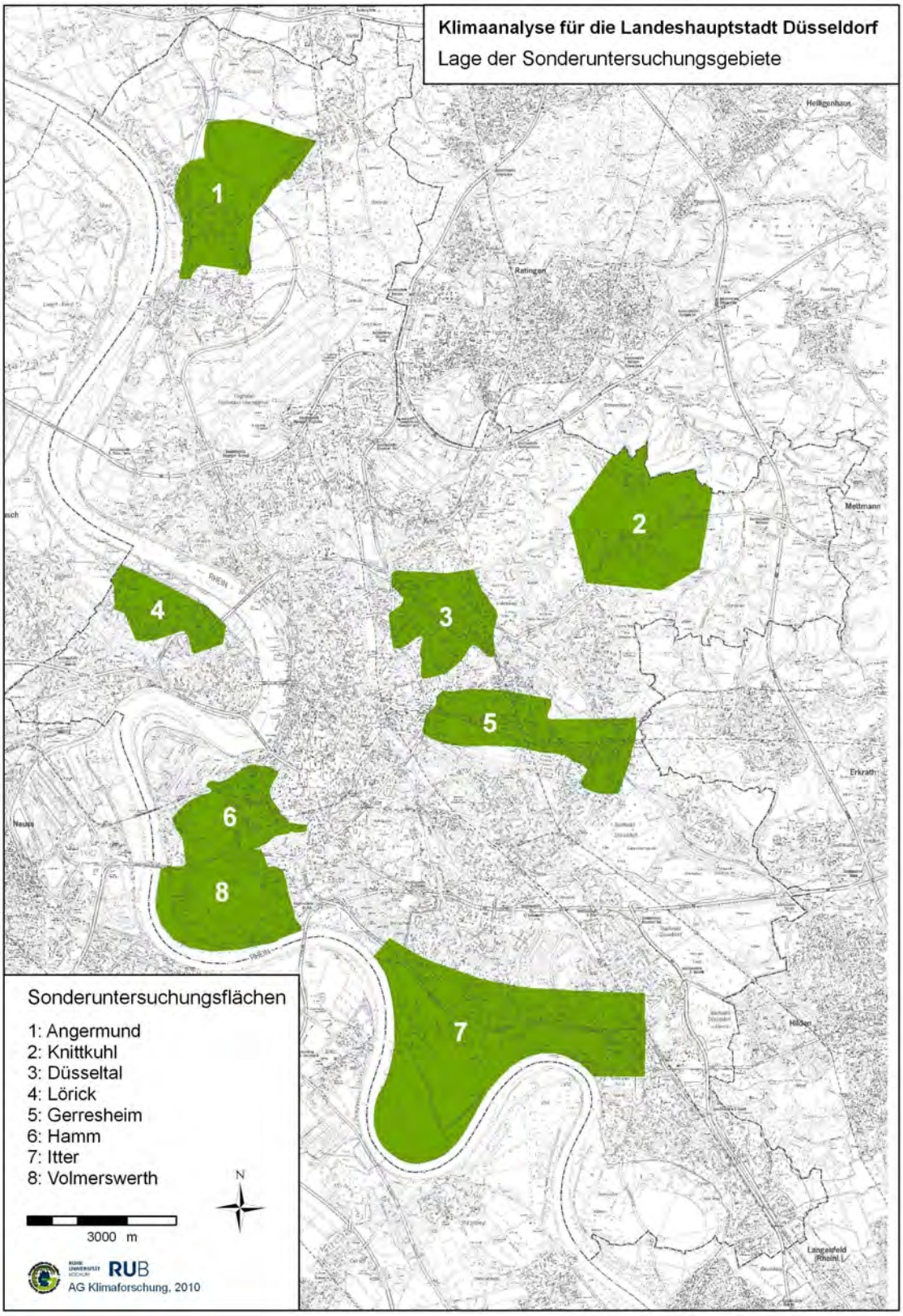


Abb. 13 Übersicht über die Lage der Sonderuntersuchungsgebiete im Düsseldorfer Stadtgebiet während der Messkampagnen 2008-2010

Die Sonderuntersuchungsgebiete verteilen sich über das gesamte Düsseldorfer Stadtgebiet. In der Abbildung 13 sind die Flächen in der Stadtkarte dargestellt. Das nördlichste Untersuchungsgebiet war Angermund, gefolgt von der im Osten des Stadtgebietes gelegenen Fläche um Knittkuhl. Im Weiteren wurden Flächen im Bereich Düsseltal, im linksrheinischen Lörick, in Gerresheim, Hamm, Itter und Volmerswerth untersucht. In diesen Sonderuntersuchungsgebieten spielten Fragestellungen zur Überwärmung, zum Luftaustausch mit Freiflächen, zur Kaltluftbildung und zum Kaltluftfluss eine Rolle. Im Gegensatz zu den gesamtstädtisch angelegten Untersuchungen ging es bei diesen Messkampagnen um eine kleinräumige Beurteilung der klimatischen Situation. Die Ergebnisse der einzelnen Sonderuntersuchungen und die daraus abgeleiteten Planungshinweise sind im Folgenden kurz zusammengefasst.

3.1 Untersuchungsgebiet Angermund

Das Untersuchungsgebiet Angermund besteht vorwiegend aus landwirtschaftlich genutzten Freiflächen. Nur am Rande werden die locker bebauten Siedlungsgebiete von Angermund, Einbrungen und Wittlaer berührt. Dementsprechend stand die Fragestellung einer möglichen Kaltluftbildung auf den Freiflächen im Vordergrund dieser Untersuchung. Von einem bedeutenden Kaltluftfluss ist aufgrund der fehlenden Orographie nicht auszugehen. In der Planungshinweiskarte ist die Fläche als regional bedeutsamer Ausgleichsraum und Frischlufteinzugsgebiet für Düsseldorf ausgewiesen.

Die Bereiche mit Kaltluftbildung reichen bis an die Bebauung heran und verhindern hier eine stärkere Aufheizung. In Verbindung mit der großen, kaltluftproduzierenden Fläche des Flughafens stellt dieses Gebiet einen Ausgleichsraum für die dichter bebauten Stadtteile des nördlichen Düsseldorf dar. Die Frischluftschneise zwischen Einbrungen und Angermund sollte aufgrund ihrer Verbindung bis hin zum nördlichen Düsseldorfer Stadtgebiet auf jeden Fall von Bebauung freigehalten werden.
Die Flächen der nördlichen Rheinaue sind wichtige Bereiche für die Stadtbelüftung, da aufgrund der geringen Rauhigkeiten die Austauschbedingungen sehr gut sind. Aufgrund der Bedeutung dieser Luftleitbahn für alle Stadtgebiete ist darauf zu achten, dass keine Luftschadstoffe emittierende Nutzung in diesen Bereich angesiedelt wird.
Die locker bebauten Siedlungsgebiete von Angermund, Wittlaer und Einbrungen sind nicht durch eine thermische Belastung gekennzeichnet. Um diese klimatisch günstige Situation zu erhalten, sollte nur eine sehr maßvolle Verdichtung innerhalb der Siedlungen und keine Verdichtung im Ortskern erfolgen.

3.2 Untersuchungsgebiet Knittkuhl

Verglichen mit den Innenstadtbereichen und innenstadtnahen Gebieten der Landeshauptstadt Düsseldorf handelt es sich bei diesem Untersuchungsraum um einen klimatischen Gunstraum. Die großflächigen landwirtschaftlichen Nutzflächen und die Lage im Einflussbereich des Bergischen Landes bedingen gute bioklimatische und lufthygienische Bedingungen.

Für die Bergische Kaserne zeigt sich, dass die großflächig angelegten Gebäude die Windverhältnisse und damit die Luftaustauschsituation deutlich negativ beeinflussen. Hier würde eine aufgelockerte Bebauungssituation das Eindringen kälterer Luftmassen aus dem Osten deutlich erleichtern.
Ausgeprägte Kaltluftsammelgebiete finden sich im Untersuchungsraum vor allem in den Tallagen. Für angrenzende Stadtteile stellt das Untersuchungsgebiet Knittkuhl ein Frischlufteinzugsgebiet dar. Diese Funktion darf nicht durch Bebauung der als Kaltluftleitbahnen dienenden Talbereiche eingeschränkt werden. Ebenso dürfen in den Bereichen der Kaltluftflüsse (Taleinschnitte) keine Emittenten zugelassen werden. Der gesamte Ausgleichsraum ist vor Zersiedlung zu schützen.
Innerhalb der Siedlungen im Ausgleichsraum darf nur eine sehr maßvolle Verdichtung zugelassen werden, um eine Entstehung von Überwärmungsbereichen im Ausgleichsraum zu verhindern. Die Siedlungsränder sind zur Verbesserung des Luftaustauschs durch eine offene Gestaltung des Übergangs zu planen. Dies gilt insbesondere für eine bauliche Veränderung im Bereich der ehemaligen Bergischen Kaserne.

3.3 Untersuchungsgebiet Düsseltal

Ziel der Untersuchung in Düsseldorf-Düsseltal war es nachzuweisen, ob und wie stark Kaltluft aus dem Grafenberger Wald und aus den innerstädtischen Frei- und Grünflächen in die Siedlungsstrukturen einzudringen vermag. Verglichen mit den Innenstadtbereichen der Landeshauptstadt Düsseldorf handelt es sich bei dem Untersuchungsraum Düsseldorf-Düsseltal insgesamt um einen klimatischen Gunstraum. Nur am westlichen und südlichen Rand im Übergangsbereich zu den verdichteten Innenstadtrandgebieten treten nächtliche Überwärmungen auf. Der Großteil des Untersuchungsgebietes besteht aus einer gut durchgrünten und nicht zu stark verdichteten Bebauung und profitiert von der klimatischen Ausgleichsfunktion der vorhandenen Grünanlagen.
Wirksame Kaltluftflüsse konnten unterhalb der bewaldeten Hänge des Grafenberger Waldes nachgewiesen werden. Die innerstädtischen Frei- und Grünflächen wie der Zoopark oder das zum Zeitpunkt der Untersuchung vorhandene Freigelände der Reitzensteinkaserne entfalteten ihre klimatische Wirkung auch in die umgebenden bebauten Strukturen hinein. Für die hier vorhandenen Wohnbereiche ist vor allem diese örtliche, bodennahe Kaltluftbildung relevant.

Die Grünflächen entlang der Bahnlinie neben der Limburgstraße haben zwar keine große Ausdehnung, stellen über eine Grünvernetzung aber eine Verbindung zu dem Ausgleichsraum des Grafenberger Waldes her. Die isoliert auftretenden kühlen Bereiche unterhalb des Grafenberger Waldes, auf dem Gelände der Reitzensteinkaserne und im Zoopark machen deutlich, dass hier eine Verbindung der klimatisch günstigen, weil kühleren Gebiete durch eine zu verbessernde Grünvernetzung geschaffen werden sollte. Ansonsten besteht die Gefahr der Ausweitung der städtischen Wärmeinsel aus der zunehmenden Verdichtung der Bebauung nach Westen und Süden. Eine Verbesserung des Luftaustauschs zwischen dem Grafenberger Wald und den Siedlungsflächen kann durch eine offene Gestaltung des Übergangs erreicht werden.

3.4 Untersuchungsgebiet Lörick

Im Untersuchungsgebiet Lörick sind keine starken Unterschiede in der Ausprägung des Mikroklimas vorhanden, da das Gebiet nur geringe Höhenunterschiede aufweist und die vorhandenen Bebauungsstrukturen überwiegend nur einen mäßigen Verdichtungsgrad aufweisen. Kaltluft im Bereich des Untersuchungsgebietes entsteht auf den Freiflächen nördlich und südlich der Oberlöricker Straße, insbesondere auf dem Parkplatz der Erholungsstätte Lörick. Das fehlende Gefälle und die Abgrenzung der Flächen durch den Niederkasseler Deich führt dazu, dass die Kaltluft lokal vor Ort verbleibt und kaum die umgebende Bebauung beeinflusst.
Das Untersuchungsgebiet ist nicht durch eine thermische Belastung gekennzeichnet. Auch die Siedlungsgebiete mit dichterer Bebauung wie der Bereich „Am Seestern“, die Siedlung um die Bonifatiusstraße und das Gebiet vor der Theodor-Heuss-Brücke zeigen nur sehr moderate Überwärmungen von maximal 2 Kelvin im Vergleich zum Freiland.

Die weitgehend gute Durchgrünung der Wohngebiete sollte erhalten bleiben, wobei eine maßvolle Verdichtung der Bebauung im Bereich von Lörick möglich ist. Notwendig ist eine großflächige Begrünung der Gewerbe- und Industriegebiete. Insbesondere durch Immissionsschutzpflanzungen entlang der Gewerbe- und Industrieflächen kann eine Senkung der Immissionsbelastung der Wohngebiete in Lörick erreicht werden.

3.5 Untersuchungsgebiet Gerresheim

Im Untersuchungsgebiet Gerresheim konnten Bereiche mit Kaltluftbildung, Bereiche, die durch Kaltluftflüsse beeinflusst werden und Bereiche mit einer hohen nächtlichen Überwärmung voneinander abgegrenzt werden. Die überwiegend als Wiesen und Weiden genutzten Flächen am Ostrand des Untersuchungsgebietes im Bereich des Düsseltals und entlang der Osthälfte der von Ost nach West verlaufenden Bahntrasse wiesen bei den Messungen tagsüber gute Durchlüftungsverhältnisse und in der Nacht Kaltluftbildung mit einer sehr deutlich ausgeprägten Bodeninversion auf. Der Bereich der Ost-West verlaufenden Bahntrasse ist in wolkenarmen Nächten von einem Kaltluftzufluss aus den sich östlich anschließenden Freiflächen und Ausläufern des Bergischen Landes beeinflusst. Die Zunahme der Versiegelung und Bebauung Richtung Westen führt dazu, dass die Kaltluftzufuhr aus Osten abrupt endet. Hier fehlen im weiteren Verlauf nach Westen Richtung Innenstadt wenig versiegelte Ventilationsbahnen, die ein weiteres Vordringen der aus Osten herangeführten kühlen Luft ermöglichen könnten.

In den Nachtstunden zeigt sich im Untersuchungsgebiet eine deutliche Zunahme der Lufttemperaturen von Osten nach Westen. Die locker bebauten östlichen Stadtgebiete weisen mittlere Temperaturen auf. In den hoch versiegelten Stadtteilen westlich der Ronsdorfer Straße (Flingern) führt die durch die Bebauung gespeicherte Sonnenenergie sowie die eingeschränkte Ausstrahlung und Durchlüftung zu einer deutlichen Überwärmung, die nach Westen Richtung Düsseldorfer Innenstadt noch ansteigt. Die zunehmende Bebauung verhindert ein Vordringen der über die Bahntrasse herangeführten kühleren Luft in diesen Bereich.

Der Erhalt und der Ausbau der Luftleitfunktion des Gerresheimer Düsseltals durch Einhaltung von Bebauungsgrenzen und Öffnung der Randbebauung zur Bahntrasse hat in diesem Unter-

suchungsgebiet die höchste Planungspriorität. Im Einzugsgebiet und in den Bereichen der Kaltluftflüsse (Taleinschnitte) sollten möglichst keine Bebauung und vor allem keine Emittenten zugelassen werden. Der zu schützende Bereich ist in der Planungshinweiskarte durch einzuhaltende Bebauungsgrenzen ausgewiesen. Dabei ist vor allem die in der Luftleitbahn der Bahnlinie vorhandene Bebauung zwischen der Höherhofstraße und der Heckteichstraße nicht auszudehnen.

3.6 Untersuchungsgebiet Hamm

Im Vordergrund der Untersuchungen in Düsseldorf-Hamm stand die Frage, ob von den Freiflächen in Hamm eine kühlende Wirkung auf die sich nördlich anschließenden Ausläufer der Düsseldorfer Innenstadt ausgeht.
Auf den überwiegend landwirtschaftlich genutzten innenstadtnahen Freiflächen zwischen dem Südring als südliche Begrenzung des Untersuchungsgebietes und der Hammer Dorfstraße im Norden kommt es im Verlauf der Nacht zur Kaltluftbildung verbunden mit Bodeninversionen. Kaltluftabflüsse mit einer wellenartigen Struktur führen zu einer bodennahen Strömung aus südlicher Richtung. Durch Messungen konnte nachgewiesen werden, dass die Richtung Norden aus dem Freilandbereich abfließende Kaltluft die Brachfläche zwischen Holzstraße und Franziusstraße nördlich der S-Bahnlinie erreichte.
In den Nachtstunden zeigt sich eine deutliche Zunahme der Lufttemperaturen von Süden nach Norden. Die dichte und hohe Bebauung im Bereich des Medienhafens führt zu einer deutlichen Überwärmung, die entlang der Völklinger Straße und der Hammer Straße/Plockstraße nach Süden in die weniger stark bebauten Bereiche hineinreicht.
Die kühlere Luft der südlichen Stadtgebiete verbleibt überwiegend südlich des Bahndamms der S-Bahnstrecke. In einem kleinen Bereich von der Plockstraße über den Hemmersbachweg bis zur Gladbacher Straße und zwischen der Hammer Dorfstraße und der Holzstraße konnte kühlere Luft aus Süden in die hoch versiegelten südlichen Ausläufer der Innenstadt vordringen.

Schon in der Klimaanalyse von 1995 (Landeshauptstadt Düsseldorf 1995) wurde die Stauwirkung des Bahndamms herausgestellt und empfohlen, im Bereich der Bahnlinie keine weitere Bebauung zuzulassen. Für den überwärmten Randbereich der Innenstadt ist eine Erhöhung des Durchgrünungsgrades durch Innenhofbegrünungen, Begrünung von Straßen und Plätzen, Anlage von kleinen Grünanlagen mit Oasenwirkung, Dach und Fassadenbegrünungen notwendig. Der Erhalt der Freiflächen in Hamm sollte durch die Einhaltung von Bebauungsgrenzen angestrebt werden.

3.7 Untersuchungsgebiet Itter

Im Vordergrund der Untersuchungen in Düsseldorf–Itter stand die Frage, ob von den Freiflächen des regional bedeutsamen Ausgleichsraums der Rheinschleifen eine kühlende Wirkung auf die sich nördlich anschließenden dichter bebauten Gebiete der Stadtteile Wersten und Holthausen ausgeht. Die Grünflächen der Rheinschleife bei Himmelgeist/Itter sind ein poten-

tielles Kaltluftbildungsgebiet. Nachts mindert der Rhein, der die Fläche halbkreisförmig umschließt, die Abkühlung. Der Bereich des Friedhofs Itter hat eine besondere Stellung, da er mit seiner begrünten Umgebung die einzige Fläche nördlich der Münchener Straße darstellt, auf der Kaltluftproduktion mit deutlich kühlendem Einfluss auf die angrenzenden Bereiche stattfindet.
Durch Kaltluftfluss beeinflusste Gebiete ohne eigene großflächige Kaltluftproduktion stellen die locker bebauten Stadtteile Himmelgeist, Itter und Holthausen dar. Ein Strömungshindernis ist der enge Durchlass nördlich der Straße „Am Steinebrück“ auf Höhe der Gärtnerei. Zur Durchströmung des Durchlasses sind Wetterlagen mit sehr ausgeprägten Kaltluftentstehungen mit großer vertikaler Mächtigkeit und Windströmungen nach Norden erforderlich. Ein weiteres Hindernis für die Kaltluft auf dem Weg in die dichter bebauten Stadtteile von Wersten ist der Straßendamm und der Lärmschutzwall der Münchener Straße, der zur Überwindung ebenfalls eine bedeutende Kaltluftbildung benötigt.

In den Nachtstunden zeigen die locker bebauten Siedlungsgebiete südlich der Münchener Straße keine thermischen Belastungen. Um die Funktion des Ausgleichsraums als Frischlufteinzugsgebiet zu erhalten, ist er vor einer weiteren Zersiedlung zu schützen. Dazu müssen die in der Planungskarte ausgewiesenen Bebauungsgrenzen zwischen den Siedlungen im Außenbereich eingehalten werden. Zur Verbesserung des Luftaustauschs mit den nördlich gelegenen Stadtgebieten ist eine Öffnung der Bebauung zum Frischlufteinzugsgebiet anzustreben. Der Erhalt der vorhandenen Grün- und Parkanlagen und deren Vernetzung mit dem Frischlufteinzugsgebiet in der Rheinschleife hat eine hohe Planungspriorität. Zur Minderung der Belastungen, die von den vorhandenen Gewerbe- und Industriegebieten ausgehen, ist eine Erhöhung der Durchgrünung und Senkung der Industrieemissionen notwendig. Durch Immissionsschutzpflanzungen entlang der Gewerbe- und Industrieflächen kann eine Senkung der Immissionsbelastungen erreicht werden.

3.8 Untersuchungsgebiet Volmerswerth

Im Vordergrund der Untersuchungen in Düsseldorf-Volmerswerth stand die Frage, ob auf den landwirtschaftlich genutzten Freiflächen des Gebietes trotz der vorhandenen Gewächshäuser und der Abdeckung viele Felder mit schwarzer Folie nachweisbar Kaltluft gebildet wird. Diese Flächen sind auf der Karte der Planungshinweise dem regional bedeutsamen Ausgleichsraum der Rheinschleifen zugeordnet und als Frischlufteinzugsgebiet ausgewiesen.
Im Untersuchungsgebiet konnten durch die Erfassung von starken nächtlichen Bodeninversionen Bereiche mit Kaltluftbildung nachgewiesen werden. Die Bildung der Bodeninversionen und damit der Kaltluftschichten am Boden wurde in den Bereichen, in denen viele Felder mit schwarzen Folien abgedeckt waren, für Freiflächen untypisch spät im Verlauf der Nacht erfasst. Eine Häufung von Gewächshäusern auf den Landwirtschaftsflächen wirkt sich fast wie eine lockere Bebauung aus und ließ nur vereinzelt Kaltluftbildung zu.

Hindernisse für den Kaltluftfluss aus dem Untersuchungsgebiet heraus stellen der Hammer/Volmerswerther Deich, der Aderdamm und der Damm des Südrings dar, die zum Teil mehrere Meter höher liegen als die Umgebung. Um diese Hindernisse überwinden zu können, muss die Kaltluft eine Mächtigkeit von mehreren Metern erreichen. An den Messpunkten am

Aderdamm und am Südring nördlich der Kläranlage konnte nachgewiesen werden, dass die Kaltluft in Strahlungsnächten eine dafür ausreichend große Mächtigkeit erreicht. Bei einer weiteren Verbreitung von Folienabdeckungen und Gewächshäusern wird die Mächtigkeit der Kaltluftschicht im Untersuchungsgebiet verringert, da die Bildung von Kaltluft über Feldern mit schwarzen Folien erst später in der Nacht einsetzt und die Flächen zwischen dicht stehenden Gewächshäusern nicht ausreichend auskühlen, um Kaltluft zu bilden. Deshalb ist der Erhalt der unbedeckten Freiflächen notwendig, um eine für die Überwindung der Damm-Hindernisse ausreichend mächtige Kaltluftschicht aufbauen zu können. Durch die in der Karte der Planungshinweise ausgewiesene Bebauungsgrenze bei Volmerswerth soll sichergestellt werden, dass die Funktion der Freifläche, die Bereitstellung von kühler Frischluft für das Stadtgebiet, erhalten bleibt.

Literatur

Eastman, J.R. (2003): IDRISI Kilimanjaro. Guide to GIS and Image Processing. Worcester.

Helbig, A. (1998): Anthropogene Änderungen des Lokalklimas. Fallbeispiel 1: Das Stadtklima. Düsseldorf (= Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss, 28).

Hupfer, P.; Kuttler, W. (Hrsg.) (2006): Witterung und Klima. Einführung in die Meteorologie und Klimatologie. 12. Aufl., Wiesbaden.

Kuttler, W. (2009): Klimatologie. Paderborn (= Grundriss Allgemeine Geographie).

Landeshauptstadt Düsseldorf (Hrsg.) (1995): Klimaanalyse der Landeshauptstadt Düsseldorf. Essen.

VDI RL 3787, Blatt 1 (1997): Umweltmeteorologie - Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Düsseldorf.

Wirtschaftministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (2008): Städtebauliche Klimafibel Online.

Herausgeber
Landeshauptstadt Düsseldorf
Der Oberbürgermeister
Umweltamt

Verantwortlich
Dr. Werner Görtz

Layout Umschlag
Medienservice, Stadtbetrieb Zentrale Dienste

Fotos
Fotolia, Landeshauptstadt Düsseldorf

gedruckt auf 100% Recyclingpapier

XII/12-
www.duesseldorf.de/umweltamt